Leonard Mlodinow

akıllı homo sapiens

SAY

akıllı homo sapiens

Dün ağaçlarda yaşarken bugün nasıl kozmosu keşfe çıktı?

Leonard Mlodinow

Çeviren: Mihriban Doğan

SAY

Akıllı Homo Sapiens

Leonard Mlodinow

Doktorasını Berkeley'deki California Üniversitesi'nde teorik fizik alanında yaptı. Max Planck Enstitüsü'nde Alexander von Humboldt üyeliği ve California Teknoloji Enstitüsü'nde öğretim üyeliği görevlerinde bulundu. *Sübliminal: Bilinçdışınız Davranışlarınızı Nasıl Yönetir?* (PEN/E. O. Wilson Ödülünü kazandı); *War of the Worldviews* (Deepak Chopra'yla birlikte); *Büyük Tasarım* (Stephen Hawking'le birlikte); *Ayyaş Yürüyüşü; Öklid'in Penceresi* ve *Feynman's Rainbow* adlı kitapları yazdı. Ayrıca televizyon dizileri *MacGyver* ve *Star Trek: The Next* Generation için de senaryo yazarlığı yaptı.

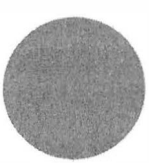
Mihriban Doğan

Denizli'de doğdu. Bornova Anadolu Lisesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Özel sektörde çeşitli firmalarda çalıştı. 2010 yılından beri çeviri yapmaktadır. Carl Sagan'ın *Cennetin Ejderleri*, Robert Winston'un *Baş Belası İcatlar*, Susan Wise Bauer'in *Dünya Tarihi* adlı eserlerini dilimize kazandırmıştır.

akıllı homo sapiens

Dün ağaçlarda yaşarken bugün nasıl kozmosu keşfe çıktı?

Leonard Mlodinow



Çeviren:
Mihriban Doğan

say

Say Yayınları
Popüler Bilim

Akıllı Homo Sapiens: Dün ağaçlarda yaşarken bugün nasıl kozmosu keşfe çıktı? / Leonard Mlodinow
Özgün adı: *The Upright Thinkers: The Human Journey from Living in Trees to Understanding the Cosmos*

© 2011 Leonard Mlodinow

Türkçe yayın hakları Akcalı Telif Hakları Ajansı aracılığıyla © Say Yayınları
Bu eserin tüm hakları saklıdır. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılan kısa alıntılar hariç yayınevinden yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, hiçbir şekilde kopyalanamaz, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

ISBN 978-605-02-0685-2
Sertifika no: 10962

İngilizceden çeviren: Mihriban Doğan
Yayın koordinatörü: Levent Çeviker
Editör: Sinan Köseoğlu
Sayfa düzeni: Mehmet İlhan Kaya
Kapak tasarımı: Artemis İren

Baskı: Lord Matbaacılık ve Kâğıtçılık
Topkapı-İstanbul
Tel.: (0212) 674 93 54
Matbaa sertifika no: 22858

1. baskı: Say Yayınları, 2018

Say Yayınları
Ankara Cad. 22/12 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Tel.: (0212) 512 21 58 • Faks: (0212) 512 50 80
www.sayyayincilik.com • e-posta: say@sayyayincilik.com
www.facebook.com/sayyayinlari • www.twitter.com/sayyayinlari
www.instagram.com/sayyayincilik

Genel dağıtım: Say Dağıtım Ltd. Şti.
Ankara Cad. 22/4 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Tel.: (0212) 528 17 54 • Faks: (0212) 512 50 80
internet satış: www.saykitap.com • e-posta: dagitim@saykitap.com

İÇİNDEKİLER

Kısım I: Dik Durup Düşünenler

1. Öğrenme Güdümüz 11
Açlıktan ölmek üzere olan bir adamın bilgi açlığı... İnsanın keşif yolculuğu

2. Merak 21
Kertenkeleler soru sormaz... Hünerli Adam'dan Akıllı Akıllı Adam'a... Bebeklerin sorduğu şempanzelerin sormadığı şeyler

3. Kültür 41
İnsanlığın ilk kilisesi... Bilgi, kültür ve değerler virüs gibi yayılır... İnsan ve primat kültürü

4. Uygarlık 63
Savanlardan şehre... Komşuların çekici ve itici yanları yazı ve aritmetik sanatlarına nasıl yol açtı... Akarsuya kusmak ve yörüngeden çıkmak yasak

5. Akıl 93
Kötü hasatlar ve öfkeli tanrılar... Dünyaya yeni bir çerçeveden bakmak... Değişimin gizemi ve sağduyunun tiranlığı... Tek kişilik Vikipedi Aristoteles

Kısım II: Bilimler

6. Yeni Bir Akıl Yürütme Yolu 125
Atalarınız yerine gözlerinize güvenmek... Kısırlaştırılmış yaban domuzları ve evrensel hareket yasaları... Patavatsız Profesör Galileo

7. Mekanik Evren 165
İyi, kötü, çirkin: Isaac Newton... Newton'u simyadan gelmiş geçmiş en büyük eserin yazarlığına yönlendiren iddia... Newtoncu düşüncenin gücü

8. Maddeyi Oluşturanlar 213
Mumyacılıktan simyaya... Yanma ve soluma arasındaki benzerlikler... Lavoisier başını kaybeder... Mendeleyev ve periyodik tablosu
9. Canlı Dünya 259
Hücreler ve yaşamın karmaşıklığı... Fare yapma reçetesi ve mikroskop devrimi... Trajedi, hastalık ve Darwin'in gizli araştırması

Kısım III: Duyuların Ötesi

10. İnsan Deneyiminin Sınırları 303
Bir su damlasındaki milyarca minik evren... Newtoncu dünya görüşündeki çatlaklar... Görünmez bir realiteyi kabul etmek... Planck ve Einstein kuantumu icat ederler
11. Görünmez Dünya 345
Bir hayalcinin içgörüleri... Soluk benizli, mütevazı bir genç adamın çılgınca fikirleri... İlk kuantum yasaları "sahtekârlığın sınırlarında dolanan büyük saçmalık"
12. Kuantum Devrimi 367
Heisenberg'in yeni fiziği... Kuantum evreninin tuhaf realitesi... Yeni bir bilimin güç veren ve mütevazı kılan mirası

Sonsöz 407
Art arda kurulan hayallerin yardımıyla insanın anlayışının gelişmesi... Eleştirel ve yenilikçi düşünmenin önemi... Neredeyiz ve nereye gidiyoruz

Teşekkür 417
Notlar 419
Dizin 449

Simon Mlodinow'a

Kısım I

Dik Durup Düşünenler

Bir insanın yaşayabileceği en güzel ve en etkileyici deneyim gizem duygusunu tatmaktır. Bu, dinin yanı sıra sanat ve bilimdeki bütün önemli girişimlerin de temelinde yatan prensiptir. Bu deneyimi hiç yaşamamış biri bana ölü olmasa bile en azından körmüş gibi gelir.

— Albert Einstein,
***Mein Glaubensbekenntnis* (Benim Amentüm), 1932**

1

ÖĞRENME GÜDÜMÜZ

Babamın bir gün bana Buchenwald toplama kampında tutsakken tanıdığı bir adamdan bahsettiğini anımsıyorum. Geçmişte matematik eğitimi almış olan bu adam kampta hüküm süren insanlık dışı koşullardan ötürü herkes gibi bir deri bir kemik kalmıştı. İnsanların "pi" terimini duyduklarında akıllarına gelen şeye göre haklarında bir fikir edinebilirsiniz. Bir "matematikçi" için pi sayısı bir çemberin çevresinin çapına bölünmesiyle elde edilen sayıdır. Aynı soruyu yedinci sınıfa kadar okumuş olan babama sormuş olsam, bunun, içi elmayla dolu yuvarlak bir çörek olduğunu söylerdi.* Aralarındaki bu uçuruma rağmen, bir gün bu matematikçi, babama bir matematik bulmacası sormuş. Babam birkaç gün kafa yorsa da işin içinden çıkamamış. Adamı tekrar gördüğünde cevabı sormuş. Adam ona cevabı söylememiş ve kendin bulmalısın demiş. Aradan biraz zaman geçtikten sonra babam adama tekrar cevabın ne olduğunu sormuş fakat adam ser verip sır vermemiş. Babam aldırış etmemeye çalışsa da yapamamış. Etrafını saran tüm o pis kokular ve ölümler arasında bile, cevap

---

İngilizcede π'nin okunuşu ile (genellikle elmalı) çörek anlamına gelen *pie*'ın okunuşu aynıdır; her ikisi de "pay" diye okunur. (çev.)

onun için bir takıntı haline gelmiş. En sonunda matematikçi, babama bir anlaşma teklif etmiş: Eğer babam ona kendi ekmeğini verirse bulmacanın çözümünü söyleyecekmiş. O sıralar babamın kaç kilo olduğunu bilmiyorum fakat Amerikan kuvvetleri onu kurtardığında otuz sekiz buçuk kilo geliyormuş. Buna rağmen, babamın sorunun cevabını öğrenme ihtiyacı o kadar güçlüymüş ki cevaba karşılık ekmeğinden vazgeçmiş.

Babam bana bu olayı anlattığında ergenlik çağının sonlarındaydım ve bunun benim üzerimde muazzam bir etkisi oldu. Babam ailesini yitirmiş, mallarına el konmuş, açlıktan ölme noktasına gelmiş, iğne ipliğe dönmüş ve fena halde hırpalanmıştı. Naziler onun elinden her şeyini alsalar da düşünme, akıl yürütme ve öğrenme güdüsünü alamamışlardı. Vücudu tutsak edilmiş fakat aklı serbest kalmıştı. Bu küçük öyküyü dinledikten sonra şunu fark ettim: Bilgi arayışı tüm arzularımız içinde en insani olanı. Benim dünyayı anlama tutkumun ardında da, koşullarımız farklı olsa bile, babamınkiyle aynı içgüdü var.

Ben üniversitede bilim okurken ve mezun olduktan sonra babam bana öğrendiğim şeylerin nadiren teknik ayrıntıları hakkında, çoğu zaman da ne anlam taşıdıkları hakkında sorular sorardı; teorilerin nereden çıktığını, neden onları güzel bulduğumu ve bunların insan olarak bizim hakkımızda neler söylediklerini benden duymak isterdi. Yıllar sonra kaleme aldığım bu kitap nihayet bu sorulara yanıt verme çabamın ürünüdür.

***

Birkaç milyon yıl önce, biz insanlar ayaklarımız üzerinde durmaya başlayınca kas ve iskeletlerimiz de dik halde yürüyebileceğimiz şekilde başkalaşım geçirdi, bu sayede ellerimiz etrafımızdaki nesneleri yoklayacak ve beceriyle kullanacak

şekilde serbest kaldı ve görüş alanımız da uzak mesafeleri keşfetmemize olanak verecek şekilde genişledi. Fakat duruşumuz dikleşip boyumuz yükseldikçe zihinlerimiz de diğer hayvanların zihinlerinin yukarısına yükseldi ve dünyayı sadece görme duyumuzla değil, düşüncelerimizle de keşfettik. Ayaklarımız üzerinde dursak da en önemlisi düşünme yetimizdir.

İnsan türünün soyluluğu öğrenme güdümüzde yatar ve bir tür olarak eşsizliğimiz, milyonlarca yıllık çabadan sonra, doğa denilen bulmacayı çözme başarımızda yansımasını bulur. Eski çağlarda yaşamış bir kişiye, yaban öküzünün etini ısıtması için bir mikrodalga fırın verilse, o kişi şöyle bir teori ortaya atabilirdi: Fırının içinde, yemeğin altında minyatür ateşler yakan, bezelye büyüklüğünde çalışkan tanrılar var, daha sonra bunlar kapak açıldığında mucizevi bir şekilde ortadan kayboluyor... Fakat hakikat de bu teori kadar mucizevidir: Bir avuç basit ve değişmez soyut yasa bu mikrodalganın işleyişinden, etrafımızdaki dünyanın doğal harikalarına kadar evrenimizdeki her şeyi açıklar.

Doğal dünyaya dair anlayışımız geliştikçe, gelgiti bir tanrıçanın hükmettiği bir olay olarak algılamayı bırakıp ayın kütleçekim kuvvetinin bir sonucu olarak görmeye başladık ve yıldızları göklerde süzülen tanrılar olarak düşünmekten, bize fotonlar gönderen nükleer fırınlar olarak tanımlamaya doğru yol aldık. Günümüzde bir milyon yedi yüz bin km uzaklıktaki güneşin iç mekanizmasını ve bizim milyarda birimizden daha küçük olan atomun yapısını biliyoruz. Bütün bunları ve diğer doğal fenomenleri çözebilmemiz sadece olağanüstü bir şey değil, bu aynı zamanda sürükleyici bir masal ve destandır da.

Bir süre evvel, televizyon dizisi *Uzay Yolu*'nun yazar kadrosunda bir sezon yer aldım. Dizinin diğer tüm yazar ve ya-

pımcılarının bir masanın etrafında yer aldıkları oradaki ilk öykü toplantımda, güneş rüzgârının gerçek astrofiziğiyle ilgili olduğu için beni heyecanlandıran bir bölüme dair bir fikir ortaya attım. Hevesle fikrimi ve ardındaki bilimi detaylarıyla açıklarken, bütün gözler bana, yani aralarındaki yeni *fizikçiye* çevrildi. Konuşmam bittiğinde –açıklamam bir dakikadan az sürmüştü– bir zamanlar NYPD* cinayet masası dedektifi olan aksi, orta yaşlı yapımcı patronuma büyük bir gurur ve hoşnutluk içinde baktım. Yüzü tuhaf bir biçimde okunaksız olan patronum bana bir an dik dik baktı ve sonra şiddetle, "Kapa çeneni, Tanrı'nın belası, çokbilmiş!" dedi.

Utancının üstesinden geldiğimde, bana bu kadar kısa ve öz bir biçimde anlattığı şeyin, benim işe alınma nedenimin, yıldız fiziği konusunda ders vermem değil, öykü anlatma becerim olduğunu fark ettim. Meramını çok iyi anlamıştım ve o zamandan bu yana yazılarımda bunu esas aldım. (Onun hatırlamaya değer başka bir önerisi de şuydu: Eğer kovulacağını sezersen bahçendeki yüzme havuzunun suyunun sıcaklığını düşür.)

Yanlış ellerde bilim herkesin çok iyi bildiği gibi sıkıcı olabilir. Fakat neler bildiğimizin ve nasıl bildiğimizin öyküsü hiç de sıkıcı değildir. Bilakis son derece heyecanlıdır. En az *Uzay Yolu*'nun bir bölümü ya da aya ilk yolculuğumuz kadar ilginç keşif bölümleriyle doludur; sanat, müzik ve edebiyattan bildiğimiz karakterler kadar tutkulu ve alışılmadık karakterler içerir: doyumsuz merakları, türümüzü Afrika savanlarındaki köklerinden günümüzde yaşadığımız topluma götüren araştırmacılar. Onlar bunu nasıl başardılar? İki ayak üstünde yürümeyi güç bela öğrenen ve çıplak elleriyle toplayabildiği her çeşit kabuklu yemiş, dutsu meyve ve köklerle yaşamını

New York Şehri Polis Teşkilatı (çev.)

sürdüren bir türden, uçak uçuran, yerküre etrafında anında mesaj gönderen ve ilk evrenin koşullarını muazzam laboratuvarlarda yeniden yaratan bir türe nasıl dönüştük? Ben bu öyküyü anlatmak istiyorum, çünkü bu öyküyü bilmek bir insan olarak mirasımızı anlamaktır.

***

Günümüzde dünya düzdür demek bir klişe haline gelmiştir. Ülkeler arasındaki mesafeler ve farklılıklar çok azalıyor, ama günümüz ile gelecek arasındaki farklılıklar da iyice artıyor. MÖ 4000 civarında ilk şehirler inşa edildiğinde, uzun mesafeleri kat etmenin en hızlı yolu, saatte ancak birkaç kilometre yol alan deve kervanıydı. Bundan bin ila iki bin yıl sonrası arasında bir yerde icat edilen iki tekerlekli at arabası, maksimum hızı saatte yaklaşık 30 kilometreye çıkardı. Nihayet on dokuzuncu yüzyılda, buharlı lokomotifle daha hızlı seyahat etme olanağı doğdu, yüzyıl sonu itibarıyla hız saatte 160 kilometreye kadar çıktı. Fakat her ne kadar insanların saatte 16 kilometreyle ilerlemekten, saatte 160 kilometreyle ülkenin bir ucundan diğer ucuna gitme aşamasına geçmeleri iki milyon yıl alsa da, bir sonraki basamağa ulaşmak, saatte 1600 km uçabilen bir uçağın yapılmasıyla sadece elli yıl aldı. Ve 1980'ler itibarıyla, insanların uzay aracındaki seyahat hızı saatte 27300 km'yi geçti.

Diğer teknolojilerin evrimi de benzer bir ivme sergiler. Örneğin iletişimi ele alalım. On dokuzuncu yüzyıl başları gibi çok da geçmişte kalmayan bir tarihte bile, Reuters haber ajansı şehirler arasında hisse senedi fiyatlarını iletmek için halen posta güvercini kullanıyordu. Daha sonra, on dokuzuncu yüzyıl ortalarında telgraf ve yirminci yüzyılda da telefon yaygın ölçüde kullanılır oldu. Fakat sabit telefon hattının pazarın yüzde 75'ine nüfuz etmesi seksen bir yıl almış olmasına rağ-

men, cep telefonu bunu yirmi sekiz yılda, akıllı telefon da on üç yılda başardı. Geçtiğimiz yıllarda, önce e-posta, daha sonra mesaj yazma bir iletişim aracı olarak büyük oranda telefon aramalarının yerini alırken, telefon giderek daha fazla, arama için değil de bir cep bilgisayarı olarak kullanılıyor.

Ekonomist Kenneth Boulding, "Günümüz dünyası ile doğduğum dünya arasında, doğduğum dünya ile Jül Sezar'ın dünyası arasındaki kadar fark var," demişti. Boulding 1910'da doğdu ve 1993'te öldü. Tanık olduğu gelişmeler –ve o zamandan bu yana meydana gelen diğer birçoğu– bilimin ve bilimin doğurduğu teknolojinin ürünleriydi. Bu tarz gelişmeler insan yaşamının hiç olmadığı kadar büyük bir öğesi haline gelmiş durumda; iş yaşamında ve toplumdaki başarımız hem yenilikleri özümseme hem de yenilikleri icat etme becerimize giderek daha çok dayanıyor. Günümüzde, bilim veya teknoloji alanında çalışmayanlarımız bile, eğer geri kalmak istemiyorsak yenilik yapmamızı gerektiren zorluklarla karşı karşıya. Keşfin doğası da aynı şekilde hepimiz için önemli bir mesele.

Günümüzde nerede olduğumuza dair bir perspektif kazanmak ve nereye gittiğimizi anlamayı umut edebilmek için nereden geldiğimizi bilmeliyiz. İnsanın entelektüel tarihinin en büyük zaferleri –yazı ve matematik, doğa felsefesi ve çeşitli bilimler– genellikle sanki her birinin diğerleriyle bir ilgisi yokmuş gibi diğerlerinden ayrı tanıtılır. Fakat bu yaklaşım ormanı değil ağaçları vurgular. Doğası gereği insan bilgisinin birliğini göz ardı eder. Örneğin modern bilimin gelişimi –genellikle Galileo ve Newton gibi "soyutlanmış dehaların" eseri olarak ilan edilir– sosyal veya kültürel bir vakumdan çıkmadı. Kökleri, bilgi konusunda Antik Yunanların icat ettiği yaklaşımdaydı; modern bilim dinin ortaya attığı büyük sorulardan beslendi; sanata yeni bir yaklaşımla el ele gelişti; simyanın

dersleriyle renklendi ve Avrupa'nın büyük üniversitelerinin muhteşem gelişiminden tutun da, büyüyerek komşu şehir ve ülkeleri birbirine bağlayan posta sistemleri gibi günlük icatlara dek değişen sosyal gelişmeler olmadan mümkün olamazdı. Benzer şekilde, Yunan aydınlanması Mezopotamya ve Mısır gibi topraklarda yaşamış daha eski halkların müthiş entelektüel icatlarından filizlendi.

Bu tarz etki ve bağlantıların bir sonucu olarak, insanların kozmosun esaslarını kavrama noktasına nasıl geldiklerinin açıklaması soyutlanmış kısa öykülerden ibaret değildir. En iyi kurgular gibi, uyumlu bir anlatı, parçaları aralarında sayısız bağlantılar içeren ve insanlığın şafağında başlayan birleşik bir bütün oluşturur. Bu noktadan itibaren, rehberiniz olup sizi bir keşif turuna çıkarmayı vaat ediyorum.

Turumuz modern insan zihninin gelişimiyle başlıyor ve bu zihnin dünyayı incelemenin yeni yollarına sıçrama yaptığı dönüm noktalarını ve kritik çağları ön plana çıkarıyor. Yol boyunca ayrıca eşsiz kişisel özellikleri ve düşünce tarzları bu yeniliklerde önemli bir rol oynayan bazı çok enteresan karakterleri de betimleyeceğim.

Birçok öykü gibi, bu üç kısımlık bir drama. Milyonlarca yılı kapsayan birinci kısım insan beyninin evriminin ve "neden?" sorusunu sorma eğiliminin izini sürüyor. *Neden* sorularımız bizi önce ilk spiritüel arayışlara, zamanla yazı ile matematiğin gelişimine ve –bilim için gerekli bir araç olan– yasa kavramına yöneltti. Nihayet bu *nedenler* felsefenin icadına, maddi dünyanın prensipte kavranabilecek bir anlama göre işlediği anlayışına yöneltti.

Yolculuğumuzun bir sonraki evresinde pozitif bilimlerin doğumunu araştırıyoruz. Dünyayı farklı bir biçimde görme yeteneğine, sabra, metanete, dehaya ve fikirlerini geliştirmek için yıllarca, hatta bazen on yıllarca mücadele etmeye devam

etme cesaretine sahip devrimcilerin bir öyküsü bu. Bu öncüler –Galileo, Newton, Lavoisier ve Darwin gibi düşünürler– kendi zamanlarının yerleşik doktrinlerine karşı bazen hayatlarını bile riske atarak uzun süre zorlu mücadeleler verdiler.

Son olarak, birçok iyi öyküde olduğu gibi, öykümüz tam da kahramanlarının yolculuklarının sonuna yaklaştıklarını düşünmek için nedenleri olduğunda beklenmedik bir yöne girer. İnsanlık doğanın bütün yasalarını çözme noktasına geldiğine inanır inanmaz, olaylar dizisinin tuhaf bir dönemecinde, Einstein, Bohr ve Heisenberg gibi düşünürler bu yasaların tekrar yazılmasının zorunlu olduğu yeni bir varlık alanı, görünmeyen bir alan keşfettiler. Bu "diğer" dünya –diğer dünyaya özgü yasalarıyla– doğrudan kavranamayacak kadar küçük bir ölçekte işlev görür. Bu ölçek, atomun, kuantum fiziğinin yasalarına göre hareket ettiği mikrokozmostur ve bu âlem günümüz toplumunda deneyimlediğimiz ve halen hızlanmakta olan muazzam gelişmelerden sorumludur, çünkü aşağıdakilerin icadını mümkün kılan kuantum konusundaki bilgimizdir: bilgisayar, cep telefonu, televizyon, lazer, internet, tıbbi görüntüleme, genetik haritalama ve modern yaşamımızı kökten değiştirmiş yeni teknolojilerin çoğu.

Kitabın birinci kısmı milyonlarca yılı, ikinci kısmı yüzlerce yılı kapsarken, sadece on yılları içeren üçüncü kısmı bilgi birikimindeki büyük hızlanmayı ve bu tuhaf yeni dünyadaki atılımlarımızın yeniliğini yansıtır.

***

Keşiflerimizin entelektüel yolculuğu birçok çağa yayılır fakat beşeri doğamızdan çıktıkları için dünyayı kavrama macerasına dair temalarımız asla farklılık göstermez. Bir buluş ve keşif alanında çalışan herkese tanıdık gelen bir tema vardır: bildi-

ğimiz dünya veya fikirlerden herhangi bir şekilde farklı bir dünya veya fikri kavramanın zorluğu.

1950'lerde, tüm zamanların en büyük ve en yaratıcı bilim kurgu yazarlarından biri olan Isaac Asimov gelecekte geçen binlerce yılı anlatan bir roman dizisi olan *Vakıf* üçlemesini yazdı. Bu kitaplarda, erkekler her gün işe giderken kadınlar evde kalır. Sadece on yıllar içinde, uzak geleceğe ait bu vizyon çoktan geçmişte kalmıştı. Bundan bahsetmemin nedeni insan düşüncesinin neredeyse evrensel bir kısıtlamasını resmetmesidir: Kurtulamadığımız veya hiç sorgulamayı bile düşünmediğimiz inançlardan kaynaklanan geleneksel düşünce biçimimiz yaratıcılığımızı kısıtlar.

Değişimi tasavvur etmenin zorluğu madalyonun bir yüzü, değişimi kabul etmenin zorluğu madalyonun diğer yüzüdür ve bu, öykümüzün tekrar eden bir başka temasıdır. Değişimler biz insanlara çok yoğun ve bunaltıcı gelebilir. Değişim zihinlerimize baskı yapar, bizi içinde rahat ettiğimiz bölgelerin ötesine götürür, zihinsel alışkanlıklarımızı paramparça eder. Karmaşa ve yönelim bozukluğuna yol açar. Eski düşünce biçimlerimizi bırakmamızı gerektirir ve bırakmak bizim tercihimiz değil, bize dayatılan bir şeydir. Dahası, bilimsel gelişmelerden kaynaklanan değişimler genellikle çok sayıda insanın –ve muhtemelen kariyerleri ile geçim kaynaklarının– bağlı olduğu inanç sistemlerini altüst eder. Sonuç olarak, bilimdeki yeni fikirler çoğu kez direnç, öfke ve alayla karşılanır.

Bilim, modern teknolojinin özü, modern uygarlığın temelidir. Günümüzdeki birçok politik, dini ve etik meselenin zeminini teşkil ediyor ve altında yatan fikirler toplumu giderek daha da hızlı bir tempoda dönüştürüyor. Fakat bilim insan düşüncesinin örüntülerinin şekillenmesinde ne kadar önemli bir rol oynuyorsa, insanın düşünme biçiminin örüntüleri de bilimsel teorilerimizin şekillenmesinde o kadar önemli bir rol

oynuyor. Çünkü bilim, Einstein'ın da belirttiği gibi, "beşeri girişimlerin başka herhangi bir dalı kadar öznel ve psikolojik olarak koşullanmıştır". Bu kitap bilimin bu ruhla kaydettiği gelişimi tanımlama çabasıdır; bilimi entelektüel yönden olduğu kadar kültürel yönden de kararlı bir girişim olarak ele almakta, bilimsel fikirlerin anlaşılmasını sağlamanın en iyi yolunun bunları biçimlendiren kişisel, psikolojik, tarihi ve sosyal durumları incelemek olduğunu savunmaktadır. Bilimin bu şekilde incelenmesi sadece girişimin kendisine değil, yaratıcılık ve yeniliğin doğasına, daha geniş olarak, insanlık haline ışık tutar.

2

MERAK

Bilimin köklerini anlamak için, insan türünün köklerine bakmalıyız. Biz insanlar doğuştan gelen eşsiz bir yeteneğe, kendimizi ve dünyayı anlama yeteneğine ve arzusuna sahibiz. Bu, bizi diğer hayvanlardan ayıran yeteneklerin en büyüğüdür ve işte bu nedenle kobay fareleri bizi değil, biz onları inceliyoruz. Binlerce yıldır süregelen öğrenme, sorgulama ve yaratma dürtüsü yaşamımızı sürdürmemiz, kendimize eşsiz bir ekolojik yaşam alanı inşa etmemiz için bize sayısız araç sağlamıştır. Çevremizin bizi şekillendirmesine –veya alt etmesine– izin vermek yerine, vücudumuzun değil aklımızın gücünü kullanarak, ihtiyaçlarımıza göre çevremizi biz şekillendirdik. Milyonlarca yıldır, zihinlerimizin güç ve yaratıcılığı vücutlarımızın kuvvet ve çevikliğine meydan okuyan engelleri aşmamızı sağlamıştır.

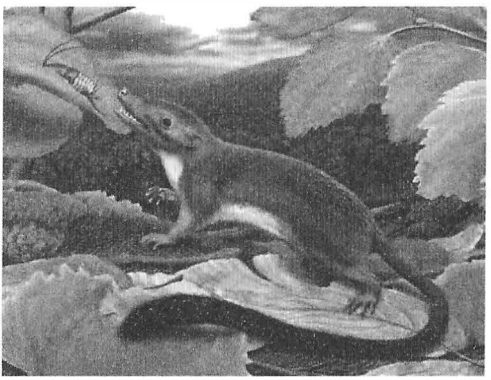
Oğlum Nicolai küçüklüğünde ufak kertenkeleleri yakalayıp onları evcil hayvan gibi beslemeyi severdi; Güney California'da yaşıyorsanız bunu yapabilirsiniz. Onları yakalarken fark ettiğimiz şeylerden biri, biz yaklaşırken ilk başta hiç kımıldamadıkları ve daha sonra, onlara doğru uzandığımızda kaçtıklarıydı. En sonunda işi şöyle çözdük: Büyük bir kutuyu kaçmadan önce kertenkelenin üzerine geçirip, sonra işi bitirmek için altına bir karton parçası kaydırıyorduk. Şahsen, ben

karanlık, ıssız bir yolda yürürken şüpheli bir şeyler olduğunu görsem, hareketsiz kalmadığım gibi, hemen karşı tarafa geçerim. Eğer iki tane dev gibi yırtıcı iştahla gözlerini bana dikmişler ve bir de yanlarında devasa bir kutu taşıyorlarsa, en kötüsünü varsayar ve hemen koşa koşa oradan uzaklaşırım. Ancak kertenkeleler durumlarını sorgulamaz, sırf içgüdüleriyle hareket eder. Bu içgüdü hiç şüphesiz onlara Nicolai ve kutudan önceki milyonlarca yıl boyunca çok iyi hizmet etmişti, fakat onları bu noktada yüzüstü bıraktı.

Biz insanlar fiziksel olarak en üst düzey örnekler olmayabiliriz, fakat içgüdüyü akılla tamamlama ve –amaçlarımıza ulaşmamızda en önemli etmen olan– çevremiz hakkında sorular sorma becerisine sahibiz. Bunlar bilimsel düşüncenin ön koşulları ve türümüzün elzem özellikleridir. Serüvenimizin başladığı nokta da budur: eşsiz yetenekleriyle insan beyninin gelişimi.

Biz kendimize "insan" türü diyoruz, fakat "insan" kelimesi aslında sadece bizi yani *Homo sapiens sapiens*'i ifade etmez, *Homo* adındaki bütün familyayı ifade eder. Bu familya *Homo habilis* ve *Homo erectus* gibi diğer türleri de içerir fakat bu akrabalarımız uzun zaman önce yok oldular. Evrim adlı bu turnuvada diğer insan türlerinin hepsi elendi. Sadece biz, aklımızın gücü sayesinde, hayatta kalma zorluklarının tümünün üstesinden geldik (tabii, şu ana kadar).

Çok da uzun olmayan bir süre önce, o zamanki İran cumhurbaşkanının, Yahudilerin maymun ve domuzlardan geldiğini söylediği aktarıldı. Bir köktendincinin evrime inandığını ilan etmesi beni daima sevindirir, bu yüzden eleştirmekte tereddüt ediyorum, aslında Yahudiler –ve diğer tüm insanlar da– salt maymun ve domuzlardan değil, maymun ve sıçanlardan, en azından sıçan benzeri yaratıklardan gelmişlerdir. Bilimsel literatürde *Protungulatum donnae* adı verilen büyük,



Sanatçının *Protungulatum* yorumu.

büyük, büyük vb. büyükannemiz –ata primatlarımızın ve bizim gibi tüm memelilerin öncülü– üyeleri 200 gramdan fazla gelmeyen, sevimli, tüylü-kuyruklu bir türmüş gibi görünür.

Bilim insanları bu minik hayvanların ilk olarak yaklaşık altmış altı milyon yıl önce, 10 km genişliğinde bir asteroit dünyaya çarptıktan hemen sonra, habitatlarında koşuşturmaya başladıklarına inanıyor. Bu feci çarpışma sonucunda atmosfere fırlayan döküntüler uzunca bir süre güneş ışınlarını bastırdı ve toz çökelir çökelmez sıcaklığın hızla yükselmesine yol açacak kadar sera gazı üretti. Önce karanlık sonra sıcaklık tüm bitki ve hayvan türlerinin yaklaşık yüzde 75'inin kökünü kazıdı, fakat biz şanslıydık: Bu durum, doğuran hayvanların yavrularının hayatta kalabildiği ve obur dinozor ve diğer yırtıcılar tarafından yenilip yutulmadan serpilebildiği bir ekolojik niş oluşturdu. Sonraki on milyonlarca yıl boyunca, ardı ardına türler ortaya çıkıp sonra da yok olup giderken, *Protungulatum* aile ağacının bir dalı evrim geçirerek bizim maymun atalarımıza dönüşmüş, daha sonra daha da dallanmış, en yakın yaşayan akrabalarımız olan şempanze ve cüce şempanzeleri, son olarak da bu kitabın okuyucuları olan sizleri doğurmuştur.

Günümüzde insanların çoğu böcek yiyen, kuyruklu bir ata büyükannemiz olmasından rahatsız değildir. Ben ise salt kabulün ötesine geçiyorum: Atalarımızdan, hayatta kalma ve kültürel evrim öykümüzden heyecan duyuyor ve bunu müthiş buluyorum. Kadim atalarımızın fare ve maymun olduğu olgusu bence doğa hakkındaki en müthiş olgulardan biridir: Muhteşem gezegenimizde, bir fare artı altmış altı milyon yıl, fareyi inceleyen ve dolayısıyla kendi köklerini keşfeden bilim insanlarını doğurdu. Bu esnada kültür, tarih, din ve bilimde gelişmeler kaydettik ve atalarımızın ince dallardan oluşan yuvalarını beton ve çelikten yapılma parıltılı gökdelenlerle değiştirdik.

Bu entelektüel gelişimin hızı çarpıcı biçimde artıyor. Doğanın, bütün insanların atası olan "maymunu" doğurması için yaklaşık altmış milyon yıl geçmesi gerekti; fiziksel evrimimizin geri kalanı birkaç milyon yılda meydana geldi; kültürel evrimimiz sadece on binlerce yıl sürdü. Psikolog Julian Jaynes'in şu sözlerinde olduğu gibi, adeta, "yaşamın tümü evrilerek belirli bir noktaya geldi ve sonra bizde keskin bir viraj alarak düpedüz farklı bir yönde düpedüz patlama yaptı."

Hayvan beyinleri ilk başlarda en temel nedenden dolayı evrim geçirdi: hareketleri kolaylaştırmak. Hareket etme becerisi –yiyecek, barınak bulma ve düşmanlardan kaçma– kuşkusuz hayvanların en temel özelliklerinden biridir. Yuvarlak kurt, yersolucanı ve yumuşakça gibi hayvanların evrim yoluna baktığımızda, en erken beyinsi öncülerin kasları doğru sırada uyararak hareketi kontrol edecek şekilde işlev gördüklerini keşfederiz. Fakat çevreyi algılama becerisi olmadan hareketin çok az yararı vardır ve bu nedenle basit hayvanların bile etraflarındakileri algılamalarının bir vasıtası vardır: örneğin, hareket kontrolünü yöneten sinirlere elektrik vuruları göndererek ışık fotonlarına veya belirli kimyasallara tepki

veren hücreler. *Protungulatum donnae* ortaya çıktığında, bu kimyasallara ve ışığa duyarlı hücreler koku alma ve görme duyularına evrilmiş ve kas hareketini kontrol eden sinir bağlantı noktası bir beyin haline gelmişti.

Atalarımızın beyinlerinin işlevsel bileşenlerin organize olmuş biçimi haline nasıl geldiğini tam olarak bilmiyoruz, fakat modern insan beyninde bile, nöronların yarısından çok daha fazlası motor kontrole [uzuvların idaresine] ve beş duyuya ayrılmıştır. Öte yandan beynimizin bizi "aşağı" hayvanlardan ayıran bölümü ise nispeten küçüktür ve çok sonra oluşmuştur.

Dünyada insana benzer ilk canlılardan biri daha üç-dört milyon yıl önce ortaya çıkmıştır. Bunu ancak Berkeley'deki Institute of Human Origins'ten antropolog Donald Johanson, 1974 senesinin çok sıcak bir yaz günü Etiyopya'nın kuzeyindeki ücra bir yerde kupkuru bir koyağın kavruk toprağından dışarı uzanan ufacık bir kol kemiği parçasını tesadüfen bulduğunda öğrendik. Johanson ve bir öğrencisi çok geçmeden topraktan daha çok kemik –uyluk ve kaburga kemikleri, omurga ve hatta bir çene kemiği parçası– çıkardılar. Toplam olarak, bir dişinin iskeletinin yaklaşık yarısını buldular. İskeletin bir leğen kemiği, küçük bir kafatası, kısa bacakları ve uzun kolları vardı. Mezuniyet balosuna davet edeceğiniz birine benzemiyordu, fakat bu 3,2 milyon yaşındaki hanımın geçmişimizle bir bağ, bir geçiş türü ve muhtemelen tüm familyamızın evrildiği ata olduğu düşünülüyor.

Johanson Etiyopya'nın Afar bölgesinde keşfettiği bu yeni türe, "Güney Afar maymunu" anlamına gelen *Australopithecus afarensis* adını verdi. Johanson ve ekibi kampta kutlama yaparken radyoda çalan Beatles'ın "Lucy in the Sky with Diamonds," şarkısına istinaden, kemiklere de Lucy adını verdi. Andy Warhol bir gün herkesin on beş dakikalığına şöhret

olacağını söylemişti ve bu kadın da milyonlarca yıl sonra, nihayet şöhrete kavuşmuştu. Veya daha doğrusu, yarısı kavuşmuştu, çünkü diğer yarısı asla bulunamadı.

Antropologların yarım bir iskeletten ne kadar çok şey öğrenebileceklerini görmek çok şaşırtıcıdır. Lucy'nin ezmeye adapte olmuş çenesiyle birlikte büyük dişleri sert kökler, tohumlar ve dış kabuğu sert olan meyvelerden oluşan vejetaryen bir beslenme biçimi olduğunu akla getiriyor. Omurga yapısı kocaman bir karnı olduğunu gösteriyor; bu büyük karın hayatta kalmak için ihtiyaç duyduğu sebzeleri sindirmek için gereken çok uzun bağırsaklara ev sahipliği yapıyor olmalıydı. En önemlisi, omurga ve dizlerinin yapısı aşağı yukarı dik vaziyette yürüdüğünü gösteriyor ve Johanson ile meslektaşlarının 2011'de o civarda keşfettiği, Lucy'nin türünün bir başka üyesine ait bir kemik, dalları kavramaya değil yürümeye uygun yapıda insanımsı bir ayağın varlığına işaret ediyor. Lucy'nin türü ağaçların üstünde yaşamaktan toprak üstünde yaşamaya evrilmiş, böylece üyelerinin orman ve çayırın karışık ekolojisinde yiyecek aramalarını ve protein yönünden zengin kök ve yumru gibi yeni toprak esaslı yiyecek kaynaklarından istifade etmelerini mümkün kılmıştır. Birçok kimse bu yaşam tarzının tüm *Homo* familyasını doğurduğuna inanıyor.

Şimdi zihnimizde şöyle bir şey canlandıralım: Yaşadığınız evin yanındaki evde anneniz, onun yanında da annenizin annesi yaşıyor olsun ve bu, bu şekilde devam edip gitsin. İnsan kalıtımı aslında bu kadar doğrusal değildir fakat karmaşıklıkları bir yana bırakırsak, bu yolda araba kullanarak zamanda geriye gittiğinizi ve atalarınızın nesilleri önünden geçtiğinizi hayal etmek enteresan olur. Bu şekilde Lucy'nin evine ulaşmak için arabanızı aşağı yukarı altı bin beş yüz kilometre sürmek zorundasınız. Evine ulaştığınızda, boyu bir metre 12

cm, ağırlığı da 30 kg olan kıllı "kadın" Lucy'yi görünce onu bir akrabadan çok bir şempanzeye benzetirdiniz. Yarı yolda, Lucy'den 100000 nesil sonrası, günümüz insanına benzer ilk tür olan –iskelet yapısı yönünden ve bilim insanlarının kuramına göre zihin olarak– *Homo* familyasında sınıflandırılabilecek atanızın evinin önünden geçersiniz. Bilim insanları bu iki milyon yaşındaki insan türüne *Homo habilis* yani "Hünerli Adam" adını takmışlardır.

Homo habilis uçsuz bucaksız Afrika savanalarında, ormanların iklim değişikliği yüzünden azalmakta olduğu bir zamanda yaşadı. Bu otlaklar muazzam sayıda dehşet verici yırtıcının yurdu olduğu için kolay bir çevre değildi. Yırtıcıların o kadar tehlikeli olmayanları *Homo habilis*'le akşam yemeği için yarışıyor; daha tehlikeli olanlar da onları *akşam yemeği yapmaya* çalışıyordu. Hünerli Adamların hayatta kalmalarını sağlayan özelliklerinden biri akıllarıydı; küçük bir greyfurt büyüklüğünde, daha büyük, yeni bir beyinleri vardı. Onun beyni, bizim kavun büyüklüğündeki beynimizden daha küçüktür fakat Lucy'nin portakal büyüklüğündeki beyninin iki katı hacmindedir.*

Farklı türleri kıyaslarken, deneyimlerimizden, genellikle entelektüel yeterlilik ile vücut büyüklüğüne göre ortalama beyin ağırlığı arasında yaklaşık bir bağlantı olduğunu biliyoruz. Dolayısıyla beyin büyüklüğünden Hünerli Adam'ın Lucy ve türüne kıyasla entelektüel yönden gelişmiş olduğu sonucuna varabiliriz. Neyse ki türleri çok uzun zaman önce yok olmuş olsa bile insanlar ve diğer primatların beyin büyüklükleri ve şekillerini ölçebiliriz. Çünkü beyinleri rahatlıkla kafatasına sığar ki bu da bir primat kafatası bulursak, bir zamanlar

---

Kesinliği meyveye tercih edenler için Hünerli Adam'ın beyninin bizimkinin yarısı kadar olduğunu ilave etmeliyim.

bunun içinde bulunan beynin dış görünüşüne esas itibarıyla sahibiz anlamına gelir.

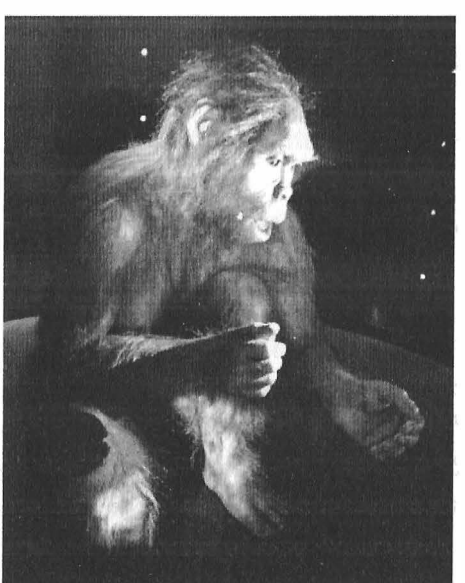
Şapka ölçüsünü zekâ testinin bir temsilcisi olarak savunuyor gibi görünmemek için şunu da ilave etmeliyim ki bilim insanları beyin büyüklüğünü kıyaslayarak zekâyı ölçmekten söz ettiklerinde, kastettikleri şey *farklı türlerin* ortalama beyin büyüklükleri arasında kıyaslama yapmaktır. Beyin büyüklüğü bir türün bireyleri *arasında* oldukça değişkendir, fakat bir tür içinde beyin büyüklüğü doğrudan zekâyla bağlantılı *değildir*. Örneğin günümüzdeki insan beyni ortalama yaklaşık 1350 gramdır. Gelgelelim İngiliz şair Lord Byron'ın beyni yaklaşık 2270 gram, Nobel ödülünü kazanan Fransız yazar Anatole France'ın beyni 900 gramdan biraz fazla ve Einstein'ın beyni de aşağı yukarı 1225 gramdı. Bir de 1907'de kırk bir yaşında ölen Daniel Lyons vakası vardır. Lyons'un vücut ağırlığı ve zekâsı normaldi, fakat otopside tartıldığında beyninin topu topu 680 gram geldiği görüldü. Bu öyküden çıkarılacak ders, bir tür içinde beynin mimarisinin –nöronlar ve nöron grupları arasındaki bağlantıların yapısının– beynin büyüklüğünden çok daha önemli olduğudur.

Lucy'nin beyni, bir şempanzenin beyninden biraz daha büyüktü. Daha da önemlisi, kafatasının *şekli* beynin duyu organlarıyla ilgili bölgelerinin geliştiğini, ama ön lop, temporal lop ve yan lopların –beynin soyut akıl yürütme ve dili kontrol eden bölgelerinin– nispeten gelişmemiş olduğunu gösterir. Lucy *Homo* familyasına doğru atılmış bir adım olsa da henüz oraya ulaşmamıştı. Bu, Hünerli Adam'la birlikte değişti.

Lucy gibi, Hünerli Adam da dik duruyordu ve bu sayede elleri nesneleri taşıyabilecek şekilde serbest kalmıştı fakat Lucy'nin aksine, Hünerli Adam bu özgürlüğü çevresini keşfetmek amacıyla test etmek için kullandı. Ve böylece aşağı yukarı iki milyon yıl önce, bir *Homo habilis* Einstein veya Madam

Curie veya –daha büyük olasılıkla– birbirinden bağımsız çalışan çeşitli eski dâhiler insanoğlunun ilk çok önemli keşfini yaptılar: Eğer elinize bir taş alır ve eğik tutarak onunla başka bir taşa vurursanız, vurduğunuz taştan bir kenarı bıçak ağzı keskinliğinde bir taş parçası (yonga) koparabilirsiniz. Bir taşı diğerine sertçe vurmayı öğrenmek sosyal ve kültürel bir evrimin başlangıcıymış gibi görünmüyor olabilir. Bir yonga üretmek kesinlikle ampul, internet veya çikolata parçalı kurabiyenin yanında sönük kalır. Fakat bu, varlığımızı geliştirmek için doğa hakkında bilgi sahibi olup doğayı dönüştürebileceğimizi ve beyinlerimize bize vücudumuzun güçlerini tamamlayan ve genellikle onları aşan güçleri bahşetmesi konusunda güvenebileceğimizi anlamaya doğru attığımız ilk adımdı.

Daha önce hiçbir alet görmemiş bir canlı için, elinizle kavrayabildiğiniz, kesme ve doğrama yapmak için kullanabildiğiniz bir çeşit dev yapay diş düpedüz yaşam değiştiren bir



Homo habilis

icattır. Bu icat da insanların yaşam şeklini kökten değiştirmeye katkıda bulundu. Lucy ve türü vejetaryendi ancak *Homo habilis*'in dişleri mikroskopla incelenirken gözlenen aşınma ve yıpranma izleri ile iskeletleri yanında rastlanan kemikler üzerindeki kesme izleri Hünerli Adamların besinleri arasına et ilave etmek için taş kesiciler kullandıklarını gösteriyor.

Vejetaryen olmaları Lucy ve türünü mevsimsel bitkisel yiyecek kıtlıklarıyla karşı karşıya bırakmıştı. Karışık beslenme sayesinde *Homo habilis* bu kıtlıklarda zorlanmadı. Ve et sebzeden daha konsantre bir besin maddesi olduğu için, et yiyenler vejetaryenlere göre daha az miktarda yiyeceğe ihtiyaç duyuyordu. Öte yandan, bir brokolinin izini sürüp yakalayarak başını koparmak zorunda değildiniz, ama eğer öldürücü silahlarınız yoksa, ki Hünerli Adamlarda bunlardan yoktu, hayvan eti temin etmek oldukça zor olabilirdi. Sonuç olarak, Hünerli Adamlar etlerinin çoğunu, kılıç dişli kaplan gibi yırtıcıların geride bıraktıkları hayvan ölülerinden elde ettiler. Bu hayvanlar güçlü ön pençeleri ve kasap bıçağı keskinliğindeki dişleriyle kendi başlarına tüketebileceklerinden çok daha büyük avları öldürürlerdi. Ancak eğer Hünerli Adamlar gibi diğer türlerle rekabet etmek zorundaysanız, artıklarla beslenmek bile zor olabilir. Bu yüzden en sevdiğiniz restoranda yer boşalması için yarım saat beklediniz diye yine sinirlenecek olursanız, atalarınızın yiyecek elde etmek için vahşi sırtlan sürüleriyle savaşmak zorunda olduklarını hatırlayın.

Keskin kenarlı taşlar, Hünerli Adamların yiyecek temin etme mücadelelerinde kemikten eti sıyırma işlemini hızlandırıp kolaylaştırarak, oyun alanını, eşdeğer aletlerle doğmuş hayvanlarla eşit düzeye getirmeye yardım etti. Öyle ki bu aletler ortaya çıkar çıkmaz olağanüstü rağbet gördü ve yaklaşık iki milyon yıl böyle kaldı. Aslına bakarsanız, Louis Leakey ve meslektaşlarına 1960'ların başlarında bu türe "Hünerli

Adam" adını vermelerinde esin kaynağı olan şey de *Homo habilis* fosillerinin yanında sağa sola dağılmış halde bulunan taş aletlerdi. O zamandan bu yana, kesici taş aletler kazı bölgelerinde o kadar bol bulunuyor ki eğer birinin üzerine basmak istemiyorsanız adımlarınızı dikkatli atmanız gerekiyor.

***

İnsanoğlunun taş aletler yapmaktan karaciğer nakillerine giden yolculuğu uzun sürmüştür fakat alet kullanımında da görüldüğü gibi, *Homo habilis*'in gelişen zihni çoktan, günümüzde de hâlâ var olan bütün primat akrabalarımızın yeteneklerini geride bırakmıştı. Örneğin, primat araştırmacıları tarafından yıllarca eğitildikten sonra bile cüce şempanzeler *Homo habilis*'in kullandığı türde basit taş aletleri kullanmayı öğrenemiyor. Son beyin görüntüleme çalışmaları bu alet tasarlama, planlama ve kullanma becerisinin, sol beynimizdeki özel bir "alet kullanma" ağının evrimsel gelişiminden ortaya çıktığını gösteriyor. Bu ağı hasar görmüş olan insanların alet kullanmada cüce şempanzelerden daha başarılı olmadıkları bazı nadir vakalar vardır: Bu insanlar aletleri tanıyabiliyor, fakat sabah kahvesi içmeden önce benim başıma geldiği gibi, diş fırçası veya tarak gibi basit aletleri dahi nasıl kullanacaklarını çözemiyorlar.

İki milyon yıldan uzun süre var olan bu insan türü –*Homo habilis*– bilişsel bakımdan ne kadar gelişmiş olsa da modern insanın sadece bir gölgesidir: Beyni ve vücudu küçüktür, uzun kolları ve sadece bir hayvan bakıcısının sevebileceği bir yüzü vardır. Fakat ortaya çıkışından sonra, diğer birçok *Homo* türünün meydana çıkması –jeolojik zaman ölçeğinde– uzun sürmedi. Bunların arasında en önemlisi –çoğu uzmanın kendi türümüzün doğrudan atası olduğu konusunda fikir birliğine vardığı– yaklaşık 1,8 milyon yıl önce Afrika'da ortaya çıkan

Homo erectus, yani "Dik Duran Adam"dı. İskelet kalıntıları, bir tür olarak Hünerli Adam'a kıyasla günümüz türüyle çok daha büyük benzerlik taşıyan Dik Duran Adam'ın, sadece daha dik durmakla kalmayıp daha iri ve uzun boylu (yaklaşık 150 cm), uzun kollu ve bacaklı olduğunu, –beynin ön, temporal ve yan loplarının genişlemesine olanak sağlayan– çok daha büyük bir kafatası olduğunu gösteriyor.

Bu daha büyük kafatasının doğum süreciyle ilgili sonuçları oldu. Otomotiv üreticileri modellerinden birinin yeni tasarımını yaparken, yeni Honda'ların eski Honda'ların egzoz borusundan nasıl çıkartılacağı meselesiyle uğraşmak zorunda değildir. Ancak doğa bu tarz meseleler hakkında endişelenmek zorundadır ve *Homo erectus*'ta da kafanın yeni tasarımı bazı sorunlara yol açtı: *Homo erectus* dişilerinin büyük kafalı, koca beyinli bebeklerini doğurabilmeleri için kendilerinden önceki dişilerden iri olmaları gerekiyordu. Sonuç olarak *Homo habilis* dişisi ağırlık olarak erkeğinin ancak yüzde 60'ına karşılık gelirken, ortalama *Homo erectus* kadınının ağırlığı erkeğininkinin yüzde 85'i kadardı.

Yeni beyinler bu bedele değiyordu, çünkü Dik Duran Adam insan evrimindeki başka bir ani ve muhteşem değişime damgasını vurdu. Bu insanlar dünyayı gördüler ve zorluklarına kendilerinden öncekilerden farklı yaklaştılar. Onlar özellikle, karmaşık taş ve tahta aletler –dikkatle işlenmiş el baltası, bıçak ve yapımında *başka aletler* gereken balta– yaratacak planlama ve hayal gücüne dayalı becerileri olan ilk insanlardı. Günümüzde bilim, teknoloji, sanat ve edebiyat yaratma becerisini bize kazandırdığı için beynimizi takdir ediyoruz fakat beynimizin karmaşık aletleri tasarlama becerisi türümüz için çok daha önemliydi, bize hayatta kalmamıza katkıda bulunan bir avantaj sağladı.

Dik Duran Adam gelişmiş aletleriyle hem artıkları topluyor hem de avlanıyordu ve bu sayede beslenmesindeki et miktarını artırıyordu. Eğer modern yemek kitaplarındaki dana eti tarifleri, "Bir dana yakalayıp kesin," sözleriyle başlasaydı, insanların çoğu *Patlıcanın Lezizliği* gibi isimleri olan kitaplardaki tariflerden şaşmazdı. Ancak insan evriminin tarihinde, avlanma becerisi, daha çok protein tüketimine imkân veren ve daha önceleri hayatta kalmak için gerekli olan çok miktarda bitkisel besine olan bağımlılığı azaltan, ileri doğru atılmış dev bir adımdı. Dik Duran Adam aynı zamanda büyük olasılıkla, maddeleri birbirine sürtmenin ısı oluşturduğunu ve ısının da ateşi doğurduğunu keşfeden ilk türdü. Dik Duran Adam ateş sayesinde başka hiçbir hayvanın yapamadığını yaptı: Normalde yaşamını sürdürmesinin olanaksız olduğu çok soğuk iklimlerde vücudunu sıcak tuttu.

Benim avcılığım ancak kasap vitrininden et seçmek ve alet kullanma düşüncem de bir marangoz çağırmaktan ibaret olsa da, uygulamada işinin ehli olan –alınları çıkık ve dişleri bir cetveli kemirebilecek kadar sağlam– insanlardan geldiğim fikri nedense içimi rahatlatıyor. Daha da önemlisi, zihnin bu yeni kazanımları *Homo erectus*'un Afrika'dan Avrupa ve Asya'ya yayılmasını ve bir milyon yılı aşkın bir süre bir tür olarak hayatta kalmasını sağladı.

***

Eğer zekâmızdaki gelişmeler karmaşık avlanma ve kesme aletleri yapmamızı sağladıysa bile, diğer yandan acil bir ihtiyaç da yarattılar: Savanlarda büyük ve hızlı bir hayvanın izini sürmenin ve onu bir yerde kıstırmanın en iyi yolu grup halinde avlanmaktı. Böylece, biz insanlar yıldız oyunculardan oluşan basketbol ve futbol takımlarını kurmadan çok önce, türümüzün, ceylan ve antiloplar karşısında skor kaydetmek amacıyla,

uyum içinde olması ve bir araya gelmesi için yeterince sosyal zekâ ve planlama becerisi geliştirmesi yönünde evrimsel baskı vardı. Bu sebeple, Dik Duran Adam'ın yeni yaşam tarzı en iyi iletişim kurabilen ve plan yapabilenlerin hayatta kalmalarını destekledi. Burada yine modern insan doğasının köklerinin Afrika savanalarında olduğunu görürüz.

Dik Duran Adam'ın egemenliğinin sonlarına doğru, muhtemelen yarım milyon yıl önce, *Homo erectus* beyin gücü daha fazla olan *Homo sapiens* adında yeni bir forma dönüştü. Bu erken, yani "geçmişe ait" *Homo sapiens* yine de günümüz insanları olarak kabul edebileceğimiz canlılar değildi: Daha sağlam vücutları, daha büyük ve kalın kafatasları vardı fakat beyinleri günümüzdeki kadar büyük değildi. Anatomik açıdan, modern insanlar büyük olasılıkla ancak MÖ 200000 civarından sonra erken *Homo sapiens*'ten türemiş, *Homo sapiens*'in bir alttürü olarak sınıflandırılabilir.

Biz de az kalsın başaramıyorduk: Genetik antropologlarının yakın zamanda yaptıkları şaşırtıcı bir DNA analizi aşağı yukarı 140000 yıl önce –muhtemelen iklim değişikliğiyle ilgili– bir felaketin o sıralarda hepsi de Afrika'da yaşayan modern insanların büyük çoğunluğunu kırıp geçirdiğini gösteriyor. Bu dönem sırasında, alttürümüzün nüfusu birdenbire topu topu birkaç yüz kişiye düştü; günümüzdeki dağ gorili veya mavi balina gibi "tehlike altındaki" türler sınıfına girdik. Isaac Newton, Albert Einstein ve bugüne kadar adını duyduğunuz herkes ve yine günümüzde dünyada yaşayan milyarlarca insan bu hayatta kalan birkaç yüz kişinin soyundan geliyor.

Bu kılpayı kurtuluş belki de, beyni daha büyük olan bu yeni alttürün hâlâ uzun vadede başarılı olacak kadar zeki olmadığının bir göstergesiydi. Fakat daha sonra bize şaşırtıcı zihinsel güçler sağlayan başka bir dönüşüm geçirdik. Bunun nedeni,

fiziksel anatomimizde, hatta beyin anatomimizde meydana gelen bir değişim gibi görünmüyor. Bilakis beynimizin işleyiş tarzında meydana gelen bir düzeltme gibi görünüyor. Nasıl olursa olsun, türümüzün, bilim insanı, sanatçı, teolog ve daha genel olarak, bizim düşündüğümüz şekilde düşünen insanlar ortaya çıkarmasını sağlayan bu başkalaşımdı.

Antropologlar bu nihai zihinsel dönüşümden "modern insan davranışlarının" gelişimi olarak bahseder. "Modern davranışlarla" kastettikleri ise alışveriş yapmak veya spor müsabakaları izlerken alkollü içkileri gövdeye indirmek değildir; zamanla şu anki kültürümüze yol açan zihinsel etkinlik türü olan karmaşık sembolik düşüncenin kullanımıdır. Bunun tam olarak ne zaman olduğu konusunda biraz anlaşmazlık vardır, fakat genel olarak kabul edilen tarih, bu geçişin MÖ 40000 civarında olduğudur.

Günümüzde alttürümüzü *Homo sapiens sapiens*, yani "Akıllı Akıllı Adam" olarak adlandırırız. (Tabii, ismi kendiniz seçtiğinizde türünüze böyle bir isim verirsiniz.) Fakat beyinlerimizin büyümesine yol açan değişimlerin hepsi ucuza çıkmadı. Enerji tüketimi açısından, modern insan beyni kalpten sonra vücuttaki en pahalı ikinci organdır.

Doğa bizi işletme masrafları bu kadar yüksek olan beyinlerle donatmak yerine, beyne kıyasla, birim kütle başına kalorilerin sadece onda birini tüketen daha güçlü kaslarla donatabilirdi. Ancak doğa bizi fiziksel açıdan en sağlam tür yapmamayı seçti. Biz insanlar çok güçlü değiliz, en çevik de değiliz. En yakın akrabalarımız olan şempanze ve cüce şempanzeler 550 kg/kuvveti aşan çekme kuvveti uygulama becerileri ve sert yemiş kabuklarını kolaylıkla kırabilen sağlam dişleri sayesinde kendilerine birer ekolojik niş açmayı başardılar. Öte yandan ben patlamış mısır yerken bile sorun yaşıyorum.

İnsanların etkileyici kas kütlesinden ziyade, aşırı büyük kafataslarının olması besin enerjisini ekonomik kullanmamasına yol açar; vücut ağırlığımızın yaklaşık yüzde 2'sine karşılık gelen beyinlerimiz kalori miktarımızın yaklaşık yüzde 20'sini tüketir. Bu yüzden diğer hayvanlar cengel veya savanaların acımasızlığında hayatta kalma ustalığı sergilerken, biz bir kafede oturup mocha yudumlamaya daha uygun görünüyoruz. Gene de oturma hafife alınmamalıdır. Çünkü biz otururken düşünür ve sorgularız.

1918'de, Alman psikolog Wolfgang Köhler *Maymun Zihniyeti* adında, klasik olacağı belli olan bir kitap yayımladı. Köhler bu kitapta, Kanarya Adaları'nda bulunan Tenerife Adası'ndaki Prusya Bilimler Akademisi'ne ait bir birimde yöneticiyken, şempanzeler üzerinde yaptığı deneyleri anlatıyordu. Köhler şempanzelerin problem çözme yöntemlerini –ulaşılamayacak bir yere yerleştirilmiş yiyecekleri elde etmek gibi problemleri nasıl çözdüklerini– öğrenmeye çalışıyordu ve deneyleri bize diğer primatlarla ortak zihinsel yeteneklerimiz hakkında çok şey anlattı. Fakat eğer şempanze davranışlarını kendi davranışlarımızla kıyaslarsak, Köhler'in kitabı aynı zamanda fiziksel yetersizliklerimizi telafi etmeye yardımcı olan insani yetenekler hakkında da çok şey anlatır.

Köhler'in deneylerinden özellikle biri etkileyiciydi. Köhler şunu fark etti: Tavana bir muz çivilediğinde, şempanzeler tırmanıp muzu almak için kutuları üst üste yığmayı öğrenebiliyorlardı, fakat görünüşe göre gereken kuvvetler hakkında hiçbir bilgiye sahip değillerdi. Örneğin, bazen kutuları üst üste yığarken kenarı üstüne koymayı deniyorlar veya zeminin üzerine yerleştirilen taşlar yüzünden kutular devrilirse, taşları kaldırmayı akıl edemiyorlardı.

Deneyin güncel bir versiyonunda, şempanzeler ile üç ila beş yaş arasındaki çocuklara ödül kazanmak için L şeklindeki

blokları üst üste koymaları gerektiği öğretildi. Daha sonra gizlice ilk blokların yerine daha ağır bloklar yerleştirildi. Şempanzeler ve çocuklar bu blokları üst üste koymaya kalktıklarında bunlar devrildiler. Şempanzeler ödülü kazanmak için deneme yanılma yöntemiyle bir süre daha uğraştılar; fakat durup da dengeli olmayan blokları incelemediler. Çocuklar da bu işin üstesinden gelemediler (zaten başarmak da mümkün değildi) fakat öylece vazgeçmediler de. Problemin ne olduğunu saptamak için blokları kontrol ettiler. Biz insanlar küçük yaşlardan itibaren yanıt ararız. Çevremiz hakkında kuramsal bilgiler elde etmeye çalışırız. "Neden?" sorusunu sorarız.

Küçük çocuklarla bir arada olmuş herkes onların *neden* sorusunu sormayı çok sevdiklerini bilir. 1920'lerde psikolog Frank Lorimer bu meseleye resmiyet kazandırdı: Dört yaşındaki bir oğlanı dört gün boyunca gözlemledi ve çocuğun bu süre boyunca sorduğu bütün *neden* sorularını not etti. Kırk tane neden sorusu vardı, bunlardan bazıları şöyleydi: *Çiçek sulama kabının neden iki kulpu var? Neden kaşlarımız var?* İçlerinden benim en sevdiğim ise şu oldu: *Anne, neden senin sakalın yok?* Dünyanın dört bir yanındaki çocuklar ilk sorularını küçük yaşta, halen anlaşılmaz sözler mırıldanır ve henüz dili gramer kurallarına göre konuşamazken sorarlar. Soru sorma edimi türümüz için o kadar önemlidir ki bunun için genel bir göstergemiz vardır: İster tonal olsun ister olmasın, bütün dillerde sorular için benzer bir yükselen tonlama söz konusudur. Bazı dini gelenekler soru sormayı idrakin en yüksek şekli olarak görürler ve hem bilimde hem de endüstride doğru soruları sorma becerisi muhtemelen kişinin sahip olabileceği en büyük yetenektir. Öte yandan şempanzeler ve cüce şempanzeler eğitmenleriyle iletişim kuracak ve hatta soruları yanıtlayacak şekilde basit bir işaret dili kullanmayı öğrenebi-

lir fakat asla soru sormazlar. Fiziksel açıdan güçlüdürler ama düşünmezler.

***

Eğer biz insanlar doğuştan çevremizi anlama güdüsüne sahipsek, yine doğuştan fizik kanunlarının işleyişine dair içgüdüsel bir duyguya da sahip görünüyoruz; en azından çok erken bir yaşta bunu ediniyor olmalıyız. Görünüşe bakılırsa bütün olayların nedeninin başka olaylar olduğunu doğuştan anlıyoruz ve milyonlarca yıllık uğraştan sonra nihayet Isaac Newton'un ortaya çıkardığı yasaları ilkel biçimde olsa da seziyoruz.

Illinois Üniversitesi'ndeki Bebek Bilişi Laboratuvarı'nda, bilim insanları son otuz yıldır çalışmalar yapıyor. Bu çalışmalarda anne ve çocukları küçük bir zemine veya masaya oturtuyor, bebeklerin tertiplenen olaylara nasıl tepki verdiklerini gözlemleyerek fiziksel sezgilerini inceliyorlar. Elimizdeki bilimsel soru şu: Bu bebekler fiziksel dünyaya ilişkin ne biliyor ve bunu ne zaman öğreniyorlar? Keşfettikleri şey ise görünüşe göre, fiziğin işleyişi konusunda belirli bir hisse sahip olmak; bebeklikte bile, insan olmanın anlamının asli bir yönüdür.

Bir dizi deneyden birinde, altı aylık bebekler, belli bir noktada bir rampaya dönüşen yatay bir yolun kenarına oturtuldular. Araştırmacılar yolun rampaya dönüştüğü yere tekerlekli bir oyuncak böcek yerleştirmişlerdi. Rampanın yukarıdaki bitim yerinde bir silindir vardı. Bebekler, serbest bırakılan silindirin, aşağı doğru yuvarlanıp böceğe çarpmasını ve böceği yatay yolun yarısına kadar yarım metre ilerletmesini heyecanla seyrettiler. Daha sonra ise *araştırmacıları* heyecanlandıran bölüm geldi: Eğer düzeneği farklı büyüklükteki bir silindirle yeniden kurarlarsa, bebekler böceğin çarpışmadan sonra si-

lindirin büyüklüğüyle orantılı şekilde daha ileri gideceğini tahmin edebilecekler miydi?

Bu deneyi duyduğumda aklıma ilk gelen soru şu oldu: Bir bebeğin *ne* tahmin ettiğini kim nereden bilecekti? Şahsen ben çocuklarının ne düşündüklerini anlamada sorun yaşıyorum ki benim çocuklarımın hepsi ergen ya da yirmili yaşlarda ve konuşma yetisine sahipler. Gülücük, yüzünü ekşitme ve salya akıtmayla sınırlı oldukları zamanlarda onları anlıyor muydum peki? Gerçek şu ki bebeklerin yanında yeterince durursanız, onlara yüz ifadelerine dayanan düşünceler atfetmeye başlarsınız, fakat sezginizin doğru olup olmadığını bilimsel olarak teyit etmek zordur. Eğer bir bebeğin yüzünün kuru erik gibi büzüştüğünü görürseniz, bunun nedeni ciddi gaz sancıları mı, yoksa az evvel radyodan borsanın beş yüz puan düştüğünü duydukları için canlarının sıkılması mıdır? Benim yüz ifademin iki durumda da aynı görüneceğini biliyorum ve bebeklerde ise tek hareket noktamız bakışlarıdır. Ancak bir bebeğin ne tahmin ettiğini saptamak söz konusu olduğunda, psikologların bu konuda bir uygulamaları var. Bebeğe bazı olaylar zincirini gösteriyor ve daha sonra bebeğin sahneye ne kadar süreyle gözlerini dikip baktıklarını ölçüyorlar. Eğer olaylar bebeğin beklediği şekilde meydana gelmezse bebek gözlerini diker, olay ne kadar şaşırtıcıysa o kadar uzun süre bakakalır.

Rampa deneyinde psikologlar deneyi şu şekilde düzenlediler: Bebeklerin yarısı, yuvarlanan silindirin öncekinden büyük olduğu ikinci bir çarpışma izleyecek, diğer yarısı da silindirin daha küçük olduğu ikinci bir çarpışma izleyecekti. Gelgelelim *iki* durumda da, hileci araştırmacılar düzeneği böceğin ilk çarpışmadan *daha uzağa* –gerçekte, pistin sonuna kadar– yuvarlanacağı şekilde ayarlamışlardı. Daha büyük silindirin böceği daha uzağa göndermesini izleyen bebeklerin

olaylara olağanüstü bir tepkileri olmadı. Fakat beklenildiği gibi, *daha küçük* bir silindirin vurduğu böceğin daha uzağa gittiğini gören bebekler böceğe uzun bir süre gözlerini dikerek kafaları karışmış gibi baktılar.

Büyük çarpmaların böcekleri küçük çarpmalardan daha hızlı yuvarlayacağını bilmeniz sizi pek de Isaac Newton'un dengi yapmaz; fakat bu deneyin gösterdiği gibi, insanlar doğuştan fiziksel dünyanın belirli bir anlayışına, doğuştan gelen merakınızı tamamlayan ve insanlarda diğer türlerden çok daha gelişmiş olan, çevremize dair gelişmiş bir sezgisel hisse sahip gibidirler.

Türümüz milyonlarca yıldır evrim geçirerek ve gelişerek daha güçlü bir beyin kazandı, dünyamız hakkında bilgi sahibi olabilmek için bireyler olarak mücadele etti. Eğer doğayı anlamak istiyorsak bu modern insan zihninin gelişimi gerekliydi fakat yeterli değildi. Dolayısıyla öykümüzdeki bir sonraki bölümün konusu çevremiz hakkında sorular sormaya nasıl başladığımız ve bunları yanıtlamak için entelektüel olarak nasıl bir araya geldiğimizdir. Bu, insan kültürünün gelişiminin öyküsüdür.

3

KÜLTÜR

Her sabah aynaya bakanlarımız çok az hayvanın başarabildiği bir şeyi yapar: kendini tanır. Bazılarımız kendi görüntümüze gülümser ve öpücük yollarız; bazılarımız da bakımsız görünmeyelim diye faciayı alelacele makyaj veya tıraşla kapatmaya çalışırız. İki şekilde de, hayvanlar söz konusu olduğunda, insanların tepkisi tuhaf bir tepkidir. Bu tepkimizin nedeni evrimimizin bir noktasında biz insanların kendimizin farkına varmış olmamızdır. Daha da önemlisi, yansımalarda gördüğümüz yüzün zamanla kırışacağını, bazı yerlerinde kıl biteceğini ve en kötüsü, varlığımızın sona ereceğini, çok net bir şekilde anlamaya başladık. Yani ölümlülüğümüzün ilk bildirimlerini aldık.

Beynimiz bizim zihinsel donanımımızdır ve sembolik olarak düşünme, sorgulama ve akıl yürütme becerisi olan bir beyin geliştirmemizin nedeni hayatta kalmak istememizdi. Fakat donanıma bir kez sahip olduğunuzda, bu birçok şekilde kullanılabilir ve *Homo sapiens sapiens* hayal gücümüz büyük aşama kaydettikçe, hepimizin öleceğinin anlaşılması beyinlerimizi "Kozmosu kim yönetiyor?" gibi varoluşçu sorulara doğru yöneltmeye katkıda bulundu. Bu tek başına bilimsel bir soru değildir, ama yine de "Atom nedir?" gibi sorulara giden yola, "Ben kimim?" ve "Çevremi bana uyacak şekilde

değiştirebilir miyim?" gibi daha kişisel soruların yanı sıra bu tür sorularla girdik. İşte biz insanlar da hayvan köklerimizin yukarısına yükselip bu soruları sormaya başladığımızda, kendine has özelliği düşünmek ve sorgulamak olan bir tür olarak ileriye doğru bir sonraki adımımızı attık.

Bu meseleleri değerlendirmemize yol açan insanın düşünce süreçlerindeki değişim büyük olasılıkla on binlerce yıl önce, alttürümüz modern davranışlar olarak düşündüğümüz davranışları sergilemeye başladığı zamanlarda –muhtemelen kırk bin yıl önce veya o civarlarda– yavaş yavaş başladı. Ancak yaklaşık on iki bin yıl öncesine, son buzul çağının sonlarına dek bir sıçrama noktasına gelmedi. Bilim insanları bu döneme zemin hazırlayan iki milyon yıla Yontma Taş Devri (ya da Eski Taş Devri veya Paleolitik), sonraki yedi-sekiz bin yıla da Cilalı Taş Devri (ya da Yeni Taş Devri veya Neolitik) derler. Bu isimler Yunanca "eski" anlamına gelen *palaio*, "yeni" anlamındaki *neo* ve "taş" anlamına gelen *lithos* kelimelerinden gelir; başka deyişle, Yontma Taş Devri de Cilalı Taş Devri de taş aletlerin kullanımıyla nitelendirilir. Bizi Yontma Taş Devri'nden Cilalı Taş Devri'ne götüren köklü değişimlere "Neolitik devrim" desek de, bu taş aletlerle ilgili değildi. Düşünme biçimimiz, sorduğumuz sorular ve önemli olarak gördüğümüz varoluş meseleleriyle ilgiliydi.

***

Taş Devri insanları sık sık göç eder ve benim ergenlik çağındaki çocuklarım gibi yiyeceğin peşinden giderlerdi. Kadınlar bitki, tohum ve yumurta toplarken, erkekler genellikle avlanır ve hayvanların av artıklarından yiyecek arardı. Ellerinde çok az eşya tutan bu göçebeler mevsime göre, hatta bazen her gün göç eder, doğanın cömertliğinin akışını takip eder, zorlukları-

na katlanır ve daima onun insafına kalmış vaziyette yaşarlardı. İki buçuk kilometrekarelik bir araziden sadece bir kişinin karnını doyurmasına yetecek miktarda yiyecek toplanabiliyordu, bu yüzden Taş Devri'nin çoğunda, insanlar çoğunlukla yüz kişiyi bulmayan küçük gezgin gruplar halinde yaşadılar. "Neolitik devrim" terimi, insanların bu yaşam tarzından, bir iki düzine haneden oluşan küçük köylere yerleşmeye ve yiyecek toplamaktan üretmeye başladıkları yeni bir yaşam biçimine geçişlerini tanımlamak amacıyla 1920'lerde türetildi.

Bu değişimle birlikte, çevreye salt tepki vermek yerine çevreyi aktif olarak şekillendirme yönünde bir eğilim ortaya çıktı. Bu küçük yerleşimlerde yaşayan insanlar geçimlerini doğanın onlara cömertçe sunduğu besinlerle sağlamak yerine, artık ham hallerinde bir değeri olmayan materyalleri topladılar ve bunları değerli maddeler haline getirdiler. Örneğin tahta, kerpiç ve taştan evler inşa ettiler; doğal halde bulunan metal bakırdan aletler dövdüler, dallardan sepet ördüler, keten veya diğer bitki ve hayvanlardan topladıkları elyafları sicim yaptılar ve daha sonra bu sicimlerden, daha önceleri giydikleri hayvan postlarından daha hafif, gözenekli ve kolay temizlenen kumaşlar dokudular ve kili şekillendirip pişirerek, yemek pişirmek ve yiyecek-içecek saklamak için kullanılabilen çanak ve testiler yaptılar.

Dışarıdan bakıldığında, toprak testi gibi nesnelerin icadı suyu cepte taşımanın zor bir şey olduğunun idrak edilmesinden daha derin bir şeyi temsil etmiyor gibi görünür. Ve gerçekten de, yakın zamana dek birçok arkeolog Neolitik devrimin sadece yaşamı kolaylaştırmayı hedefleyen bir uyum sağlama olduğunu düşünüyorlardı. On, on iki bin yıl önce meydana gelen, son buzul çağının sonundaki iklim değişikliğinin sonucunda birçok büyük hayvanın nesli tükendi ve bazı hayvanların göç örüntüleri değişti. Bunun, insanların yi-

yecek tedariki üzerinde bir baskı oluşturduğu varsayıldı. Bazı kişiler ayrıca insan sayısının, nihayet avcılık ve toplayıcılığın nüfusu destekleyemeyeceği noktaya kadar arttığı yorumunda bulundu. Bu görüşe göre, yerleşik yaşama geçme ve karmaşık aletler ile avadanlıklar geliştirme eğilimi bu koşullar yüzünden ortaya çıktı.

Ancak bu teoride problemler vardır. İlk olarak kötü beslenme ve hastalıklar kemik ve dişlerde iz bırakır. Gelgelelim 1980'lerde, Neolitik devrim öncesine ait iskelet kalıntıları üzerinde yapılan araştırmalarda böyle hasarlara rastlanmamıştır ki bu da o çağın insanlarında beslenme yetersizliği olmadığını akla getirir. Aslına bakarsanız, paleontolojik kanıtlar ilk çiftçilerin kendilerinden önceki avcı-toplayıcılara kıyasla omurga sorunları, diş çürümesi, kansızlık ve vitamin eksikliği gibi sıkıntıları daha çok çektikleri ve daha genç öldükleri izlenimini uyandırıyor. Dahası, tarımın benimsenişi yaygın bir iklim felaketinin sonucu değil, aşama aşama gerçekleşmiş gibidir. Ayrıca, ilk yerleşimlerin birçoğu insanların evcilleştirilmiş bitki veya hayvanlara sahip olduklarına dair bir belirti göstermiyordu.

İnsanlığın ilk avcı-toplayıcı yaşam tarzını, cengelde yaşayan aç yarışmacıların böcek ve yarasa dışkısı yemek zorunda kaldıkları bir reality şov gibi, zorlu bir hayatta kalma mücadelesi olarak düşünme eğilimindeyizdir. Avcı-toplayıcılar yapı-marketlerden alet ve tohum alıp şalgam ekebilseler daha iyi olmaz mıydı? Aslında hayır, çünkü 1960'lar gibi geç bir tarihte, sadece Avustralya ve Afrika'nın el değmemiş, bozulmamış bölgelerinde yaşam tarzlarını sürdürmeyi başarmış çok az sayıda avcı-toplayıcı grubu üzerinde yapılan araştırmalara bakacak olursak, binlerce yıl önceki göçebe toplumların "maddi bolluk" içerisinde yaşamış olabileceklerini söyleyebiliriz.

Genel anlamda, göçebelik geçici olarak yerleşmek ve elverişli bir kamp alanı içindeki yiyecek kaynakları tükenene dek o yerde kalmaktan ibarettir. Yiyecekler tükendiğinde avcı-toplayıcılar göçer. Bütün eşyaların taşınması gerektiği için, göçebeler büyük şeyler yerine küçük eşyalara önem verirler, çok az zaruri eşyayla mutludurlar ve genellikle çok az mülkiyet yani sahiplik hisleri vardır. Göçebe kültürünün bu yönleri, göçebeleri ilk kez on dokuzuncu yüzyılda incelemeye başlamış Batılı antropologların onlara yoksul ve muhtaç insanlar gözüyle bakmalarına yol açtı. Ancak göçebeler genel kural olarak yiyecek temin etmek ve daha genel olarak da hayatta kalmak için ürkütücü bir mücadele vermek zorunda değildiler. Aslında Afrika'daki San halkı (Buşmen olarak da bilinir) üzerinde yapılan çalışmalar onların yiyecek toplama faaliyetlerinin, İkinci Dünya Savaşı öncesi Avrupalı çiftçilerin faaliyetlerinden daha etkili olduğunu gösteriyor ve on dokuzuncu yüzyıldan yirminci yüzyılın ortalarına dek avcı toplayıcı gruplar üzerinde yapılan daha kapsamlı araştırmalar da ortalama bir göçebenin günde ancak iki ila dört saat çalıştığını gösteriyor. Yıllık yağış miktarının sadece 15 ila 25 cm olduğu Afrika'nın kavruk Dobe bölgesinde bile, yiyecek kaynaklarının "hem çeşitli hem de bol" oldukları keşfedildi. İlkel çiftçilikte ise tam tersine uzun saatler boyu yıpratıcı bir çalışma şarttır; çiftçilerin taş ve kayaları taşıması, çalılıkları temizlemesi ve sadece en ilkel aletleri kullanarak sert toprağı kazması gerekir.

Bu tarz değerlendirmeler insanların neden yerleşik düzene geçtiklerini açıklamaya çalışan eski teorilerin bütün öyküyü anlatmadığını akla getirir. Bilakis, birçok kimse artık Neolitik devrimin, her şeyden önce, pratik kaygıların ilham verdiği bir devrim değil, insanın spiritüel yanının gelişmesinden besle-

nen zihinsel ve *kültürel* bir devrim olduğuna inanıyor. Bu görüş modern zamanların belki de en şaşırtıcı arkeolojik keşfiyle destekleniyor: insanın doğaya olan yeni yaklaşımının yerleşik bir yaşam tarzının *ardından* değil, *öncesinde* ortaya çıktığını akla getiren kayda değer bir kanıt. Bu keşif Göbekli Tepe adlı görkemli bir anıttır. Bu isim anıta bulunduğu yerin kazı yapılmadan önceki görüntüsüne istinaden verilmiştir.

***

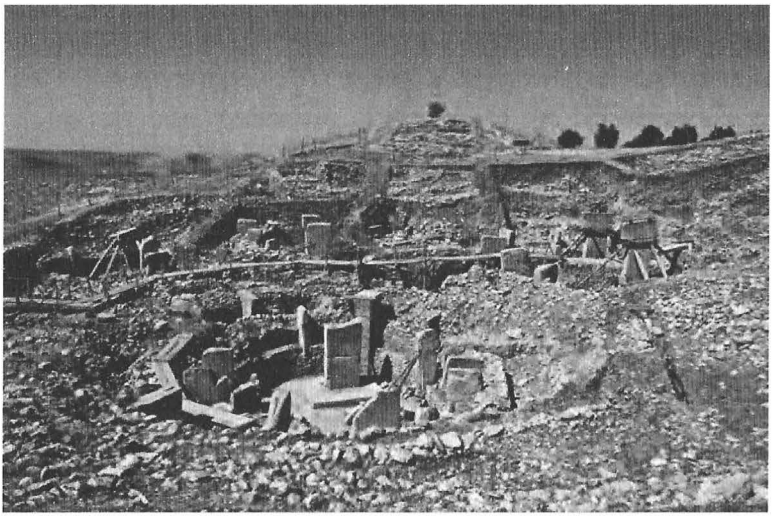
Göbekli Tepe Türkiye'nin güney doğusunda bulunan Urfa ilinde bir tepenin zirvesinde yer alır. Burası, Neolitik yerleşimcilerin değil, henüz göçebe yaşam tarzından vazgeçmemiş avcı toplayıcıların üstün gayretleriyle 11000 yıl önce –Büyük Piramit'ten 7000 yıl önce– inşa edilmiş muhteşem bir yapıdır. Ancak bu tepe hakkındaki en hayret verici şey yapım amacıdır. İbranice İncil'den yaklaşık 10000 yıl önce ortaya çıkan Göbekli Tepe dini bir tapınak olarak kullanılmış gibidir.

Göbekli Tepe'deki bloklar çapları yirmi metre kadar olan çemberler halinde düzenlenmiştir. Her çemberin merkezinde iki tane T şeklinde blok vardır, görünüşe bakılırsa bunlar dikdörtgen kafaları ve uzun, dar vücutları olan insanımsı şekillerdir. En uzunu beş buçuk metre yüksekliğindedir. Yapımında, bazıları on altı ton kadar gelen devasa taşların nakledilmesi gerekiyordu. Buna rağmen burası, metal aletlerin icadından, tekerleğin icadından ve insanlar yük hayvanlarını ehlileştirmeyi öğrenmeden önce yapıldı. Üstelik sonraki devirlerin büyük ve gösterişli dini yapılarının aksine, Göbekli Tepe, insanlar, merkezi olarak organize ve büyük işgücü kaynağı sağlayabilen büyük şehirlerde yaşamadan önce inşa edildi. *National Geographic*'in belirttiği gibi, "avcı toplayıcıların Göbekli Tepe'yi inşa ettiklerini keşfetmek birinin kendi evinde bir bıçakla bir 747 yaptığını keşfetmek gibi bir şey."

Anıta rastlayan ilk bilim insanları 1960'larda bölgenin bir haritasını çıkaran Chicago Üniversitesi'nden ve İstanbul Üniversitesi'nden antropologlardı. Toprağın içinden çıkan bazı kırık kireçtaşı levhalarını fark etseler de metruk bir Bizans mezarlığının kalıntıları diye önemsemediler. Antropoloji camiası da ilgilenmedi. Aradan otuz yıl geçti. 1994'de bir çiftçi tarlasını sürerken bir cisme rastladı. Bunun daha sonra gömülü muazzam bir sütun olduğu ortaya çıktı. O bölgede çalışan ve Chicago Üniversitesi'nin raporunu okumuş olan arkeolog Klaus Schmidt bir bakmaya karar verdi. "Onu ilk gördüğüm anda, iki seçeneğim olduğunu anladım," dedi. "Ya oradan uzaklaşıp kimseye söylemeyecek ya da ömrümün geri kalanını orada çalışarak geçirecektim." O ikinci şıkkı seçti ve 2014'te ölene dek o bölgede çalıştı.

Göbekli Tepe yazının icadından önce yapıldığı için, etrafta bölgede uygulanan ritüellere ışık tutabilecek kutsal metinler yok. Göbekli Tepe'nin bir ibadet yeri olduğu sonucuna daha sonraki dini yer ve uygulamalarla yapılan kıyaslamalara dayanılarak varıldı. Örneğin Göbekli Tepe'deki sütunlara çeşitli hayvan imgeleri oyulmuştur fakat bunlar Yontma Taş Devri'nin mağara resimlerinin aksine, Göbekli Tepe'nin yapımcılarının beslendikleri av hayvanlarına benzemez veya avlanmak ya da günlük yaşamın eylemleriyle ilişkili ikonları temsil etmezler. Tam tersine, oymalar aslan, yılan, yaban domuzu ve göğüskafesi açıkta olan çakala benzer tehditkâr yaratıkları tasvir eder. Bunların daha sonraları tapınmayla ilişkilendirilen hayvan türleri, sembolik veya efsanevi karakterler olduğu düşünülüyor.

Bu kadim insanların Göbekli Tepe'yi ziyaret etmesi büyük özveri gerektiriyordu çünkü anıt kuş uçmaz kervan geçmez bir yere dikilmişti. Bu bölgede birilerinin *daha önce* yaşamış olduğuna dair bir kanıt –ne bir su kaynağı ne bir ev ne de bir



Göbekli Tepe'nin kalıntıları.

ocak– bulunamamıştır. Arkeologların buldukları, uzaklarda avlanıp getirilmiş gibi görünen binlerce ceylan ve yaban öküzü kemikleriydi. Göbekli Tepe'ye gitmek hacca gitmekti ve kanıtlar da burasının 100 km kadar uzaktan göçebe avcı-toplayıcıları çektiğini gösteriyor.

Stanford Üniversitesi'nden arkeolog Ian Hodder "Göbekli Tepe'nin, önce sosyokültürel değişimin, sonra tarımın geldiğini" gösterdiğini söylüyor. Başka bir deyişle, gruba dayanan dini ritüellerin ortaya çıkışı insanların yerleşik düzene geçmeye başlamalarının önemli bir nedeniymiş gibi görünür, çünkü dini merkezler göçebeleri sıkı yörüngelere çekmiş ve nihayet ortak inanç ve anlam sistemlerine dayalı köyler kurulmuştur. Göbekli Tepe, kılıç dişli kaplanların halen Asya topraklarında dolaştığı ve *Homo sapiens* olmayan son akrabamız 1 metre boyundaki avcı ve alet yapımcısı *Homo floresiensis*'in daha birkaç yüzyıl önce soyunun tükendiği bir çağda yapılmıştı. Ve buna rağmen buranın kadim yapımcıları, görünüşe göre, yaşam

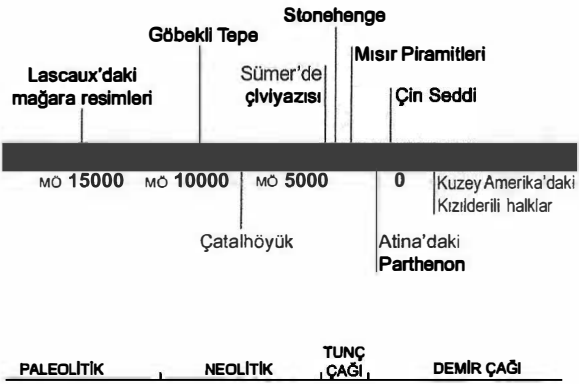
hakkında pratik sorular sormaktan spiritüel sorular sormaya geçmişlerdi. Hodder, "Göbekli Tepe'nin karmaşık Neolitik toplumların neden asıl kökeni olduğunu kanıtlarıyla gösterebilirsiniz," diyor.

Yiyecek elde etmek için bazı hayvanlar basit problemleri çözerken, bazıları basit aletler kullanır. Ancak ilkel bir şekilde bile, insan dışındaki başka hayvanlarda hiç gözlenmemiş olan eylem ise kendi varlığını anlamak için soru sormaktır. Öyle ki geç Paleolitik ve erken Neolitik insanların odaklarını salt hayatta kalmaktan kendileri ve çevreleri hakkındaki "hayati önemi olmayan" hakikatlere çevirmeleri insanın zihinsel tarihindeki en anlamlı adımlardan biriydi. Eğer Göbekli Tepe insanlığın ilk tapınağıysa –veya en azından bizim bildiğimiz ilkse– dinler tarihinde kutsal bir yeri hak eder, ancak bilim tarihinde de yine öyle bir yeri hak eder, çünkü varoluş bilincimizde bir sıçramayı, insanların kozmos hakkındaki önemli soruları yanıtlamak için büyük çaba göstermeye başladıkları bir çağı gösterir.

***

Doğanın, insan zihninin varoluşla ilişkili sorular sorabilecek kapasiteye evrilebilmesini sağlaması için milyonlarca yıl geçmesi gerekti, fakat bu aşamaya ulaştıktan sonra türümüzün bizim yaşam ve düşünme tarzımızı yeniden oluşturacak kültürleri geliştirmesi ölçülemeyecek kadar kısa bir zaman aldı. Neolitik insanlar önce küçük köyler ve daha sonra, zorlu çalışmaları sayesinde zamanla yiyecek üretimi arttıkça büyük köyler kurmaya başladılar, nüfus yoğunluğu iki buçuk kilometre kareye bir kişiden yüz kişiye çıktı.

Bu yeni devasa Neolitik köylerin en etkileyicisi, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinin ovalarında, Göbekli Tepe'nin sadece birkaç yüz kilometre batısında, MÖ 7500 civarında inşa edil-



miş Çatalhöyük'tür. Bu bölgedeki hayvan ve bitki kalıntılarının analiz edilmesi, bölgenin sakinlerinin yabani büyükbaş hayvan, domuz ve at avladıklarını, yabani kök, ot, palamut ve fıstık topladıklarını ve çok az tarım yaptıklarını gösteriyor. Daha da şaşırtıcı olanı ise, yerleşim yerlerinde bulunan alet ve araçlar oranın sakinlerinin kendi evlerini inşa edip bakımını yaptıkları ve kendi sanatlarını icra ettiklerini gösteriyor. İşbölümü hiç yokmuş gibi görünüyor. Küçük bir göçebe yerleşimi için bu normaldir fakat Çatalhöyük bir arkeoloğun sözleriyle, hepsi de kolları sıvayıp "kendi işlerini yapan" sayısı sekiz bini bulan insanların –aşağı yukarı iki bin ailenin– eviydi.

Bu nedenle, arkeologlar Çatalhöyük ve benzeri Neolitik köyleri şehir, hatta kasaba olarak kabul etmezler. İlk şehir veya kasaba ancak birkaç milyon yıl sonra ortaya çıktı. Köyle şehir arasındaki fark sadece büyüklük meselesi değildir. Bu fark, toplum içindeki sosyal ilişkilere bağlıdır, çünkü bu ilişkiler üretim ve dağıtım araçlarıyla ilgilidir. Şehirlerde işbölümü vardır, yani bireyler ve aileler belirli mal ve hizmetler konusunda başkalarına bağımlı olabilirler. Şehir herkesin gereksindiği çeşitli mal ve hizmetlerin dağıtımını merkezileştirerek, birey ve aileleri kendileri için her şeyi yapmaktan kurtarır, bu sayede bazıları uzmanlık gerektiren faaliyetlerde bulunabilir-

ler. Örneğin, eğer şehir civar kırsalda yaşayan çiftçilerin hasat ettikleri tarımsal ürün fazlasının halka dağıtılabildiği bir merkez haline gelirse, normalde yiyecek toplamaya (veya ekip biçmeye) odaklanması gereken insanlar uzmanlık gerektiren meslekleri icra edebilecek şekilde özgürleşir; zanaatkâr veya rahip olabilirler. Fakat Çatalhöyük'te, insanlar bitişik evlerde yaşadıkları halde, insan yapımı nesneler ailelerin aşağı yukarı birbirlerinden bağımsız bir biçimde yaşamın pratik faaliyetleriyle uğraştıklarını gösteriyor.

Eğer her geniş aile kendi kendine yetmek zorundaysa –eğer kimse etini kasaptan almıyor, bozulan musluklar için tesisatçı çağırmıyor ve suya düşen cep telefonunu en yakın Apple Store mağazasına götürmüyorsa– o zaman yan yana yerleşip de bir köy kurmanın anlamı nedir ki? Çatalhöyük gibi yerleşimlerin insanlarını bağlayan ve birleştiren şey Neolitik insanları Göbekli Tepe'ye çekenle aynı tutkal gibi görünüyor: ortak bir kültürün ve paylaşılan ruhani inançların ilk adımları.

Bu yeni ortaya çıkan kültürlerin bir özelliğinin de insanın ölümlü olduğunun üzerinde düşünülmesi olduğu görülür. Örneğin Çatalhöyük'te, göçebelerinkinden çarpıcı bir biçimde farklı olan yeni bir ölüm ve ölme kültürünün kanıtlarını görürüz. Tepeler ve azgın nehirler üzerinde uzun yolculuklar yapan göçebeler hastaları veya sakatları taşımanın yükünü kaldıramaz. O yüzden hareket halindeki göçebe kabilelerin, kafileyi takip edemeyecek kadar zayıf olan yaşlılarını geride bırakmaları çok yaygın bir uygulamadır. Çatalhöyük'ün ve Yakındoğu'nun diğer unutulmuş köylerinin uygulamaları ise tam tersiydi. Geniş aileler çoğu kez sadece hayatta değil ölümde de fiziksel olarak yakın kalırlardı: Çatalhöyük'te ölüleri evlerinin altına gömerlerdi. Bebekler kimi zaman bir odanın girişindeki eşiğin altına defnedilirdi. Bir kazı ekibi tek

bir büyük yapının altında bile yetmiş ceset bulmuştur. Bazı durumlarda, definden bir yıl sonra, yerleşim sakinleri bir mezarı açar ve ölünün kafasını, törenlerde kullanmak amacıyla bir bıçakla keserlerdi.

Çatalhöyük'teki yerleşimcilerin ölüm hakkında endişeleri varsa bile, aynı zamanda insanın üstünlüğüne dair yeni bir kanıları da vardı. Birçok avcı toplayıcı toplumlarda, avcı ve av ortakmışçasma hayvanlara büyük saygıyla yaklaşılır. Avcılar avlarını kontrol etmeye çalışmaz, yaşamlarını avcıya verecek hayvanlarla bir tür dostluk kurarlar. Gelgelelim Çatalhöyük'te, duvar resimleri; boğa, yaban domuzu ve ayılara sataşan ve kışkırtan insanları tasvir eder. İnsanlar artık hayvanlarla ortaklık kuran değil onlara hükmeden figürler olarak görülür ve onları sepetlerini yapmak için kullandıkları dallara benzer şekilde kullanırlar.

Bu yeni yaklaşım önünde sonunda hayvanların ehlileştirilmelerine yol açacaktı. Sonraki iki bin yılda, önce koyun ve keçiler, sonra da büyükbaş hayvan ve domuzlar evcilleştirildi. İlk başlarda seçici avlanma vardı; insanlar yabani sürülerin içinden bir yaş ve cinsiyet dengesi sağlamak amacıyla en iyileri seçip ayırır ve bunları doğal yırtıcılardan korumaya çalışırlardı. Ancak zamanla insanlar hayvanların yaşamlarının tüm yönlerinin sorumluluğunu aldı. Ehlileştirilmiş hayvanlar artık başlarının çaresine bakmak zorunda olmadıklarından, buna karşılık yeni fiziksel özelliklerin yanı sıra, daha evcil davranışlar, daha küçük beyin ve daha düşük zekâ geliştirdiler. Bitkiler –buğday, arpa, mercimek, bezelye vb.– de insanların kontrolü altına girdi ve toplayıcıların değil bahçıvanların ilgi alanı haline geldiler.

Tarımın icadı ve hayvanların ehlileştirilmesi bu girişimlerin etkililiğini maksimum düzeye çıkarmakla ilişkili yeni entelektüel sıçramaları kolaylaştırdı. İnsanların motivasyonu ar-

tık doğanın kuralları ve düzenleri hakkında bilgi sahibi olmak ve bunlardan yararlanmaktı. Hayvanların nasıl beslendiklerini, bitkilerin büyümesine nelerin katkıda bulunduğunu bilmek yararlı hale geldi. Bu bilim haline gelecek oluşumun ilk adımlarıydı fakat bilimsel yöntemler olmadan veya mantıksal çıkarımın avantajlarını anlamadan sihirle ve dinle ilişkili fikirler deneysel gözlem ve teorilerle harmanlandı ve sıklıkla bunların yerine geçti, günümüzdeki saf bilimin amacından daha pratik bir amaç söz konusuydu: insanların doğanın işleyişleri üzerinde güç sahibi olmalarına yardım etmek.

İnsanlar doğa hakkında yeni sorular sormaya başladıkça, Neolitik yerleşimlerin çok büyümeleri bunları yanıtlamak için yeni bir yol sağladı. Öğrenme arayışı artık bireyler veya küçük gruplarca yapılacak bir iş olmakla sınırlı kalmak zorunda olmadığı için, çok sayıda zihnin katkısından da yarar sağlayabilirdi. Ve böylece, bu insanlar avlanma ve yiyecek toplama işini büyük ölçüde bırakıp, yine grup halinde, ama bu kez fikir ve bilgi avlamak ve toplamakla uğraşmaya başladılar.

***

Lisansüstü öğrencisiyken doktora tezi için seçtiğim konu, nötron yıldızlarının –evrende var olduğu bilinen en yoğun ve küçük yıldızların– dışındaki güçlü manyetik alanda bulunan hidrojen atomlarının hareketlerini tanımlayan çözümsüz kuantum denklemlerine yaklaşık çözümler bulmak için yeni bir yöntem geliştirme gibi zorlu bir problemdi. Neden bu problemi seçtiğimi hiç bilmiyorum ve belli ki, konuya olan ilgisini çabucak yitiren tez danışmanım da bilmiyordu. Daha sonra bir yılımı birbiri ardına çeşitli yaklaşım teknikleri geliştirmekle harcadım ki bunların problemi çözmede mevcut yöntemlerden daha iyi olmadıkları ve dolayısıyla bana bir doktora

kazandıracak kadar büyük değer taşımadıkları ortaya çıktı. Sonra bir gün ofis komşum olan bir doktora sonrası araştırmacısı ile konuşuyordum. Araştırmacı kuark adı verilen ve üç "renkli" (bu terimin "rengin" günlük tanımıyla bir ilgisi yoktur) temel parçacıkların hareketlerini anlamak amacıyla yeni bir yaklaşım üzerinde çalışıyordu. Amacı zihinde üç yerine (matematiksel açıdan) sonsuz sayıda rengin olduğu bir dünya canlandırmaktı. Biz kuarklar hakkında konuştukça, ki bunun benim yapmakta olduğum işle hiçbir ilgisi yoktu, aklıma yeni bir fikir geldi: Eğer *problemimi* üç boyutlu değil de sonsuz boyutlu bir dünyada yaşıyormuşuz gibi çözsem acaba nasıl olurdu?

Bu, kulağa tuhaf, uçuk bir fikir gibi geliyordu ve hakikaten de öyleydi. Ancak biz matematiğini kurcaladıkça, tuhaf bir biçimde, problemimi gerçek dünyada ortaya çıktığı şekliyle çözemesem de, sonsuz boyutlarda ifade edersem çözebileceğimi keşfettik. Çözümü bulduktan sonra, doktoramı almak için "tek" yapmam gereken, gerçekte üç boyutlu bir uzayda yaşadığımız olgusunu hesaba katacak şekilde yanıtın üzerinde nasıl bir değişiklik yapmam gerektiğini çözmekti.

Bunun çok iyi bir yöntem olduğu ortaya çıktı; artık bir zarfın arkasında hesaplamalar yapabiliyor ve başkalarının kullandığı karmaşık bilgisayar hesaplamalarına göre daha doğru sonuçlar elde edebiliyordum. Bir yıl boyunca bir sonuca varmayan çabalarımdan sonra, sadece birkaç haftada "büyük N genleşmesi" üzerine doktora tezimin çoğunu yaptım ve sonraki yıl bu doktora sonrası araştırmacısı ve ben bu fikri diğer durumlara ve atomlara uygulayan bir dizi çalışma ortaya çıkardık. Daha sonra, Nobel Ödülü kazanan kimyacı Dudley Herschbach yöntemimizi *Physics Today* diye heyecan verici bir ismi olan bir dergide okudu. Tekniğe "boyutsal ölçekleme" adını verdi ve bunu kendi alanında uygulamaya başladı. On

yıl içinde, tamamen bu konuya ayrılmış akademik bir konferans bile verildi. Bu öyküyü anlatmamın nedeni, birilerinin berbat bir problem seçip de çıkmaz sokaklarda bir yıl harcadıktan sonra her şeye rağmen ilginç bir keşif yapabileceğini göstermesi değil, insanların öğrenme ve buluş yapma mücadelesinin bir dizi izole kişisel mücadele değil de ortak bir girişim, başarısı için insanların, dimağlara etkileşimde bulunabilecekleri çok sayıda dimağ sunan yerleşimlerde yaşamalarını gerektiren sosyal bir faaliyet olduğunu anlatmak.

Bu diğer dimağlar hem şimdiki hem de geçmiş zamanda bulunabilir. Dünyaya dair kavrayışımızda devrim yapan veya teknoloji alanında mucizevi icat becerileri sergileyen yalıtılmış dehalara dair söylenceler çok fazladır. Örneğin beygir gücü kavramını geliştiren ve adı güç birimi vata verilen James Watt'ın, bir çaydanlıktan fışkıran buharı seyrederken gelen ani ilhamla buhar makinesi fikrini bulduğu söylenir. Aslında Watt bu işe giriştiği sırada yaklaşık elli yıldır kullanımda olan icadın daha eski bir versiyonunu tamir ederken kendi buhar makinesi fikrini üretmiştir. Aynı şekilde, Isaac Newton bir tarlada yalnız başına otururken elmanın düştüğünü görüp de fiziği icat etmedi; gezegenlerin yörüngelerine ilişkin başkalarının derlediği bilgileri toplamak için yıllarca uğraştı. Ayrıca eğer merakını uyandırmış bir matematik meselesi hakkında araştırma yapan astronom –kuyrukluyıldız keşfiyle ünlü– Edmond Halley'in tesadüfi ziyaretinden esin almamış olsaydı, kendisine ait ünlü hareket yasalarını içeren ve günümüzde büyük saygı görmesinin nedeni olan *Principia*'yı asla yazamazdı. Einstein da matematikçi arkadaşı Marcel Grossmann'ın yardımıyla, eğri uzayın doğasını tanımlayan eski matematik teorilerinin peşine düşmemiş olsaydı izafiyet teorisini tamamlayamazdı. Bu büyük düşünürlerden hiçbiri muhteşem başarılarını bir vakumda gerçekleştirmediler;

başka insanlara ve daha önceki bilgilere dayandılar ve içinde bulundukları kültür tarafından şekillendirilip beslendiler. Ayrıca önceki uygulayıcıların çalışmalarının üzerine ekleme yaparak gelişen sadece bilim ve teknoloji değildir; sanat da aynı şekilde gelişir. Hatta T. S. Eliot daha da ileri giderek şöyle demiştir: "Olgunlaşmamış şairler taklit eder; olgun şairler çalar ... ve iyi şairler de şiiri daha iyi veya en azından farklı bir şeye dönüştürür."

"Kültür" etrafınızda yaşayanlardan edindiğiniz davranış, bilgi, fikir ve değerler olarak tanımlanır ve bölgeden bölgeye değişir. Biz modern insanlar yetiştirildiğimiz kültüre uygun biçimde davranırız ve ayrıca bilgilerimizin çoğunu kültür vasıtasıyla ediniriz ki bu bizim için diğer türlere göre çok daha geçerli bir şeydir. Hatta yakın zamanda yapılan araştırmalar insanların başkalarına bir şeyler öğretmeye evrimsel yönden adapte olduklarını akla getiriyor.

Diğer türler kültürel davranışlar sergilemiyor değil. Onlar da sergiliyor. Örneğin farklı şempanze gruplarını inceleyen araştırmacılar, dünya genelinde insanların, yurt dışında seyahat ederken hamburger restoranı arayan bir kişiyi Amerikalı olarak tescil etmelerine benzer şekilde, bir grup şempanzeyi gözlemleyerek ve sadece davranış dağarcığına bakarak nereden geldiklerini belirleyebileceklerini keşfettiler. Bilim insanları toplamda, bu şempanze toplulukları arasında farklılık gösteren otuz sekiz gelenek tanımladı. Uganda Kibale'deki, Nijerya Gombe'deki ve Tanzanya Mahale'deki şempanzeler sağanak yağış altında hoplayıp zıplayarak ağaç dallarını sürükler ve toprağa çarpar. Côte d'Ivoire Tai ormanındaki ve Gine Bossou'daki şempanzeler yassı bir taşla vurarak ceviz kırar. Başka şempanze gruplarının ilaç niteliğindeki bitkileri kullanma alışkanlığını kültürel olarak aktardıkları rapor edilmiştir. Tüm bu vakalarda, kültürel faaliyet içgüdüsel değildir

veya her nesilde yeniden keşfedilmez, daha çok yavruların annelerini taklit ederek öğrendikleri bir şeydir.

Hayvanlar arasında bilginin keşfi ve kültürel aktarımına verilebilecek belgelenmiş en iyi örnek Japon takımadalarındaki küçük Kojima adasında elde edilmiştir. 1950'lerin başlarında, adadaki hayvan bakıcıları makak maymunlarını beslemek için her gün kumsala tatlı patates atıyorlardı. Maymunlar patatesi yemeden önce üzerlerindeki kumu silkelemek için tüm yolları deniyorlardı. Daha sonra 1953'te bir gün, Imo adında on sekiz aylık bir dişinin aklına patatesini suya sokup suyla temizlemek geldi. Bu sayede patatesin kumu temizlendiği gibi daha tuzlu ve lezzetli de oldu. Çok geçmeden Imo'nun oyun arkadaşları onun numarasını kaptılar. Derken, yöntemi anneler yavaş yavaş öğrendi, daha sonra da, birkaç tane yaşlı hariç, erkekler benimsedi; maymunlar birbirlerine öğretmiyor, izleyip taklit ediyorlardı. Birkaç yıl içinde, neredeyse bütün topluluk yiyeceklerini yıkama alışkanlığı edinmişti. Üstelik o zamana dek, sudan kaçan mamaklar artık suyun içinde oynamaya başlamışlardı. Bu davranış nesilden nesile aktarıldı ve on yıllarca devam etti. İnsanlardaki sahil toplulukları gibi bu makaklar da kendi kültürlerini geliştirmişlerdi. Bilim insanları yıllardır birçok canlı türüne –katil balinalara, kargalara ve elbette diğer primatlar gibi farklı farklı hayvanlara– ait kültür kanıtları bulmuştur.

Bizi diğer hayvanlardan ayıran şey ise görünüşe göre insanların geçmişin bilgi ve buluşlarının üstüne *ekleme* yapabilen tek canlı olmasıdır. Bir gün bir insan yuvarlak şeylerin yuvarlandığını fark etti ve tekerleği icat etti. Zamanla at arabalarımız, su çarklarımız, makaralarımız ve elbette ruletimiz oldu. Öte yandan ne Imo şempanzelerin daha önceki bilgi birikiminin ne de diğer şempanzeler Imo'nun bilgilerinin üstüne ekleme yaparak geliştirdi. Biz insanlar kendi aramızda

konuşur, birbirimize öğretir, eski fikirleri geliştirmek için çabalar, fikir alışverişi yaparız. Şempanzeler ve diğer hayvanlar bunları yapmazlar. Arkeolog Christopher Henshilwood şöyle diyor: "Şempanzeler başka şempanzelere termit avlamayı gösterebilir, fakat bu noktadan ileri gitmezler, 'Haydi, bunu farklı bir yöntemle yapalım demezler'; aynı şeyi tekrar tekrar yaparlar."

Antropologlar kültürün önceki kültürün üstüne (nispeten az kayıpla) eklenmesi sürecine "kültürel yükselme" derler. Kültürel yükselme, insan ile hayvan kültürleri arasındaki asli bir farklılığı temsil eder ve yeni yerleşik toplumlarda ortaya çıkmış olan bir alettir; burada benzer düşünenler arasında olma ve onlarla aynı meseleler hakkında kafa yorma arzusu daha ileri bilgileri oluşturacak bir besin maddesi haline gelmiştir.

Arkeologlar bazen kültürel buluşları virüslerle kıyaslar. Virüsler gibi, fikir ve bilgilerin de gelişip serpilebilmesi için belirli koşullar –bu durumda, sosyal koşullar– gerekir. Bu koşullar, nüfusu birbirleriyle son derece bağlantılı büyük toplumlarda olduğu gibi, mevcut olduğunda, bir toplumun bireyleri birbirlerine fikir aşılayabilir ve kültür de yayılıp gelişebilir. Yararlı olan veya belki de sadece rahatlık sağlayan fikirler devam eder ve bir sonraki fikir neslini doğurur.

Başarı için buluşlara bel bağlayan modern şirketler bunun fazlasıyla farkındadır. Öyle ki Google bunun bilimini yaptı; kafeteryasına insanları birlikte oturmak zorunda bırakan uzun, dar masalar yerleştirdi ve her yiyecek kuyruğunu bekleme süresi üç, dört dakika olacak şekilde tasarladı; çalışanlarının sinir olup da çabuk hazırlanan bir kâse erişteyle karınlarını doyurmaya karar vermelerine yol açacak kadar uzun değil, ancak birbirlerine rastlayıp konuşabilecekleri kadar uzun.

Veya 1930'lar ile 1970'ler arasında dünyadaki en yenilikçi organizasyon olan ve modern dijital çağı mümkün kılan kilit buluşların –transistör ve lazer dahil– birçoğunu ortaya çıkaran Bell Laboratuvarlarını düşünün. Bell Laboratuvarlarında işbirliğine dayalı araştırmaya o kadar çok önem veriliyordu ki, binalar tesadüfi karşılaşmaların olasılığını en yüksek düzeye çıkaracak şekilde tasarlanmışlardı ve çalışanların iş tanımında, Avrupa'daki bilimsel fikirler ile Birleşik Devletler'deki bilimsel fikirler arasında bir aracı görevi görmek amacıyla her yaz Avrupa'ya seyahat etmek vardı. Bell Laboratuvarlarının fark ettiği şey daha geniş entelektüel gruplarda gezinenlerin yeni buluşlar yapma olasılıklarının daha fazla olduğuydu. Evrim genetikçisi Mark Thomas'ın da belirttiği gibi, yeni fikirler bulmak söz konusu olduğunda, "Mesele ne kadar zeki olduğunuz değil, çevrenizin ne kadar geniş olduğudur". Birbiriyle bağlantılı olmak kültürel gelişimde çok önemli bir mekanizmadır ve Neolitik devrimin hediyelerinden biridir.

***

Babamın yetmiş altıncı doğum gününden kısa bir süre sonra bir akşam, yemekten sonra yürüyüşe çıkmıştık. Babam ertesi gün ameliyat olmak için hastaneye yatacaktı. Yıllardır hastaydı, sınır diyabeti vardı, felç ve kalp krizi geçirmişti ve –kendi bakış açısına göre– en kötüsü de kronik mide ekşimesi vardı, yemeyi sevdiği neredeyse her şeyi yasaklayan bir diyet yapmak zorundaydı. O gece yavaş yavaş yürürken, bastonuna yaslandı, gözlerini yoldan gökyüzüne çevirdi ve bu gece yıldızları gördüğü son gece olabileceğini kabul etmenin kendisi için zor olduğunu söyledi. Ve ölümünün yakın olabileceği olasılığıyla yüzleşirken kafasındaki düşünceleri bana anlatmaya başladı.

Burada dünyada, sorunlu, kaotik bir evrende yaşıyoruz, **dedi bana. Yaşam** onu küçük yaşta, soykırımın felaketleriyle **ve bu** ileri yaşında da bütün tasarım özelliklerine karşın tehlikeli bir biçimde şişen bir şahdamarıyla ödüllendirmişti. Gök kubbenin ona her zaman bambaşka yasalar izleyen bir evren, çok eski yörüngelerinde sakin sakin hareket eden, mükemmel ve yok edilemez görünen bir gezegen ve güneş âlemi gibi göründüğünü söyledi. Bu bizim yıllardır sık sık konuştuğumuz bir şeydi. Bu konu, ben ne zaman fizikteki en son serüvenlerimi anlatsam, babam ne zaman insanları oluşturan atomların evrendeki diğer atomlarla –cansız ve ölüleri oluşturanlarla– aynı yasalara tabi olduğuna gerçekten inanıp inanmadığımı sorsa açılırdı. Kaç defa, evet, gerçekten inanıyorum, dersem diyeyim, o pek ikna olmazdı.

Kafasında kendi ölüm olasılığı olan babamın, kişisel olmayan doğa yasalarına değil de insanların böyle zamanlarda çoğu kez yaptığı gibi, müşfik bir Tanrı düşüncesine hiç olmadığı kadar yönelmeye eğilimli olacağını varsayıyordum. Babam nadiren Tanrı'dan bahsederdi, çünkü geleneksel Tanrı'ya inanarak yetiştirilmiş ve hâlâ inanmak istiyor olsa da, tanık olduğu dehşetler bunu zor bir sav haline getiriyordu. Fakat o gece yıldızları dikkatle seyrederken, teselli için pekâlâ Tanrı'ya bel bağlıyor olabileceğini düşündüm. Ancak bunun yerine beni şaşırtan bir şey söyledi. Fizik yasaları konusunda yanılmadığımı umduğunu, çünkü artık insanlık halinin karmaşasına rağmen, mükemmel ve romantik yıldızlarla aynı maddeden yapılmış olma olasılığıyla avunduğunu söyledi.

Biz insanlar bu tarz meseleler hakkında en azından Neolitik devrim döneminden bu yana düşünüyoruz ve hâlâ kesin yanıtlar bulamadık, fakat böyle varoluşsal sorunların farkına vardıktan sonra, bunları çözmemize yardımcı olması için bilgi

yolumuza eklediğimiz bir sonraki kilometre taşı, aletler –zihinsel aletler– geliştirmek oldu.

İlk aletlerimiz pek muhteşem sayılmazlardı. Yüksek matematik veya bilimsel yöntemle hiç alakaları yoktu. Bunlar düşünce sanatının esas araçlarıdır; o kadar uzun zamandır bizimleler ki onların daima bizim zihinsel özyapımızın bir parçası olmadıklarını unutabiliyoruz. Fakat gelişimin meydana gelebilmesi için, bilgilerin korunup değiştokuş edilebilmesi amacıyla yazının icadı için, bilimin dili haline gelecek matematiğin yaratılması için ve son olarak, yasa kavramının icadı için, yiyecek tedariki yerine fikirlerle uğraşan profesyonelleri beklemek zorundaydık. On yedinci yüzyılın bilim devrimi kadar epik ve dönüştürücü olan bu gelişmeler büyük düşünceler ortaya atan kahraman bireylerin ürünü olarak değil de ilk gerçek şehirlerdeki yaşamın bir yan ürünü olarak ortaya çıktı.

4

UYGARLIK

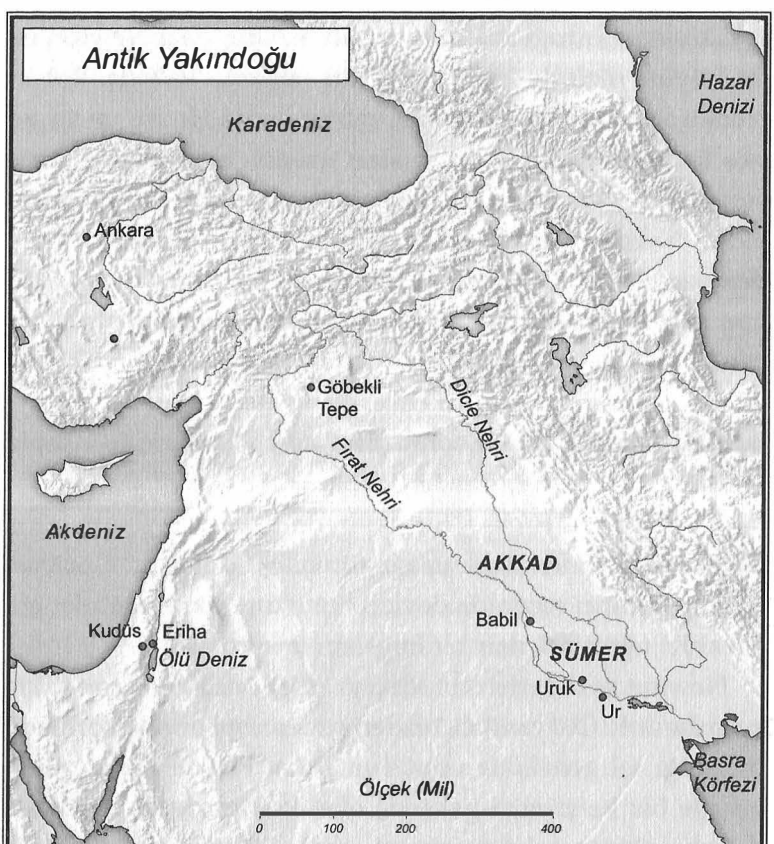
"Eğer ben daha ileriyi gördüysem bunu devlerin omuzlarında durduğum için yapabildim." Bu, Isaac Newton'un en büyük sözlerinden biridir. Bu sözleri, 1676'da Robert Hooke'a yazdığı bir mektupta, çalışmalarını Hooke'un ve ayrıca René Descartes'ın çalışmaları üzerine inşa ettiğine işaret etmek için yazmıştır. (Hooke sonradan onun can düşmanı oldu.) Newton kesinlikle kendisinden öncekilerin fikirlerinden yararlandı. Doğrusunu isterseniz, onlardan yararlandığını söylediğini cümlede bile onlardan yararlanmış gibidir; çünkü 1621'de, papaz Robert Burton şöyle yazmıştır: "Bir devin omuzlarında duran bir cüce, devin kendisinden bile daha ilerisini görebilir"; daha sonra şair George Herbert, "Bir devin omuzlarındaki cüce, devden daha uzağı görür" ve 1659'da Püriten William Hicks, "Bir devin omuzlarında duran cüce, devin kendisinden daha uzağı görebilir," demiştir. Görünen o ki, on yedinci yüzyılda devlerin omzuna çıkmış cüceler entelektüel uğraşlara dair bir imgelem unsuruydu.

Newton ve diğerlerinin sözünü ettiği öncüler az çok yakın geçmişe aitti. Öte yandan, bizden binlerce yıl önceki nesillerin oynadığı rol genellikle unutulur. Fakat her ne kadar günümüzde biz kendimizi gelişmiş olarak görmekten hoşlansak da, bu noktaya gelmemizin tek nedeni Neolitik köylerin ilk

gerçek şehirlere dönüştüğü zaman ortaya çıkmış olan büyük buluşlardır. Bu kadim uygarlıkların geliştirdiği soyut bilgiler ve zihinsel teknolojiler evren hakkındaki fikirlerimizi –ve bu fikirleri inceleme becerimizi– şekillendirmede kritik bir rol oynadı.

***

İlk şehirler aniden ortaya çıkmadı. Aksine, köylerin şehirlere dönüşümü yerleşik tarımsal yaşam tarzı yüzlerce veya binlerce yıllık bir dönemde kökleştiğinde meydana gelen kademeli,



doğal bir gelişimdi. Bu yavaş evrim süreci bir köyün tam olarak ne zaman şehir halini almış sayılması gerektiğini yoruma açık hale getirir. Bu esneme payına rağmen, genellikle ilk şehirler olarak *adlandırılan* yerleşimler Yakındoğu'da MÖ 4000 yıllarında ortaya çıktı.

Muhtemelen bunlar arasında en önde gelen ve kentleşme akımında önemli bir güç teşkil etmiş olan şehir günümüzde Irak'ın güneydoğusundaki Basra kenti yakınlarında bulunan, büyük surlarla çevrili Uruk idi. Yakındoğu kentleşen ilk bölge olmasına rağmen, orada yaşamak kolay değildi. İlk yerleşimciler su için geldiler. Toprakların çoğunun çöl olduğu göz önüne alındığında, onlar yanılmış görünebilirler. Ancak iklim uygun olmasa da coğrafya caziptir. Çünkü bölgenin ortasında Fırat ve Dicle Irmaklarının ve kollarının aktığı uzun çöküntü havzası zengin ve verimli bir ova oluşturur. Bu ovaya, eski Yunancada "ırmaklar arası" anlamına gelen Mezopotamya denir. O bölgedeki ilk yerleşimler sadece, büyüklükleri ırmakların sınırlarıyla belirlenen köylerdi. Daha sonra, MÖ 7000'den sonraki tarihlerde, çiftçilik yapan topluluklar ırmakların suladığı toprakları genişletmek için kanal ve su depoları yapmayı öğrendiler ve yiyecek tedarikinin artmasıyla birlikte kentleşme nihayet mümkün hale geldi.

Sulama kolay değildi. Hiç hendek kazmayı denediniz mi bilmiyorum, ben denedim; çim sulama fıskiyesi için boru döşemeye çalıştım. İlk başta iyi gitti, yani küreği satın aldığım kısım. Sonra zorluklar baş gösterdi. Güzelim aleti kaldırıp yere öyle bir indirdim ki sert topraktan sekip titreşmesi bir oldu. Sonunda, işi ancak daha yüksek bir otoriteye, iş makinesi olan bir adama başvurarak halledebildim. Günümüzün şehirlerinde her türden kazı yapılır ve çok azımız bunlara hayran hayran bakmak için durur. Ancak kadim Yakındoğu'nun, uzunluğu yüzlerce kilometre ve genişliği yirmi beş metreye kadar

olan ve ilkel aletlerle makinelerin yardımı olmadan kazılan sulama kanalları kadim dünyanın gerçek bir harikasıydı.

Irmağın doğal sınırlarından tarlalara su getirmek yüzlerce veya binlerce işçinin ve bunları yönlendiren planlayıcı ve gözetmenlerin çok yorucu şekilde çalışmasını gerektiriyordu. Çiftçilerin bu grup çalışmasına katkıda bulunmalarının birtakım nedenleri vardı. Bir tanesi akran baskısıydı. Diğeri de kendi topraklarını sulamanın tek yolunun ortak çaba göstermeleri olmasıydı. Motivasyonları ne olursa olsun, çiftçilerin çabaları karşılığını verdi. Yiyecek fazlalığı ve yerleşik yaşam ailelerin daha çok bebeği besleyip bakabilecekleri ve daha çok çocuğun hayatta kalabileceği anlamına geliyordu. Doğum oranı arttı, bebek ölümleri azaldı. MÖ 4000 civarında nüfus hızla artıyordu. Köyler büyüyüp kasaba oldu, kasabalar şehir oldu, şehirler daha da büyüdü.

Basra Körfezi'nin üst kısmındaki bataklıkların iç taraflarında inşa edilen Uruk bu ilk şehirlerin içinde en bereketlisiydi. Bölgesine hâkim olup diğer yerleşimlerden katbekat fazla büyüdü. Çok eski şehirlerin nüfusunu tahmin etmek zor olsa da, arkeologların bulduğu yapı ve kalıntılara bakıldığında, Uruk beş bin ila yüz bin arasında bir nüfusa sahip gibidir. Bu, Çatalhöyük'ten bu yana yerleşim büyüklüğünün yaklaşık on kat arttığını gösterir. Bu nüfusla Uruk çağımıza göre küçük bir şehirdir, oysa Uruk zamanının New York'u, Londra'sı, Tokyo'su ve São Paulo'suydu.

Uruk sakinleri tarlalarını sabanla sürerdi. Saban, toprağı kazarken açtığı oluğa tohumları bırakan kullanımı zor, özel bir araçtı. Uruklular bataklık araziyi kuruttular ve birbirleriyle bağlantılı yüzlerce kanal açtılar. Sulanan topraklarda arpa, buğday ve hurma ağırlıklı olmak üzere, bol miktarda tahıl ve bahçe meyveleri yetiştirdiler. Koyun, eşek, sığır ve domuz beslediler, yakınlardaki bataklıklardan balık ve kuş, ırmaklar-

dan kaplumbağa yakaladılar. Süt elde etmek için keçi ve manda yetiştirdiler ve bol bol arpadan yapılan bira içtiler. (Antik çanak çömlekler üzerinde yapılan kimyasal testler MÖ 5000 yılına kadar uzanan bira izlerini açığa çıkarır.)

Bu gelişmeleri bizim için önemli kılan şey ise uzmanlık gerektiren mesleklerin ortaya çıkışının, malzeme, kimyasal madde, bitki ve hayvanların yaşam döngüleri ve gereksinimlerine dair yeni bir anlayışı gerektirmesiydi. Yiyecek üretimi balıkçı, çiftçi, çoban ve avcıları doğurdu. El sanatları bütün ev halkının yaptığı yarı zamanlı işler olmaktan çıkıp, belirli becerilere odaklanmış profesyonellerin yaptığı tam zamanlı mesleklere dönüştü. Ekmek fırıncıların ürünü, bira da bira yapımcılarının uzmanlık alanı haline geldi. Hanlar ortaya çıktı ve hanlarla birlikte bazıları kadın olan hancılar da baş gösterdi. Ergimiş metalin işlenmiş gibi göründüğü atölye kalıntılarından dökümcülerin var olduklarını tahmin ediyoruz. Çanak çömlek de bir meslek doğurmuşa benzer: Standart ölçülerde üretilen binlerce eğri ağızlı basit kâse, ucuza satış yapan büyük bir mağazayı değilse bile, seramik yapan merkezi bir fabrikayı akla getirir.

Bazı uzman işçiler gayretlerini giyime yönelttiler. Dönemin günümüze kadar ulaşan sanat eserleri dokumacıları tasvir eder ve antropologlar da dokunmuş yün kumaş parçaları keşfetmişlerdir. Üstelik hayvan kalıntıları o dönemde, çobanların keçiden çok koyun otlatmaya başladıklarını gösterir. Keçiler daha çok süt verir; bu nedenle koyun sayısındaki artışı yün gereksinimi ya da kullanımındaki artışa yormak doğru olur. Ayrıca kemiklerin durumu bu çobanların koyunlarını ileri bir yaşta kestiklerine işaret eder; eğer koyunları eti için besliyorsanız bu pek de iyi bir fikir değildir, fakat tüyleri için besliyorsanız akıllıcadır.

Tüm bu uzmanlık gerektiren meslekler, bira veya süt ve bunları içecek çanak çömlek isteyen birileri için bir lütuftu fakat bunlar aynı zamanda insan zekâsının tarihinde muhteşem bir kilometre taşını da temsil eder, çünkü tüm yeni uzmanların ortak mücadeleleri eşi benzeri görülmemiş bir bilgi patlaması yaratmıştır. Evet, bunlar tümüyle pratik nedenlerden dolayı edinilen bilgilerdi ve mit ve ritüellere yedirilmek suretiyle kaydedilmişlerdi. Ve evet, bira tarifleri, mayalı içkinin üretimine ve lezzetine hükmeden tanrıçaların gözüne girmenin talimatlarını içeriyordu. Bunlar *Nature*'da yayımlanacak türden bir şeyler değildi, bir tür embriyo idi, daha sonra bunlardan, salt bilim yapmak için kullanılacak bilimsel bilgiler üretilecekti.

***

Amacı üretmek olan mesleklerin gelişimine ilaveten, bu dönem civarında vücut bulan, fiziksel emek veya yiyecek ve maddi şeylerin üretimine değil, zihnin faaliyetlerine yoğunlaşan bir avuç uzmanlık alanı da vardı. Kendi mesleğimizdeki insanlara, neredeyse tüm diğer grupların üyelerine kıyasla daha çok bağlılık hissettiğimiz söylenir. Hendek kazmakta olduğu gibi başka birçok pratik işte de kötüyüm ve çalışma dünyasındaki durumu kurtaran ana özelliğim bütün gün oturup yorulmadan düşünme becerimdir; ne şanslıyım ki bu yolu izleyebildim. Bu nedenle zihinsel işlerle uğraşan bu insanlarla aramda bir bağ hissederim. Çoktanrılı ve batıl inançlı olmalarına rağmen onlar düşünerek ve zihnini çalıştırarak geçinebilecek kadar ayrıcalıklı olan, ben ve benim gibilerin soydaşıdır.

Yeni "entelektüel" mesleklerin gelişmesinin nedeni bu çağda Mezopotamya'da kök salan kentsel yaşam tarzı için bir çeşit merkezi örgütlenmenin gerekmesiydi ve bu da sistem ve

kurallar oluşturma ve veri toplama ve kaydetme anlamına geliyordu.

Örneğin kentleşme takas sistemlerinin geliştirilmesini ve bu takası denetleyecek bir kurul oluşturulmasını gerektiriyordu; artan fakat mevsimlere bağlı olan yiyecek üretimi ortak depolama sistemlerinin oluşturulması gerektiği anlamına geliyordu ve göçebe kabilelerin aksine bunlara bel bağlayan çiftçi ve insanların saldırıya uğradıklarında yerleşimlerini kolayca terk edememeleri de bir milis kuvveti ve orduyu kaçınılmaz kılıyordu. Aslında Mezopotamya şehir devletleri kara ve su kaynakları yüzünden, iki taraf için de ölümcül olan sürekli bir savaş halindeydi.

Ayrıca işçilerin bir kamu hizmetleri gücü olarak örgütlenmesi konusunda da büyük bir gereksinim vardı. İlk olarak, muhtemel saldırganların gözünü korkutmak için şehirlerin etrafına kalın surlar inşa edilmeliydi. Ayrıca yeni icat edilmiş tekerlekli araçlar için yollar inşa edilmesi gerekiyordu, tarımda daha da büyük sulama projelerine ihtiyaç vardı. Ve kuşkusuz yeni merkezi otoritenin varlığı bürokratları alacak büyük binaların yapımını icap ettiriyordu.

Bir de polise ihtiyaç vardı. Yerleşimlerin nüfusu salt düzineler veya yüzlerle ifade edildiğinde, herkes birbirini tanıyabilirdi. Fakat nüfus binlere ulaştığında bu artık mümkün olamazdı ve böylelikle insanlar sık sık yabancılarla etkileşim halinde oldukları durumlarda yer aldılar, bu da çatışmaların doğasını değiştirdi. Antropologlar, psikologlar ve nörologlar gruplar büyüdükçe grup dinamiklerinin nasıl değiştiğini incelemişlerdir, ancak en temel seviyede neler olduğunu anlamak kolaydır. Eğer birini, ondan hoşlanmasam bile sürekli göreceksem rol yapmam iyi olur. Ve birinden hoşlanıyormuş gibi rol yapmak genellikle, keçisini çalmak amacıyla kafasına bir kil tabletle vurmak gibi şeylere meydan vermez. Ancak o

kişiyi tanımıyorsam ve bir daha asla yollarımızın kesişmeyeceğini düşünüyorsam, lezzetli keçi peyniri kaçırılmayacak bir fırsat gibi görünebilir. Sonuç olarak, çatışmalar artık sadece aile, arkadaş ve tanıdıklar arasında değil, yabancılar arasında da ortaya çıkıyordu ve bu yüzden çatışmaların çözümü için resmi yöntemlerin –ve bir polis gücünün– oluşturulması zorunluydu, bu da merkezi yönetim aygıtlarının oluşturulması için başka bir itici güç doğurdu.

Peki, dünyadaki ilk şehirlerin yöneticileri, tüm bu merkezi faaliyetleri mümkün kılanlar kimlerdi? Mezopotamyalılar kendileri ve tanrıları arasında aracılık yapanları, dini yükümlülük ve törenleri yönetenleri otorite kaynakları olarak gördüler.

Mezopotamyalılar bizim kilise ile devlet arasında yaptığımız ayrımı yapmadılar; Mezopotamya'da bunlar birbirinden ayrılmazdı. Her bir şehir bir tanrı veya tanrıçanın yurduydu ve her tanrı veya tanrıça da bir şehrin koruyucu tanrısıydı. Şehir sakinleri tanrılarının yaşam biçimlerini idare ettiklerine ve şehirlerini kendi meskenleri olarak inşa ettiklerine inanırdı. Ve eğer bir şehrin durumu kötüleşirse bunun tanrılarının onları terk etmesinden ileri geldiğine inanırlardı. Ve böylece din yalnızca toplumu bir arada tutan bir inanç sistemi değil, kurallar dayatan yürütme gücü haline geldi. Dahası, tanrılara duyulan korku yüzünden, din itaati motive etmede yararlı bir aletti. Yakındoğu bilgini Marc Van De Mieroop, "Malları şehrin tanrısı alır ve halka dağıtırdı," diye yazmıştır. "Tapınak, tanrının evi, sistemin işlemesini sağlayan ana kurumdu. ... Şehirde bulunan tapınak herkes için bir merkez noktasıydı." Sonuç olarak, Uruk toplumunun tam tepesinde, otoritesi tapınaktaki rolünden kaynaklanan bir rahip kral pozisyonu ortaya çıktı.

Otorite güç demektir, fakat yöneticiler etkili olabilmek için veri toplayabilmelidir. Örneğin eğer dini düzen mal ve hizmet takasını denetleyecek, vergi toplayacak ve anlaşmaları yerine getirecekse, tüm bu faaliyetlerle ilişkili bilgi toplayıp işleyecek ve saklayacak insanlara sahip olmalıydı. Günümüzde devlet bürokrasisinin, birinci lig üniversite futbol takımının entelektüel sıkletine sahip olduklarını düşünürüz, fakat bu ilk devlet bürokrasilerinden uzmanlaşmış bir entelektüel sınıf ortaya çıktı. Ve onların bürokratik ihtiyaçları için de bu zamana kadar icat edilmiş olan en önemli zihinsel teknolojiler geliştirildi: okuma, yazma ve aritmetik.

Bu becerileri günümüzün en temel becerileri olarak görürüz, bunlar bebek bezinden çıkıp da ilk akıllı telefonumuzu almadan hemen önce öğrendiğimiz tekniklerdir. Fakat bunların temel görünmelerinin tek nedeni birilerinin çok uzun zaman önce bunları icat etmiş ve o zamandan bu yana bize bunları öğretme zahmetine girmiş öğretmenler tarafından nesilden nesle aktarılmış olmalarıdır. Kadim Mezopotamya'da, eğer birileri profesör unvanını taşıyor olsaydı bunlar okuma, yazma ve sayma profesörleri olurdu ve bu profesörler kendi zamanlarının en ileri fikirlerini öğretiyor ve inceliyor olurlardı.

***

Bizi milyonlarca hayvan türünden çok farklı kılan bir başka özeliğimiz de bir insanın zihninin başka bir insanın düşüncelerini çok karmaşık ve incelikli bir biçimde etkileyebilmesidir. Sözünü ettiğim düşünce kontrolü dil vasıtasıyla meydana gelir. Başka hayvanlar birbirlerine korku, öfke, açlık veya şefkati işaretle bildirebilir ve bazı durumlarda, bize de bunları işaretle bildirebilirler fakat soyut kavramları öğrenme veya anlamlı bir şekilde birkaç kelimeden fazlasını bir araya getirme becerileri yoktur. Bir şempanze, komut üstüne, üzerinde portakal

resmi olan bir kartı seçebilir ve bir papağan da sürekli "Polly kraker istiyor," diyerek başınızın etini yiyebilir. Fakat basit talep, emir, uyarı ve tanımlamaların ötesine geçme becerileri hemen hemen sıfırdır.

1970'lerde, bilim insanları şempanzelerin gramer ve sözdiziminin temelindeki iç yapıyı öğrenip öğrenemeyeceklerini incelemek için onlara işaret dilini öğrettiklerinde, dilbilimci Noam Chomsky şöyle dedi: "Bir maymunun dil becerisine sahip olduğunun ortaya çıkma ihtimali, üzerinde insanların kendilerine uçmayı öğretmesini bekleyen, uçamayan bir kuş türünün olduğu bir adanın olma olasılığı kadardır." Yıllar sonra, Chomsky haklı görünüyor.

Nasıl hiçbir kuş uçmayı icat etmediyse ve yavru kuşlar uçmayı öğrenmek için okula gitmek zorunda değilse, dil de insanlar için o kadar doğal –ve insanlara has– gibi görünüyor. Türümüz yaban yaşamda hayatta kalabilmek için karmaşık ortak davranışlarda bulunmak zorundaydı ve –ergen çocuklarıma hatırlatıp durduğum gibi– işaret edip homurdanmak da sizi bir yere kadar götürür. Sonuç olarak, dik durma veya görme becerisi gibi, insan kromozomlarında, antik Neandertal DNA'sında bile tanımlanabilecek kadar uzun süredir mevcut olan eski bir genin yardımıyla, dil bir biyolojik adaptasyon olarak evrim geçirdi.

İnsanlar konuşma yeteneğine doğuştan sahip oldukları için, bunun yaygın biçimde dışavurulması beklenebilir ve gerçekten de insanların grup olarak birlikte yaşadıkları her toplulukta tekrar tekrar bağımsız olarak icat edilmiş gibidir. Aslında Neolitik devrimden önce kabile sayısı kadar dil var olmuş olabilir. Buna inanmamızın nedenlerinden biri de, on sekizinci yüzyılın sonlarında İngilizler Avustralya'yı sömürgeleştirmeye başlamadan önce, her biri ortalama beş yüz kişiden oluşan, halen Neolitik öncesi yaşam tarzını sürdüren –ve

her biri kendi dili konuşan– beş yüz yerli kabilesinin Avustralya kıtasında yaşıyor olmalarıydı. Aslında Steven Pinker'ın gözlemlemiş olduğu gibi, "Lisanı olmayan bir kabile hiç keşfedilmemiştir ve önceden lisanı olmayan grupların konuşmayı öğrenmelerini sağlayan bir dil 'beşiği' olarak işlev görmüş bir bölgenin varlığına dair kayıt yoktur".

Dil insan türünün önemli bir tanımlayıcı özelliği olmasına rağmen, *yazılı* dil insan *uygarlığının* tanımlayıcı bir özelliği ve en önemli araçlarından biridir. Konuşmak bizim yakın çevremizdeki küçük bir grupla iletişim kurmamızı sağladı; yazmak hem mekân hem de zamanda uzağımızda olan insanlarla fikir alışverişinde bulunmamızı sağladı. Muazzam bir bilgi birikimini, kültürün geçmişin üzerine ekleme yaparak gelişmesini mümkün kıldı. Böylelikle bireysel bilgi ve anılarımızın sınırları ötesine geçmemize olanak sağladı. Telefon ve internet dünyayı değiştirdi, fakat onlar ortaya çıkmadan çok önce yazı ilk ve en devrimci iletişim teknolojisiydi.

Konuşma doğal bir biçimde ortaya çıktı; icat edilmesi gerekmedi. Fakat yazı icat edilmek zorundaydı ve bu adımı hiç atmamış çok sayıda kabile vardır. Her ne kadar yazıyı kanıksasak da, yazı tüm zamanların en büyük ve en zor icatlarından biridir. Dilbilimciler günümüzde dünyada konuşulan üç binden fazla dil belgelemiş olmalarına rağmen, bu dillerin yalnızca yüz kadarının yazılı olduğu gerçeği de bunun ne kadar zor bir iş olduğunu gösterir. Üstelik insanlık tarihinin tümünde, yazı bağımsız olarak topu topu birkaç defa icat edildi ve dünyada esas olarak kültürel yayılma yoluyla ilerleyerek, tekrar tekrar yeniden icat edilmek yerine mevcut sistemlerden alındı veya uyarlandı.

Yazının ilk olarak, Mezopotamya'nın güneyindeki Sümer'de MÖ 3000'den önce kullanıldığı kanısındayız. MÖ 900'de Meksika'da icat edilen yazı sisteminin tek bağımsız sistem ol-

duğundan *eminiz*. Ayrıca, Mısır (MÖ 3000) ve Çin (MÖ 1500) yazı sistemlerinin de bağımsız gelişmelerin ürünü olmaları mümkündür. Bildiğimiz bütün yazılar bu birkaç icattan birinden kaynaklanır.

Çoğu insanın aksine, benim şahsen bir yazı "icat etme" deneyimim oldu. Sekiz, dokuz yaşlarındayken yavrukurttum ve takım liderimiz bize kendi yazı sistemimizi oluşturma görevini vermişti. Bay Peters ödevimi bana geri verirken, benimkinden etkilenmiş görünüyordu. Benim yaptığım alfabe diğer çocukların çalışmalarına hiç benzemiyordu. Onların tek yaptığı İngiliz alfabesinin harfleri üzerinde küçük değişiklikler yapmaktı. Öte yandan benim yazı sistemim büsbütün özgün görünüyordu.

Bay Peters ödevimi geri vermeden önce son bir kez dikkatle okudu. Benden hoşlanmıyordu ve bence açık bulmaya, böyle bir eserin asıl nedeni gibi görünen yaratıcı dehayı övmekten kaçmanın bir çaresini bulmaya çalışıyordu. "İyi bir iş çıkarmışsın," diye mırıldandı. "İyi" sözcüğünü söylemeden önce, sanki bu sözcüğü benim için kullanırsa yaratıcısına bir haftalık telif ücreti ödemek zorunda kalırmış gibi tereddüt etmişti. Ve daha sonra kâğıdı bana uzatırken aniden geri çekti. "Pazar okuluna gidiyorsun, değil mi?" diye sordu. Başımı salladım. "İcat ettiğin yazı İbranice alfabesine dayanıyor olabilir mi?" Yalan söyleyemezdim. Evet, diğerleri gibi, bildiğim bir alfabeyi alıp ve harfler üzerinde değişiklikler yapmıştım. Bunda utanılacak bir şey yoktu fakat ben yıkılmıştım. O beni her zaman sadece bir çocuk değil de, Yahudi bir çocuk olarak tanımlamıştı ve şimdi ben de onun haklı olduğunu kanıtlamıştım.

Bizim küçük yavrukurt projemiz bize zor gelmiş olabilir fakat yazıyı ilk icat etmiş kişilere göre çok önemli bir avantajımız vardı çünkü halihazırda konuşma dilimizi temel seslere

ayrıştırmayı ve harflerle tek tek eşlemeyi öğrenmiştik. Ayrıca [İngilizcede] *th* ve *sh* gibi bazı temel seslerin tek bir harfe karşılık gelmediğini de öğrenmiştik ve *p* ile *b* gibi sesler arasında ayırım yapabiliyorduk ki eğer daha önce hiçbir yazı sistemiyle deneyimimiz olmasa bu zor olabilirdi.

İnsanlar yabancı bir dil konuşurken duyduğunuz seslerin yapıtaşlarını tanımlamaya çalışırsanız bu işin zorluğunu anlayabilirsiniz. Dil ne kadar az tanıdıksa –örneğin bir Hint-Avrupa dili konuşuyorsanız Çince dinlemek– bu iş o kadar zor olur. *P* ve *b* arasındaki farka benzer incelikleri ayırt etmek şöyle dursun, çok sayıda farklı sesi tanımlamak zor gelir. Fakat her nasılsa antik Sümer uygarlığı bu zorlukların üstesinden geldi ve yazılı bir dil yarattı.

Yeni teknolojiler ilk icat edildiklerinde, uygulamaları genellikle zamanla toplumda oynamaya başladıkları rolden çok farklıdır. Aslında, buluş ve keşiflerden beslenen alanlarda çalışanlar için yeni teknolojilerin mucitlerinin –tıpkı daha sonra göreceğimiz, bilimsel teorilerin mucitleri gibi– buldukları şeyin ne anlama geldiğini genellikle idrak edememiş olduklarının farkına varmamız önemlidir.

Eğer yazıyı bir teknoloji olarak –sözcüklerin kil ve daha sonra kâğıt gibi diğer maddeler üzerine kaydedilmesi olarak– düşünürsek, evrimini ses kaydetme teknolojisinin gelişimiyle kıyaslamamız normaldir. Thomas Edison bu teknolojiyi icat ettiğinde, insanların daha sonraları bunu müzik kaydetmek için kullanacağı hiç aklına gelmemişti. Muhtemelen ölüm döşeğindeki insanların sözlerini kaydetme veya dikte etme makinesi olarak işlev görmek dışında ticari değerinin çok az olduğunu düşündü. Benzer şekilde, yazının ilk başlardaki rolü toplumda daha sonra oynayacağı rolden çok farklıydı. Başlangıçta sadece kayıt tutmak ve sözel içeriği bir Excel say-

fasındakilerden fazla olmayan uygulamalar olan listeler yapmak için kullanılıyordu.

***

Bildiğimiz ilk yazıtlar Uruk bölgesindeki bir tapınak kompleksinde bulunan kil tabletlere uygulanmıştı. Bu yazıtlarda tahıl çuvalı ve büyükbaş hayvan sayısı gibi maddeler listelenmiş, bazı tabletlerde işbölümü belirtilmişti. Örneğin, bunlardan öğrendiğimiz kadarıyla, bir tapınaktaki dini topluluk on sekiz fırıncı, otuz bir biracı, yedi köle ve bir nalbant çalıştırıyormuş. Ayrıca kısmi çevirilerden, işçilere arpa, yağ ve giysi gibi sabit oranlarda levazım verildiğini ve bir mesleğe de "şehir lideri", bir diğerine de "büyükbaş hayvanların başı" adı verildiğini öğreniyoruz. Yazmak için birçok neden tasavvur edebilsek de, kazılardan çıkartılan yazı tabletlerinin yüzde 85'i muhasebeyle ilgilidir. Kalan yüzde 15'in çoğu da gelecekteki muhasebecileri eğitmek için yazılmıştır. Gerçekten de muhasebe karmaşık bir iş olduğu için öğrenilecek çok şey vardı. Örneğin insan, hayvan ve kurutulmuş balık bir sayı sistemiyle, tahıl ürünleri, peynir ve taze balık ise başka bir sayı sistemiyle sayılıyordu.

Yazı ortaya çıktığı sırada sırf bu pratik girişimlerle sınırlıydı. Ortalıkta ne ucuz romanlar ne de evreni açıklamaya çalışan, yazılı hale getirilmiş teoriler vardı; sadece fatura, mal listeleri ve bu tür şeylerin kanıtı olan kişisel işaret, yani imzalar gibi bürokratik kayıt tutma belgeleri mevcuttu. Bu çok olağan gibi görünebilir ama bunun önemli sonuçları oldu: Yazı olmasa şehir uygarlığı da olmazdı, çünkü bu durumda insanlar şehir yaşamının tanımlayıcı özelliğini oluşturan karmaşık ortakyaşar ilişki türünü oluşturma ve sürdürme becerisinden yoksun olurlardı.

Şehirlerde hepimiz sürekli alıp veririz: Satın alır ve satar, faturalar gönderir ve alır, ödünç alır ve verir, iş için ödeme yapar ve ödeme alır, söz verir ve verdiğimiz sözü tutarız. Yazılı dil olmasa, tüm bu karşılıklı faaliyetlerde kaos ve çatışmalar yaşanırdı. Hayatınızda bir hafta boyunca hiçbir olayın, hiçbir işlemin –hatta iş üretiminizin, yani çalışma saatlerinizin bile– hiçbir şekilde kaydedilemediğini düşünün. Benim tahminim, profesyonel bir basketbol maçının bile altından kalkamazdık, çünkü iki tarafta da maçı kendi takımının kazandığını ileri süren taraftarlar olurdu.

İlk yazı sistemleri amaçları kadar iptidaiydi. İster meyve ister hayvan ister insan olsun, bir maddenin sayısını temsil eden, rakam diyebileceğimiz eğik çizgi şeklinde genel işaretler kullanıyorlardı. Zamanla, hangi işaretlerin koyuna, hangi işaretlerin koyun sahiplerine ait olduğunu ayırt etmeyi kolaylaştırmak için, rakamların yanına küçük resimyazılar çizilmesi karmaşıklığı artırdı. Böylece yazıcılar kelimeler için resimler kullanmaya başladı. Bilginler bu tür binden fazla erken resimyazı karakterinin anlamını çözmüştür. Örneğin, bir inek kafası konturu "ineği", bir üçgenin içindeki üç yarı çember "dağları" ve dişilik organının bir işaretle belirtildiği bir üçgen "kadını" temsil ediyordu. Ayrıca bileşik işaretler de vardı, örneğin bir kadın köleyi –kelimesi kelimesine "dağların ardından gelen" bir kadını– gösteren işaret gibi; burada "dağ" işaretine "kadını" gösteren işaret ekleniyordu. Zamanla resimyazılar yüklemleri ifade etmek ve cümleler kurmak için de kullanıldı. Dolayısıyla bir el ve bir ağzı gösteren resimyazı işaretlerinin "ekmek" işaretinin yanına yerleştirilmeleriyle "yeme" resimyazı işareti oluşturuldu.

İlk yazmanlar resimyazılarını, sivri uçlu aletler kullanarak düz kil tabletlere yazdılar. Daha sonraları, semboller çivi şekilli işaretler yapan kamış kalemlerle kile uygulandı. Bu tarz

resimyazıya *çiviyazısı* adı verildi. Bu ilk kil tabletlerden binlercesi Uruk kalıntılarından çıkarılmıştır, bunlar gramer içermeyen, basit nesne ve sayı listeleridir.

Resimyazılara dayanan yazılı bir dili öğrenmenin olumsuz tarafı, çok fazla sayıdaki resimyazı yüzünden öğrenmenin aşırı derecede zor olmasıdır. Resimyazının çok karmaşık olması, daha önce sözünü ettiğim düşünür sınıfının, yani küçük bir okuryazar sınıfının oluşumunu zorunlu kılıyordu. Bu ilk profesyonel bilginler bir tapınak veya sarayın desteklediği yüksek statünün keyfini çıkaran ayrıcalıklı bir sınıf haline geldi. Hatta Mısır'da vergilendirmeden bile muaf görünürler.

Arkeolojik kalıntılar MÖ 2500 civarında yazman ihtiyacının bir başka büyük buluşa yol açtığını gösteriyor: Mezopotamya'da "tablet evleri" olarak bilinen, dünyadaki bilinen ilk okullar. Bunlar ilk başlarda tapınaklarla bağlantılıydı, fakat sonraları özel binalara yerleştiler. İsimleri okullarda bulunan kil tabletlerden geliyordu; büyük olasılıkla her sınıfta tabletlerin kurumaları için kondukları raflar, pişirmek için fırınlar ve depolamak için sandıklar vardı. Yazı sistemleri halen çok karmaşık olduğu için, yazman olmak isteyen kişiler binlerce girift çiviyazısı karakterini ezberlemek ve yapmayı öğrenmek için yıllarca çalışmak zorundaydı. İnsanın entelektüel gelişimindeki bu adım hafife alınabilir fakat toplumun bilgiyi aktarmayı görev edinmiş bir mesleği oluşturması ve öğrencilerin bunu edinmek için yıllarca çalışması gerektiği fikri büsbütün yeni bir şeydi; türümüz için bir aydınlanma anıydı.

Zamanla Sümerler yazı dilini basitleştirmeyi başardılar, bir yandan da bu yazı dilini daha karmaşık düşünce ve fikirleri iletmek için kullanıyorlardı. Kimi zaman, tarif etmesi zor bir kelimeyi aynı sesi veren fakat tarif etmesi kolay bir kelimenin sembolünü uyarlayarak anlatabileceklerini keşfettiler.

Örneğin, "dut" kelimesini anlatan resimyazı işaretine "niteleyici" adı verilen ve resimyazı işareti olmayan bir işaret ekliyor ve böylece "tut" kelimesini anlatan resimyazı işaretini elde ediyorlardı. Sümerler bu yöntemi icat ettiklerinde gramer bitişlerini gösteren semboller oluşturmaya başladılar: Örneğin *–iş* son ekini göstermek için "is" kelimesini anlatan sembolün değiştirilmiş şeklini kullandılar. Benzer bir numaradan faydalanarak uzun kelimeleri yazmak için kısa kelimeleri kullanabileceklerini keşfettiler: "topal" sözcüğünün "top" ve "al" sembolleriyle yazılabilmesi gibi. MÖ 2900 itibarıyla, bu buluşlar Sümer dilindeki resimyazı işareti sayısının iki binden yaklaşık beş yüze düşmesini sağlamıştı.

Yazılı dil, kullanımı kolaylaşıp daha karmaşık iletişimi başarabilen daha esnek bir araç haline geldikçe, tablet evleri de, yazı ve aritmetik eğitimini ve zamanla, gelişmekte olan astronomi, jeoloji, mineraloji, biyoloji ve tıp çalışmalarının özel sözvarlıklarını –ilk başlarda ilkeleri değil, sadece sözcük ve anlamlarının listelerini– içerecek şekilde çalışma alanlarını genişletebildiler. Okullar ayrıca bir çeşit pratik felsefe de öğretmeye başladılar; kentin yaşlılarından toplanan "özlü sözler" aracılığıyla öğrencilere nasıl başarılı bir hayat sürecekleri konusunda yol gösteriyorlardı. Bunlar "Bir fahişeyle evlenmeyin" türünden kesinlikle tok ve pragmatik sözlerdi. Aristotelesvari sözler olmasa da, tahıl ve keçi saymaktan bir basamak yukarıdaydı. Bunlar daha sonra felsefe dünyasını ve bilimin başlangıcını oluşturacak uğraş ve kurumların ilk adımlarıydı.

MÖ 2000 civarında Mezopotamya'nın yazılı kültürü bir kez daha, bu defa insanlık halinin duygusal öğelerine değinen edebiyat eserlerinin gelişimi sayesinde evrim geçirmişti. Günümüzdeki Bağdat'ın yaklaşık 1000 km güneyindeki bir arkeolojik mevkide yapılan kazılarda, bilinen en eski aşk şiirini içeren bir taş tablet gün ışığına çıkarılmıştır. Bir krala olan

aşkını itiraf eden bir rahibenin sözleriyle, dört milenyum öncesinde olduğu kadar günümüzde de tazeliğini koruyan ve kulağa tanıdık gelen duygular tanımlanır.

Kalbimin güveyi,
Güzelliğin tanrısal, bal tatlım,
Beni esir aldın, bırak huzurunda titreyeyim;
Güveyim, yatak odasına gideyim.
Güveyim, bende tatmin oldun,
Söyle anneme, sana nefis yiyecekler versin
Söyle babama, sana hediyeler versin

Bu şiirden sonraki yüzyıllarda başka bir buluş yapıldı: kelimenin temsil ettiği şey yerine kelimeyi oluşturan sesleri temsil etme kavramı. Bu, yazının doğasını kökten değiştirdi, çünkü semboller artık fikirler yerine heceleri simgeliyordu. Bu, örneğin *–iş* hecesi için "is" kelimesini kullanan eski Sümer numarasının mantıklı bir sonucuydu. Bu gelişmenin tam olarak nasıl veya ne zaman meydana geldiğini bilmiyoruz, yazının daha ekonomik bir yönteminin gelişiminin, kozmopolit ticaretin büyümesiyle ilişkili olduğu iyi bir tahmin olur çünkü resimyazıyla ticari yazışma ve iş kayıtları külfetli olmalıydı. Dolayısıyla MÖ 1200 itibarıyla, Fenike yazısı –tarihteki ilk büyük alfabe– ortaya çıkmıştı. Bir zamanlar yüzlerce girift sembolün ezberlenmesini gerektiren şey, artık sadece yirmi dört kadar temel sembolü çeşitli kombinasyonlarda kullanarak yapılabiliyordu. Fenike alfabesi zamanla Aramice, Farsça, İbranice ve Arapçada –ve MÖ 800 civarında Yunancada– kullanılmak üzere adapte edildi. Zamanla Yunanistan'dan bütün Avrupa'ya yayıldı.

***

İlk şehirlerde okuma yazmayla birlikte matematikte bazı gelişmelere de ihtiyaç vardı. Her zaman matematiğin insan kalbinde özel bir yeri olduğunu düşünmüşümdür. *Elbette, aynı kolesterol gibi* diye düşünüyor olabilirsiniz. Doğru, matematiği kötüleyenler olmuş ve bu tarih boyunca devam etmiştir. MS 415 gibi erken bir tarihte, Aziz Augustine şöyle demiştir: "Matematikçilerin ruhu karartmak ve insanı cehennem sınırları içine hapsetmek için şeytanla bir anlaşma yapmasından dolayı bir tehlike mevcuttur." Onu çileden çıkaranlar büyük olasılıkla, onun zamanında karanlık matematik sanatının esas uygulayıcıları olan astrolog ve nümeroloji uzmanlarıydı. Fakat sanırım, kendi çocuklarının da o kadar etkili ve güçlü bir biçimde olmasa da, birçok kez aynı şeyi söylediklerini duydum. Yine de, sevseniz de sevmeseniz de, matematik ve mantıksal düşünce insan aklının önemli bir parçasını temsil eder.

Yüzyıllar boyunca matematik çok farklı alanlarda kullanılmıştır çünkü bilim gibi matematik de günümüzdeki tanımı itibarıyla özel bir uğraştan çok bir bilgi yaklaşımıdır; kavram ve varsayımların dikkatle formül halinde ifade edildiği ve titiz bir mantık uygulanarak sonuçlar çıkarıldığı bir akıl yürütme yöntemidir. Ancak genellikle "ilk matematik" olarak adlandırılan şey bu anlamda bir matematik değildir, tıpkı Sümer arşivcilerinin kullandığı yazı ile Shakespeare'in kullandığı yazının farklı şeyler olması gibi.

İlk matematik çocuklarının ve başka öğrencilerin ilkokulda çalışmaktan usandıkları matematiğe benzer: Bunlar belirli problem çeşitlerini çözmek için uygulanabilen ve çok dikkat gerektirmeyen kurallar setidir. Mezopotamya'nın ilk şehirlerinde bu problemler büyük oranda para, malzeme ve işgücünün izini sürmeyle, ağırlık ve ölçümlerin aritmetiğiyle ve basit ve bileşik faizin hesaplanmasıyla; yazının gelişimini teşvik

eden türden, kentli toplumun işlev görmesi için gerekli dünyevi meselelerle ilgiliydi.

Aritmetik muhtemelen matematiğin en temel dalıdır. İlkel insanlar bile, her ne kadar bir elin beş parmağından fazlasını sayamasalar da bir sayma sistemi kullanır. Görünüşe bakılırsa bebekler de, dörtten fazla nesne içermeyen bir nesne grubunda kaç nesne olduğunu belirleme becerisine doğuştan sahiptir. Fakat doğduktan kısa süre sonra sahip olduğumuz bir araç seti olan saymanın ötesine geçmek için, bebeklik ve çocukluğun ilk dönemlerinde yavaş yavaş geliştirdiğimiz beceriler olan toplama, çıkarma, çarpma ve bölmeyi iyice öğrenmemiz gerekir.

İlk şehir uygarlıkları resmi ve çoğu kez çok ayrıntılı aritmetik hesaplama kural ve yöntemleri geliştirdi ve günümüzde cebirle yaptığımız, bilinmeyenleri içeren denklemleri çözme yöntemlerini icat etti. Modern cebirle kıyaslandığında, onlarınki en iyi ihtimalle iptidaiydi fakat ikinci ve üçüncü dereceden denklemleri çözmeyi içeren karmaşık hesaplamalar için formüller –belki de yüzlerce formül– geliştirdiler. Basit ticari hesaplamaların ötesine geçtiler ve tekniklerini mühendislik alanına uyguladılar. Örneğin, Babil'deki Güney Mezopotamya bölgesinde bir mühendis kanal kazdırmadan önce, çıkartılması gereken toprak hacmini hesaplar ve bunu tek bir işçinin bir günde çıkarabileceği toprak miktarına bölerek gereken işgücünü hesaplardı. Babilli bir mühendis bir bina inşa etmeden önce, gereken işgücü miktarını ve tuğla sayısını belirlemek için yaklaşık hesaplamalar yapardı.

Mezopotamya matematiği birçok alanda faydalı olmasına rağmen önemli ve pratik bir yönden yetersiz kaldı. Matematiğin uygulanması bir sanattır ve bu sanatın aracı da sembolik dildir. Gündelik dilin aksine, matematiğin sembol ve denk-



Saddam Hüseyin'in eski yazlık sarayından görülen antik Babil'in kalıntıları

lemleri salt fikirleri değil, fikirler arasındaki ilişkileri de ifade eder. Dolayısıyla eğer matematiğin takdir edilmeyen bir kahramanı varsa o da notasyon, yani rakam ve işaret sistemidir. İyi notasyon, ilişkileri kesin ve görünür kılar ve zihnin bunlar hakkındaki düşünme becerisini kolaylaştırır; kötü notasyon kişinin mantık analizini etkisiz kılar ve uygulanmasını zorlaştırır. Babil matematiği ikinci kategoriye girer: Babilliler bütün formül ve hesaplamaları gündelik dillerinde ifade ediyorlardı.

Örneğin bir Babil tabletinde şu hesaplama vardı: "Boyu 4, köşegeni 5. Eni ne kadardır? Boyutu bilinmiyor. 4 kere 4, 16; 5 kere 5, 25 eder. 25'ten 16 çıkardığınızda geriye 9 kalır. 9 elde etmek için kaçı kaçla çarpmalıyım? 3 kere 3, 9 eder. Eni 3'tür." Modern notasyonda, bunların hepsi şu şekilde yazılır: $x^2 + 4^2 = 5^2$; $x = \sqrt{(5^2 - 4^2)} = \sqrt{(25 - 16)} = \sqrt{9} = 3$. Tabletteki gibi bir matematik ifadesinin en büyük dezavantajı yalnızca etkili anlatım eksikliği değil, düzyazıyla yazılmış denklemlerle işlem yapabilmek için cebir kurallarını kullanamamamızdır.

Notasyon buluşu MS 500 civarında başlayan klasik Hint matematiği çağına kadar ortaya çıkmadı. Hintli matematikçilerin başarmış oldukları şey çok önemlidir. On tabanlı sistemi kullandılar ve sıfırı bir rakam olarak, bir sayının sıfırla çarpımının sıfır ettiği, sıfırın bir sayıya eklenmesinin bu sayıyı değiştirmediği gibi özellikleriyle birlikte uygulamaya koydular. Bir matematikçinin belirttiği gibi her ne kadar "insanlar bunları onaylamasa da" borçları belirtmesi için negatif sayıları icat ettiler. En önemlisi, bilinmeyenleri tanımlamak için sembolleri kullandılar. İlk aritmetik kısaltmaları –"artı" için *p* ve "eksi" için *m*– on beşinci yüzyıla dek Avrupa'ya gelmemişti ve eşittir işareti de 1557'ye dek icat edilmemişti, ta ki Oxford ve Cambridge'den Robert Recorde hiçbir şeyin paralel çizgiler kadar birbirine benzer olamayacağı düşüncesiyle (ve aynı zamanda paralel çizgiler zaten matbaa deseni olarak kullanılmaktaydı, yani matbaacılar yeni bir şekli kalıba dökmek zorunda kalmayacaklardı) günümüzde de halen kullandığımız sembolü seçinceye dek.

Şu ana dek rakamlar üstünde yoğunlaştım fakat dünyanın ilk şehirlerinin düşünürleri aynı zamanda şekillerin matematiğinde de büyük ilerleme kaydettiler. Bu ilerleme sadece Mezopotamya'da değil Mısır'da da oldu. Mısır'da yaşamın merkezi Nil Nehri'ydi. Nil Nehri yılda dört ay yatağından taşarak toprakları zengin alüvyonlarla kaplar ama arazi sınırlarına çok zarar verirdi. Her yıl, tarlaları sel bastıktan sonra, görevliler çiftçilerin arazilerinin sınırlarını ve bunların, vergilerin esas alındığı yüzey alanlarını yeniden belirlemek zorundaydı. Bu konunun içerdiği büyük riskler yüzünden Mısırlılar kare, dikdörtgen, yamuk ve çemberin alanlarını –ve bunların yanı sıra küp, kutu, silindir ve tahıl ambarlarıyla ilişkili diğer şekillerin hacimlerini– hesaplamak için biraz karmaşık olsa da

güvenilir yöntemler geliştirdiler. "Geometri" terimi Yunanca "toprak ölçümü" anlamına gelen bu arazi etütlerinden gelir.

Mısırlıların pratik geometrisi o kadar ilerlemişti ki MÖ on üçüncü yüzyılda Mısırlı mühendisler piramitlerdeki on beş metrelik bir kirişi, bir inçin (2,54 cm) on beşte biri kadar bir hata payıyla dengeleyebiliyorlardı. Fakat Babillilerin aritmetiği ve ilkel cebri gibi, eski Mısırlıların geometrisinin de günümüz matematiğiyle çok az ortak noktası vardı. Geometrilerinin ortaya çıkma nedeni dünya hakkındaki daha derin hakikatleri öğrenmeye duydukları arzu değil de pratik amaçlardı. Dolayısıyla geometri daha sonra fiziki bilimlerin gelişiminin dayatacağı zor hedefleri başarmadan önce, pratik bir girişimden teorik bir girişime yükseltilmek zorundaydı. MÖ dördüncü ve beşinci yüzyıllarda Yunanlılar, özellikle Öklid bunun üstesinden geldi.

Aritmetik, ileri cebir ve geometrinin gelişimi yüzyıllar sonra teorik bilim yasalarının geliştirilmelerini mümkün kılacaktı, fakat bu keşif zincirini betimlerken, bugün bize çok bariz gelmeyebilecek eksik bir adım vardır: Doğa yasalarını kuramlaştırmadan önce, bizzat yasa kavramı icat edilmek zorundaydı.

***

Başka pek çok gelişmenin yolunu açan büyük teknolojik gelişmelerin devrim niteliğinde olduğunu görmek kolaydır. Ancak yeni düşünüş tarzları ile yeni bilgi yaklaşımlarının devrimci niteliğini fark etmek o kadar kolay olmayabilir. Kökenini nadiren göz önüne aldığımız bir düşünüş tarzı da doğayı yasalar yönünden kavrama fikridir.

Bilimsel yasa kavramını günümüzde kanıksamışızdır fakat birçok büyük buluş gibi, o yalnızca gelişiminden bu yana bariz olagelmiştir. Newton'un yaptığı gibi, doğanın işleyişlerini gözden geçirmek ve her eylemin eşit ve ters bir reaksiyonu ol-

duğunu sezmek –tek tek örnekler yönünden değil, soyut davranış kalıpları yönünden düşünmek– beşeri gelişimde devasa bir adımdı. Bu, zaman içinde yavaş yavaş gelişen bir düşünce tarzıydı ve kökleri bilimde değil toplumda bulunuyordu.

Günümüzde "yasa" teriminin çok sayıda ve farklı anlamları vardır. Bilimsel yasalar fiziksel nesnelerin davranış biçimlerine dair yasalar sunar fakat neden bu yasalara uyduklarına ilişkin hiçbir açıklamada bulunmazlar. İtaat için teşvik veya zıddı için cezalandırma, taş veya gezegenler için geçerli değildir. Sosyal ve dini alanlarda ise yasalar tam tersine insanların nasıl *davrandıklarını* değil, nasıl davranmaları *gerektiğini* tanımlar ve –iyi insanlar olmak yani cezalandırmadan kaçınmak amacıyla– itaat etmeleri için nedenler sunar. "Yasa" terimi iki durumda da kullanılır, ancak günümüzde bu iki kavramın çok az ortak noktası vardır. Gelgelelim fikir ortaya ilk çıktığında, insan dünyası ile cansız dünyadaki yasalar arasında bir ayrım yapılmamıştı. Cansız nesnelerin, insanların dini ve etik yasalarla yönetildikleri şekilde yasalara tabi olduklarına inanılıyordu.

Yasa fikri din ile birlikte ortaya çıkmıştır. Erken Mezopotamya halkları etraflarına şaşkın şaşkın bakındıklarında, yalnızca düzeni destekleyen tanrılar tarafından kaosun eşiğinden kurtarılan bir dünya gördüler (tabii bu çok basit ve keyfi bir düzendi). Bunlar bizim gibi duygu ve hevesleriyle hareket eden insana benzer tanrılardı ve sürekli ölümlülerin yaşamlarına müdahale ederlerdi. Her şeyin bir tanrısı –kelimenin tam anlamıyla binlerce tanrı– vardı, bira yapımı için bir tanrı, çiftçi, yazman, tüccar ve zanaatkârlar için ayrı ayrı tanrılar. Besi hayvanı ağılları için bir tanrı vardı. İblis tanrılar vardı: Bir tanesi salgın hastalıklara yol açıyordu; bir tanesi de küçük çocukları öldüren Yok Edici adında bir dişiydi. Her şehir-devletinin sadece kendine ait bir baş tanrısı olduğu gibi, bu tanrının eşik

bekçisi, bahçıvan, elçi ve berber gibi roller oynayan ikinci dereceden tanrılardan oluşan bir maiyeti de vardı.

Tüm bu tanrılara tapınmak resmi bir etik yasanın kabulünü gerektiriyordu. Yasal bir sistemin koruma araçlarının olmadığı bir yaşamı tasavvur etmemiz zordur; fakat şehirlerin ortaya çıkmasından önce göçebelerin resmi yasaları yoktu. Kuşkusuz insanlar hangi davranışların başkaları tarafından hoş karşılanıp hangilerinin kınanacağının farkındalardı fakat davranış kuralları "öldürmeyeceksin," gibi buyruklar halinde özetlenmemişti. Davranışları yönlendiren genel yasalar değil, farklı farklı durumlarda, başkalarının ne düşüneceği endişesi ve daha güçlü olanların misilleme yapacağı korkusuydu.

Ancak Mezopotamya şehirlerinin tanrıları cemaatlerinden "başkalarına yardım et" ve "akarsulara kusma" gibi resmi kurallara uymalarını şart koşan bazı etik taleplerde bulundular. Bu, bizim resmiyete dökülmüş yasalar olarak değerlendirebileceğimiz yasaları bildiren daha yüksek bir gücün ilk örneğiydi. İhlaller de hafife alınmamalıydı; bunların hastalık, ölüm veya "Ateş", "Haset" ve "Öksürük" gibi isimleri olan şeytani tanrıların cezalandırmaları gibi problemlere yol açacakları söylenirdi.

Tanrılar aynı zamanda, otoritelerini teolojik bağlantılarından alan, şehrin dünyevi yöneticileri vasıtasıyla da çalışırlardı. MÖ on sekizinci yüzyıldaki ilk Babil İmparatorluğu zamanında, aşkın bir tanrının hem insanların hem de cansız dünya adını verebileceğimiz dünyanın eylemlerini kapsayan yasaları şart koştuğu az çok birleşik bir teolojik doğa teorisi ortaya çıkmıştı. Bu yurttaşlar ve ceza yasaları setine Hammurabi Yasaları denir. Bu yasalara, Muhteşem tanrı Marduk'un, "diyara doğruluğun kuralını getirmeyi, ahlaksızları ve kötüleri yok etmeyi" emrettiği Babil kralının adı verilmiştir.

Hammurabi Yasaları, Hammurabi'nin MÖ 1750'de ölümünden bir yıl önce çıkarıldı. Bunlar demokratik haklar konusunda tam bir örnek sayılmazdı: Üst sınıflara ve soylulara müsamaha gösterilip büyük ayrıcalıklar sunulurken, kölelerin alınıp satılmaları ve öldürülmeleri serbestti. Ancak bu belki de 1000 yıl sonra ortaya çıkacak Tevrat'ın göze göz dişe diş sertliğiyle adalet yasaları içeriyordu. Örneğin şöyle emirler içeriyordu: Bir soygun yaparken yakalanan idam edilmeli, bir yangın söndürmeye yardım ederken hırsızlık yapan ateşe atılmalı; bir meyhane açan "tanrının kız kardeşi" yakılarak öldürülmeli; "aşırı tembel" davranıp barajını çalışır durumda tutmadığı için sele yol açan kişi tahrip olan tahılı telafi etmeli ve başka birinin parasını emanet almış olan kişi soyulduğu konusunda Tanrı'yı şahit göstererek yemin ederse emanet parayı geri ödemesi gerekmemeli.

Hammurabi Yasaları, belli ki halkın görmesi ve başvurması amacıyla iki buçuk metre yüksekliğindeki siyah bazalttan bir dikilitaşa oyulmuştur. 1901 yılında keşfedilen taş günümüzde Louvre'da sergileniyor. Piramitler gibi büyük bir fiziksel eser olmasa da muazzam bir entelektüel eserdir, Babil toplumunun –ticari, parasal, askeri, evlilikle ilgili, tıbbi, etik vb.– tüm sosyal etkileşimlerini kapsayan bir düzen ve akılcılık platformu inşa girişimidir ve Hammurabi de halkı için bir kanunlar bütünü tesis eden bildiğimiz ilk hükümdardır.

Dediğim gibi, tanrı Marduk'un sadece insanlara değil, fiziksel süreçlere de hükmettiğine, insanlar için yasa yaptığı gibi, yıldızlar için de yasa yaptığına inanılıyordu. Böylece Hammurabi Yasaları'nın paralelinde, Marduk'un *doğanın* uyması için bir çeşit yasa yaratmış olduğu söylenirdi. Cansız dünya adını verebileceğimiz dünyayı yönlendiren bu yasalar, doğal fenomenlerin işleyişlerini tanımlama anlamında ilk bilimsel yasaları oluşturuyordu. Bunlar modern anlamda doğa

yasaları değildi, gelgelelim doğanın *işleyiş biçimlerine* dair sadece muğlak bir gösterge sundukları için, bu yasalar daha çok, Hammurabi yasaları gibi, Marduk'un doğanın uymasını *emrettiği* buyruk ve emirlerdir.

Doğanın, insanların uyduğu şekilde yasalara "uyduğu" fikri milyonlarca yıl sürdü. Örneğin antik Yunan'ın büyük doğa filozoflarından biri olan Anaksimandros, her şeyin "zamanın sırasına göre haksızlıkları için birbirlerine ceza ödemek zorunda kalmasınlar diye" başlangıçtan beri var olan bir maddeden çıktığını ve sonra ona döndüğünü söyledi. Heraklitos, benzer şekilde, "güneşin kendisi için konan yasaları çiğnemeyeceğini, çiğnerse [adalet tanrıçasının] onu bulup cezalandıracağını" söyler. Aslına bakarsanız, "astronomi" teriminin kökleri Yunanca insan yasası anlamında "yasa" demek olan *nomos* kelimesine dayanır. On yedinci yüzyılın başlarında Kepler'e dek, "yasa" terimi doğal bir fenomenin hareket tarzını tanımlayan fakat bunu bir amaç veya güdüye bağlamaya çalışmayan, gözleme dayalı bir genelleştirme anlamına gelen modern anlamında kullanılmaya başlamadı. Yine de bu ani bir geçiş değildi, çünkü Kepler ara sıra matematik yasaları ile ilgili yazmasına rağmen, o bile Tanrı'nın evrene "geometrik güzellik" ilkesine uymasını emrettiğine inanıyor ve gezegenlerin hareketinin muhtemelen, açısını algılayan ve yörüngesini hesap eden gezegen "aklından" kaynaklandığı şeklinde bir açıklama yapıyordu.

***

Bilimsel yasa fikrinin tarihini inceleyen tarihçi Edgar Zilsel, "görünüşe bakılırsa insanın doğayı toplum yapısına göre yorumlama eğiliminde olduğunu" yazmıştır. Başka bir deyişle, görünüşe göre doğa yasalarını formül halinde ifade etme

girişimlerimiz kişisel yaşam biçimimizi ve deneyimlerimizi anlamaya yönelik doğal eğilimimizden kaynaklanır ve içinde yetiştiğimiz kültür, bilime olan yaklaşımımızı etkiler.

Zilsel hepimizin yaşamlarımızı tanımlamak için ussal öyküler yarattığımızı, bize öğretilenlere ve deneyimlerimize göre onları birleştirdiğimizi, kim olduğumuz ve evrende yerimizin ne olduğuna dair bir vizyon oluşturduğumuzu fark etti. Buradan hareketle kişisel dünyamızı ve yaşamımızın anlamını tanımlayan bir yasa seti oluştururuz. Örneğin, görünüşe göre savaştan önce babamın hayatını yönlendiren yasalar, içinde yaşadığı toplumdan namus, mahkemelerinden adalete yakın bir şey, pazardan yiyecek ve Tanrı'sından koruma beklemesine yol açtı. Bu onun dünya görüşüydü ve bunun geçerliliğine karşı, teorisinin bütün testleri geçtiğini gören bir bilim insanı kadar kayıtsızdı.

Ancak yıldız ve gezegenler birbirlerini milyarlarca yıldır kusursuz bir biçimde çekseler de, insanın dünyasında yasalar sadece saatler içinde altüst olabilir. Eylül 1939'da babamın ve daha sayısız insanın başına böyle bir şey geldi. Önceki aylarda, babam Varşova'da bir moda tasarım kursunu bitirmiş, iki tane Alman dikiş makinesi almış ve komşusunun dairesinde küçük bir oda kiralayarak bir terzi dükkânı açmıştı. Daha sonra Almanlar Polonya'yı işgal ettiler ve 3 Eylül'de memleketi Częstochowa'ya girdiler. İşgal hükümeti bir dizi Yahudi aleyhtarı yasa çıkararak, çok geçmeden değeri olan her şeye –mücevher, araba, radyo, mobilya, para, daire, hatta çocukların oyuncaklarına– el koydular. Yahudi okulları kapatıldı ve yasaklandı. Yetişkinler Yahudi Yıldızı sembolleri takmaya zorlandı. İnsanlar keyfi olarak yollardan alınıp zorunlu çalışmaya götürüldüler. Bazıları da delinin biri tarafından vurulup öldürüldü.

Babamın dünyasının fiziksel yapısını mahveden bu şey aynı zamanda onu kuşatan zihinsel ve duygusal yapıyı da geri dönüşü olmayan bir biçimde değiştirdi. Ve maalesef, soykırım bunun öncesinde ve sonrasında birçok kez çeşitli ölçeklerde tekrarlanmış bir öyküdür. Bu nedenle eğer insani deneyimlerimiz bilimsel yasa kavramımızı etkiliyorsa, insanoğlunun tarihinin çoğunda dünyanın kaprissiz, amaç içermeyen ve ilahi müdahaleye tabi olmayan düzgün, mutlak düzenlerle yönetilebileceğini hayal etmenin zor gelmesi şaşırtıcı değildir.

Newton'un muazzam derecede başarılı yasalarını formüle etmesinden uzun zaman sonra, günümüzde bile, birçok insan hâlâ bu yasaların evrensel olarak geçerli olduklarına inanmıyor. Gene de yüzyıllar süren gelişmeler, fiziksel yasalar ile insan yasalarının açıkça farklı örüntüleri izlediğini fark eden bilim insanlarını ödüllendirmiştir.

Yetmiş altı yaşında ölmeden dokuz yıl önce Albert Einstein yaşamı boyunca evrenin fiziksel yasalarını kavrama serüvenini şu şekilde tanımladı: "Orada, biz insanlardan bağımsız var olan, önümüzde muazzam, sonsuz bir bilmece gibi duran ve en azından kısmen bizim inceleme ve düşünmemize açık olan bu kocaman dünya vardı. Bu dünya üzerinde derin düşünmek bana bir özgürlük çağrısı gibi geldi. ... Bu cennete giden yol ... güvenilir olduğunu gösterdi ve bu yolu seçtiğim için asla pişmanlık duymadım." Sanırım babam bir bakıma yaşamının sonuna doğru bu düşüncede benzer bir "özgürlük" hissini buldu.

Türümüz için Uruk bu sonsuz bilmeceyi çözmeye adanmış uzun yolun başlangıcıydı. Yakındoğu'nun yeni doğan uygarlıkları entelektüel yaşamın temel bilgilerini tesis ettiler ve daha sonra bunların üzerine ekleme yapıp geliştirerek matematiği, yazı dilini ve yasa kavramını yaratan bir düşünür sınıfını bize sundular. İnsan zihninin gelişimi ve olgun-

laşmasının bir sonraki adımı 1500 kilometreden daha uzakta bulunan Yunanistan'da atıldı. Büyük Yunan mucizesi matematiksel kanıt fikrini, bilim ve felsefe disiplinlerini ve günümüzde "mantık" adını verdiğimiz kavramı doğurdu. Bunlar Newton'dan aşağı yukarı iki bin yıl önce oldu.

5

AKIL

MÖ 334'te, Yunan devleti Makedonya'nın yirmi iki yaşındaki kralı İskender, muazzam Pers İmparatorluğu'nu fethetmek için çıktığı uzun sürecek bir seferin başlangıcında, yurttaş savaşçılardan oluşan deneyimli ordusunu Çanakkale Boğazı'ndan Anadolu'ya geçirdi. Tesadüfe bakın ki, benim de –aynı Yunanca kökten gelen– Alexei adında yirmi iki yaşında bir oğlum var. Günümüzde çocukların eskisinden çok daha hızlı büyüdükleri söyleniyor fakat Alexei'min yapacağını hiç hayal edemediğim bir şey varsa o da Pers İmparatorluğu'nun karşısına çıkacak bir Yunan ordusuna Mezopotamya yolunda komutanlık etmesidir. Genç Makedon kralının bu zaferi nasıl elde ettiğine dair birtakım çok eski söylenceler var, bunların çoğunda bol miktarda şarap içtiği söylenir. Nasıl başardıysa başarsın, uzun fetih yolunda Hayber Geçidi'ne kadar gelip ötesine geçti. Otuz üç yaşında öldüğünde, kısacık ömrüne, o zamandan bu yana Büyük İskender olarak anılmasına yetecek kadar çok şey sığdırmıştı.

İskender'in istilası sırasında, Yakındoğu'da Uruk gibi binlerce yıldır var olmuş şehirler vardı. Yani günümüze uyarlayacak olursak, eğer Birleşik Devletler Uruk kadar uzun süredir var olmuş olsaydı, aşağı yukarı altı yüzüncü başkanımız şu anda görevde olurdu.

İskender'in fethettiği bu antik şehirlerin sokaklarında yürümek ilham verici olurdu, çünkü kendinizi uçsuz bucaksız saraylar, özel kanallarla sulanan devasa bahçeler ve tepelerinde ejderha ve boğa oymaları olan sütunlarla bezenmiş görkemli taş binalar arasında dolanırken bulurdunuz. Bunlar kesinlikle çöküş süreci içinde olmayan, canlı ve karmaşık toplumlardı. Buna rağmen, Yunanca konuşan dünya bu kültürleri entelektüel açıdan gölgede bırakmıştı; Yunan dünyasının bizzat Aristoteles tarafından eğitilmiş genç lideri olan İskender bu entelektüel üstünlüğün somut bir örneğiydi.

İskender'in Mezopotamya'yı fethetmesiyle birlikte, Yunanlıların her şeyde üstün oldukları kanısı Yakındoğu'da hızla yayıldı. Kültürel bir değişimin her zaman öncüleri olan çocuklar Yunan dilini öğrendi, Yunan şiirini ezberledi ve güreş sporuna başladı. Yunan sanatı Pers dünyasında yaygınlaştı. Babil rahibi Berosus, Fenikeli Sankhuniathon ve Yahudi Flavius Josephus, Yunan fikirlerine uyum sağladıklarını göstermeye çalışan halklarının tarihlerini yazdılar. Vergiler bile Helenleştirildi; tabletlere çivi yazısıyla kaydedilmek yerine, nispeten yeni Yunan alfabesiyle papirüslere kaydedilmeye başlandı. Fakat İskender'in yanında getirmiş olduğu, Yunan kültürünün en büyük veçhesi sanat veya yönetimle ilişkili bir şey değildi. Bu bizzat Aristoteles'ten öğrenmiş olduğu bir şeydi: dünyamızı kavrama mücadelesinde yeni, akılcı bir yaklaşım, fikirler tarihinde muhteşem bir dönüm noktasıydı. Ve bizzat Aristoteles de evren hakkındaki eski bulgulara birkaç nesildir meydan okumaya başlamış bilim insanı ve filozofların fikirlerini geliştiriyordu.

***

Antik Yunan'ın ilk dönemlerinde, Yunan doğa anlayışı Mezopotamyalıların doğa anlayışından çok farklı değildi. Kötü

hava Zeus'un hazımsızlık çekmesiyle açıklanabilirdi ve eğer çiftçilerin hasadı kötüyse insanlar bunun nedeninin tanrıların öfkelenmesi olduğunu düşünürlerdi. Dünyanın saman nezlesi tanrısının aksırığındaki bir damla olduğunu söyleyen bir yaradılış miti olmayabilir, ancak olabilirdi de, çünkü yazı icat edildikten sonraki birkaç binyıl içinde kaydedilen yazılar dünyanın ortaya çıkışı ve hangi kuvvetlerin onu yönettiğine dair çok fazla miktarda öykü açığa çıkarır. Hepsinin ortak noktası gizemli bir tanrının bir tür şekilsiz boşluktan yarattığı düzensiz bir evren tanımıydı. "Kaos" sözcüğü evrenin yaratılmasından önce olduğu söylenen hiçliğin Yunanca karşılığından gelir.

Eğer yaradılıştan önce her şey kaossa, dünya yaratıldıktan sonra Yunan mitolojisinin tanrıları bu dünyaya düzen getirmek için pek de çaba harcamamış gibidir. Yıldırım, kasırga, kuraklık, sel, deprem, volkan, hayvan istilası, kaza, hastalıklar; tüm bunlar ve doğanın diğer başıbozuk birçok musibeti insanların sağlık ve yaşamlarına büyük zarar verdi. Egoist, hain ve kaprisli tanrıların öfkeleri veya sadece dikkatsizlikleri yüzünden sürekli felakete sebep oldukları düşünülüyordu. Bu, Yunanistan'da kuşaktan kuşağa sözlü olarak aktarılan ilkel kozmos teorisidir, ta ki nihayet yazı Yunan kültüründe yayıldıktan yaklaşık bir yüzyıl sonra MÖ 700 civarında Homeros ve Hesiodos tarafından kâğıda dökülene dek. Bu tarihten itibaren, Yunan eğitiminin başlıca öğesi haline gelerek nesiller boyu düşünürlerin kabul gören bilgeliğini şekillendirdi.

Modern toplumda yaşayan, uzun bilimsel düşünce tarihinden yararlanan bizler için doğanın bu eski insanlara nasıl bu şekilde görünebilmiş olduğunu anlamamız zordur. Tanrıların her şeyi kontrol ettikleri fikri onlara nasıl aşikâr görünüyorsa, doğadaki yapı ve düzen fikri de bize o kadar aşikâr gö-

rünür. Günümüzde, günlük faaliyetler nicel olarak planlanır, bunlara belirli saat ve dakikalar ayrılır. Topraklarımız enlem ve boylamla betimlenir, adreslerimiz cadde isimleri ve kapı numaralarıyla gösterilir. Günümüzde eğer borsa üç puan düşerse, bir uzman bize, düşüşün enflasyon endişesi yüzünden olduğu gibi bir açıklama yapar. Doğru, başka bir uzman bunun nedeninin Çin'deki gelişmeler olduğunu söyleyebilir, bir üçüncüsü de bunu olağandışı bir güneş lekesi etkinliğine bağlayabilir, fakat doğru ya da yanlış, açıklamalarımızın neden sonuç ilkesine dayanması beklenir.

Dünyamızdan nedensellik ve düzen talep ederiz çünkü bu kavramlar kültürümüz ve bilincimizde kökleşmiştir. Gelgelelim bizim aksimize eski insanlar bir matematik ve bilim geleneğinden yoksundu ve dolayısıyla modern bilimin kavramsal çerçevesini –kesin sayısal tahminler fikrini, tekrar edilen deneylerin bize aynı sonuçları vermesi gerektiği kavramını, olayların ortaya çıkmasını takip etmek için bir parametre olarak zamanın kullanımını– kavramaları veya kabul etmeleri zor olurdu. Eski insanlara doğa kargaşayla yönetiliyormuş gibi geliyordu ve düzenli fiziksel yasalara inanmak onların vahşi ve kaprisli tanrılarının öykülerinin bize saçma gelmesi gibi –veya belki de günümüzden bin yıl sonra değerli teorilerimizi inceleyen tarihçilere saçma geleceği gibi– saçma gelirdi.

Neden doğa insan zekâsı tarafından keşfedilebilen kavramlarla tahmin edilebilir, açıklanabilir olmalıdır? Uzay-zamanın bükülerek bir simit şekline sokulabileceğini keşfedince şaşırmayan Albert Einstein çok daha basit olan, doğanın bir düzeni olduğu olgusu karşısında hayrete düşmüştü. "İnsan, zihin tarafından hiçbir şekilde kavranamayan kaotik bir dünya ile karşılaşmayı bekliyor," diyordu. Ancak sözlerinin de-

varında şunu yazıyordu: "Evrenin en anlaşılmaz tarafı anlaşılabilir olmasıdır."

Sığırlar onları dünyada tutan kuvvetleri anlayamaz, kargalar da uçmalarını sağlayan aerodinamik hakkında hiçbir şey bilmezler. Einstein bu sözleriyle çok önemli ve sadece *insana* özgü bir gözlemi ifade ediyordu: Dünyaya düzen hükmeder, doğanın düzenini yöneten kurallar mitlerle açıklanmak zorunda değildir. Bunlar bilinebilir ve insanlar dünyadaki diğer canlılarda olmayan, doğanın tasarımını çözme becerisine sahiptir. Bu dersin önemli sonuçları vardır çünkü evrenin tasarımını çözebilirsek bu bilgiyi evrendeki yerimizi anlamak için kullanabilir ve yaşamlarımızı iyileştiren ürün ve teknolojileri yaratmak için doğayı ustalıkla yönetmeye çalışabiliriz.

Bu yeni akılcı doğa yaklaşımı MÖ altıncı yüzyılda, günümüzdeki Yunanistan ile Türkiye'yi ayıran Ege Denizi'nin kıyılarında, günümüz Türkiye'sinde yaşayan bir grup devrimci düşünürle birlikte başladı. Aristoteles'ten birkaç yüzyıl önce, Buda Hindistan'a ve Konfüçyüs de Çin'e yeni bir felsefe geleneği getirdiği sıralarda, bu en eski Yunan filozofları bir paradigma değişikliği yaparak, evreni gelişigüzel değil düzenli bir ortam –kaos değil kozmos– olarak gördüler. Bunun ne denli derin bir değişim olduğunu veya o zamandan bu yana insanın bilincini ne dereceye kadar şekillendirdiğini tahmin etmek zordur.

Bu radikal düşünürleri doğuran yer ise bağlar, incirlikler ve zeytin ağaçlarıyla çevrili müreffeh, kozmopolit şehirlerin bulunduğu sihirli bir topraktı. Bu şehirler denize dökülen nehir ve körfez ağızlarında ve ülkenin iç kısımlarına giren yolların sonunda bulunur. Herodot'a göre, "dünyadaki en güzel hava ve iklime sahip" bir cennetti burası. Adı İyonya'ydı.

Yunanlılar günümüzde Yunanistan'da ve İtalya'nın güneyinde bulunan birçok şehir-devleti kurmuşlardı, fakat bunlar sadece vilayetlerdi; Yunan uygarlığının merkezi Göbekli Tepe ve Çatalhöyük'ün birkaç yüz kilometre batısında, günümüz Türkiye'sinde bulunan İyonya'daydı. Yunan aydınlanmasının öncüleri de Ege Denizi'ne, dolayısıyla Akdeniz'e geçit veren Latmus Körfezi kıyılarında bulunan Milet şehrinde bulunuyordu.

Herodot'a göre, MÖ birinci binyılın sonunda Milet, kökeni Minos olan Karyalıların yaşadığı mütevazı bir yerleşimdi. Daha sonra, MÖ 1000 civarında, Atina ve civarından gelen askerler bölgeyi istila edip yağmaladılar. MÖ 600 itibarıyla, yeni Milet Yunanistan'ın her tarafından, daha iyi bir yaşam arzulayan yoksul, çalışkan mültecileri çeken bir çeşit antik New York olmuştu.

Birkaç yüzyıl içinde, nüfusu 100.000'e ulaşan ve büyük bir servet ve lüks merkezi olan şehir İyonya'nın, hatta tüm Yunan dünyasının en zengin şehri haline geldi. Milet'in balıkçıları Ege Denizi'nden levrek, tekir ve midye çıkarırlardı. Çiftçiler zengin topraklarda tahıl, meyve bahçelerinde –uzun süre saklayabilecekleri tek meyve olan– incir, zeytinliklerde zeytin yetiştirirlerdi. Zeytin hem yenebiliyor hem de preslenerek zeytinyağı, –antik Yunanlıların tereyağı niyetine kullandıkları bir tür– katı yağ, sabun ve yakıta dönüştürülüyordu. Üstelik denize erişimi sayesinde Milet önemli bir ticaret merkezi haline geldi. Keten, kereste, demir ve gümüş gibi mallar Milet yurttaşlarının Mısır kadar uzak yerlerde bile kurdukları onlarca koloniden getirtilirken, usta zanaatkârları ülke dışına gönderilmek üzere çanak çömlek, mobilya ve kaliteli yünlü kumaş imal ederlerdi.

Ancak Milet sadece bir ticaret kavşağı değil, aynı zamanda bir fikir paylaşım yeriydi de. Şehir içinde, onlarca farklı



kültürden insanlar tanışıp konuşur ve Miletliler aynı zamanda farklı farklı yerlere seyahat ettiklerinden bambaşka dil ve kültürlere maruz kalırlardı. Böylece Milet sakinleri tuzlu balığın fiyatı hakkında tartıştıkça gelenek gelenekle tanıştı, batıl inanç batıl inançla karşılaştı ve bu da yeni düşünce tarzlarına karşı bir açıklık yarattı, bir buluş kültürünü besledi, halk arasındaki yaygın inanışları sorgulama isteğini körükledi. Dahası Milet'in zenginliği boş vakit doğurdu ve boş vakitle birlikte varoluş meselelerimiz üzerine kafa yormaya zaman ayırma özgürlüğü geldi. Dolayısıyla birçok uygun durumun kesiş-

mesi sayesinde Milet sofistike, kozmopolit bir cennet ve irfan yuvası haline gelerek düşüncede devrim için gerekli bütün faktörlerin mükemmel bir bileşimini oluşturdu.

İşte bu çevrede, Milet'te ve zamanla İyonya'nın daha başka yerlerinde, binlerce yıldır doğaya dair aktarılmış dini ve mitolojik açıklamaları sorgulamaya başlayan bir grup düşünür ortaya çıktı. Onlar kendi zamanlarının Kopernik ve Galileo'ları, hem felsefeyi hem de bilimi biçimlendiren öncülerdi.

Aristoteles'e göre bu bilginlerin ilki MÖ 624 civarında doğan Thales'ti. Birçok Yunan filozofunun yoksulluk içinde olduğu söylenir. Gerçekte eğer antik zamanlar günümüze birazcık bile benziyorsa, *ünlü* bir filozof dahi, yol kenarında zeytin satmak gibi daha iyi bir iş bularak daha varlıklı bir yaşam sürebilirdi. Ancak kurnaz ve varlıklı bir tüccar olan ve düşünme ve kafa yorma zamanını finanse etmede sorun yaşamayan Thales bir istisnaydı. Yağ presi piyasasını ele geçirerek ve sonra yağa fahiş fiyatlar koyarak, tek başına OPEC gibi davranmak suretiyle, bir servet yaptığı söylenir. Ayrıca Milet'in politik yaşamıyla çok ilgilendiği ve diktatörü Thrasybulus'u çok yakından tanıdığı da söylenir.

Thales servetini seyahat etmek için kullanırdı. Mısır'da, Mısırlıların piramit inşa etme alanında uzmanlıkları olmasına rağmen, yüksekliklerini ölçme konusunda bilgilerinin olmadığını keşfetti. Gelgelelim, görmüş olduğumuz gibi, Mısırlılar vergilendirme amacıyla arazi parsel alanlarını belirlemek için bir dizi yeni matematik kuralı geliştirmişlerdi. Thales Mısırlıların bu geometri tekniklerini piramitlerin yüksekliklerini hesaplamak amacıyla uyarladı ve ayrıca onlara bunları kullanarak denizde gemilerin kat ettiği mesafeleri saptayabileceklerini gösterdi. Bunlar sayesinde antik Mısır'da epeyce ün kazandı.

Yunanistan'a döndüğünde yanında Mısır matematiğini de getiren Thales matematiğin ismini kendini diline çevirdi. Ancak Thales'in elinde geometri sadece bir ölçüm ve hesap aracı değildi; mantıksal çıkarımla bağlantılı bir teoremler derlemesiydi. Geometrik doğruları sadece işe yarar görünen sonuçlar olarak ifade etmek yerine kanıtlayan ilk kişiydi ve büyük geometrici Öklid daha sonra Thales'in bazı teoremlerini *Öğeler* adlı kitabına dahil etti. Thales'in matematik kavrayışı çok etkileyici olsa da ün kazanan asıl savı fiziksel dünya fenomenlerini açıklamaya yönelik yaklaşımıydı.

Thales'in görüşüne göre doğa mitolojinin konusu değildi; o zamana dek tanrıların müdahalesine bağlanan bütün fenomenleri açıklamak ve öngörmek için kullanılabilecek bilim ilkelerine göre işlev görüyordu. Ay ve güneş tutulmalarının nedenini anlayan ilk kişi ve ayın yansıyan güneş ışığı nedeniyle parladığını öne süren ilk Yunanlı olduğu söylenir.

Thales yanlış yolda olduğunda bile düşünüş ve fikirlerindeki orijinalliği dikkate değerdi. Depremlere getirdiği açıklamayı ele alalım. Thales'in zamanında, depremlerin sebebinin tanrı Poseidon'un sinirlenerek toprağa üç uçlu mızrağıyla vurması olduğu düşünülürdü. Ama Thales zamanında büyük olasılıkla tuhaf karşılanmış olan bir görüş öne sürdü: Depremlerin tanrılarla bir ilişkisi olmadığını söyledi. Açıklaması Caltech'teki deprembilimci arkadaşlarımdan duyabileceğim bir açıklama değildi: Thales, dünyanın sonsuz bir enginlikte yüzen bir yarıküre olduğuna ve depremlerin de bu sular etrafa dökülüp saçıldığında meydana geldiğine inanıyordu. Bununla birlikte Thales'in analizinin çıkarımları çığır açıcıdır, çünkü depremleri doğal bir sürecin bir sonucu olarak açıklamaya çalıştı ve fikrini desteklemek için ampirik ve mantıksal argümanları kullandı. Belki de bütün bunların içinde

en önemlisi en başta depremlerin neden meydana geldikleri sorusuna odaklanmış olmasıdır.

1903'te, şair Rainer Maria Rilke bir öğrenciye şiir için olduğu kadar bilim için de doğru olan bir tavsiye verdi: "Yüreğinde çözülmemiş olanlara karşı sabırlı ol ve soruları sevmeye çalış, soruları yaşa." Bilimde (ve genellikle iş hayatında da) en büyük beceri doğru soruları sorma becerisidir ve Thales aslında bilimsel sorular sorma fikrini icat etti. Gök kubbe dahil nereye baksa açıklanmak için yakaran fenomenler gördü ve sezgisi onu doğanın temel işleyişleri üzerine zamanla ışık tutacak fenomenler üzerinde kafa yormaya sevk etti. Sadece depremler hakkında değil dünyanın büyüklüğü ve şekli, gündönümlerinin tarihleri ve dünyanın güneş ve ayla ilintisi hakkında da sorular sordu; bunlar iki bin yıl sonra Isaac Newton'un kütleçekimi ve hareket yasalarıyla ilgili büyük keşfine yol açan sorulardı.

Thales'in geçmişten ne kadar radikal bir şekilde koptuğunun göstergesi olarak, Aristoteles, Thales ve daha sonraki İyonyalı düşünürlerden ilk *physikoi*'ler yani fizikçiler olarak söz etmişti (bu, ait olmaktan gurur duyduğum ve Aristoteles'in kendini ait hissettiği gruptur). Terim "doğa" demek olan Yunanca *physis*'ten gelir; Aristoteles'in, doğaüstü açıklamalar peşinde olan *theologoi* yani teologların aksine, fenomenler için doğaya değgin açıklamalar bulmaya çalışanları tanımlamak için seçtiği bir terimdir.

Gelgelelim Aristoteles başka bir radikal grubun üyelerine, doğayı modellemek için matematiği kullananlara o kadar da hayranlık duymuyordu. Bu buluşun övgüsünü, Thales'in memleketine pek uzak olmayan, Ege Denizi'ndeki Samos Adası'nda yaşayan, Thales'ten sonraki kuşağın bir düşünürü almıştır.

***

Bazılarımız iş saatlerini evrenin işleyişini kavramaya çalışmakla geçirir. Bazılarımız ise cebirde ustalaşmamıştır. Thales'in zamanında ilk grubun üyeleri aynı zamanda sonraki grubun da üyeleriydi, çünkü görmüş olduğumuz gibi, bildiğimiz anlamda cebir –ve matematiğin geri kalanı– henüz icat edilmemişti.

Günümüz bilim insanı için, doğayı denklemler olmadan kavramak, "Ben iyiyim"den başka bir şey söylemeyen partnerinizin duygularını anlamaya çalışmaya benzer. Çünkü Matematik bilimin söz dağarcığıdır, teorik fikirler matematikle anlatılır. Biz bilim insanları samimi kişisel düşüncelerimizi açığa vurmakta her zaman iyi olmayabiliriz fakat matematik vasıtasıyla teorilerimizi aktarmada çok ustalaşmışızdır. Matematiğin dili bilimin teorilerin derinliklerine dalmasını sağlar ve bunu gündelik dilin yapabileceğinden daha yüksek kavrayış gücüyle ve hassasiyetle yapar, çünkü akıl yürütme ve mantık kuralları içeren bu dil, anlamı genişletmeyi sürdürür ve bazen oldukça beklenmedik şekillerde anlamın göz önüne serilmesine ve yansıtılmasına olanak tanır.

Şairler gözlemlerini dille, fizikçiler matematikle betimler. Bir şair şiirini yazdığında işi biter. Fakat fizikçi matematiksel bir "şiir" yazdığında bu daha işin başlangıcıdır. Fizikçi daha sonra matematik kurallarını ve teoremlerini uygulayarak bu şiiri, yazarının asla hayal edemeyeceği yeni doğa derslerini açığa çıkarması için ikna etmelidir. Çünkü denklemler sadece fikirleri somutlaştırmaz, yeterli beceri ve sebatı olan birine bu fikirlerin semerelerini sunar. Bu matematik dilinin başardığı şeydir: Fizik ilkelerinin *ifadesini* kolaylaştırır, bunlar arasındaki *ilişkileri* aydınlatır ve insanların bunlar hakkında *mantık yürütmelerine* rehberlik eder.

Bununla beraber MÖ altıncı yüzyılın başlarında bunu bilen yoktu. İnsan türü henüz matematiğin, doğanın işleyişini anlamamıza yardım edebileceği fikrini ortaya atmamıştı. İlk defa Pisagor'un (yakl. MÖ 570–490) bilimsel fikirlerin dili olarak matematiği kullanmamıza katkıda bulunduğu söylenir. Pisagor Yunan matematiğinin kurucusu, "felsefe" teriminin mucidi ve bütün dünyada cep telefonlarıyla kısa mesajlaşmaya $a^2 + b^2 = c^2$'nin anlamını öğrenecek kadar ara vermek zorunda kalan ortaokul öğrencilerinin başının belasıdır.

Antikçağda Pisagor adı sadece dehayla ilişkilendirilmekle kalmıyor, aynı zamanda büyülü ve dini bir hava da taşıyordu. Eğer Einstein yalnızca fizikçi değil aynı zamanda papa da olsaydı onun gibi görülürdü. Daha sonraki birçok yazardan günümüze Pisagor'un yaşamı hakkında birçok bilgi ve çeşitli biyografiler ulaşmıştır. Ancak öyküler MS ilk yüzyıllardan itibaren yazarların onun fikirlerini çarpıtmalarına ve tarihteki yerini abartmalarına yol açan gizli dini ve siyasi güdülerle bozularak güvenirliliklerini kaybetmeye başlamışlardı.

Doğru görünen bir şey varsa o da Pisagor'un Milet'in bulunduğu körfezin karşısındaki Samos Adası'nda büyüdüğüdür. Ayrıca bütün eski biyografi yazarları Pisagor'un on sekiz ila yirmi yaşları arasında o sıralar çok yaşlı ve ölmek üzere olan Thales'i ziyaret ettiği konusunda hemfikirdir. Eski dehasının önemli ölçüde kaybolmakta olduğunun farkında olan Thales'in akli durumu yüzünden özür dilediği söylenir. Thales nasıl dersler verdiyse Pisagor onun yanından ayrıldığında etkilenmiş haldeydi. Yıllar sonra, bazen evde oturmuş merhum öğretmenini öven şarkılar söylerken görüldüğü olurdu.

Thales gibi Pisagor da çok seyahat etti; büyük olasılıkla Mısır, Babil ve Fenike'ye gitti. Adanın tiranı Polykrates'in idaresi altındaki yaşamı katlanılmaz bulan Pisagor kırk yaşındayken Samos'u terk etti ve günümüzdeki İtalya'nın güneyinde bu-

lunan Kroton'a gitti. Orada çok sayıda takipçi edindi. Ayrıca yine orada fiziksel dünyanın matematiksel düzeni hakkında bir aydınlanma anı yaşadığı söylendi.

Dilin ilk olarak nasıl geliştiği bilinmiyor, ancak ben daima bir mağara adamının ayağının tökezleyip de ağzından "Ov!" diye bir ünlem çıktığını, zamanın birinde birilerinin de *insan bununla duygularını ne güzel ifade edebilir*, diye aklından geçirdiğini ve çok geçmeden herkesin konuşmaya başladığını düşünmüşümdür. Bilimin dili olarak matematiğin kökeni aynı zamanda gizemle de kaplıdır; fakat bu durumda en azından bunu tanımlayan bir efsanemiz var.

Efsaneye göre, Pisagor bir gün bir demirhanenin önünden geçerken çekiç sesleri duydu ve demiri döven farklı çekiçlerin ürettiği tınılarda bir örüntü olduğunu fark etti. Koşarak demirhaneye girdi ve çekiçlerle deney yaptı; tınıdaki farklılıkların vuruşu yapan adamın uyguladığı güce veya çekicin şekline değil, çekicin büyüklüğü veya ağırlığına bağlı olduğunu fark etti.

Pisagor eve döndü ve çekiçler üzerinde değil de farklı boy ve gerginliklerdeki ipler üzerinde deneylerine devam etti. Diğer Yunan gençleri gibi müzik, özellikle flüt ve lir eğitimi almıştı. O dönemin Yunan müzik gereçleri varsayım, deneyim ve sezginin ürünüydüler. Ancak Pisagor'un, deneyleri sonucu, müzik tellerinin uzunluğu ile ürettikleri tınılar arasında kesin bir ilişki olduğunu tanımlamak için kullanılabilecek, telli çalgılarla ilgili matematiksel bir yasa keşfetmiş olduğu söylenir.

Günümüzde Pisagor bağıntısını, tınının frekansının telin uzunluğuyla ters orantılı olduğu şeklinde tanımlarız. İki ucundan sabitlenmiş olan bir tel hafifçe çekilip bırakılırsa belirli bir tını üretir. Aynı teli, uzunluğunu yarıya indirdikten sonra hafice çekip bıraktığınızda tel bu kez bir oktav yüksek bir tını

üretir, yani frekansın iki katı kadar. Uzunluğu dörtte bire düşürürseniz, tını bir oktav daha yükselerek ilk frekansın dört katına ulaşır.

Pisagor gerçekten bu bağıntıyı keşfetti mi? Pisagor hakkındaki efsanelerin ne dereceye kadar doğru olduklarını bilmiyoruz. Örneğin, ortaokul öğrencilerini bezdiren "Pisagor teoremini" muhtemelen o *kanıtlamadı*; bunu ilk *kanıtlayanın* onun takipçilerinden biri olduğuna inanılır, fakat formül yüzyıllardır zaten *biliniyordu*. Ne olursa olsun, Pisagor'un asıl katkısı belirli yasalar çıkarmak değil, sayısal ilişkilere göre yapılandırılmış bir kozmos fikrini geliştirmek oldu ve etkisi doğadaki matematiksel bağlantıları keşfetmesinden değil bunları tanıtmasından kaynaklanıyordu. Klasikçi Carl Huffman'ın belirttiği gibi, Pisagor'un önemi, "sayılara verdiği paye ve onları pratik ticaret dünyasından alarak sayı hareketleri ile şeylerin hareketleri arasındaki karşılıklılığa dikkat çekmesinden" geliyordu.

Thales doğanın düzenli kurallara uyduğunu söylerken, Pisagor daha da ileri gitti ve doğanın *matematik* kurallarına uyduğunu iddia etti. Evren hakkındaki temel hakikatin matematiksel yasa olduğunu söyledi. Pisagorcular sayının gerçeğin özü olduğuna inanırlardı.

Pisagor'un fikirlerinin –en başta Platon olmak üzere– sonraki Yunan düşünürleri ve bütün Avrupa'daki bilim insanları ve filozoflar üzerinde büyük bir etkisi oldu. Fakat aklın savunucusu bütün Yunanlıların, evrenin akılcı analizle anlaşılabileceğine inanan büyük Yunan bilginlerinin arasında, bilimin gelecekteki gelişimini ilgilendirdiği kadarı ile açık ara en etkili olan, ne yaklaşımı icat eden Thales ne onu matematikle destekleyen Pisagor, hatta ne de Platon'du, daha sonra Büyük İskender'in özel öğretmeni olan, Platon'un öğrencisi Aristoteles'ti.

***

Yunanistan'ın kuzeydoğusunda bir kasaba olan Stagira'da doğan Aristoteles'in (MÖ 384–322) babası Büyük İskender'in büyükbabası Kral Amyntas'ın özel doktoruydu. Aristoteles küçük yaşta öksüz kaldı ve on yedi yaşındayken Platon'un Akademisi'nde öğrenim görmesi için Atina'ya gönderildi. Platon'dan sonra "akademi" kelimesi "öğrenim yeri" anlamını kazandı fakat Platon'un zamanında Platon ve öğrencilerinin toplanmayı sevdikleri korunun olduğu, Atina'nın dışında halka açık bir bahçenin ismiydi. Aristoteles orada yirmi yıl kaldı.

MÖ 347'de Platon'un ölümü üzerine Aristoteles Akademi'den ayrıldı ve birkaç yıl sonra İskender'in özel öğretmeni oldu. Kral II. Philip'in onu neden oğlunun öğretmeni olarak seçtiği açık değildir, çünkü daha Aristoteles ün kazanmamıştır. Ancak Aristoteles açısından Makedon kralının veliahdının öğretmeni olmak iyi bir fikir gibi görünmüş olmalı. Dolgun bir maaş alıyordu ve İskender Perslerin ülkesini ve dünyanın geri kalanının çoğunu fethetmeye gittiğinde başka faydalar da elde etti. Fakat İskender tahta çıktığında, aşağı yukarı elli yaşlarında olan Aristoteles Atina'ya döndü ve sonraki on üç yıl boyunca tanınan eserlerinin çoğunu üretti. İskender'i de bir daha hiç görmedi.

Aristoteles'in öğrettiği bilim tarzı muhtemelen Platon'dan öğrendiği bilimle aynı değildi. Aristoteles Akademi'de gözde bir öğrenciydi fakat Platon'un matematiğe verdiği önem onu hep rahatsız etmişti. Onun eğilimi soyut yasalara değil, detaylı, doğal gözleme yönelikti; bu, hem Platon'un bilim tarzından hem de günümüzde uygulanan bilimden çok farklıydı.

Ben lisedeyken fizik ve kimya derslerini severdim. Bu konuları çok sevdiğimi gören babam bazen bu bilimleri ona anlatmamı isterdi. Yoksul ailesinin parası onu ancak yerel bir

dini okula göndermeye yettiği için bilim teorilerinden çok Şabat teorilerine odaklanan bir eğitim almıştı ve eğitimi de yedinci sınıfta sona erdiğinden bu iş benim için biçilmiş kaftandı.

Dersime fiziğin, çoğunlukla değişimi inceleyen bir dal olduğunu söyleyerek başladım. Babam söylediklerimi bir an zihninde tarttıktan sonra homurdandı. "Değişim hakkında hiçbir şey bilmiyorsun," dedi. "Çok gençsin, değişim nedir görmedin." Elbette, ben de değişimi yaşadım, diyerek karşı çıktım fakat eski İbranice deyişlere olan tolerans seviyenize bağlı olarak, ya derin ya da aptalca gelen şu deyişlerden biriyle yanıt verdi. "Değişim vardır," dedi. "Bir de *değişim* vardır."

Babamın özlü sözünü ancak bir ergenin yapabileceği şekilde ciddiye almadım. Fizikte, dedim, bu dediğin geçerli değil-



Platon (*solda*) ile birlikte Aristoteles,
Raphael'in bir freskinden detay

dir; sadece tek bir DEĞİŞİM vardır. Öyle ki Isaac Newton'un günümüzde bildiğimiz fiziği yaratmadaki ana katkısının, doğası ne olursa olsun, *bütün* değişimleri tanımlamak için kullanılabilecek birleşik bir matematiksel yaklaşımı icat etmesi olduğu söylenebilir. Newton'dan iki bin yıl önce Atina'da ortaya çıkan Aristoteles'in fiziğinin kökleri, babama daha yakın olabileceğini düşündüğüm, dünyayı anlamanın çok daha sezgisel ve daha az matematiksel yaklaşımında bulunuyordu. Ve böylece, babama açıklamamı kolaylaştıracak bir şey bulma umuduyla, Aristoteles'in değişim kavramı hakkında kitaplar okumaya başladım. Epeyce uğraştıktan sonra, Aristoteles Yunanca konuşmasına ve hiç Eski İbranice bir söz etmemesine rağmen, esasen inandığı şeyin şu olduğunu öğrendim: "Bir değişim vardır, bir de *değişim* vardır."

Babamın sözünde geçen ikinci "değişim" kelimesi kulağa hayra yorulamayacak bir şeymiş gibi geliyordu; babam Nazi işgali altında yaşadığı şiddeti kastediyordu. Bir yanda sıradan ve doğal değişim ile öte yanda şiddet içeren *değişim* arasındaki ayrım Aristoteles'in yaptığı ayrımla aynıydı: Aristoteles insanın doğada gözlemlediği bütün dönüşümlerin ya doğal yoldan gerçekleştiğine ya da şiddet marifetiyle (zor kullanılarak) gerçekleştirildiğine inanıyordu.

Aristoteles'in dünya teorisinde doğal değişim *nesnenin kendi içinde* ortaya çıkan bir şeydi. Başka bir deyişle, doğal değişimin nedeni, doğaya yani nesnenin kompozisyonuna özgüdür. Örneğin, hareket adını verdiğimiz değişim türünü –konum değişimi– düşünün. Aristoteles her şeyin, dört ana elementin –toprak, hava, ateş ve su– çeşitli kombinasyonlarından oluştuğuna ve bunların her birinin içinde yerleşik bir hareket etme eğilimi olduğuna inanıyordu. Taşlar toprağa doğru, yağmur okyanuslara doğru düşer, çünkü Aristoteles'e göre toprak ve su bu maddelerin doğal dinlenme yerleridir.

Bir taşın yukarı doğru uçmasını sağlamak için dış müdahale gerekir fakat bir taş düştüğünde, içindeki eğilimi takip eder ve "doğal" hareketi yerine getirir.

Modern fizikte bir nesnenin neden hareket etmeden durduğunu veya neden sabit bir hız ve yönle tekdüze bir hareket halinde olduğunu açıklamak için bir nedene ihtiyaç duyulmaz. Benzer şekilde, Aristoteles'in fiziğinde de, nesnelerin neden doğal hareket halinde olduklarını –neden toprak ve suyun şeylerin düştüğünü veya neden hava ve ateşin yükseldiğini– açıklamak gerekli değildi. Bu analiz etrafımızdaki dünyada gördüklerimizi yansıtır: baloncukların sudan yükseldiği, alevlerin havaya yükselir göründüğü, devasa nesnelerin gökyüzünden düştüğü, okyanus ve denizlerin karaya dayandığı ve atmosferin her şeyin üzerinde uzandığı bir dünya.

Aristoteles için hareket, hepsi de aynı ilkeler tarafından yönetilen, büyüme, çürüme ve mayalanma gibi birçok doğal süreçten biriydi. Doğal değişimi, tüm çeşitli formlarında, doğalarında var olan potansiyelin yerine getirilmesi olarak görüyordu; bir kütüğün yanması, bir insanın yaşlanması, bir kuşun uçması, bir meşe palamudunun düşmesi böyle bir değişimdi. Doğal değişim, Aristoteles'in inanç sistemine göre, günlük yaşamlarımız vasıtasıyla bizi ileri doğru iten şeydir. Endişeye neden olan türde değil, normal olarak karşılama eğiliminde olduğumuz türde bir değişimdir.

Fakat bazen olayların doğal akışı kesintiye uğrar ve hareket, yani değişim harici bir şey tarafından dayatılır. Bir taş havaya fırlatıldığında, asmalar topraktan söküldüğünde, tavuklar yemek için kesildiğinde, işinizi kaybettiğinizde veya faşistler bir kıtanın yönetimini ele geçirdiklerinde olan şey budur. Bunlar Aristoteles'in "şiddet marifetiyle" gerçekleştirilir dediği türden değişimlerdir.

Şiddet içeren değişimde, Aristoteles'e göre, bir nesne doğasını ihlal eden bir yönde hareket eder, yani değişir. Bu tarz değişimin nedenini anlamaya çalışan Aristoteles bunun için bir terim seçerek "kuvvet" adını verdi.

Doğal değişim kavramı gibi, Aristoteles'in şiddet içeren değişim doktrini de doğada gözlemlediklerimizle çok iyi örtüşür. Katı madde, örneğin, kendi başına aşağı doğru düşer, fakat başka bir yöne, yukarı veya yana doğru gitmesini sağlamak için kuvvet, yani çaba gerekir.

Aristoteles'in değişim analizi dikkate değerdi çünkü her ne kadar çevresel fenomenleri döneminin diğer büyük düşünürlerinin gördüğü şekilde görse de, kollarını sıvadı ve değişim –hem insanların yaşamlarındaki hem de doğadaki değişimler– hakkında benzeri görülmemiş düzeyde çok kapsamlı gözlemler yaptı. Tüm farklı değişim türlerinin ortak noktalarını bulmak için incelemelerde bulundu: kazaların nedenleri, politika dinamikleri, ağır yük çeken öküzlerin hareketleri, tavuk embriyolarının büyümesi, volkanların patlaması, Nil Nehri deltasındaki değişimler, güneş ışığının doğası, ısının yükselişi, gezegen hareketleri, suyun buharlaşması, birden fazla midesi olan hayvanlardaki yiyecek sindirimi, nesnelerin ergime ve yanma şekli. Her türden hayvanı, bazen son kullanma tarihi çoktan geçmiş olanları kesiyor, başkaları kötü kokudan rahatsız olursa onlarla alay ediyordu.

Değişimin sistematik bir tanımını oluşturma girişimine *Fizik* adını veren Aristoteles dolayısıyla kendisini Thales'in mirasıyla ilişkilendirdi. Onun fiziğinin alanı çok genişti; canlı ve cansızları, gökyüzünü ve yeryüzünü kapsıyordu. Günümüzde onun incelediği farklı değişim kategorileri bütün bilim dallarının konularıdır: fizik, astronomi, iklimbilim, biyoloji, embriyoloji, sosyoloji vb. Doğrusu, Aristoteles üretken bir yazardı, tam bir tek kişilik Vikipedi'ydi. Katkıları, hiç obsesif-

kompulsif bozukluk teşhisi konmamış bir kişi tarafından üstlenilen en kapsamlı çalışmalardan bazılarını içerir. Toplamda –antikçağdan kalan kayıtlara göre– 170 akademik eser üretti, bunların yaklaşık üçte biri günümüze kadar korunmuştur. Eserleri arasında şunlar vardı: *Meteoroloji; Metafizik; Etik; Politika; Retorik; Poetika; Tanrılar Üzerine; Nesil ve Yozlaşma Üzerine; Ruh Üzerine; Bellek Üzerine; Uyku ve Uykusuzluk Üzerine; Rüyalar Üzerine; Kehanet, Uzun Yaşam, Gençlik ve Yaşlılık Üzerine; Hayvanların Hareketleri Üzerine.*

Eski öğrencisi İskender Asya'yı fethetmeye devam ederken, Aristoteles Atina'ya döndü ve Lise adı verilen bir okul kurdu. Okulun bahçesinde gezinirken, yıllar boyunca öğrendiklerini öğrencilerine öğretti.* Fakat her ne kadar büyük bir öğretmen, çok zeki ve üretken bir doğa gözlemcisi olsa da, Aristoteles'in bilgiye yaklaşımı günümüzdeki bilimin yaklaşımından çok farklıydı.

***

Felsefeci Bertrand Russell'a göre, Aristoteles "vahiy almış bir peygamber gibi değil, bir profesör, profesyonel bir öğretmen gibi yazan ilk kişiydi." Russell, Aristoteles'in "sağduyu katılmış" Platon olduğunu söyledi. Gerçekten de Aristoteles bu özelliğe çoğumuz gibi çok değer veriyordu. Bu özellik bizi bugün bin dolar gönderirsek yarın bize yüz bin dolar göndereceklerini söyleyen Nijerya'daki adamların e-postalarına yanıt vermekten alıkoyar. Gelgelelim, Aristoteles'in fikirlerine baktığımızda ve günümüzde bildiklerimizi göz önüne aldığımızda, günümüzün bilime yaklaşımı ile Aristoteles'in

---

Derslerden sonra öğrenciler yağla ovulurdu. Böyle bir şey teklif etmemin öğrencilerim arasındaki popülerliğimi kolaylıkla artırabileceğini her zaman düşünmüşümdür fakat ne yazık ki bunun üniversite yönetimi üzerinde büyük olasılıkla tam ters yönde etkisi olurdu.

yaklaşımı arasındaki en büyük farklılıklardan birinin tam da Aristoteles'in geleneksel fikirlere olan bağlılığı –ve Aristoteles fiziğinin en büyük eksikliklerinden biri– olduğu söylenebilir. Her ne kadar sağduyunun göz ardı edilmemesi gerekse de, bazen yapılması gereken bunun tam tersidir.

Bilimde gelişme kaydetmek için genellikle tarihçi Daniel Boorstin'in "sağduyunun tiranlığı" olarak adlandırdığı şeye meydan okumanız gerekir. Örneğin, bir nesneyi iterseniz kayacağı, sonra da yavaşlayıp duracağını tahmin etmek sağduyudur. Fakat bunun altında yatan hareket yasalarını kavramak için, Newton'un yaptığı gibi belli olanın ötesine bakmalı ve bir nesnenin teorik açıdan sürtünmesiz bir dünyada nasıl hareket edeceğini tasavvur etmelisiniz. Benzer şekilde, sürtünmenin nihai mekanizmasını anlamak amacıyla, nesnelerin görünmez atomlardan nasıl oluşabileceğini "görmek" için maddi dünyanın dış görünüşünün ötesine bakabilmelisiniz ki bu Leukippos ve Demokritos'un yaklaşık bir yüzyıl önce öne sürmüş oldukları fakat Aristoteles'in kabul etmediği bir kavramdır.

Aristoteles aynı zamanda kendi zamanının fikir ve kurumlarına ve sağduyuya çok saygı gösteriyordu. "Herkesin inandığı doğrudur," diye yazdı. Şüphecilere de şöyle dedi: "Bu inancı kim yıkarsa yıksın daha güvenilir bir inancı zor bulur." Aristoteles'in halk arasındaki yaygın inanışa olan güvencinin –ve bu inanışın onun görüşünü çarpıtma şeklinin– canlı bir örneği de onun ve döneminin çoğu yurttaşının, köleliğin fiziksel dünyanın doğasında var olduğu yönündeki çarpıtılmış savıdır. Aristoteles fizik yazılarını tuhaf bir biçimde andıran bir üslup kullanarak şunu ileri sürdü: "Birleşik bir bütün oluşturan ve parçalardan oluşan her şeyde, egemen ile tebaa arasında bir ayrım açığa çıkar. Böyle bir ikilik canlılarda mevcuttur fakat sadece onlarda bulunmaz, evrenin yapısından da

kaynaklanır." Aristoteles bu ikilik yüzünden doğuştan özgür ve yine doğuştan köle insanlar olduğunu öne sürdü.

Günümüzde bilim insanları ve diğer yenilikçiler sık sık tuhaf ve alışılmadık figürler olarak tasvir edilirler. Bence bu klişede biraz doğruluk payı var. Tanıdığım bir fizik profesörü her gün öğle yemeğini, kafeteryanın çeşni masasındaki bedava ikramlardan seçerdi. Mayonezden yağ, ketçaptan sebze, tuzlu krakerden de karbonhidrat ihtiyacını karşılardı. Başka bir arkadaşım ise soğuk meze sever, ekmekten nefret ederdi ve bir restoranda, öğle yemeği olarak tek bir salam yığını sipariş verip biftek yer gibi çatal bıçakla yemekten hiç çekinmezdi.

Geleneksel düşünce tarzına sahip olmak bir bilim insanı – veya buluş yapmak isteyen biri– için iyi bir tutum değildir ve bazen insanların size bakışını olumsuz etkiler. Ancak tekrar tekrar göreceğimiz gibi, bilim yerleşik kavramların, otoritenin ve hatta bizzat önde gelen bilginlerin otoritesinin doğal düşmanıdır. Çünkü devrimci atılımlar mutlaka herkesin doğru olduğuna inandığı şeye başkaldırmayı, eski fikirleri güvenilir yeni fikirlerle değiştirmeyi göze almayı gerektirir. Doğrusu bilim tarihinde gelişmenin ve genelde insan düşüncesinin önüne çıkan bir engel varsa o da geçmişin –ve şimdinin– fikirlerine aşırı bağlılıktır. Ve işte bu yüzden yaratıcı bir pozisyon için birilerini işe alıyor olsaydım, aşırı sağduyudan sakınır, tuhaf özellikleri artı sütununda sayar ve ikram masasını bol çeşitli tutardım.

***

Aristoteles'in bilim yaklaşımı ile daha sonraki bilim yaklaşımı arasındaki başka bir önemli çatışma da bu yaklaşımın niceliksel değil niteliksel olmasıydı. Günümüzde fizik, en basit lise formunda bile, bir nicelik bilimidir. Fiziğin yeni başla-

yanlar için olan en temel versiyonlarını gören öğrenciler bile saatte 100 km yol alan bir arabanın saniyede 27 metre gittiğini öğrenirler. Eğer bir elmayı elinizden bırakırsanız düştüğü her saniye hızının saatte 35 km arttığını öğrenirler. Örneğin bir sandalyeye külçe gibi oturduğunuzda sandalye sizi durdururken omurganıza uygulanan kuvvetin –çok kısa bir süre– 455 kg'dan fazla olabileceğini hesaplamak gibi matematiksel hesaplamalar yaparlar. Aristoteles'in fiziği buna hiç benzemiyordu. Bilakis, Aristoteles felsefeyi "matematiğe" dönüştürmeye çalışan felsefecilerden çok şikâyet ediyordu.

Kuşkusuz antik Yunan'daki bilim ortamı Aristoteles'in zamanında doğa felsefesini niceliksel bir uğraşa dönüştürmeye yönelik bir girişime engel teşkil ediyordu. Aristoteles'in kronometresi, saniye ibresi olan bir saati yoktu veya olayları tam süreleri yönünden hiç düşünmesi gerekmemişti. Ayrıca bu tarz verileri ustalıkla kullanmak için gereken cebir ve aritmetik dalları Thales'in zamanında olduğundan daha ileri değildi. Görmüş olduğumuz gibi, artı, eksi ve eşittir işaretleri, sayı sistemimiz veya "saatte ... kilometre" gibi kavramlar henüz icat edilmemişti. Ancak on üçüncü yüzyılda ve sonrasında bilginler çok da ileri olmayan gereçler ve matematikle niceliksel fizikte ilerleme kaydettiler, dolayısıyla denklem, ölçüm ve sayısal tahmin biliminin önündeki engeller sadece bunlar değildi. Daha da önemlisi, Aristoteles'in başka herkes gibi niceliksel tanımla ilgilenmiyor oluşuydu.

Hareketi incelerken bile Aristoteles'in analizi salt niteliksel di. Örneğin muğlak bir hız anlayışı vardı; "benzer bir zaman miktarında bazı şeyler diğerlerinden daha uzağa gider," cümlesinde olduğu gibi. Bu bize sakız falı gibi geliyor, fakat Aristoteles'in zamanında insanlar bunu yeterince kesin bir ifade olarak görüyorlardı. Salt niteliksel bir hız kavramıyla,

sadece hızda veya yönde değişim olan –ve ortaokulda öğrettiğimiz– en belirsiz ivme kavramı olabilir. Bu derin farklılıklar göz önüne alındığında, eğer birimiz zaman makinesine atlayıp geçmişe gitmiş ve Aristoteles'e Newton fiziği hakkında bir metin vermiş olsaydık, bu onun için mikrodalga fırında yemek pişirme tarifleri içeren bir yemek kitabından daha fazla bir anlam ifade etmezdi. Newton'un "kuvvet" veya "ivmeyle" ne demek istediğini anlayamadığı gibi aldırış da etmezdi.

Ayrıntılı gözlemlerini yürütürken Aristoteles'i ilgilendiren şey, bir *sona* doğru meydana gelir görünen hareket ve diğer değişim türleriydi. Örneğin Aristoteles hareketi *ölçülmesi* gereken bir şey olarak değil, *amacı* kavranabilecek bir fenomen olarak anlıyordu. Bir at bir arabayı yolda hareket ettirmek için çeker; bir keçi yiyecek bulmak amacıyla yürür; erkek tavşanlar dişi tavşanları daha çok tavşan yapmak için kullanırlar.

Aristoteles evrenin uyum içinde işlev görmek amacıyla tasarlanmış büyük bir ekosistem olduğuna inanıyordu. Baktığı her yerde bir amaç görüyordu. Yağmur yağar çünkü büyümek için bitkilerin suya ihtiyacı vardır. Bitkiler hayvanların onları yiyebilmeleri için büyür. İçlerinde var olan potansiyeli gerçekleştirmek için üzüm tohumları asma olur, yumurtalar tavuğa dönüşür. Çok eski zamanlardan bu yana, insanlar dünya anlayışlarına daima kendi deneyimlerini yansıtmışlardı. Ve sonuçta antik Yunan'da fiziksel dünyadaki olayların amacını analiz etmek, bu olayları Pisagor ve takipçilerinin geliştirdikleri matematik yasalarıyla açıklamaya çalışmaktan çok daha doğaldı.

Burada gene bilimde sormayı seçtiğiniz soruların ne kadar önemli olduğunu görüyoruz. Çünkü Aristoteles Pisagor'un doğanın niceliksel yasalara uyduğu kavramını benimsemiş olsaydı bile, asıl meseleyi gözden kaçırmış olurdu, çünkü

yasaların niceliksel özellikleriyle nesnelerin bunlara uyma nedenleriyle ilgilendiği kadar ilgilenmiyordu. Bir müzik çalgısındaki teli veya düşen bir taşı sayısal bir intizamla davranmaya *iten* nedir? Bunlar Aristoteles'i heyecanlandıran meselelerdi ve işte burada onun felsefesi ile bilimin günümüzde yapılış şekli arasındaki en büyük kopukluğu görüyoruz; Aristoteles, doğadaki *amaç* olarak yorumladığı şeyi algılarken günümüzün bilimi algılamaz.

Aristoteles'in analizinin bu özelliğinin –*amaç* arayışı– daha sonraki düşünce tarzı üzerinde muazzam bir etkisi oldu. Bu onun çağlar boyunca birçok Hıristiyan filozofu tarafından sevilmesine yol açtı ama bilimsel gelişmeye yaklaşık iki bin yıl boyunca ket vurdu, çünkü günümüz araştırmalarına yön veren güçlü bilim ilkeleriyle hiçbir şekilde bağdaşmıyordu. İki bilardo topu çarpıştığında, neler olacağını –bu çarpışmanın altında yatan muhteşem amaç değil– Newton'un ileri sürdüğü yasalar belirler.

Bilim ilk başta temel bir insan arzusu olan dünyayı tanıma ve bunda bir anlam bulma arzusundan çıktı, bu yüzden Aristoteles'i motive eden amaç özleminin günümüzde de halen nice insanda yankı uyandırması şaşırtıcı değildir. "Her şeyin bir nedeni vardır" fikri doğal bir felaketi veya başka bir trajediyi anlamaya çalışan insanlara teselli verebilir. Ve böyle insanlar için, bilim insanının evrene yol gösteren herhangi bir amacın olmadığında diretmesi, bilim disiplininin soğuk ve ruhsuz görünmesine yol açabilir.

Ancak bunu değerlendirmenin başka bir yolu daha var; ben bu yolu babamdan biliyorum. Amaç konusu açılınca babam genellikle kendi başına gelen bir şeyden değil, annemle tanışmadan önce annemin on yedi yaşındayken yaşadığı bir olaydan bahsederdi. Naziler annemin şehrini işgal etmişler ve

bunlardan biri, annemin bilmediği bir nedenden ötürü annemin de aralarında olduğu birkaç Yahudi'ye, karda düzgün bir sıra halinde diz çökmelerini emretmiş. Daha sonra bir uçtan bir uca yürümeye başlamış ve birkaç adımda bir durarak tutsaklarından birinin kafasına ateş etmiş. Eğer bu Tanrı'nın veya doğanın muhteşem planının bir parçasıysa babamın böyle bir Tanrı'yla bir işi olamazdı. Çünkü babam gibi insanlar, yaşamlarımızın, ne kadar trajik veya büyük başarılarla dolu olursa olsun, patlayan yıldızları yaratan aynı nötr yasaların sonucu olduğu ve iyi veya kötü, nihayetinde bir hediye, dünyamızı yöneten ruhsuz denklemlerden her nasılsa doğan bir mucize olduğu düşüncesinde teselli bulabilir.

***

Aristoteles'in fikirleri Newton'un zamanına kadar doğal dünya hakkındaki düşünce biçimine hâkim olsa da, yıllar içinde, gözlemleriyle bu teorilerin kuşkulu hale gelmesine neden olan çok sayıda bilgin ortaya çıktı. Örneğin, doğal hareketlerini yapmayan nesnelerin, ancak üzerlerinde bir kuvvet etki ediyor iken hareket edecekleri görüşünü ele alalım. Aristoteles bunun, ilk itici güçten sonra bir ok, kargı veya atılan başka bir nesneyi neyin ittiği sorusunu ortaya çıkardığını fark etti. Onun açıklaması, doğa boşluktan "nefret ettiği" için, atılan nesnenin ardındaki hava taneciklerinin, ilk itici güçten sonra hızla aktığı ve nesneyi ittiğidir. Japonlar bu fikri, Tokyo metro vagonlarına yolcuları tıka basa doldurmak için başarıyla uyarlamış gibidir, fakat Aristoteles'in kendisi bile teorisi konusunda çok hevesli değildi. On dördüncü yüzyılda, topların yaygınlaşmasıyla birlikte ağır güllelerin ardında hızlı akan hava taneciklerinin gülleleri ittiği fikri çok saçma görününce, teorinin zayıflığı gün gibi açık hale geldi.

Bir o kadar önemli olan nokta da bu topları ateşleyen askerlerin, güllelerini iten kuvvetin minicik, görünmez periler mi yoksa hava tanecikleri mi olduğunu pek önemsememeleriydi. Bilmek istedikleri, attıkları güllelerin izleyecekleri yol ve özellikle de bunların düşmana isabet edip etmeyeceğiydi. Bu kopukluk Aristoteles ile daha sonra kendilerine bilim insanı adını verecek kişiler arasındaki asıl uçurumu gösterir: atılan nesnenin izleyeceği yol gibi meseleler –çeşitli anlardaki hız ve pozisyonu– Aristoteles için konu dışıydı. Fakat eğer kişi fizik yasalarını öngörüde bulunmak için kullanmak istiyorsa bu durumda bu meseleler kritik öneme sahiptir. Zamanla Aristoteles'in fiziğinin yerini alacak bilimler, diğer şeylerin yanı sıra bir güllenin izleyeceği yolu hesaplamaya olanak sağlayacak bilimler, dünyada geçerli olan süreçlerin niceliksel detaylarıyla –ölçülebilir kuvvet, hız ve ivme oranlarıyla– ilgiliydi, bu süreçlerin felsefi nedenleri veya amaçlarıyla ilgili değildi.

Aristoteles kendi fiziğinin mükemmel olmadığının farkındaydı. Şöyle yazdı: "Çokça kafa yorma ve sıkı çalışmanın ürünü olsa da benimki ilk, dolayısıyla küçük bir adım. Bir ilk adım olarak ele alınmalı ve hoşgörüyle değerlendirilmeli. Sizler, derslerimin okuyucuları ve dinleyicileri, ilk başlangıçtan beklenebilecek kadar tam anlamıyla elinden geleni yaptığımı düşünüyorsanız ... başardıklarımı takdir eder ve sonunu getirmeleri için başkalarına bıraktıklarımı mazur görürsünüz." Aristoteles burada daha sonraki fizik dehalarının çoğunun paylaştığı bir hissi dile getiriyor. Newton'ları ve Einstein'ları, her şeyi bilen ve bilgileri hakkında kendilerinden emin, hatta kibirli olarak düşünürüz. Oysa ileride göreceğimiz gibi, Aristoteles gibi onların da birçok şey hakkında kafaları karışıktı ve yine Aristoteles gibi bunun farkındalardı.

***

Aristoteles MÖ 322'de altmış iki yaşındayken görünüşe göre bir mide rahatsızlığından öldü. Ölümünden bir yıl önce, eski öğrencisi İskender'in ölümünden sonra Makedon yanlısı yönetim devrildiğinde Atina'dan kaçmıştı. Aristoteles Platon'un Akademisi'nde yirmi yıl geçirmiş olmasına rağmen, Atina'da kendini hep dışlanmış gibi hissetmişti. Atina hakkında şöyle dedi: "Bir yurttaşa uygun olan şeyler bir yabancıya göre değil; burada kalmak zor." Gelgelelim İskender de ölünce, kalıp kalmama kritik bir mesele haline geldi, çünkü Makedonya'yla ilişkili herkese yöneltilmiş tehlikeli bir tepki vardı ve Aristoteles Sokrates'in siyasi amaçlı idamının; bir kap baldıran zehrinin, herhangi bir felsefi argümana karşı etkili bir çürütme emsali oluşturmuş olduğunun farkındaydı. Her zaman derin bir düşünür olan Aristoteles şehit olma riskini almaktansa kaçmaya karar verdi. Kararı için ulvi bir neden gösterdi: Atinalıları yine "felsefeye karşı" günah işlemekten alıkoymak. Fakat bu, Aristoteles'in genelde yaşam yaklaşımında olduğu gibi çok pratik bir karardı.

Aristoteles'in ölümünün ardından, fikirleri Lise'deki öğrencileri ve eserleri hakkında yorumlar yazmış başkaları tarafından nesilden nesile aktarıldı. Ortaçağın başlarında bütün öğretilerle birlikte onun teorileri de unutuldu fakat yüksek ortaçağda (1200–1500) Arap felsefeciler arasında tekrar adı duyuldu, daha sonra Batılı bilginler de onu Araplardan öğrendiler. Zamanla felsefesi, bazı değişikliklerle birlikte, Roma Katolik Kilisesi'nin resmi felsefesi oldu. Böylece, sonraki on dokuz asır boyunca doğayı incelemek Aristoteles'i incelemek anlamına geldi.

Türümüzün hem sorular sormak için bir beyin hem de bunları sorma eğilimini, bunları yanıtlamaya başlamak için

gerekli olan araçlar –yazı, matematik ve hukuk fikri– ile birlikte geliştirdiğini gördük. Yunanlılarla birlikte, kozmosu analiz etmek için mantığı kullanmayı öğrenerek, yeni şanlı bir bilim dünyasının kıyılarına ulaştık. Fakat bu önümüzde uzanan daha büyük bir keşif macerasının yalnızca başlangıcıydı.

Kısım II

Bilimler

Eski dogmalar yeterli değil ... bu yüzden yeni bir bakış açısıyla düşünüp hareket etmeliyiz.

— Abraham Lincoln, İkinci Yıllık Mesaj, 1 Aralık 1862

6

YENİ BİR AKIL YÜRÜTME YOLU

İki arkadaşım –fizikçi Stephen Hawking ve spritüel lider Deepak Chopra– ile birlikte yazdığım iki kitap sayesinde beni zenginleştiren bir deneyim yaşadım. Farklı evrenlerde olsalar bu dostlarının dünya görüşleri ancak bu kadar farklı olurdu. Benim yaşam görüşüm Stephen'ın –bilim insanı– görüşüyle aşağı yukarı aynıdır. Ancak Deepak'ın görüşünden tamamen farklıdır ki muhtemelen bu yüzden kitabımızın adını *Her Şey Hakkında Uyuşmamız Ne Kadar Şahane Değil mi?* değil de *Dünya Görüşlerinin Savaşı* (*War of the Worldviews*) koyduk.

Deepak inançları konusunda tutkuludur; birlikte yolculuk ettiğimiz sıralarda daima beni görüşlerimden vazgeçirmeye çalışıyor ve benim dünyayı anlamaya yönelik yaklaşımımı sorguluyordu. Ben fiziğin matematiksel yasalarının –insanlar dahil– doğadaki her şeyi açıklayabileceğine inandığım için beni *indirgemecilik* yapmakla eleştiriyordu. Her şeyden önce, ben, belirtmiş olduğum üzere, günümüzdeki çoğu bilim insanı gibi, –yine biz dahil– her şeyin atomlar ve maddenin temel parçacıklarından oluştuğuna, bunların doğanın dört temel kuvveti vasıtasıyla etkileştiğine ve eğer tüm bunların nasıl işlediğini anlarsanız en azından prensipte dünyada meydana gelen her şeyi açıklayabileceğinize inanıyorum. Kuşkusuz

uygulamada çevremiz hakkında ne yeterli bilgimiz var ne de insan davranışları gibi fenomenleri analiz etmek için temel teorilerimizi kullanacak kadar güçlü bilgisayarlarımız; bu yüzden Deepak'ın zihnine fizik yasalarının hâkim olup olmadığı yanıtlanmamış bir soru olarak kalır.

Prensipte Deepak'ın beni indirgemeci olarak nitelendirmesine itiraz etmedim fakat bunu söylediğinde gücendim çünkü bunu söyleyiş şekli, sanki derinlikli bir insan benim inandıklarıma inanamazmış gibi hissetmeme yol açarak beni utandırdı ve savunmaya geçmeme sebep oldu. Doğrusu, Deepak'ın destekçilerinin toplantılarında, bazen kendimi domuz eti üreticilerinin toplantısındaki Ortodoks bir hahammışım gibi hissediyorum. Daima, "Sizin denklemleriniz, ben Vermeer'in bir tablosuna bakarken veya Beethoven'ın bir senfonisini dinlerken hissettiklerimi anlatabilir mi?" veya "Eğer benim karımın aklı gerçekten hem parçacık hem de dalga ise bana olan aşkını nasıl açıklıyorsun?" gibi sorularla karşılaşıyordum. Karısının ona olan aşkını açıklayamadığımı kabul etmek zorundaydım. Fakat gene, hiçbir aşkı –denklemleri kullanarak– açıklayamazdım. Bana göre, bunların konuyla bir ilgisi yok. Çünkü matematiksel denklemler zihinsel deneyimlerimizi (en azından henüz) olmasa bile fiziksel dünyayı kavramakta görülmemiş ölçüde başarılıdır.

Her atomun hareketinin izini sürerek ve atom ve nükleer fiziğin temel ilkelerini uygulayarak gelecek haftanın havasını hesaplamamız mümkün olmayabilir, fakat yüksek seviyeli matematiksel modelleri kullanan bir meteoroloji bilimimiz var ve yarınki havayı tahmin etmede hiç de fena değil. Benzer şekilde okyanusu, ışığı ve elektromanyetizmayı, malzemelerin niteliklerini, hastalıkları ve günlük yaşamımızın diğer onlarca yönünü inceleyen uygulamalı bilimlerimiz var, bunlar bilgilerimizi birkaç yüzyıl öncesine dek hayal bile edemeyece-

ğimiz, olağandışı pratik alanlarda kullanmamıza olanak sağlıyorlar. Günümüzde, en azından bilim insanları arasında, fiziksel dünyayı kavrama konusunda matematiksel yaklaşımın geçerliliğine dair neredeyse genel bir mutabakat var. Oysa bu görüşün hâkim olması çok uzun zaman aldı.

Modern bilimin doğanın belli kurallara göre hareket ettiği fikrine dayalı metafizik bir sistem olarak kabulü Yunanlılarla birlikte başladı; ancak on yedinci yüzyıla dek bilim bu yasaların kullanımında ikna edici bir başarı gösteremedi. Thales, Pisagor ve Aristoteles gibi filozofların fikirlerinden, Galileo ve Newton gibi bilginlerin fikirlerine olan bu atlayış çok büyük bir sıçrayıştı. Bununla beraber iki bin yıl sürmesi gerekmiyordu.

***

Yunan mirasını kabul edip geliştirmenin önündeki ilk büyük engel Romalıların MÖ 146'da Yunanistan'ı ve MÖ 64'te de Mezopotamya'yı fethetmeleriydi. Roma'nın yükselişiyle birlikte felsefe, matematik ve bilime duyulan ilgide –Yunanca konuşan entelektüel elitler arasında bile– yüzyıllar sürecek bir düşüş başladı çünkü pratik zekâlı Romalılar bu alanlara fazla değer vermiyorlardı. Cicero'nun bir sözü Romalıların teorik uğraşıları küçümsemelerini çok güzel ifade eder: "Yunanlar için geometri çok saygın bir uğraştı; dolayısıyla, onların [düşünsel faaliyetleri] arasında en çok matematik gelişmişti. Fakat biz bu sanatı ölçüm ve saymaya getirdiği kolaylıkla sınırladık." Gerçekten de Roma Cumhuriyeti'nin ve ondan sonra gelen Roma İmparatorluğu'nun aşağı yukarı bin yıllık ömründe, Romalılar hiç şüphesiz çokça ölçüm ve sayıma dayanan muazzam ve etkileyici mühendislik projeleri yürüttüler, fakat bildiğimiz kadarıyla, dikkate değer tek bir Romalı matematikçi bile çıkaramadılar. Bu hayret verici olgu,

kültürün matematik ve bilimdeki gelişmeler üzerindeki muazzam etkisinin bir kanıtıdır.

Roma bilime uygun bir ortam sağlamasa da, MS 476'da Batı Roma İmparatorluğu'nun dağılmasından sonra her şey daha da kötüleşti. Şehirler küçüldü, feodal sistem ortaya çıktı, Hıristiyanlık Avrupa'ya hâkim oldu ve kırsal manastırlar ile daha sonraları katedral okulları entelektüel yaşamın merkezleri haline geldiler, bu da bilginliğin dini meselelere odaklanması ve doğa araştırmalarının da önemsiz veya değersiz görülmesi sonucunu doğurdu. Batı dünyası zamanla Yunanların entelektüel mirasına olan ilgisini yitirdi.

Neyse ki Arap dünyasında Müslüman yönetici sınıf Yunan öğretilerini değerli buldu. Bu, onların da bilgiyi sırf bilgi adına istedikleri anlamına gelmiyor; İslami ideoloji de en az Hıristiyanlık kadar bu yaklaşıma mesafeliydi. Fakat Yunan biliminin yararlı olduğu inancıyla, varlıklı Arap hamiler Yunan biliminin Arapçaya çevrilmesine maddi destek vermeye *istekliydiler*. Gerçekten de, ortaçağda birkaç yüzyıllık bir dönemde Müslüman bilimadamları uygulamalı optik, astronomi, matematik ve tıpta büyük gelişmeler kaydettiler ve entelektüel bakımdan yerinde sayan Avrupalıları geride bıraktılar.*

Ancak Avrupalıların uzun uykularından uyanmakta oldukları on üçüncü ve on dördüncü yüzyıllarda, İslam dünyasında bilim ciddi bir gerileme dönemine girmişti. Bunda birtakım faktörler etkili olmuş gibidir. Evvela, muhafazakâr dini kuvvetler, bilimsel araştırmanın kabul edilebilir tek gerekçesi olarak gördükleri pratik yararlılığın daha da dar bir anlayışı-

---

Ortaçağ MS 500'den 1500'e (bazı tanımlarda 1600'e) kadar sürer. Her iki durumda da, biraz taşmayla, Roma İmparatorluğu'nun kültürel başarıları ile Rönesans'taki bilim ve sanatın gelişmesi arasında kalan dönemdir. On dokuzuncu yüzyılda kimilerinin "banyosuz bin yıl" diye önemsemedikleri bir çağdır.

nı dayatma noktasına geldiler. Ayrıca bilimin gelişmesi için toplum müreffeh olmalı ve özel veya devlet hamiliği için olanaklar sunmalıdır çünkü çoğu bilim insanının serbest bir piyasada çalışmalarını destekleyecek kaynakları yoktur. Gelgelelim ortaçağın sonlarında, Arap dünyası Cengiz Han'dan Haçlılara kadar değişen dış güçlerin saldırısına uğradı ve içteki hizip savaşlarıyla da parçalandı. Bir zamanlar bilim ve sanata ayrılabilen kaynaklar artık savaşa –ve hayatta kalma mücadelesine– ayrılıyordu.

Bilim çalışmalarının gerilemeye başlamasının başka bir nedeni de Arap dünyasındaki entelektüel yaşamın önemli bir bölümüne hâkim olan okulların bilime değer vermemeleriydi. Medrese olarak bilinen bu hayır kurumlarına, kurucuları ve bağışçıları bilimlerden şüphe duyan dini vakıflar para sağlıyordu. Sonuç olarak, öğretimin tümü, felsefe ve bilimi hariç tutarak dine odaklanmak zorundaydı. Dolayısıyla bu konularda eğitim yüksekokulların dışında yapılmak zorundaydı. Bilim insanlarının, kendilerini destekleyecek veya bir araya getirecek kurumlar bulunmaması nedeniyle birbirlerinden ayrı düşmeleri, uzmanlaşmış bilimsel eğitim ve araştırmanın önünde devasa bir engel oluşturdu.

Bilim insanları bir vakumda var olamazlar. En büyükleri bile alanlarındaki diğer bilim insanlarıyla olan etkileşimlerinden muazzam yarar sağlar. Akran iletişiminin olmaması İslam dünyasının, gelişim için gerekli fikir alışverişinde bulunmasını önledi. Ayrıca karşılıklı eleştiri olmadan (tarafları geliştiriyor, onlara yararı dokunuyordu), deneysel temelden yoksun teorilerin yaygınlaşmalarını kontrol etmek ve halk arasındaki yaygın inanışlara karşı çıkan görüşlere sahip bilim insanları ve filozofların destek için yeterli çoğunluğu bulmaları zorlaştı.

Bu tür entelektüel boğulmaya benzer bir şey, büyük olasılıkla Avrupalılardan önce modern bilimi geliştirmeyi başarmış başka bir büyük uygarlık olan Çin'de meydana geldi. Aslında Çin'in nüfusu yüksek ortaçağda 100 milyondan fazlaydı, o zamanki Avrupa nüfusunun aşağı yukarı iki katıydı. Ancak İslam dünyasındaki eğitim sistemi gibi Çin'deki eğitim sistemi de en azından bilim yönünden Avrupa'da gelişmekte olan sistemin çok gerisinde kalmıştı. Eğitim sistemi çok sıkı kontrol altındaydı, edebi ve ahlaki öğretime odaklanmıştı ve bilimsel yenilik ve yaratıcılığa çok az yer veriliyordu. Bu durum Ming Hanedanlığı'nın ilk dönemlerinden (yaklaşık 1368) yirminci yüzyıla dek hemen hemen değişmeden kaldı. Arap dünyasında olduğu gibi, bilimde (teknolojinin aksine) az ilerleme kaydediliyordu ve bunlar da eğitim sistemi sayesinde değil, eğitim sistemine rağmen oluyordu. Entelektüel statükoyu eleştiren ve düşünce dünyasını ilerletmek için gerekli entelektüel araçları geliştirmeye ve sistemli bir hale getirmeye teşebbüs eden düşünürler caydırılıyor ve aynı şekilde bilgiyi ilerletmenin bir aracı olarak verilerin kullanımı da kısıtlanıyordu. Hindistan'da da kast sistemine odaklanan Hindu ileri gelenleri entelektüel duraklama pahasına istikrar üzerinde diretiyordu. Sonuç olarak, Arap dünyası, Çin ve Hindistan başka alanlarda büyük düşünürler çıkarmalarına rağmen, Batı'da modern bilimi yaratanlara eşdeğer bilim insanı çıkaramadılar.

***

Avrupa'da bilimin canlanışı on birinci yüzyılın sonuna doğru Benedikten keşişi Constantinus Africanus'un antik Yunan tıbbi eserlerini Arapçadan Latinceye çevirmesiyle başladı. Arap dünyasında olduğu gibi, Yunan bilimini incelemenin ardında yatan motivasyon da bu bilimin yararlı olmasıydı ve

bu ilk çeviriler tıp ve astronomideki diğer uygulamaya dönük eserleri tercüme etmeye yönelik hevesi artırdı. Daha sonra, Hıristiyanlar İspanya'yı yeniden fethederken 1085'te Arapça kitaplarla dolu bazı kütüphaneleri ele geçirdiler ve daha sonraki yıllarda, kısmen, ilgili yerel piskoposların cömert maddi destekleri sayesinde, çok sayıda eser Latinceye çevrildi.

Bu yeni ortaya çıkan eserlerin etkilerini tasavvur etmemiz zor. Sanki çağdaş bir arkeolog tesadüfen antik Babil metinlerinin tabletlerine rastlayıp bunları çevirmiş ve bunların, bizimkilerden çok daha sofistike olan ileri bilimsel teoriler sunduklarını keşfetmiş gibiydi. Sonraki birkaç yüzyılda, çeviri sponsorluğu Rönesans'ın sosyal ve ticari eliti arasında bir statü sembolü haline geldi. Sonuç olarak, ortaya çıkarılan bilgiler kilisenin ötesinde de yayıldı ve rağbet görmeye başladı, günümüz zenginlerinin sanat eserleri toplamaları gibi toplandı. Gerçekten de zenginler, günümüzde bir heykel veya resim sergileyenler gibi kitaplarını sergilerdi. Zamanla, bilgiye, yararlı olması bakımından verilen değerden bağımsız olarak verilen yeni değer bilimsel araştırmaların takdir edilmelerini sağladı. Bir süre sonra bu durum hakikati tekeli altında tutan kilisenin pozisyonuna yavaş yavaş zarar vermeye başladı. Kutsal kitaplarda ve kilise geleneğinde vahiy edilen hakikatin karşısında şimdi yeni bir rakip vardı: doğanın ortaya çıkardığı hakikat.

Fakat sırf antik Yunan eserlerinin çevrilmeleri ve okunmalarıyla "bilim devrimi" olmaz. Avrupa'yı gerçek anlamda dönüştürecek olan şey, yeni bir kurumun –üniversitenin– gelişimiydi. Üniversite günümüzde bildiğimiz şekliyle bilimin gelişiminin itici faktörü oldu, yüzyıllarca Avrupa'yı bilimin merkezi yaparak, bilimde dünyanın o ana dek bildiği en büyük adımların atılmasını sağladı.

Eğitimdeki devrimi körükleyen faktörler ise artmakta olan servet ve iyi eğitimliler için kariyer fırsatlarının çok olmasıydı. Bolonya, Paris, Padua ve Oxford gibi şehirler öğrenim merkezleri olarak ün kazanınca çok sayıda öğrenci ve öğretmen buralara yöneldiler. Öğretmenler ya bağımsız olarak ya da mevcut bir okulun himayesi altında çalışırlardı. Zamanla esnaf loncalarından örnek alarak gönüllü kurumlar şeklinde örgütlendiler. Fakat bu kurumlar kendilerine "üniversite" deseler de, bunlar ilk başlarda hiçbir mülkü ve sabit yerleşimi olmayan sosyal birliklerdi. Bizim bildiğimiz anlamda üniversiteler on yıllar sonra ortaya çıktı: 1088'de Bolonya'da, Paris'te 1200 dolaylarında, Padua'da 1222'de ve Oxford'da 1250 itibarıyla. Buralarda din değil doğa bilimleri odak noktası oldu ve bir araya gelen bilginler etkileşimde bulunarak birbirlerini teşvik ettiler.

Bu demek değil ki ortaçağ Avrupa'sındaki üniversite cennet bahçesiydi. Örneğin 1495 gibi ileri bir tarihte bile, Alman yetkililer üniversiteyle ilişkili herhangi birinin, birinci sınıfları idrarla ıslatmalarını açıkça yasaklayan bir kural koyma gereğini gördüler. Artık böyle bir kural olmasa da ben hâlâ öğrencilerimin buna uymalarını şart koşarım. Profesörlerin genellikle ders verebilecekleri ayrı bir sınıfları yoktu ve dolayısıyla pansiyon, kilise ve hatta genelevlerde ders vermek zorunda kalıyorlardı. Daha da kötüsü, genellikle profesörlere doğrudan ödeme yapanlar, onları aynı zamanda işe alıp kovma yetkisine de sahip olan öğrencilerdi. Bolonya Üniversitesi'nde günümüzde tam tersi olan başka bir tuhaf durum daha vardı: Öğrenciler profesörlerine, mazeret bildirmeden devamsızlık ve geç kalma yüzünden veya zor soruları yanıtlayamadıkları için para cezası keserlerdi. Ve eğer bir ders ilginç değilse veya çok yavaş ya da hızlı ilerliyorsa yuhalar ve kavga çıkarırlardı. Leipzig'deki agresif eğilimler o

kadar çığırından çıkmıştı ki üniversite profesörlere taş atmayı yasaklayan bir kural çıkarmak zorunda kalmıştı.

Bu pratik zorluklara rağmen, Avrupa üniversiteleri bilimsel gelişmeye büyük olanak sağlayan kurumlardı, bunun bir nedeni de insanları fikir paylaşımı ve müzakeresi için bir araya getirme şekilleriydi. Bilim insanları öğrencilerin kendilerini yuhalaması, hatta ara sıra üzerlerine idrar atması gibi dikkat dağıtıcı şeylere bile katlanabilir, fakat sonu gelmez akademik seminerler olmadan olmaz; işte bu mümkün değil. Günümüzde bilimsel gelişmelerin çoğu, olması gerektiği gibi, üniversite araştırmalarından çıkar, çünkü temel araştırmaların finansmanına ayrılan meblağın aslan payını üniversiteler alır. Fakat tarihsel açıdan bu denli önemli başka bir etken de üniversitenin dimağların toplanma yeri olmasıdır.

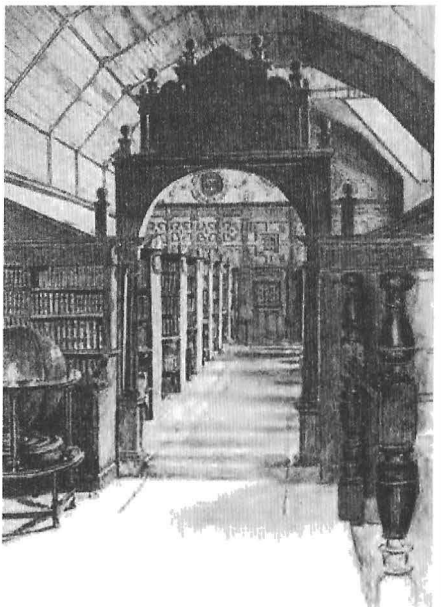
Bizi Aristotelesçilikten uzaklaştıran, doğa ve hatta toplum hakkındaki görüşlerimizi dönüştürüp bugünkü halimizin zeminini hazırlayan bilim devriminin, genellikle Kopernik'in güneş merkezli evren teorisiyle başladığı ve Newton'un fiziğinde doruğa ulaştığı söylenir. Fakat bu tasvir aşırı basitleştirilmiştir; her ne kadar uygun bir kısaltma olarak "bilim devrimi" terimini kullansam da, işin içinde bulunan bilim insanları yeni bir düşünce sistemi oluşturmak için birlikte bilinçli bir biçimde mücadele eden birleşik bir takımdan ziyade çok çeşitli amaç ve inançları olan kişilerdi. Daha da önemlisi, "bilim devriminin" ifade ettiği değişimler aslında kademe kademe gerçekleşti: Muhteşem bilgi katedralini inşa eden, 1550 ila 1700 yılları arasında yaşamış, zirvesi Newton olan büyük bilginler hiçlikten çıkmadılar. Onların dikecekleri yapının temelini Avrupa'daki ilk üniversitelerin çatısı altında toplanan bilginler attı. Çok yorucu bir iş yaptılar.

Bu çalışmaların en büyüğü 1325 ve 1359 yılları arasında Oxford'daki Merton College'da bir grup matematikçi tara-

fından yapıldı. Çoğu insan, en azından belli belirsiz de olsa, bilim fikrini Yunanlıların icat ettiğini ve modern bilimin Galileo zamanında oluşmaya başladığını bilir. Gelgelelim ortaçağ bilimi çok az saygı görür. Bu talihsiz bir durumdur, çünkü ortaçağ bilginleri, insanların durumların gerçekliğini deneysel kanıtlara değil de, daha önceden var olan dine dayalı inanç sistemlerine uyup uymadıklarına göre değerlendirme alışkanlığında oldukları –günümüzde bildiğimiz bilime aykırı bir kültürün hâkim olduğu– bir çağda yaşamalarına rağmen şaşırtıcı gelişmeler kaydettiler.

Filozof John Searle bizim ve ortaçağ düşünürlerinin dünyaya bakış açılarımızın temelde ne kadar farklı olduğunu gösteren bir olaya değinir. Venedik'te Madonna del Oro (Madonna Bahçesi) adı verilen Gotik bir kilise bulunduğunu söyler. İlk başta buraya San Christoforo kilisesi adını vermeyi planlıyorlarmış, fakat kilise inşa edilirken bitişikteki bahçede, gizemli bir biçimde, bir Bakire Meryem heykeli ortaya çıkmış. Heykelin oraya gökten düştüğü varsayılmış ve bu mucize olarak görülen bir olay olduğu için, kilisenin ismi değiştirilmiş. O sıralarda bu doğaüstü açıklama günümüzde böyle bir olay karşısında yapacağımız dünyevi yorum kadar doğal karşılanırdı. "Heykel Vatikan'ın bahçelerinde bulunsa bile," diye yazar Searle, "kilise yetkilileri onun gökten, Tanrı katından düştüğünü iddia ediyorlardı."

Bir keresinde bir partide ortaçağ bilimcilerinin başardıkları işlerden söz ediyordum. Kültürlerini ve karşılaştıkları zorlukları göz önüne aldığımızda eserlerinden oldukça etkilendiğimi söyledim. Günümüzde biz bilimciler ödenek başvurularına "harcanan" zamandan şikâyet ederiz ama en azından sıcak ofislerimiz var ve 1347'de ortaya çıkan ve nüfusun yarısını öldüren Kara Ölüm'den (veba) kaçmak ya da şehrimizin tarımsal üretimi aniden azalınca yemek için kedi avlamak zorunda kalmıyoruz.



Oxford, Merton Yüksekokulu'ndaki kütüphane

Bulunduğum parti akademisyen ağırlıklıydı, o yüzden konuştuğum hanım düşüncelerime çoğu insanın tepki vereceği şekilde –aniden bardağını doldurması gerektiğini söyleyerek– tepki vermedi. Onun yerine kuşkucu bir biçimde şöyle dedi: "Ortaçağ bilimcileri mi? Haydi ama. Hastaları anestezi kullanmadan ameliyat ederlerdi. Marul suyu, baldıran ve iğdiş edilmiş yabandomuzu safrasından şifalı iksir yaparlardı. Hatta büyük Thomas Aquinas bile cadılara inanmıyor muydu?" İşte o noktada dikkatimi çekti. Bunu hiç duymamıştım. Fakat daha sonra bütün bunlara kaynaklardan baktığımda onun haklı olduğunu gördüm. Konuştuğum hanım ortaçağ tıp biliminin belirli yönleri hakkında birtakım ansiklopedik bilgilere sahip olmasına rağmen, fizik bilimleri alanındaki daha kalıcı fikirleri hiç duymamıştı ki bunlar bana ortaçağın diğer alanlardaki bilgi durumu göz önüne alındığında daha

da mucizevi geliyordu. Böylece, kimsenin bir zaman makinesiyle günümüz dünyasına gelen bir ortaçağ doktoru tarafından muayene edilmek istemeyeceğini teslim etmek zorunda olsam da, bu bilginlerin fizik bilimlerinde kaydettikleri gelişmelere ilişkin görüşümde ısrar ettim.

Peki, bu kişiler, fiziğin bu unutulmuş kahramanları neler yaptılar? Öncelikle, Aristoteles'in göz önüne aldığı tüm değişim türleri arasında konum değişimini –yani hareketi– en temel değişim olarak gördüler. Bu derin ve öngörülü bir gözlemdi, çünkü gözlemlediğimiz çoğu değişim türü değişen maddeye özgüdür; etin çürümesi, suyun buharlaşması, ağaçtan yaprakların düşmesi gibi. Sonuç olarak, evrenseli arayan bir bilim insanına çok şey sunmazlar. Öte yandan hareket yasaları *bütün* maddeler için geçerli temel yasalardır. Fakat hareket yasalarının özel olmasının bir nedeni daha vardır: Mikroskopla görülemeyecek kadar küçük seviyede, yaşamlarımızda deneyimlediğimiz tüm makroskobik değişimlerin nedenleridirler. Çünkü günümüzde bildiğimiz gibi –ve bazı antik Yunan atomcularının tahmin etmiş oldukları gibi– günlük yaşantımızda deneyimlediğimiz birçok değişim türü, maddenin temel yapıtaşları –atom ve moleküller– üzerinde etkili olan hareket yasaları analiz edilerek eninde sonunda anlaşılabilir. Her ne kadar Merton bilginleri bu kapsamlı hareket yasalarını keşfetmeseler de, böyle yasaların var olduğunu sezdiler ve başkalarının yüzyıllar sonra bunları keşfetmelerinin zeminini hazırladılar. Özellikle, diğer değişim türlerinin bilimiyle –ve amaç fikriyle– hiçbir ilgisi olmayan basit bir hareket teorisi oluşturdular.

***

En basit hareket analizi için bile gereken matematiğin en iyi ihtimalle halen ilkel olduğu göz önüne alındığında, Merton

bilginlerinin üstlendikleri işin kolay olmadığını görürüz. Fakat başka bir ciddi handikap daha vardı ve bunun üstesinden gelmek çağın sınırlı matematiğiyle bu işi başarmaktan daha da büyük bir zaferdi çünkü bu teknik bir engel değil, insanların dünya hakkında düşünme şekilleri üzerinde dayatılan bir kısıtlamaydı: Aristoteles gibi Merton bilginlerine de zamanın daha çok niteleyici ve öznel bir rol oynadığı bir dünya görüşü köstek oluyordu.

Gelişmiş dünya kültüründe demlenen bizler zamanın geçişini eski çağlardaki insanların anlayamayacakları bir tarzda deneyimleriz. İnsanın dünya üzerinde var olduğu sürenin büyük kısmı boyunca, zaman tamamen özel bir tarzda uzayan ve büzülen oldukça esnek bir çerçeveydi. Zamanı doğası gereği öznel olması dışında başka bir şey olarak düşünmeyi öğrenmek ileri doğru atılmış zor ve büyük bir adımdı; bilim açısından, dilin gelişimi veya dünyanın akıl yoluyla anlaşılabileceğinin idrak edilmesi kadar büyük bir ilerlemeydi.

Örneğin, olayların zamanlamasındaki düzenlilikleri araştırmak –bir taşın beş metre düşmesinin daima bir saniye gerektireceğini imgelemek– Merton bilginlerinin çağında devrim niteliğinde bir kavram olurdu. Kimsenin zamanın nasıl hassas bir şekilde ölçülebileceği konusunda bir fikri yoktu ve dakika ile saniye kavramları da neredeyse hiç duyulmamıştı. Öyle ki eşit uzunlukta saatleri kaydeden ilk saat 1330'lara dek icat edilmemişti. Bundan önce, gün ışığı, ne kadar uzun olursa olsun, on iki eşit aralığa bölünüyordu ki bu da bir "saatin" temmuzda aralık ayındakinden iki kat fazla olabileceği anlamına geliyordu (örneğin Londra'da bir saatin uzunluğu bugünün dakikasıyla 38 dakikadan 82 dakikaya kadar değişiyordu). Bunun kimsenin canını sıkmamış olması, insanların belirsiz ve niteliksel bir zaman akışı kavramı dışında bir tanıma pek ihtiyaçları olmadığını gösterir. Bu göz önünde tutu-

lursa, hız fikri –birim zamanda kat edilen mesafe– gerçekten tuhaf bir şey olarak görülmüş olmalıdır.

Bütün bu engeller göz önüne alındığında, Merton bilginlerinin hareket çalışması için kavramsal bir temel oluşturmayı başarmaları mucizevi görünür. Ve tüm bunlara rağmen, o ana dek ilk niceliksel hareket kuralı olan "Merton kuralını" saptayacak kadar ilerleme kaydettiler: *Dururken harekete geçen ve hızı sabit oranda artan bir cismin kat ettiği mesafe, hızlanan cismin azami hızının yarısıyla onunla aynı süre boyunca hareket eden bir cismin kat ettiği mesafeye eşittir.*

Kabul etmek gerekir ki bu söylemesi zor, karmaşık bir cümle. Ben uzun süredir bu konulara aşina olmama rağmen, ne söylediğini anlamak için iki kez okumak zorunda kaldım. Fakat kuralın ifadesindeki anlaşılmazlık bir amaca hizmet ediyor, çünkü bilim insanları uygun matematiği kullanmayı –gerekirse icat etmeyi– öğrendiklerinde bilimin ne kadar kolaylaşacağını gösteriyor.

Günümüz matematik dilinde, *dururken harekete geçen ve hızı sabit oranda artan bir cismin kat ettiği mesafe* $\frac{1}{2} a \times t^2$ olarak yazılabilir. İkinci miktar, *hızlanan cismin azami hızının yarısıyla onunla aynı süre boyunca hareket eden bir cismin kat ettiği mesafe* ise basitçe $\frac{1}{2} (a \times t) \times t$'dir. Dolayısıyla Merton kuralının yukarıdaki ifadesi, matematiğe çevrildiğinde, $\frac{1}{2} a \times t^2 = \frac{1}{2} (a \times t) \times t$ haline gelir. Daha derli toplu olmasının yanında, ifadenin doğruluğu en azından cebir geçmişi olan birine anında gün gibi açık gelir.

Eğer o günler sizin için çok geride kaldıysa, altıncı sınıfa giden bir çocuğa sorun, o anlar. Öyle ki günümüzde ortalama bir altıncı sınıf öğrencisinin on dördüncü yüzyıldaki en ileri düzeyde bir bilim insanından bile çok daha fazla matematik bilgisi vardır. Benzer bir ifadenin, yirmi sekizinci yüzyıl çocukları ile yirmi birinci yüzyıl bilim insanları için söylenip

söylenemeyeceği ise enteresan bir sorudur. Kuşkusuz insanların matematik becerisi yüzyıllardır istikrarlı bir biçimde gelişiyor.

Merton kuralının ifade ettiği şeyin günlük hayatımızdaki karşılığı için şu örneği verebiliriz: Eğer arabanızı sıfırdan saatte 160 km'ye istikrarlı bir biçimde çıkarırsanız, aynı sürede saatte 80 km hızla gittiğinizde kat ettiğiniz mesafeyi kat edersiniz. Hız meselesi annemin çok hızlı araba sürmemden dolayı söylenip durmasını çağrıştırıyor fakat Merton kuralı günümüzde sağduyuya uygun olsa da, Merton bilginleri bunu ispatlayamıyorlardı. Buna rağmen, kural entelektüel dünyada çok ilgi çekti ve hızla Fransa, İtalya ve Avrupa'nın diğer bölgelerinde yayıldı. Kanıt çok geçmeden, Manş Denizi'nin diğer tarafındaki, Merton bilginlerinin Paris Üniversitesi'ndeki Fransız akranlarından geldi. Yazarı, zamanla Lisieux piskoposluğu makamına yükselecek bir filozof ve teolog olan Nicole Oresme'ydi (1320–1382). Oresme bunu kanıtlayabilmek için fizikçilerin tarih boyunca sürekli yaptıkları bir şeyi yapmak zorunda kaldı: yeni matematik icat etti.

Eğer matematik fiziğin diliyse, uygun matematiğin olmaması bir fizikçinin bir konu hakkında konuşmasını, hatta akıl yürütmesini olanaksız kılar. Einstein'ın, genel izafiyetin formülünü oluşturmak için ihtiyaç duyduğu karmaşık ve aşina olmadığı matematik bir zamanlar küçük bir kız öğrenciye şu nasihati vermesinin nedeni olabilir: "Matematikte zorlanıyorum diye üzülme: Seni temin ederim ki ben hâlâ senden daha fazla zorlanıyorum." Veya Galileo'nun belirttiği gibi: "[Doğanın] kitabı kişi ilk olarak doğanın oluştuğu harfleri okumayı ve dili kavramayı öğrenmeden anlaşılamaz. O matematiğin dilinde yazılmıştır ve karakterleri de üçgen, çember ve diğer geometrik şekillerdir, bunlar olmadan insanların onun tek bir

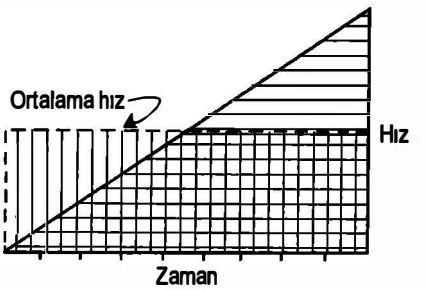
kelimesini bile anlamaları mümkün değildir; bunlar olmadan kişi ancak karanlık bir labirentte dolaşır durur."

Bu karanlık labirentin üzerine ışık tutmak amacıyla Oresme, Merton kuralının fiziğini tasvir etmesi için bir tür diyagram icat etti. Oresme diyagramlarını günümüzde yorumladığımız şekilde yorumlamasa da, bu hareket fiziğinin ilk geometrik temsili –ve dolayısıyla ilk grafik– olarak görülebilir.

Yüksek matematiği çok az insan kullanmasına rağmen, bunu kimin icat ettiğini birçok insan bilir, herkes kullanmasına rağmen ise grafiği icat edeni çok az kişi bilir. Ben bunu hep tuhaf bulmuşumdur. Bunun nedeninin günümüzde grafik fikrinin gün gibi açık görünmesi olduğunu sanıyorum. Ancak ortaçağda, nicelikleri boşlukta çizgi ve şekillerle ifade etme fikri son derece orijinal ve devrim niteliğinde, hatta bir ihtimal biraz çılgıncaydı.

İnsanların düşünce tarzında çok basit bir değişimi bile başarmanın zorluğuna bir örnek olarak, kesinlikle matematiksel olmayan, başka bir çılgınca icadın öyküsünü hatırlatmak isterim: Post-it; hani şu bir yanında kolayca başka şeylere tutturulmalarını sağlayan, yeniden kullanılabilir bir yapışkan şeridi olan küçük kâğıt parçaları. Post-it 1974'te 3M Şirketi'ndeki kimya mühendisi Art Fry tarafından icat edildi. Ancak farz edelim ki, bunlar o sırada icat edilmemiş olsun ve ben de bugün size bir mucit olarak bu fikirle ve bir prototiple geleyim. Siz kesinlikle bu icadı bir altın madeni olarak görür ve yatırım yapma fırsatının üstüne atlardınız, değil mi?

Saçma görünebilir fakat çoğu insan büyük olasılıkla öyle görmezdi. Bunun kanıtını da Fry'ın yaşadıklarında görebilirsiniz. Fry'ın fikrini sunduğu –hem yapıştırıcıları hem de buluşlarıyla tanınan bir firma olan– 3M'deki pazarlamacılar pek heyecanlanmadılar ve yerine geçeceği karalama kâğıdıyla kıyaslandığında, yüksek fiyat belirlemek zorunda kalacakla-



Merton kuralını gösteren bir grafik

rı bir şeyi satmakta zorlanacaklarını düşündüler. Peki, onlar Fry'ın onlara sunduğu hazineye neden hemen kucak açmadılar? Çünkü Post-it öncesi çağda, zayıf bir yapışkan şeridi olan karalama kâğıtlarını nesnelerin üzerine yapıştırabileceğiniz kavramı insanların tasavvuru dışındaydı. Bu nedenle Arthur Fry sadece ürünü icat etmekte değil, insanların düşünce tarzını değiştirmekte de zorluk çekmişti. Eğer Post-it mücadelesi bu kadar çetinse, aynı mücadeleyi gerçekten önemli bir bağlamda yapmaya çalışırken karşılaşacağınız zorluk derecesini hayal edebilirsiniz.

Bereket versin ki Oresme'nin kanıtlarını savunmak için Post-it'lere ihtiyacı yoktu. Şimdi onun argümanlarını yorumlayalım. İlk olarak, yatay eksene zamanı, dikey eksene de hızı yerleştirin. Şimdi göz önüne aldığınız cismin sıfır zamanında hareket etmeye başladığını ve bir süre sabit hızda hareket ettiğini varsayın. Bu hareket yatay bir çizgiyle temsil edilir. Bu çizginin altındaki alanı tararsanız bir dikdörtgen elde edersiniz. Öte yandan sabit ivme ise belli bir açıda yükselen bir çizgiyle temsil edilir çünkü zaman arttıkça hız da artar. Bu çizginin altındaki bölgeyi tararsanız bir üçgen elde edersiniz.

Bu eğrilerin altındaki alan –taranmış alanlar– hızın zamanla çarpımını gösterir ki bu da nesnenin kat ettiği mesafedir. Bu analizi kullandığınız ve dikdörtgen ile üçgenin alanlarını he-

saplamayı bildiğiniz takdirde, Merton kuralının geçerliliğini ispatlamak kolay olur.

Oresme'nin hak ettiği itibarı alamamasının bir nedeni de eserlerinin çoğunu yayımlamamış olmasıydı. Ayrıca, çalışmasını günümüzde nasıl yorumladığımızı açıklasam da, gerçekte kullandığı kavramsal çerçeve hiç de tanımladığım kadar detaylı ve niceliksel değildi ve bizim matematik ile fiziksel nicelikler arasındaki ilinti hakkındaki modern anlayışımızdan tamamen farklıydı. Bu yeni anlayış; büyük Galileo Galilei'nin (1564–1642) en önemli katkılarından biri olacak, uzay, zaman, hız ve ivme kavramlarına ilişkin bir dizi buluştan doğacaktı.

***

On üçüncü ve on dördüncü yüzyıl üniversitelerinde çalışan ortaçağ bilginleri akılcı ve deneysel bir bilimsel yöntem geleneğinin ilerlemesinde mesafe kaydetmiş olsalar da Avrupa biliminin büyük patlaması hemen bunların ardından gelmedi. Bilakis ortaçağın sonlarında Avrupa toplumunu ve kültürünü dönüştüren mucitler ve mühendislerdi ki bu dönem aşağı yukarı on dördüncü yüzyıldan on yedinci yüzyıla dek uzanan Rönesans'ın ilk kıpırtılarıyla eşzamanlıydı.

Bu ilk Rönesans yenilikçileri, enerjisini esas olarak insanın kas gücünden almayan ilk büyük uygarlığı yarattılar. Su çarkı, yel değirmeni, yeni mekanik bağlantı türleri ve başka aletler geliştirildi veya iyileştirildi ve köy yaşamına dahil edildi. Bunlar bıçkıevi, un değirmeni ve ustalık gerektiren çeşitli makinelere güç sağladılar. Teknolojik buluşlarının teorik bilimle ilgisi çok azdı, fakat eğitim ve edebiyatta bir yükselişi teşvik etmeye katkıda bulunan yeni bir zenginlik üreterek ve doğa bilgisinin insanlık haline yardım edebileceği anlayışını destekleyerek daha sonraki gelişmeler için zemin hazırladılar.

Erken Rönesans'ın girişimci ruhu aynı zamanda, genel olarak toplumun yanı sıra, daha sonraki bilim üzerinde de doğrudan ve önemli bir etkisi olan bir teknolojinin icadına da tanık oldu: baskı makinesi (matbaa). Çinliler hurufatı yüzyıllar önce –1040 yılı civarında– geliştirmiş olsalar da, Çin yazısında, binlerce farklı karakter içeren resimyazının kullanılması nedeniyle nispeten pratik değildi. Gelgelelim Avrupa'da, 1450 civarında mekanik hurufatlı baskı makinesinin ortaya çıkışı her şeyi değiştirdi. Örneğin 1483'te, Ripoli Basımevi bir kitabı basıma hazırlamak için, bir yazmanın kitabı kopyalamak için isteyeceği ücretin üç katını istiyordu. Fakat kitap dizgisi yapılıp basıma hazırlandıktan sonra, Ripoli binden fazla kopya üretirken, bir yazman sadece bir tane üretiyordu. Sonuç olarak, baskı makinesinin icadı üzerinden daha elli yıl geçmeden, Avrupa'daki yazmanların önceki yüzyıllarda kopyaladıklarından çok daha fazla sayıda kitap basılmıştı.

Baskı makinesi yeni ortaya çıkmakta olan orta sınıfı güçlendirdi ve bütün Avrupa'da düşünce ve bilgi sirkülasyonunda devrim yaptı. Bilgi ve enformasyon birdenbire çok daha geniş bir yurttaş kitlesi için erişilebilir hale gelmişti. Birkaç yıl içinde ilk matematik metinleri basıldı, 1600 itibarıyla aşağı yukarı bin adet yayımlandı. Ayrıca eski metinlerin geri kazanımında yeni bir dalga ortaya çıktı. Bunun kadar önemli olan başka bir nokta da, yeni fikirleri olan insanların görüşleri için birdenbire çok daha geniş bir foruma sahip olmaları ve bilim insanları gibi, başkalarının fikirlerini inceleyerek ve ilerleterek gelişenlerin çok geçmeden yoldaşlarının çalışmalarına çok daha fazla erişim kazanmalarıydı.

Avrupa toplumundaki bu değişimlerin bir sonucu olarak, Avrupa'nın kurulu düzeni İslam dünyası, Çin ve Hindistan'dakiler kadar sabit ve tekbiçimli bir yapı olarak gelişmedi. Bu toplumlar katılaşmış ve dar görüşlü bir tutuculuk üzerine

odaklanmışlardı. Bu esnada Avrupa eliti de kendini şehir ile ülkenin, kilise ile devletin, papa ile imparatorların çelişen çıkarlarının yanı sıra, yeni laik aydınların ve artan tüketiciliğin taleplerine boyun eğmiş halde bulmuştu. Dolayısıyla, Avrupa toplumu geliştikçe sanat ve bilim daha özgür oldu ve değişti, bunun sonucunda doğaya karşı yeni ve daha pratik bir ilgi doğdu.

Hem sanatta hem de bilimde doğal gerçekliğe verilen bu önem Rönesans'ın ruhu oldu. Fransızcada "yeniden doğum" anlamına gelen Rönesans gerçekten de hem fiziki varoluşta hem de kültürde yeni bir başlangıcı temsil ediyordu: Rönesans, Kara Ölüm (veba) Avrupa nüfusunun yaklaşık üçte biri ile yarısı arasında bir rakama karşılık gelen sayıda insanın canını aldıktan hemen sonra İtalya'da başladı, yavaş yavaş yayıldı ve on altıncı yüzyıla dek Kuzey Avrupa'ya ulaşmadı.

Sanatta Rönesans heykeltıraşları anatomiyi, ressamlar geometriyi öğrendiler ve iki grup da hassas gözleme dayanan gerçekliğin daha sadık temsillerini yaratmaya odaklandı. İnsan figürleri artık doğal ortamlarında ve anatomik yönden titizlikle ifade ediliyor ve üç boyutluluk; ışık, gölge ve doğrusal perspektifin kullanımıyla gösteriliyordu. Ressamların modelleri de artık gerçekçi duygular sergiliyor, yüzleri erken ortaçağ sanatının donuk, uhrevi niteliğini göstermiyordu. Bu esnada Rönesans müzisyenleri akustik çalışırken mimarlar da yapıların uyumlu orantılarını dikkatle inceliyorlardı. Doğa felsefesiyle –günümüzde bilim adını verdiğimiz şey– ilgilenen bilginler kendi dini dünya görüşlerini doğrulama arzusuyla çarpıtılan saf mantık analizini kullanmak yerine, veri toplamaya ve bundan sonuçlar çıkarmaya önem veriyorlardı.

Leonardo da Vinci (1452–1519) belki de bu dönemde ortaya konmuş, bilim ve sanat arasında keskin bir ayrım gözetmeyen bilimsel ve insani idealin en iyi örneğidir. Bilim insanı,

mühendis ve mucit olan Leonardo da Vinci aynı zamanda ressam, heykeltıraş, mimar ve müzisyendi. Tüm bu uğraşlarında detaylı gözlem yoluyla insanı ve doğayı anlamaya çalıştı. Bilim ve mühendislikle ilgili yazı ve çalışmaları on bin sayfayı geçiyordu. Ressam olarak sadece poz veren modelleri gözlemlemekle yetinmiyor, anatomi çalışıp kadavra kesiyordu. Önceki bilginler doğayı genel niteliksel özellikleri yönünden incelemiş olmalarına rağmen, Leonardo ve çağdaşları doğanın tasarımının ince noktalarını algılamak için muazzam çaba sarf ettiler ve hem Aristoteles'in hem de Kilisenin otoritesine daha az önem verdiler.

İşte Galileo bu entelektüel iklimde, Rönesans'ın sonlarına doğru 1564'te Pisa'da, başka bir dev olan William Shakespeare' den sadece iki ay önce doğdu. Galileo tanınmış bir lavta çalgıcısı ve müzik teorisyeni olan Vincenzo Galilei'nin yedi çocuğundan ilkiydi.

Vincenzo soylu bir aileden geliyordu. Bu, günümüzde soylu denince aklınıza geldiği gibi, tilki avına giden ve her öğleden sonra çay içen türden değil, ismini bir iş bulmak için kullanmak zorunda olan türden bir aileydi. Vincenzo –çok az nakit para getiren bir uğraş olan– lavta çalmayı çok sevdiği ve mümkün olan her yerde; sokakta yürürken, at binerken, pencerede dururken ve yatakta yatarken çaldığı için büyük olasılıkla ilk türden bir soylu olmayı dilerdi.

Oğlunu bol kazançlı bir yaşam tarzına yönlendirmeyi umut eden Vincenzo, genç Galileo'yu tıp öğrenimi görmesi için Pisa Üniversitesi'ne gönderdi. Ancak Galileo tıptan çok matematikle ilgileniyordu ve Öklid, Arşimet ve hatta Aristoteles'in eserleri üzerine özel dersler almaya başladı. Yıllar sonra arkadaşlarına, kendisine kalsa üniversite eğitimini bırakıp çizim ve resim dersleri alacağını söyledi. Gelgelelim Vincenzo, akşam yemeğinin kenevir tohumu çorbası ve sığır sakatatından

ibaret olduğu bir yaşam sürmemek için belli tavizler vermek gerektiğini düşünerek oğlunu daha pratik bir uğraşa doğru yönlendirmişti.

Vincenzo, Galileo'nun tıp yerine matematiğe yönelmesini sanki onun mirasyedilik alanında uzmanlaşmayı seçmesi kadar uygunsuz bir tercih olarak görmüş olmalıdır. Fakat bu hiç önemli değildi. Sonunda Galileo ne tıp ne matematik ne de başka bir alanda öğrenimini tamamladı. Okuldan ayrıldı ve sürekli meteliksiz, hatta genellikle borç içinde olacağı bir yaşam yolculuğuna başladı.

Galileo okulu bıraktıktan sonra ilk başlarda geçimini özel matematik dersleri vererek sağladı. Nihayet Bolonya Üniversitesi'nde bir alt pozisyonun açılacağı haberini aldı. Yirmi üç yaşında olmasına rağmen başvurdu ve rakam yuvarlama konusunda özgün bir şaşırtmacayla yaşını "yirmi altı civarı" olarak bildirdi. Görünüşe göre üniversite biraz daha "yaşlı" birini arıyordu ve mezun da olmuş otuz iki yaşında birini işe aldı. Bununla birlikte, yüzyıllar sonra bile, bir akademik pozisyona kabul edilmemiş biri için, bunun büyük Galileo ile paylaştığınız bir deneyim olması çok rahatlatıcı olmalı.

İki yıl sonra Galileo Pisa'da profesör oldu. Orada çok sevdiği Öklid'i öğretti ve tıp öğrencilerinin, hastalarının kanını ne zaman akıtacaklarını belirlemelerine yardımcı olmaya yönelik bir astroloji dersi de verdi. Evet, bilim devriminin ilerlemesini sağlamak için çok şeyler yapan adam aynı zamanda geleceğin doktorlarına, sülüklerin yerleştirilmeleri için kova burcunun hangi konumda olması gerektiği konusunda da öğüt veriyordu. Günümüzde astroloji gözden düşmüştür fakat doğa yasaları hakkında bilgimizin çok fazla olmadığı bir çağda, semavi cisimlerin yeryüzünde bizim yaşamlarımızı etkilediği fikri mantıklı görünüyordu. Ne de olsa, bu uzun süre-

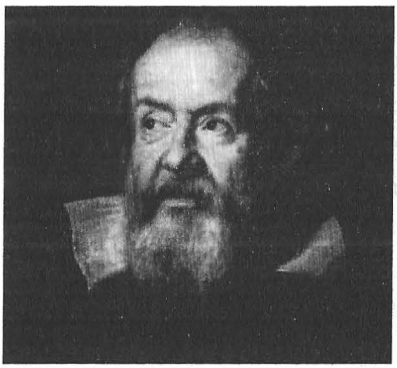
dir gelgitle gizemli bir bağlantısı olduğu bilinen güneş ve aynı zamanda ay için de geçerlidir.

Galileo hem ilgi duyduğu için hem de kazanç elde etmek amacıyla astroloji tahminlerinde bulundu. Öğrencilerinden bir okuma için on iki skudi alıyordu. Böylece yılda beş kez, ancak kıt kanaat geçinebildiği altmış skudilik öğretmenlik maaşının iki katı eline geçiyordu. Ayrıca kumar oynamayı da seviyordu ve olasılık matematiği hakkında kimsenin çok fazla bir şey bilmediği bir çağda, Galileo yalnızca olasılık hesabında bir öncü değil, aynı zamanda iyi bir blöfçüydü de.

Uzun boylu, gürbüz, açık tenli ve kızılımsı saçlı Galileo yirmili yaşlarının sonlarındayken genellikle sevilen biriydi. Fakat Pisa'daki görevi uzun sürmedi. Genellikle otoriteye saygılı olmasına rağmen, iğnelemeye yatkındı ve hem entelektüel muhaliflerine hem de kendisini sinirlendiren yöneticilere karşı kırıcı olabiliyordu. Pisa'da öfkesini körükleyen şey üniversitenin profesörlerin hem ders verirken hem de okul dışında sokakta yürürken akademik cüppelerini giymelerinde ısrar etmesi oldu.

Şiir yazmayı seven Galileo intikamını üniversite otoriteleri için bir şiir yazarak aldı. Konusu giyim kuşam olan şiirinde Galileo bu tutuma karşı tavır aldığını ortaya koydu. Bunun bir kötüye kullanma olduğunu öne sürdü. Örneğin dizeleri şöyleydi: Bir gelin üzerinde kıyafetleri olmayan müstakbel eşine bakar ve "Çok ufak tefek olup olmadığını veya Fransız hastalığı olup olmadığını görür, dolayısıyla bilgilenir, isterse adamı alır isterse terk ederdi." Böyle bir şiirin sizi Parislilere sevdirmesi pek mümkün değildi. Pisa'da da iyi karşılanmadı ve genç Galileo gene iş piyasasına çıktı.

Daha sonra böylesinin daha hayırlı olduğu ortaya çıktı. Galileo hemen Venedik yakınlarındaki Padua Üniversitesi'nde bir iş buldu. Yılda 180 skudiyle başlayarak önceki maaşını üçe



Galileo Galilei, Flaman sanatçı
Justus Sustermans'ın yaptığı 1636 tarihli portre

katladı ve daha sonraları orada geçirdiği zamanı hayatının en iyi on sekiz yılı olarak tanımladı.

Galileo Padua'ya geldiği sırada, Aristoteles fiziği gözünden düşmüştü. Aristoteles için bilim gözlem ve kuramlaştırmadan ibaretti, Galileo açısından çok hayati bir adım olan deney yapmayı içermiyordu ve Galileo'nun ellerinde, fiziğin deneysel yanı teorik yanı kadar ilerledi. Bilginler yüzyıllardır deney yapsalar da bunlar genellikle zaten kabul etmiş oldukları fikirleri kanıtlamak için yapılırdı. Öte yandan günümüzde bilim insanları fikirleri titizlikle test etmek amacıyla deney yaparlar. Galileo'nun deneyleri ikisinin arasında bir yerlerdeydi. Bu deneyler gösterimden çok keşifti, fakat çok titiz deneyler değildi.

Galileo'nun deney yaklaşımının iki yönü özellikle önemlidir. İlk olarak, kendisini şaşırtan bir sonuç aldığında deneyi reddetmiyor, kendi düşünce biçimini sorguluyordu. İkinci olarak, deneyleri nicelikseldi ki bu onun zamanında oldukça devrimci bir fikirdi.

Galileo'nun deneyleri günümüzde bir lisedeki bilim dersinde yapılan deneylere oldukça benzerdi, kuşkusuz onun

laboratuvarı, elektrik, gaz, su ve lüks araç gereçten yoksun olması yönünden bir lise laboratuvarından farklıydı; bu "lüks araç gereç"lerden biri de örneğin bir saatti. Sonuç olarak, Galileo, yapışkan bant ve yalak pompasının Rönesans eşdeğerlerinden karmaşık aletler yapan bir on altıncı yüzyıl MacGyver'ı olmak zorundaydı. Örneğin Galileo bir kronometre yapmak için büyük bir kovanın altına küçük bir delik açardı. Bir olayın süresini belirlemesi gerektiğinde kovayı suyla doldurur, sızan suyu toplar ve tartardı; suyun ağırlığı olayın süresiyle orantılıydı.

Galileo bu "su saatini", ihtilaflı bir mesele olan serbest düşüşü –bir cismin yere düşme sürecini– eleştirmek için kullandı. Aristoteles için serbest düşüş bazı kabul görmüş kuralların idare ettiği doğal bir hareket türüydü: "Eğer ağırlığın yarısı mesafeyi belirli bir zamanda kat ederse, ağırlığın iki katı [toplam ağırlık] yarı zamanda kat eder." Başka bir deyişle, cisimler ağırlıklarıyla orantılı sabit bir hızda düşerler. Eğer bunun hakkında kafa yorarsanız bu sağduyuya uygundur: Bir taş bir yapraktan hızlı düşer. Dolayısıyla ölçüm veya kayıt aletlerinin olmadığını ve ivme kavramı hakkında çok az şey bilindiğini göz önüne aldığımızda, Aristoteles'in serbest düşüş tanımı makul gelmiş olmalıdır. Tekrar düşünürseniz aynı zamanda sağduyuya aykırı olduğunu da görürsünüz. Cizvit astronom Giovanni Riccioli'nin dikkat çektiği gibi, kafasına bir kaplumbağa atarak Eshilos'u öldüren mitolojik kartalın bile içgüdüsel olarak bildiği gibi, eğer bir nesne daha yüksekten atılırsa kafanıza daha çok zarar verir ve bu da nesnelerin düştükçe hızlandıklarını dolaylı olarak gösterir. Bu tarz değerlendirmelerin bir sonucu olarak, bu mesele hakkında uzun süredir bir ileri bir geri gidiliyor, çeşitli bilginler yüzyıllardır Aristoteles'in teorisi hakkında şüphelerini dile getiriyorlardı.

Galileo eleştirileri iyi biliyor ve mesele hakkında kendi araştırmasını yapmak istiyordu. Gelgelelim su saatinin düşen cisimlerle deney yapmasına olanak sağlayacak kadar hassas olmadığının farkındaydı ve daha yavaş olan ancak aynı fiziksel ilkeleri kanıtlayan bir işlem bulmak zorundaydı. Bunun üzerine, iyice cilalanmış bronz toplar eğimli pürüzsüz yüzeylerden çeşitli açılarda aşağı yuvarlanırken geçen zamanı ölçmeye karar verdi.

Bu ölçümleri alarak serbest düşüşü incelemek, internetteki görünüşüne bakarak kıyafet almak gibi bir şeydir; daima kıyafetin sizin üzerinizde kusuruz modelin üzerinde durduğundan farklı durma olasılığı vardır. Tehlikelere rağmen, böyle bir akıl yürütme modern fizikçilerin düşünce tarzının özünde bulunur. İyi bir deney tasarlama sanatı büyük oranda problemin hangi yönlerini korumanın önemli olduğunu, hangi yönlerinin ise güvenle göz ardı edilebileceğini bilmenize ve deney sonuçlarınızı nasıl yorumlayacağınıza bağlıdır.

Serbest düşme deneyinde, Galileo'nun yaratıcılığı yuvarlanan top deneyini iki kriterle tasarlamasında yatıyordu. İlk olarak, topları ölçebileceği şekilde yavaşlatmak zorundaydı; aynı şekilde önemli diğer nokta da hava direnci ve sürtünmesinin etkilerini en aza indirmeye çalışmasıydı. Galileo, sürtünme ve hava direncinin günlük yaşantılarımızın birer parçası olmalarına rağmen, doğayı yöneten temel yasaların basitliğini belirsizleştirdiklerini sezdi. Gerçek dünyada taşlar kuş tüylerinden daha hızlı düşebilir, fakat Galileo bunun altında yatan yasanın, bir vakumda aynı hızda düşeceklerini gerektirdiğinden şüpheleniyordu. "Bu zorluklardan kurtulmalıyız," diye yazdı "ve hiç direncin olmadığı durumda, teoremleri keşfedip kanıtlayarak ... kullanmalı ve deneyimlerin öğreteceği bu tarz sınırlamalarla [gerçek dünyaya] uygulamalıyız..."

Küçük eğimlerde, Galileo'nun deneyindeki toplar oldukça yavaş yuvarlanıyordu ve verilerin ölçülmesi nispeten kolaydı. Galileo, bu küçük açılarda, topun kat ettiği mesafenin daima zaman aralığının karesiyle orantılı olduğunu fark etti. Bunun matematiksel açıdan topun sabit bir oranda hızlandığı anlamına geldiği –yani topun sabit bir ivmeyle hareket ettiği– gösterilebilir. Üstelik Galileo topun düşüş hızının ağırlığına bağlı olmadığını fark etti.

Asıl çarpıcı olan ise, düzlemin eğim açısı iyice artırıldığında bile, topun kaydettiği mesafenin topun ağırlığından bağımsız ve yuvarlandığı sürenin karesiyle doğru orantılı olmasıydı. Fakat eğer bu kırk, elli, altmış, hatta yetmiş ila seksen derecelik eğimlerde geçerliyse neden doksan derecede de olmasındı? Galileo gayet modern bir yaklaşımla şöyle akıl yürüttü: Düzlemden aşağı yuvarlanan topa dair bu gözlemlerin serbest düşüş için de geçerli olması gerekir ve serbest düşüşün düzlemin eğiminin doksan derece olduğu "sınırlayıcı duruma" eşdeğer olduğu düşünülebilir. Başka bir deyişle şu varsayımda bulundu: Eğer düzlemi sonuna kadar eğse –böylece düzlem dikey olsa ve top yuvarlanmaktan çok düşse– yine sabit bir oranda hız kazanırdı ki bu da eğik düzlemler için gözlemlediği yasaların serbest düşüş için de geçerli olduğu anlamına gelirdi.

Bu şekilde, Galileo Aristoteles'in serbest düşüş yasasını kendi yasasıyla değiştirdi. Aristoteles nesnelerin ağırlıklarıyla orantılı bir hızda düştüklerini söylemişti fakat temel yasaların kendilerini gösterdikleri ideal bir dünyayı doğru varsayan Galileo farklı bir sonuca ulaştı: Hava gibi bir ortamın sağladığı direnç olmadığında bütün cisimler aynı sabit ivmeyle düşer.

***

Galileo soyutlamayı da matematik kadar çok seviyordu. Soyutlama yeteneği o kadar gelişmişti ki bazen tümüyle imgeleminde oynattığı sahneleri izlemeyi severdi. Bilimci olmayanlar bunlara fantezi, bilimciler ise en azından fizikle ilgili olduklarında düşünce deneyi der. Tümüyle zihninizde yürütülen deneyler imgelemenin iyi tarafı, fiilen çalışan fakat bununla birlikte belirli fikirlerin mantıksal sonuçlarını inceleyemeyen bir düzenek kurmak gibi rahatsız edici bir riskten kaçınmaktır. Böylelikle, Galileo eğik düzlemlerle yaptığı pratik deneyler yoluyla Aristoteles'in serbest düşüş hakkındaki teorisini çürütmenin yanında, Aristoteles fiziğinin diğer ana eleştiri konularından biri olan atılan cisimlerin hareketine ilişkin tartışmalara katılmak için yine düşünce deneylerinden birini kullandı.

Mesele şuydu: Bir nesne ilk kuvvet uygulanarak atıldıktan sonra kuvvet onu itmeye devam eder mi etmez mi? Aristoteles bunun, atılan nesnenin ardında hızla akan ve sürekli onu iten hava parçacıkları olabileceği tahmininde bulunmuş, fakat kendisi bile, görmüş olduğumuz gibi, bu açıklamadan şüpheye düşmüştü.

Galileo meseleyi denizdeki bir gemi örneğiyle eleştirdi: Bu gemideki kamarada yakalamaca oynayan adamlar, uçuşan kelebekler, bir masanın üzerinde duran kâsenin içinde yüzen balıklar ve bir şişeden damlayan su vardı. Tüm bunların gemi dururken olduğu gibi gemi sabit bir hızda ilerlerken de tam olarak aynı şekilde ilerlediklerine "dikkat çekti". Bir gemideki her şey gemiyle birlikte hareket ettiği için, geminin hareketinin nesnelere "etki etmesi" gerektiği, böylece gemi hareket ederken hareketin geminin üzerindeki her şey için bir çeşit temel haline geleceği sonucuna vardı. Aynı şekilde, atılan bir cismin hareketi atılan bir cisim üzerinde etkili olamaz mıydı? Gülleyi hareket halinde tutan şey bu olabilir miydi?

Galileo'nun mesele üzerinde uzun uzadıya düşünmesi onu, Aristoteles fiziğiyle başka bir radikal kopma olan en derin sonuçlarından birine götürdü. Aristoteles'in, atılan cisimlerin hareketlerinin sürmesi için bir neden –bir kuvvet– gerektiği tezine karşı çıkarak, tekdüze bir hareket halindeki tüm cisimlerin bu hareketi sürdürme eğiliminde oldukları gibi, durmakta olan cisimlerin de durmayı sürdürme eğiliminde olduklarını öne sürdü.

Galileo'nun "tekdüze hareketten" kastettiği *düz bir hat üzerinde* ve *sabit bir hızda* hareketti. "Durma" hali de bu durumda hızın sıfır olduğu tekdüze hareketin bir örneğidir. Galileo'nun gözlemine atalet yasası dendi. Newton daha sonra bu yasayı uyarlayarak kendisine ait ilk hareket yasasını ortaya çıkardı. Newton yasayı ifade ettikten birkaç sayfa sonra bunu keşfedenin Galileo olduğunu ilave eder; bu Newton'un başka birini övdüğü nadir vakalardan biridir.

Atalet yasası Aristotelesçileri bezdirmiş olan atılan cisim problemine açıklık getirir. Galileo'ya göre, bir cisim, atıldıktan sonra onu bir kuvvet durdurmadığı müddetçe hareketini korur. Galileo'nun serbest düşüş yasası gibi bu yasa da Aristoteles'ten derin bir kopuşu gösterir: Galileo atılan bir cismi hareket halinde tutmak için sürekli kuvvet uygulanması gerekmediğini öne sürüyordu; Aristoteles fiziğinde ise bir kuvvet, yani "neden" olmadığında sürekli hareket akıl almaz bir şeydi.

Galileo hakkında anlattıklarıma dayanarak, hakkında konuştuğunuz önemli bir kişiyi, Yahudi tarihinden bir figürle kıyaslamayı seven babam Galileo'ya bilimin Musa'sı adını taktı. Bunun nedeni, Galileo'nun bilimi Aristoteles çölünden çıkarıp vaat edilen topraklara götürmesiydi. Kıyaslama özellikle uygundur çünkü Musa gibi Galileo da vaat edilen topraklara kendisi gitmemişti: Asla kütleçekimini bir kuvvet ola-

rak tanımlayacak veya matematiksel formunu çözecek kadar ileri gitmedi –bu iş Newton'a düşecekti– ve hâlâ Aristoteles'in bazı doktrinlerine sadıktı. Örneğin Galileo tekdüze olmayan ve buna rağmen nedeni bir kuvvet olması gerekmeyen bir çeşit "doğal harekete" inanıyordu: dünyanın merkezi etrafında daireler halindeki harekete. Görünüşe göre Galileo, bunun cisimlerin dünya dönerken dünyaya yetişmelerine olanak sağlayan doğal bir hareket türü olduğuna inanıyordu.

Gerçek bir hareket biliminin ortaya çıkması için Aristoteles'in sisteminin bu son kalıntılarından da vazgeçilmeliydi. Bu gibi nedenler yüzünden bir tarihçi Galileo'nun doğa kavramını, "Galileo'nun aralarında kaldığı çelişkili dünya görüşlerinden doğan, bağdaşmaz elementlerin olanaksız bir karışımı," diye tanımladı.

***

Galileo'nun fiziğe katkıları hakikaten devrim niteliğindeydi. Gelgelelim günümüzde en çok, Aristoteles (ve Batlamyus'un) görüşlerine zıt olarak, dünyanın evrenin merkezi değil, diğer gezegenler gibi güneşin etrafında dönen sıradan bir gezegen olduğu tezi yüzünden Katolik Kilisesi'yle olan çatışmasıyla tanınır. Güneş merkezli evren fikri, MÖ üçüncü yüzyıldaki Aristarkus'a kadar dayanır fakat modern versiyonu Kopernik'e (1473–1543) bağlanabilir.

Kopernik, amacı kendi döneminin metafiziğini sorgulamak değil de düpedüz antik Yunan astronomisini düzeltmek olan ikircikli bir devrimciydi: Onun canını sıkan şey, dünya merkezli bir modelin işlerlik kazanması için sadece bu maksatla çok sayıda karmaşık geometrik çizimin yapılması gerekmesiydi. Öte yandan kendi modeli çok daha rafine ve basit, hatta sanatsaldı. Rönesans ruhuyla, modelin sadece bilimle ilgisini değil estetik formunu da takdir ediyordu. "Sanırım

buna inanmak, meseleyi, dünyayı merkezde tutan çok sayıda küre olduğunu varsayarak karıştırmaktan daha kolay," diye yazdı.

Kopernik ilk olarak modeli hakkında 1514'te yazdı ve daha sonra yıllarca bunu destekleyen astronomik gözlemler yaptı. Fakat yüzyıllar sonraki Darwin gibi, halk ve kilise tarafından aşağılanma korkusuyla fikirlerini sadece en güvendiği arkadaşları arasında ihtiyatlı bir şekilde yaydı. Gene de Kopernik tehlikeyi hissettiyse bile aynı zamanda uygun politikayla Kilisenin tepkisinin yumuşatılabileceğinin de farkındaydı. Nihayet kitabını yayımladığında, fikirlerinin neden dine karşı gelmek demek olmadığına dair uzun bir açıklamayla birlikte, kitabı papaya adadı.

Sonuçta mesele tartışmalıydı, çünkü Kopernik kitabını 1543'e dek yayımlamadı ve o sırada ölüm döşeğinde hasta yatıyordu; kimileri öldüğü güne dek kitabının nihai basılı versiyonunu bile görmediğini söyler. İşin garip yanı, kitabın yayımlandıktan sonra bile çok az etkisi oldu, ta ki daha sonraki Galileo gibi bilimciler bunu uyarlayıp da içeriğini yaymaya başlayana dek.

Galileo dünyanın evrenin merkezi olmadığı fikrini icat etmese de, bilime bunun kadar önemli bir katkısı oldu; bu görüşü destekleyen şaşırtıcı ve ikna edici kanıtları bulmak için bir teleskop kullandı (icadının üzerinden çok da uzun süre geçmemiş olan, çok daha ilkel bir versiyona dayalı bir teleskobu doğaçlama olarak yaptı).

Bunların hepsi de kazara başladı. 1597'de Galileo, Batlamyus sistemi hakkında Padua'da yazar ve ders verirken bunun geçerliliği hakkında şüpheleri olduğuna dair çok az işaret veriyordu.* Bu esnada, aşağı yukarı aynı zamanlarda, bize

---

Gelgelelim, Alman astronom (ve astrolog) Johannes Kepler tarafından geliştirilmiş olan Kopernik'in fikirlerinin bir versiyonuna sempati duyuyordu, bunun nedeni daha çok kendi gözde gelgit teorisini destekle-

bilimde doğru yerde (Avrupa) doğru zamanda (bu durumda, Kopernik'ten onyıllar sonra) olmanın önemini hatırlatan bir olay Hollanda'da meydana geldi. Galileo'nun zamanla düşüncesini değiştirmesine yol açan olay, Hans Lippershey adında sıradan bir gözlük yapımcısının dükkânında oyun oynayan iki çocuğun iki merceği bir araya getirip kasabanın kilisesinin tepesindeki rüzgâr fırıldağına bakmasıyla meydana geldi. Görüntü büyümüştü. Galileo'nun bu olay hakkında daha sonra yazdıklarına göre, Lippershey "biri dışbükey diğeri içbükey olan" merceklerden baktı, "beklenmedik sonuca dikkat çekti ve dolayısıyla aleti" icat etti. Lippershey küçük bir dürbün yaratmıştı.

Genellikle bilimin gelişmesinin, açık ve olağandışı bir vizyonu olan münferit bir entelektüel devin çabaları sayesinde, her biri bir diğerine götüren bir dizi keşiften ibaret olduğunu düşünürüz. Oysa entelektüel tarihteki büyük kâşiflerin vizyonu genellikle net değil bulanıktır ve başarıları da arkadaş ve meslektaşlarına –ve şansa– efsanelerin yansıttığından ve kâşiflerin kendilerinin çoğu kez kabullenmeyi dilediğinden çok daha fazla şey borçludur. Bu vakada, Lippershey'in küçük dürbünü cisimleri sadece iki ila üç kat büyütebiliyordu ve Galileo birkaç yıl sonra, 1609'da bundan ilk haberdar olduğunda etkilenmemişti. İlgilenmesinin tek nedeni, tarihçi J. L. Heilbron'un, "gözü pek Cizvit-karşıtı, birçok konuda bilgili bir keşiş" olarak tanımladığı arkadaşı Paolo Sarpi'nin alette bir potansiyel görmesiydi. Sarpi, eğer icat geliştirilebilirse, sursuz bir şehir olan Venedik için önemli askeri uygulamaları olabileceğini düşündü, çünkü Venedik'in kurtuluşu yaklaşan bir düşman saldırısının erken tespitine bağlıydı.

---

mesiydi (hatalı bir biçimde bunu güneşin hareketine bağlıyordu.) Ancak Kepler, Galileo'yu açıkça desteğini dile getirmesi için teşvik ettiğinde Galileo reddetti.

Sarpi yardım etmesi için Galileo'ya başvurdu. Ek gelir sağlamak için Galileo'nun yaptığı birçok iş arasında bilimsel gereç yapımı da vardı. Ne Sarpi'nin ne de Galileo'nun optik teorisinde uzmanlıkları vardı fakat deneme yanılma yoluyla birkaç ayda Galileo cisimlerin görüntüsünü dokuz kat büyüten bir gereç geliştirdi. Bunu hayranlık içindeki Venedik Senato'suna, görev süresinin ömür boyu uzatılması ve o zamanki maaşının iki katına çıkarılarak bin skudi yapılması karşılığında hediye etti. Galileo zamanla teleskobunu otuz kat büyütecek şekilde iyileştirdi ki bu o tasarımdaki bir teleskop için pratik limitti (gereç, bir yüzü düz öbür yüzü içbükey mercek ve bir yüzü düz öbür yüzü dışbükey mercek içeriyordu).

Galileo halihazırda yirmi kat büyüten bir teleskop geliştirmiş olduğu Aralık 1609 civarında, bunu gökyüzüne doğru çevirdi ve gece gökyüzündeki en büyük cisim olan ayı hedef aldı. Bu ve yapacağı diğer gözlemler, Kopernik'in dünyanın kozmostaki yeri konusunda haklı olduğuna dair o güne dek ulaşılan en iyi kanıtları sundu.

Aristoteles gök kubbenin farklı bir maddeden oluşan ve farklı yasaları izleyen ayrı bir âlem olduğunu ve bunun bütün gökcisimlerinin, dünyanın etrafında daireler çizmesine sebep olduğunu iddia etmişti. Ancak Galileo'nun gördüğü şey, "engebeli, inişli çıkışlı, çukur ve uzantılarla dolu, sıradağlar ve derin vadilerle bezenmiş, dünya yüzeyinden hiç de farklı olmayan" bir aydı. Başka bir deyişle, ay farklı bir "âlem" gibi görünmüyordu. Galileo aynı zamanda Jüpiter'in de kendi ayları olduğunu gördü. Bu ayların dünya etrafında değil de Jüpiter'in etrafında dönmeleri Aristoteles'in kozmolojisini çürütürken, dünyanın evrenin merkezi değil birçokları arasında sadece bir gezegen olduğu fikrini destekliyordu.

Bu noktada, Galileo'nun bir şey "gördüğünü" söylediğimde kastettiğim şeyin, teleskoba gözünü yerleştirip de bir yere

çevirmesi ve gökevinde bir şov izliyormuş gibi devrim niteliğindeki yeni görüntülerin tadını çıkarması olmadığını belirtmeliyim. Tam tersine, gözlemleri uzun ve meşakkatli çabalar gerektiriyordu, çünkü kusurlu, (günümüz standartlarına göre) zayıf monte edilmiş camdan saatlerce gözlerini kısarak bakmak ve gördüklerine bir anlam vermek için uğraşmak zorundaydı. Örneğin aya gözlerini dikip baktığında, haftalarca uğraştıktan sonra, dağları verdikleri gölgeden ancak meşakkatle farkına varıp hareketlerini yorumlayarak "görebildi". Dahası, her seferinde yüzeyin ancak yüzde birini görebiliyordu, bu nedenle bütünün birleşik bir haritasını oluşturabilmek için titizlikle koordine edilmiş sayısız gözlem yapmak zorundaydı.

Bu tarz güçlükler şunu gösteriyor ki Galileo'nun dehası teleskobu geliştirmekten çok kullanmakta ortaya çıkmıştı. Örneğin, diyelim bir ay dağı gibi görünen bir şey algıladığında görüntülere güvenmez; ışık ve gölgeleri inceler ve dağın yüksekliğini tahmin etmek için Pisagor teoremini kullanırdı. Jüpiter'in aylarını gözlemlediğinde ilk başta onların yıldız olduklarını düşündü. Ancak dikkatli, titiz gözlemler ve gezegenin bilinen hareketiyle ilgili hesaplamalar yaptıktan sonra, "yıldızların" Jüpiter'e göre konumlarının, etrafında döndüklerini gösterecek şekilde değiştiklerini fark etti.

Bu keşifleri yapan Galileo teolojik arenaya girmeye istekli olmasa da, bunlar için takdir görmeyi çok istiyordu. Bu nedenle gözlemlerini yayımlamak için ve Aristoteles'in kabul gören kozmolojisinin yerine Kopernik'in güneş merkezli sistemini geçirmek için verilen mücadeleye katılarak canla başla çalışmaya başladı. Mart 1610'daki bu sona doğru, gördüğü harikaları tanımlayan bir kitapçık olan *Yıldızlı Haberci*'yi yayımladı. Kitap anında çok sattı ve her ne kadar (modern formatta) yaklaşık altmış sayfa olsa da, ay ve gezegenlerin daha önce hiç görülmemiş müthiş detaylarını tanımladığı için bil-

ginleri hayrete düşürdü. Çok geçmeden Galileo'nun ünü bütün Avrupa'da yayıldı. Artık herkes bir teleskoptan bakmak istiyordu.

O eylül, Galileo "Pisa Üniversitesi'nin baş matematikçisi ve grandükün filozofu" gibi prestijli bir makama oturmak için Floransa'ya taşındı. Maaşı aynıydı fakat öğretmenlik yapma, hatta Pisa şehrinde oturma zorunluluğu bile yoktu. Söz konusu grandük, Toskana Grandükü II. Cosimo de' Medici'ydi ve Galileo'nun makamı elde etmesi büyük başarıları sayesinde olduğu kadar Medicilerin gözüne girmek için verdiği mücadelenin de bir sonucuydu. Hatta Jüpiter'in yeni keşfedilen aylarına "Medici gezegenleri" adını vermişti.

Göreve atandıktan kısa süre sonra Galileo çok hastalandı ve aylarca yataktan kalkamadı. İronik bir biçimde, muhtemelen Venedik fahişelerine kapılmasının bir sonucu olan "Fransız hastalığı" frengi kapmıştı. Fakat hastayken bile Galileo nüfuzlu düşünürleri bulgularının geçerliliğine ikna etmek için uğraşmaya devam etti. Ertesi yıl itibarıyla, sağlığına tekrar kavuştuğunda yıldızı o kadar yükselmişti ki çalışmaları hakkında ders vermesi için Roma'ya davet edildi.

Galileo Roma'da Kardinal Maffeo Barberini'yle tanıştı ve Vatikan'da Papa V. Paul'ün huzuruna kabul edildi. Bu her yönden başarılı bir yolculuktu ve Galileo her nasılsa resmi kilise doktriniyle olan farklılıklarını kırgınlığa yol açmayacak şekilde ustalıkla idare etmiş gibidir, belki de bunun nedeni derslerinin çoğunun teleskobuyla yaptığı gözlemlere dayanması ve çıkarımlarına dair fazla tartışma içermemesiydi.

Ancak daha sonraki mücadelesinde Galileo'nun eninde sonunda Vatikan'la çatışmaya girmesi kaçınılmazdı çünkü Kilise Galileo'nun gözlem ve açıklamalarıyla bağdaşmayan, Aziz Thomas Aquinas'ın oluşturduğu Aristotelesçiliğin bir versiyonunu desteklemişti, ayrıca politik davranan selefi Kopernik'in

aksine Galileo teologlara Kilise doktriniyle ilgili danışırken bile dayanılmaz ölçüde küstah olabiliyordu. Ve böylece 1616'da Galileo kilisenin çeşitli üst düzey yetkililerinin huzurunda kendisini savunması için Roma'ya çağrıldı.

Ziyaret berabere bitmiş gibiydi; Galileo mahkûm edilmedi, kitapları yasaklanmadı ve hatta Papa Paul'ün huzuruna bir daha çıkma hakkı kazandı, fakat otoriteler, dünyanın değil, güneşin evrenin merkezi olduğunu ve güneşin değil de dünyanın güneş etrafında döndüğünü öğretmesini yasakladılar. Sonunda, bu olay ileride onun başına çok büyük bir iş açacaktı, çünkü on yedi yıl sonra engizisyon mahkemesinde Galileo'ya karşı kullanılan kanıtların çoğu kilise yetkililerinin, ona Kopernik'in öğretisini öğretmeyi açıkça yasakladıkları oturumlardan alınacaktı.

Gelgelelim bir süreliğine gerilimler yumuşadı, özellikle de Galileo'nun arkadaşı Kardinal Barberini 1623'te VIII. Urban adıyla papa olduğunda. Papa Paul'ün aksine, Urban'ın genel olarak bilime bakışı olumluydu ve papa olduktan sonraki ilk yıllarda Galileo'yu huzuruna memnuniyetle kabul ediyordu.

Barberini'nin papa oluşuyla birlikte daha dostça olan atmosferden cesaret alan Galileo yeni bir kitap üzerinde çalışmaya başladı ve 1632'de altmış sekiz yaşındayken kitabı bitirdi. Bu emeğin semeresi *Dialogo Sopra i due Massimi Sistemi del Mondo* (*İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog*) adlı eseri oldu. Fakat "diyalog" had safhada tek taraflıydı ve Kilise de –haklı nedenlerden ötürü– kitabın adı sanki *Kilisenin Doktrini Neden Yanlış ve Papa Urban Neden Moron*'muş gibi bir tepki verdi.

Galileo'nun *Diyalog*'u arkadaşlar arasında konuşma şeklindeydi: Aristoteles'in sadık bir takipçisi Simplicio; zeki, taraflı sız Sagredo ve Kopernik görüşüne dair ikna edici argümanlar öne süren Salviati. Galileo'nun kitap konusunda içi rahattı

çünkü Urban'a bunu anlatmış ve görünüşe göre Urban da onaylamıştı. Oysa Galileo papayı, bu kitabı yazma amacının, kiliseyi ve İtalyan bilimini, cahillik yüzünden güneş merkezli görüşü yasakladıkları suçlamasına karşı savunmak olduğuna temin etmişti ve Urban'ın onayı, Galileo'nun iki tarafın da entelektüel argümanlarını yargılamadan sunması koşuluna dayanıyordu. Eğer Galileo bunun için gerçekten çabaladıysa çok başarısız olmuştu. Biyografisini yazan J. L. Heilbron'un sözleriyle, Galileo'nun *Diyalog*'u, "dünya merkezli görüşü savunan filozofları insandan aşağı, gülünç, dar görüşlü, budala, aptal diye yermiş ve Kopernikçileri de üstün akıl sahipleri olarak övmüştür."

Başka bir hakaret daha vardı. Urban Galileo'dan kitabın içine bir yalanlama, Kilise doktrininin geçerliliğini doğrulayan bir pasaj eklemesini istemişti, fakat Galileo Urban'ın istemiş olduğu gibi yalanlamayı kendi ağzından bildirmek yerine, din onaylamasını Heilbron'un "avanak" olarak tanımladığı Simplicio karakteri üzerinden yapmıştı. Hiç de avanak olmayan Papa Urban ise çok gücenmişti.

Galileo Kilisenin Kopernikçi görüşü öğretmeyi yasaklayan 1616 tarihli emrine karşı gelmekten suçlu bulundu ve iddialarından vazgeçmeye zorlandı. Suçu hem Kilisenin hakikat üzerinde kurduğu "tekele" meydan okumak hem de sakıncalı öğeler içeren bir dünya görüşüne sahip olmaktı.* Kilisenin entelektüel elitini oluşturan çoğunluk Kopernikçi görüşün muhtemelen doğru olduğunu kabul ediyordu; karşı çıktıkları, bu bilgiyi yayarak kilise doktrinine kafa tutan, dininden dönmüş biriydi.

Gerçekte Galileo'nun Kopernikçi görüşü öğretmesi yasaklandığı halde, ev hapsinde tutulduğu yıllarda çalışmalarına devam etmesine ve teleskop kullanmasına izin verilmişti.

22 Haziran 1633'te, beyaz tövbe gömleğini giymiş Galileo onu yargılayan mahkeme huzurunda diz çöktü ve kutsal kitapların otoritesini onaylama taleplerine boyun eğdi: "Ben, Galileo, merhum Vincenzo Galilei'in oğlu, Floransalı, yetmiş yaşında... Kutsal Katolik ve Havari Roma Kilisesi'nin savunduğu, vaaz ettiği ve öğrettiği her şeye geçmişte ve şimdi daima inandığıma ve Tanrı'nın yardımıyla gelecekte de inanacağıma yemin ediyorum."

Gelgelelim Galileo Kilise doktrinini daima kabul ettiğini beyan etmesine rağmen, Kilise tarafından "resmi bir emir ona yargı yoluyla bildirilip", Kilisenin sözleriyle, genel anlamda "yanlış bir görüş olan, güneşin dünyanın merkezi olduğu, hareket etmediği ve dünyanın merkez olmadığı ve hareket ettiği görüşünden" vazgeçmesi istendikten sonra dahi Kopernikçi teoriyi savunmuştu.

Asıl ilginç olan ise Galileo'nun itirafının üslubudur: "Ben bir kitap yazdım ve bastırdım," dedi, "bu kitapta halihazırda mahkûm edilmiş bu yeni doktrini ele aldım ve bu görüşü destekleyen çok inandırıcı argümanlar sundum." Dolayısıyla Kilisenin hakikat versiyonuna bağlılık yemini ederken bile hâlâ kitabını savunuyordu.

Sonunda, Galileo şu sözleri söyleyerek teslim oldu: "Siz sayın din büyüklerinin ve tüm inançlı Hıristiyanların zihinlerinde bana karşı doğru olarak oluşmuş bu güçlü şüpheyi yok etme arzusuyla, tüm kalbimle ve samimi inancımla, adı geçen yanlış ve sapkınlıklardan yemin ederek vazgeçer, lanetler ve nefret ederim ... ve gelecekte de benimle ilgili benzer bir şüpheye fırsat tanıyabilecek hiçbir şeyi gene sözlü veya yazılı asla söylemeyeceğime veya iddiada bulunmayacağıma yemin ederim."

Galileo, gene de, engizisyonun Giordano Bruno'ya verdiği kadar sert bir ceza almadı; Bruno dünyanın güneş etrafında döndüğünü iddia ettiği için dini inançlara aykırı bu düşün-

cesi yüzünden 1600'de Roma'da yakılarak öldürülmüştü. Ancak mahkeme kilisenin görüşünü oldukça net bir biçimde ortaya koydu.

İki gün sonra Galileo Floransa elçisinin nezaretinde olacak şekilde serbest bırakıldı. Son yıllarını, Floransa yakınlarında Arcetri'deki villasında bir çeşit ev hapsinde geçirdi. Galileo Padua'da yaşarken evlilik dışı üç çocuğu olmuştu. Aralarından çok yakın olduğu bir kızı Almanya'da vebadan ölmüş, diğer kızıyla araları açılmıştı, fakat yakınlarda yaşayan oğlu Vincenzo babasına severek bakıyordu. Ve Galileo mahkûm olmasına rağmen, ziyaretçi kabul etmesine, hatta dini inançlara karşı gelenleri kabul etmesine bile –matematikçi olmamaları koşuluyla– izin veriliyordu. Bunlardan biri genç İngiliz şair John Milton'du (daha sonra Galileo ve teleskobundan *Kayıp Cennet*'te söz edecekti).

İronik bir biçimde, Arcetri'de geçen bu dönemde Galileo en büyük eseri sayılan *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar* adlı kitabında hareketin fiziği üzerine en etraflıca tasarladığı fikirlerini ifade etti. Papanın Galileo'nun yazılarına getirdiği yasaklama yüzünden kitap İtalya'da yayımlanamadığı için gizlice Leiden'a götürüldü ve 1638'de yayımlandı.

O dönemde Galileo'nun sağlığı kötüye gidiyordu. 1637'de görme yeteneğini kaybetmiş ve sonraki yıl elden ayaktan düşüren sindirim problemleri yaşamaya başlamıştı. "Her şeyi iğrenç buluyorum," diye yazdı, "şarap kafam ve gözlerim için kesinlikle zararlı, su da yan tarafımdaki ağrı için ... hiç iştahım yok, hiçbir şey ilgimi çekmiyor ve eğer bir şey ilgimi çekecek olsa onu da [doktorlar] yasaklar." Buna rağmen zihni hâlâ aktifti ve ölümünden kısa süre önce onu gören bir ziyaretçi kısa süre önce iki matematikçinin –bu meslekten ziyaretçilerin yasaklanmasına rağmen– tartışmasını dinlemekten hoşlandığı yorumunu yapmıştı. 1642'de yetmiş sekiz yaşındayken,

Newton'un doğduğu sene, oğlu Vincenzo'nun –ve evet, birkaç matematikçinin– yanında hayatını kaybetti.

Galileo Floransa'daki Santa Croce Bazilikası'nda babasının yanına gömülmek istemişti. Hatta Grandük Cosimo'nun yerine geçen Ferdinando, onun için Michelangelo'nun mezarının karşısında büyük bir mezar inşa ettirmeyi planlamıştı. Gelgelelim Papa Urban şöyle dedi: "[Böyle adamlara] mozoleler yaptırmak uygun değildir ... çünkü iyi insanlar mahcup olabilir ve kutsal otoriteye ilişkin önyargıya kapılabilirler." Bu nedenle, Galileo'nun akrabaları, topu topu birkaç arkadaş ve takipçisinin katıldığı küçük bir cenaze töreni düzenleyerek onun bedenini kilisenin çan kulesinin altındaki dolap büyüklüğünde bir bölmeye defnettiler. Gene de birçok insan, hatta kilisenin içindekiler bile kaybı hissettiler. Roma'daki Kardinal Barberini'nin mahkemesindeki kütüphaneci Galileo'nun ölümü üzerine cesurca şöyle yazdı: "Bu ilahi adam sadece Floransa'yı etkilemekle kalmamış, tüm dünyayı ve tüm yüzyılımızı diğer tüm sıradan filozofların neredeyse hepsinden daha fazla aydınlatmıştır."

7

MEKANİK EVREN

Galileo, *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar* adlı kitabını yayımladığında, beşeri kültürü sadece yeni bir dünyanın eşiğine getirmişti. Son dev adımları ise Isaac Newton attı ve süreç içerisinde yepyeni bir düşünce tarzının tasarımını tamamladı. Newton'dan sonra bilim amaçla güdülenen Aristotelesçi doğa görüşünden vazgeçti ve bunun yerine sayılarla yönlendirilen Pisagorcu bir evrene kucak açtı. Newton'dan sonra dünyanın gözlem ve akılla anlaşılabileceğine dair İyonya tezi muhteşem bir metafora dönüştürüldü: Dünya saate benzer, dünyanın mekanizmaları doğanın her yönünü –buna birçokları insan etkileşimlerinin de dahil olduğuna inanıyordu– tam olarak tahmin edilebilir kılan sayısal yasalarla yönetilir.

Uzaklardaki Amerika'da, ABD'nin kurucuları teolojinin yanında, Newtoncu düşünce biçimini, Bağımsızlık Bildirgesi'nde, "Doğa Yasalarının ve Doğanın Tanrısının" insanlara siyasi özerklik yetkisi verdiğini ileri sürecek kadar benimsemişti. Fransa'da devrimden ve devrimin bilime yönelik düşmanlığından sonra, Pierre-Simon de Laplace Newton fiziğini yeni bir matematiksel karmaşıklık seviyesine taşıdı ve daha sonra Newton teorisini kullanarak üstün bir dimağın, "evrendeki en büyük cisimlerin ve en ufak atomların hareketlerini bile aynı formülle kavrayabileceğini, onun için hiçbir şeyin belirsiz ol-

mayacağını ve geçmiş gibi geleceğin de gözlerinin önüne serileceğini," iddia etti.

Günümüzde hepimiz Newtoncular gibi akıl yürütürüz. Bir kişinin karakterinin gücünden, hastalığın yayılma hızından söz ederiz. Fiziksel, hatta zihinsel ataletten ve bir spor takımının hızından bahsederiz. Bu şekilde düşünmek Newton'dan önce bilinmiyordu; bu şekilde düşünmemek ise günümüzde bilinmez. Newton'un yasalarını hiç bilmeyenlerin bile kafaları onun fikirleriyle doludur. Dolayısıyla Newton'un çalışmalarını incelemek kendi köklerimizi incelemektir.

Newton'un dünya görüşü artık bizim ikinci doğamız olduğu için, yaratımının hayret verici dehasını takdir etmek biraz çaba gerektirir. Aslına bakarsanız, lisede "Newton yasalarıyla" ilk tanıştığımda bana o kadar basit geldiler ki neden bu kadar abartıldıklarını merak ettim. Bilim tarihindeki en zeki insanlardan birinin, benim gibi on beş yaşında bir çocuğun topu topu birkaç derste öğrenebileceği bir şeyi bulmasının yıllar sürmesi bana garip geldi. Benim bu kadar kolay anlayabildiğim kavramların birkaç yüzyıl önce kavranması nasıl bu kadar zor olabilirdi ki?

Babam bunun nedenini anlamış gibiydi. Ben çocuklarıma Post-it gibi icatların öykülerini anlatırken, o da genellikle memleketinin masallarına başvururdu. Babam, insanlar asırlar önce dünyaya baktıklarında, günümüzde algıladığımızdan çok farklı bir realite gördüklerini söylerdi. Bana Polonya'da ergen bir gençken başından geçen bir olayı anlattı. Babam ve birkaç arkadaşı bir keçinin üzerine çarşaf atmışlar. Keçi de evin içinde hızla oradan oraya koşuşturmaya başlamış. Büyüklerin hepsi bir hayalet gördüklerini düşünmüşler. Tamam, Yahudi Bayramı Purim *gecesiymiş* ve büyüklerin hepsi epeyce sarhoşmuş, fakat babam onların tepkilerine makul bir açıklama getirmek için sarhoşluklarını ileri sürmüyordu; on-

ların gördüklerini sırf inançları bağlamında yorumladıklarını ve hayalet kavramının da alışık oldukları ve içlerine sinen bir kavram olduğunu söyledi. Bunun bilgisizlikten ileri geldiğini düşünebileceğimi, fakat muhtemelen babamın büyüklerinin gördüklerini düşündükleri hayalet bana ne kadar tuhaf geliyorsa, Newton'un evrenin matematiksel yasaları hakkında ortaya attığı iddianın da o zamanın insanlarına o kadar tuhaf geldiğini söyledi. Bu doğru: Günümüzde hiç fizik dersi almamış olsanız bile, Isaac Newton'un ruhunun birazı içinizde yaşar. Fakat Newtoncu bir kültürde yetiştirilmemiş olsak, günümüzde hepimiz için apaçık olan bu yasalara çoğumuz akıl sır erdirilemezdik.

***

Newton ölümünden kısa süre önce yaşamını tanımlarken yaptıklarını şöyle tarif etti: "Dünyaya nasıl göründüğümü bilmiyorum fakat ben kendimi deniz kıyısında oynayan bir çocuk gibi görüyorum; büyük hakikat okyanusu keşfedilmemiş halde önümde yatarken, arada sırada normalden daha düzgün bir çakıltaşı veya güzel bir deniz kabuğu bularak avunuyorum."

Newton'un çakıltaşlarından her biri, kendisi kadar zeki ve üretken olmayan bilginler için muazzam bir kariyer teşkil edebilirdi. Kütleçekimi ve hareket ile ilgili çalışmalarına ilaveten, yıllarca optik ve ışığın sırlarını açığa çıkarmak için uğraştı ve günümüzde bildiğimiz fiziğin yanı sıra yüksek matematiği de icat etti. Bunu babama anlattığımda –ben çalışmalarını incelemeye başlayana kadar Newton'u duymamıştı– kaşlarını çattı ve şöyle dedi: "Onun gibi olma. Bir alana bağlı kal!" İlk başta buna ergenlerin uzman oldukları tepeden bakan bir tavırla karşılık verdim. Fakat aslında babam iyi bir noktaya parmak basmış olabilirdi. Newton çok şeye başlayıp hiçbir şeyi

bitirmeyen bir dâhi olmaya tehlikeli bir şekilde yaklaşmıştı. Bereket versin ki, görecek olduğumuz gibi, kader araya girdi ve bu sayede Newton günümüzde tam bir düşünce devrimine öncülük etmesiyle tanınır hale geldi.

Esasen Newton'un asla yapmadığı bir şey varsa o da deniz kıyısında oynamaktı. Aslında Britanya'nın diğer bölgelerindeki ve Avrupa'daki bilim insanlarıyla –genellikle posta yoluyla– ara sıra kurduğu etkileşimden fazlasıyla yararlanmasına rağmen, doğum yeri Woolsthorpe, üniversitesi Cambridge ve başkenti Londra'yı birleştiren küçük üçgenden hiç ayrılmadı. Ve çoğumuzun kastettiği hiçbir anlamda "oyun oynamışa" benzemiyordu. Newton'un yaşamında kendini yakın hissettiği çokça arkadaş veya aile üyesi, hatta bir sevgili bile yoktu; en azından ileriki yıllara dek, çünkü Newton'u sosyalleştirmeye çalışmak kedileri Scrabble oynamak için toplanmaya ikna etmeye benzerdi. Newton hakkında belki de en çarpıcı şeyi ona beş yıl asistanlık yapmış uzak akrabası Humphrey Newton ifade etmiştir: Newton'un güldüğünü sadece bir kez gördüğünü ve bunun da bir adamın Newton'a neden bir kişinin Öklid'i incelemek isteyeceğini sorması üzerine gerçekleştiğini söylemiştir.

Newton sadece dünyayı anlamak istiyordu, insanoğlu yararlansın diye dünyayı geliştirmek gibi bir kaygısı yoktu. Ömrü boyunca çok ün kazandı fakat bunu paylaşacak kimsesi olmadı. Entelektüel bir zafer elde etti fakat hiç sevgi görmedi. En yüksek ödül ve payeleri kazandı fakat zamanının çoğunu entelektüel kavgalarda harcadı. Bu entelekt devinin empati sahibi, uzlaşmacı bir adam olduğunu söyleyebilmek isterdim ama eğer böyle eğilimleri varsa bile, bunları çok iyi bastırmış ve insanlardan kaçan kibirli biri olup çıkmıştı. Eğer havanın kapalı (gri) olduğunu söyleseniz, "Hayır, gerçekte gökyüzü mavi," diyecek türde bir adamdı. Daha da sinir bozucu olansa, bunu

kanıtlayabilecek türde bir adam olmasıydı. Fizikçi Richard Feynman (1918–1988) *Başkalarının Ne Düşündüğünden Sana Ne?* adında bir kitap yazdığında kendi içine çekilmiş birçok bilim insanının hislerine tercüman oldu. Newton anılarını hiç yazmadı fakat yazmış olsaydı, kitabın adı büyük olasılıkla, *Umarım Seni Gerçekten Gıcık Etmişimdir* veya belki de *Kafamı Bozma, Dangalak* olurdu.

Stephen Hawking bir keresinde bana engelli olmasına memnun olduğunu, çünkü bu sayede çalışmalarına çok daha yoğun bir şekilde odaklanabildiğini söylemişti. Sanırım Newton da aynı nedenden ötürü yaşamını başka biriyle paylaşarak zamanını boşa harcamak yerine, tamamen kendi dünyasında yaşamanın şahane avantajları olduğunu söyleyebilirdi. Doğrusu, yakın tarihli bir çalışma matematikte yetenekli olan çocukların, eğer büyük sözel becerileri yoksa bilimsel bir kariyere yönelme eğilimlerinin önemli ölçüde fazla olduğunu gösteriyor. Uzun zamandır sosyal becerilerin zayıf olmasının da yine aynı şekilde bilimde başarılı olmakla ilintili olduğundan şüpheleniyorum. Büyük bir araştırma üniversitesi hariç, başka bir yerde işe alınamayacak kadar tuhaf bulunan çok sayıda başarılı bilim insanı tanıyorum. Bir lisansüstü öğrencisi her gün aynı pantolonu ve beyaz tişörtü giyiyordu; gerçi bunlardan ikişer tane olduğu rivayet ediliyordu, ama yine de, bu demekti ki giysileri nadiren yıkanıyordu. Başka bir meslektaşım olan ünlü bir profesör ise o kadar utangaçtı ki onunla konuştuğunuzda genellikle gözlerini kaçırır, çok alçak sesle konuşur ve bir metreden daha yakın durduğunuzu fark ederse geri adım atardı. Bu davranışları, seminer sonrası sohbetlerde dediklerini duymayı zorlaştırdığı için sorun oluyordu. O sıralar yüksek lisansımı yaptığım ilk karşılaşmamızda, ona fazla yaklaşma hatasında bulundum ve sonra geri geri giderken saf

saf onu izledim. Öyle ki neredeyse bir sandalyenin üzerinden yuvarlanacaktı.

Bilim muhteşem güzelliğin bir nesnesidir. Oysa bilimin gelişmesi yaratıcı zihinlerin fikir alışverişi yapmasına bağlı olduğu halde, aynı zamanda uzun saatler boyunca yalnız kalmayı da gerektirir ki bunlar sosyalleşmeyi istemeyen, hatta ayrı yaşamayı tercih edenler için ayrı bir avantaj teşkil edebilir. Albert Einstein'ın da yazdığı gibi, "İnsanları sanat ve bilime yönlendiren en güçlü güdülerden biri acı veren yavanlığı ve umarsız kasvetiyle günlük yaşamdan kaçmaktır. ... Kişisel deneyimin dar girdabında bulamadığı güvenlik ve huzuru bu şekilde bulmak amacıyla insanlar bu kozmosu ve yapısını duygusal yaşamının ekseni kılar."

Newton günlük dünyevi uğraşları küçümsediği için hayatında dikkatini dağıtacak çok az şey vardı ve böylece ilgi alanlarına rahatça eğilme olanağı buldu, fakat bu durum, aynı zamanda bilimsel çalışmalarının çoğunu saklamasına, yazdıklarının büyük çoğunluğunu yayımlamamayı tercih etmesine de yol açtı. Bereket versin ki bunları atmadı; reality show konusu olmayı hak eden, istifçi biriydi; tek farkı, Newton'un "öteberisinin evcil hayvan cesetleri, eski dergiler ve yedi yaşındayken artık küçük gelmeye başlamış ayakkabılar yerine," matematik, fizik, simya, din ve felsefeyle ilgili kargacık burgacık yazılardan, ömrü boyunca harcadığı her peninin hesabına ve anne babasıyla ilgili duygularına ilişkin tuttuğu notlardan oluşmasıydı.

Newton'un yazdığı neredeyse her şeyi, hatta hesaplama kâğıtları ile eski okul defterlerini bile biriktirmesi Newton'un bilimsel fikirlerinin gelişimini araştırmak isteyenlerin, örneğine rastlanmamış bir dereceye kadar bunları anlamalarını mümkün kıldı. Bu bilimsel çalışmalarının çoğu nihayetinde Newton'un entelektüel yuvası Cambridge'deki kütüphane-

ye bağışlandı. Fakat milyonlarca kelime tutan diğer kâğıtları ekonomist John Maynard Keynes'in de katılımcılardan olduğu ve Newton'un simya üzerine yazılarının çoğunu satın aldığı Sotheby's'te açık artırmayla satıldı.

Newton'un yaşam öyküsünü yazan Richard Westfall bu uğurda yirmi yılını harcadı ve sonunda Newton'un "nihayetinde akranlarımızı değerlendirdiğimiz kriterlere indirgenemeyeceği" sonucuna vardı. Fakat Newton uzaylıysa bile en azından arkasında günlükler bırakmış bir uzaylıydı.

***

Newton'un dünyayı anlama uğraşı olağanüstü bir meraktan, büsbütün içten gelir görünen keşfe yönelik yoğun bir dürtüden ve babamı o matematik bilmecesinin çözümü karşılığında ekmeğini vermeye iten güdüye benzer bir şeyden kaynaklanıyordu. Ancak Newton'un durumunda bu dürtüyü besleyen başka bir şey daha vardı. Newton bilimsel akılcılığın bir modeli olarak çok saygı duyulsa da, evrenin doğasına yönelik araştırmaları, ta Göbekli Tepe'ye kadar uzanan diğerleri gibi, spritüelliğine ve dinine anlaşılması güç bir biçimde bağlıydı. Newton Tanrı'nın hem sözleri hem de çalışmalarıyla kendini bize ifşa ettiğine inandığı için, onun görüşüne göre evrenin yasalarını öğrenmek Tanrı'yı öğrenmek demektir ve bilime duyulan şevk de sadece dini şevkin bir formudur.

Newton'un yalnızlık ve uzun saatler boyu çalışma tutkusu en azından entelektüel başarıları açısından güçlü yönleriydi. Eğer zihin dünyasındaki inzivası bilim için bir lütufsa bile bedeli çok ağırdı ve çocukluğundaki yalnızlık ve acılarla bağlantılı gibiydi.

Okuldayken popüler olmayan çocuklara acırdım, özellikle ben de onlardan biri olduğum için. Newton'un durumu ise daha beterdi. Kendi *annesinden* bile ilgi görmemişti. Dünyaya

25 Aralık 1642'de gelmişti, almayı tercih etmeyeceğiniz Noel hediyelerinden biri gibiydi. Babası birkaç ay önce ölmüştü ve annesi Hannah, Isaac'in varlığının kısa ömürlü bir külfet olacağını düşünmüş olmalıydı, çünkü görünüşe bakılırsa Isaac erken doğmuştu ve yaşaması beklenmiyordu. Seksen yıldan uzun zaman sonra, Newton'un yeğeninin kocasına söylediğine göre, doğduğunda o kadar ufaktı ki bir çanağa sığabiliyordu ve o kadar zayıftı ki boynunun omuzlarının üzerinde durabilmesi için bir destek yapıldı. Bebeğin durumu o kadar kötüydü ki birkaç kilometre öteye öteberi almaya gönderilen iki kadın döndüklerinde çocuğun öleceğinden emin oldukları için gittikleri yerde oyalanmışlardı. Fakat yanılmışlardı. Meğerse bebeği hayatta tutmak için gereken tek teknoloji o boyun desteğiydi.

Eğer Newton hayatında insanların olmasından hiç hazzetmediyse, belki de bunun nedeni annesinin *ondan* hiç hazzediyor görünmemesiydi. Newton üç yaşındayken annesi zengin bir papaz olan Barnabas Smith'le evlendi. Yaşı Hannah'ın yaşının iki katından fazla olan Smith genç bir eş istiyor fakat küçük bir üvey oğul istemiyordu.

Ne tür bir aile atmosferinin buna yol açtığını bilemeyiz fakat bazı gerilimler olduğunu varsaymamız doğru olur, çünkü yıllar sonra, Isaac çocukluğuyla ilgili notlarında, "annesi ve babası Smith'i ve başlarının üzerindeki evi yakıp kül etmekle tehdit ettiğini" hatırladığını yazmıştı. Isaac bu tehdide anne babasının nasıl tepki verdiklerini yazmamış fakat kayıtların gösterdiğine göre çok geçmeden büyükannesinin yanına sürgün edilmişti. Isaac ve büyükannesi iyi anlaşıyorlardı fakat zaten beklentiler de hayli düşüktü. Kesinlikle yakın değillerdi; Isaac'in geride bıraktığı bütün yazı ve karalamalarda, onunla ilgili sevgi dolu tek bir anısı bile yoktur. İşin iyi tarafı

ise büyükannesi ve evini yakıp kül etme arzusuna dair hatıralarının olmamasıdır.

Isaac on yaşındayken Rahip Smith ölünce kısa bir süreliğine eve döndü ve annesinin ikinci evliliğinden olan üç küçük çocuğun da yer aldığı ev halkına katıldı. Smith'in ölümünden birkaç yıl sonra, Hannah Isaac'i Woolsthorpe'ten on üç kilometre uzaktaki Grantham'daki bir Püriten okuluna gönderdi. Isaac orada okurken, eczacı ve kimyager William Clark'ın evinde pansiyoner olarak kalıyordu. Newton'un yaratıcılığı ve merakına hayran kalan William Clark onun bu özelliklerini teşvik ediyordu. Genç Isaac orada kaldığı sırada kimyasalları bir havan ve havaneliyle öğütmeyi öğrendi, rüzgârla aynı yönde ve rüzgâra ters yönde atlayarak ve atlayışlarının mesafesini kıyaslayarak fırtınaların gücünü ölçtü; bir çark üzerinde koşan bir farenin güç vereceği şekilde uyarlanmış küçük bir yel değirmeni ve kendisinin oturup bir krankı döndürerek güç sağladığı dört tekerlekli bir araba inşa etti. Ayrıca kuyruğundaki yanan fenerden ötürü, geceleri süzülürken komşularını korkutan bir uçurtma yaptı.

Clark'la iyi geçinmelerine rağmen, sınıf arkadaşları ayrı bir meseleydi. Newton'un farklı ve entelektüel yönden açıkça üstün olması okulda ona günümüzde de olduğu gibi bir tepki verilmesine sebep oldu: Diğer çocuklar ondan nefret ediyorlardı. Çocukken sürdüğü yalnız fakat yoğun bir biçimde yaratıcı yaşamı yetişkinliğinin çoğunda –hep mutlu olmasa da– süreceği yaratıcı fakat eziyetli ve yalnız yaşama bir hazırlıktı.

Newton on yedi yaşına yaklaşırken, eve dönüp aile mülkünü yönetmesine karar vermiş olan annesi onu okuldan aldı. Çiftçilikte başarılı olamayan Newton, gezegenlerin yörüngelerini hesaplamada dâhi olan birinin iş kabayonca yetiştirmeye geldiğinde tam bir beceriksiz olabileceğini kanıtladı. Üstelik tüm bunlar Newton'un hiç umurunda değildi. Çitleri

bakımsızlıktan yıkılır, domuzları mısır tarlalarına girerken, o bir derede su çarkları yapar veya kitap okurdu. Westfall'ın yazdığına göre, "koyun gütmek ve gübre küremekle" geçen bir yaşama başkaldırmıştı. Zaten tanıdığım çoğu fizikçi buna başkaldırırdı.

Neyse ki Isaac'in dehasını bilen amcası ve Grantham'daki eski okul müdürü bu duruma müdahale ederek onu Haziran 1661'de Cambridge'deki Trinity College'a gönderdiler. Orada döneminin bilimsel düşüncelerini tanımakla meşgul oldu; ta ki bir gün isyan edip bunları devirene kadar. Hizmetçiler ise bayram ettiler; onun adına mutlu olduklarından değil de onlara her zaman sert davranmış olduğu için kurtulduklarına sevinmişlerdi.

***

Cambridge Newton'un otuz beş yıldan fazla yuvası, bu dönemde başlattığı düşünce devriminin merkezi olarak kaldı. Bu devrim genellikle bir dizi aydınlanma anından oluşuyormuş gibi betimlense de, onun evrenin sırlarına hâkim olma mücadelesi gerçekte daha çok siper savaşı –avantajın enerji ve zamanda büyük bedeller ödenerek yavaş yavaş kazanıldığı, birbiri ardına yapılan meşakkatli entelektüel muharebeler– gibiydi. Dehası veya fanatik bağlılığı daha az olan biri muhtemelen bu mücadeleyi sürdüremezdi.

İlk başlarda Newton'un yaşam koşulları bile bir mücadele meselesiydi. Isaac Cambridge'e gittiğinde annesi ona topu topu yılda on poundluk bir cep harçlığı veriyordu; oysa kendisinin yıllık yedi yüz poundu aşan iyi bir geliri vardı. Bu cep harçlığı Newton'u Cambridge Üniversitesi'ndeki sosyal yapının en alt kademesine yerleştirdi.

Sıkı Cambridge hiyerarşisinde, yoksul öğrenciler zengin öğrencilere hizmet etmeleri karşılığında kurumda bedava ye-

mek yiyor, öğrenim harcı alıyor ve az miktarda para kazanıyordu. "Maaşlı öğrenci" adı verilen bu öğrenciler zengin öğrencilerin saçlarını yapar, çizmelerini temizler, onlara ekmek ve bira getirir ve portatif tuvaletlerini temizlerlerdi. Maaşlı öğrenci olsa Newton terfi etmiş sayılırdı: O bunun da altında bir şeydi, aynı işleri yapmasının yanında, hem kendi yemeğinin hem de katıldığı derslerin ücretini ödemek zorundaydı. Newton'a, ona Grantham okulunda daima eziyet eden türde çocukların hizmetkârı olmak zor gelmiş olmalıdır. Ve böylece Newton Cambridge'de "aşağıdaki" yaşamın nasıl olduğuna dair biraz deneyim sahibi oldu.

1661'de, Galileo'nun *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar* adlı eserinin yayımlanmasının üzerinden yirmi yıl geçmiş ve diğer eserleri gibi, bunun da henüz Cambridge müfredatı üzerinde fazla bir etkisi olmamıştı. Bu da Newton'un hizmet ve ücretleri karşılığında, bilginlerin dünya hakkında bildikleri her şeyi –bu bilginler Aristoteles olduğu müddetçe– içeren dersleri alması anlamına geliyordu: Aristoteles kozmolojisi, Aristoteles etiği, Aristoteles mantığı, Aristoteles felsefesi, Aristoteles fiziği, Aristoteles retoriği... Aristoteles'i orijinalinden okudu, Aristoteles hakkında yazılmış ders kitaplarını okudu, yerleşik müfredattaki bütün kitapları okudu. Hiçbirini bitirmedi, çünkü Galileo gibi, o da Aristoteles'in argümanlarını inandırıcı bulmuyordu.

Buna rağmen, Aristoteles'in yazıları Newton'un etkisinde kaldığı ilk sofistike bilgi yaklaşımıydı ve bunların aksini ispat ettiğinde dahi, doğanın farklı meselelerine yaklaşma ve bunlar hakkında organize ve uyumlu bir biçimde –ve şaşırtıcı bir kararlılıkla– düşünme uygulamalarından bir şeyler öğreniyordu. Aslına bakarsanız, bekâr olan ve eğlence faaliyetlerine nadiren katılan Newton şimdiye kadar duyduğum herkesten

daha fazla çalışıyordu: günde on sekiz saat, haftada yedi gün. Yıllarca bu alışkanlığından hiç şaşmadı.

Cambridge müfredatını oluşturan Aristoteles etütlerine önem vermeyen Newton, 1664'te yeni bir düşünce tarzına giden uzun yolculuğuna başladı. O dönemdeki notları, kendi çalışma programını başlatan Newton'un aralarında Kepler, Galileo ve Descartes'ın da olduğu modern büyük Avrupalı düşünürlerin eserlerini okuyup özümsediğini gösterir. Bununla beraber çok sivrilmiş bir öğrenci olmayan Newton 1665'te mezun olmayı ve ileri çalışmalar için dört yıllık bir maddi destekle birlikte, bilgin unvanıyla ödüllendirilmeyi başardı.

Daha sonra 1665'te, korkunç bir veba salgını Cambridge'i sarsınca okul 1667 baharına dek kapandı. Okulun kapalı olduğu dönemde Newton annesinin Woolsthorpe'taki evinde inzivaya çekildi ve çalışmalarına yalnız başına devam etti. Bazı kayıtlarda 1666 yılı Newton'un harikalar yılı olarak geçer. Buna göre, Newton aile çiftliğinde oturdu, yüksek matematiği icat etti, hareket yasalarını buldu ve bir elmanın düştüğünü gördükten sonra evrensel kütleçekimi yasasını keşfetti.

Doğru, fena bir yıl sayılmazdı. Fakat bu şekilde olmadı. Evrensel kütleçekimi teorisi bir aydınlanma anı sayesinde bulunabilecek tek bir parlak fikir gibi basit bir şey değildi; bu yepyeni bir bilimsel geleneğin temelini oluşturan bir çalışmalar bütünüydü. Dahası, Newton ve elmaya dair bu hikâye kitabı betimlemesi zararlıdır çünkü sanki kafasına darbe almış biri artık hava durumunu tahmin edebilirmiş gibi fizikçilerin muazzam ve ani idrakler vasıtasıyla gelişme kaydediyorlarmış gibi görünmelerine yol açar. Gerçekte Newton için bile gelişim, kafasına birçok darbe almasını ve fikirlerini işleyip potansiyellerini anlayacağı yılların geçmesini gerektiriyordu. Biz bilim insanları kafaya gelen bu darbelerin yol açtığı baş

ağrılarına katlanırız, çünkü futbol oyuncuları gibi bizim de uğraşımıza duyduğumuz sevgi ağrıdan duyduğumuz hoşnutsuzluktan fazladır.

Çoğu tarihçinin mucizevi aydınlanma anları hikâyesinden şüphe etmelerinin bir nedeni de hepsinin bir anda değil de üç yıllık bir dönemde –1664'ten 1666'ya kadar– ortaya çıkmalarıdır. Üstelik bu dönemin sonunda hiçbir Newton devrimi de görülmedi: 1666'da Newton bile daha Newtoncu değildi. Tekdüze hareketin, hareket eden cismin doğasındaki bir şeyden kaynaklandığını düşünüyordu ve "kütleçekimi" terimiyle de kastettiği, dünyanın uyguladığı bir dış kuvvet yerine cismin yapıldığı maddeden çıkan içsel bir özellikti. Geliştirdiği fikirler o sıralar sadece başlangıçtı; kuvvet, kütleçekimi ve hareket dahil –bunlar nihayetinde büyük eseri *Principia Mathematica*'nın konusunu oluşturacak olan temel prensiplerdi– birçok şey hakkında onu şaşkına döndüren ve bocalamasına yol açan bir başlangıç.

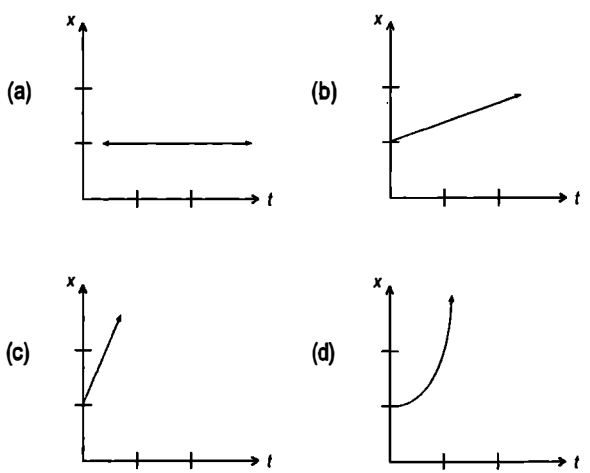
Newton'un Woolsthorpe'taki çiftlikte neler düşündüğü konusunda gayet iyi bir fikrimiz var çünkü Newton alışkanlığı olduğu üzere, bütün bunları Rahip Smith'ten miras kalan, sayfalarının çoğu boş kocaman bir deftere yazıyordu. Newton elinde bu defter olduğu ve ayrıca defterin içinde, daha sonraki yıllarda, çalışmalarını kaydedeceği milyonlarca kelime ve matematiksel ifade için yeterli sayfa olduğu için şanslıydı.

Matematik denklemlerinin kullanımı ve üniversite gibi yeniliklerden söz etmiştim fakat aralarında öne çıkan, kâğıdın bollaşması gibi, bilimsel devrimin, normal karşıladığımız başka değeri anlaşılmamış kolaylaştırıcı unsurları var. Newton'un şansına İngiltere'deki ilk başarılı ticari kâğıt fabrikası 1588'de kurulmuştu. Onun kadar önemli olan Kraliyet Posta hizmetleri de 1635'te halka açılarak antisosyal Newton'un çok uzaklardaki diğer bilim insanlarıyla bile yazışmasına olanak

sağladı. Ancak Newton'un zamanında kâğıt hâlâ pahalıydı ve Newton "Karalama Defteri" adını verdiği defterine çok değer veriyordu. Bu defterde, Newton'un hareket fiziğine yaklaşımının detaylarını görür ve parlak bir zihnin halen gelişmekte olan fikirlerine nadir bir anlık bakış fırsatı yakalarız.

Örneğin 20 Ocak 1665'te, Newton'un Karalama Defterine kapsamlı bir –felsefi olmaktan çok– matematiksel hareket incelemesi yazmaya başladığını biliyoruz. Bu analizin en önemli yanı Newton'un yüksek matematiği, yani değişim analizi için tasarlanmış yeni bir matematik türünü geliştirmesiydi.

Oresme geleneğine göre Newton değişimi eğrinin eğimi olarak düşünüyordu. Örneğin bir cismin kat ettiği mesafeyi dikey eksende, zamanı yatay eksende gösterirseniz, grafiğin eğimi hızını temsil eder. Dolayısıyla düz bir çizgi değişmeyen bir konumu temsil ederken, dik bir çizgi veya eğri cismin konumunun çarpıcı bir biçimde değiştiğini, yani yüksek hızda hareket ettiğini gösterir.



(a) ile (c) arasındaki grafikler tekdüze hareketi betimler, (a) sıfır hızı (sabit), (b) düşük hızı ve (c) yüksek hızı gösterir. Grafik (d) ivmeli hareketi gösterir.

Fakat Oresme ve diğerleri grafikleri günümüzde bizim yaptığımızdan daha niteliksel bir şekilde yorumladılar. Örneğin mesafe-zaman grafiğinin, yatay eksendeki koordinatla gösterilen zaman zarfında *her bir noktada* kat edilen mesafeyi gösterdiği bilinmiyordu. Aynı şekilde bu grafiğin eğiminin cismin *her bir andaki* hızını gösterdiği de bilinmiyordu. Newton'dan önce fizikçiler için hız *ortalama* hız demekti; kat edilen toplam mesafe yolculuğun yapıldığı zamana bölünüyordu. Bunlar oldukça kabataslak hesaplamalardı, çünkü bu hesaplamalarda göz önüne aldıkları zamanlar genellikle saat, gün ve hatta haftaydı. Aslında, kısa süreleri hassasiyetle ölçmek mümkün değildi, ta ki nihayet 1670'te İngiliz saat yapımcısı William Clement zamanı saniyeye varıncaya dek ölçmeye olanak sağlayan sarkaç esaslı büyükbaba saatini icat edene dek.

Ortalamaların ötesine geçerek grafik değerlerine ve her bir noktadaki eğimlerine gelmesi Newton'un analizindeki aydınlanmaydı. Newton daha önce kimsenin irdelemediği bir meseleyi irdeledi: Cismin *anlık* hızını, *her bir andaki* hızını nasıl tanımlarsınız? Zaman aralığı gerçekte tek bir nokta olduğunda zamanda kat edilen mesafeyi zamana nasıl bölersiniz? Bu mantıklı bir şey midir? Newton Karalama Defterinde bu problemi eleştirdi.

Galileo bir düzlemin dikeye yaklaşana dek eğilmesi gibi "sınırlayıcı durumları" kafasında canlandırmaktan hoşlanıyorsa bile, Newton fikri yepyeni bir uç noktaya taşıdı. Belli bir zaman noktasındaki anlık hızı betimlemek için, ilk olarak söz konusu noktayı içeren bir zaman aralığında, geleneksel şekilde ortalama hızı hesaplamayı hayal etti. Daha sonra yeni ve soyut bir şey hayal etti: bu zaman aralığını, sınırlayıcı durumda, boyutu sıfıra yaklaşana dek küçültmek.

Başka bir deyişle Newton bir zaman aralığını, herhangi bir sonlu sayıdan küçük –ve yine de sıfırdan büyük– olacak kadar küçültebileceğinizi hayal etti. Günümüzde böyle bir aralığın uzunluğuna "sonsuz küçük değer" adı veriyoruz. Eğer ortalama hızı bir zaman aralığı üzerinden hesaplar ve bu aralığı sonsuz küçük değere düşürürseniz cismin bir andaki anlık hızını elde edersiniz.

Belli bir zamandaki anlık hızı –veya daha genel olarak, bir eğrinin belli bir noktadaki eğimini– bulmanın matematik kuralları yüksek matematiğin* temelini oluşturur. Eğer atomlar kimyasal bileşikleri oluşturan bölünmezler ise, sonsuz küçük değerler de uzay ve zamanı oluşturan bölünmezler gibidir.

Newton yüksek matematiği geliştirerek değişimin matematiğini icat etmişti. Özellikle harekete ilişkin, daha ancak yakın zamanda ilk hız ölçme yöntemini bulmuş bir kültüre sofistike bir anlık hız anlayışını tanıtmıştı. Bu ilk ölçme yönteminde hız şöyle ölçülüyordu: Üzerine belli aralıklarla düğümler atılmış bir ip alınıyor, bir ucu geminin güvertesine diğer ucu bir kütüğe bağlanıyor, kütük hareket halindeki geminin kıç tarafından suya atılıyor ve belirli bir zamanda geminin üzerindeki belirli bir noktadan geçen *düğümler* sayılıyordu. Artık ilk defa, bir cismin belli bir andaki hızından veya bir şeyin değişiminden bahsetmek bir anlam ifade ediyordu.

Günümüzde yüksek matematik her tür değişimi tanımlamak için kullanılır: uçağın kanatları üzerindeki havanın akış şekli; nüfusun büyüme ve hava sistemlerinin gelişme şekli; borsanın iniş çıkışları; kimyasal reaksiyonların evrimi. Bir

---

Tam olarak ifade etmek gerekirse bu diferansiyel hesabıdır. Ayrıca işlemin tersi de mevcuttur: integral hesabı. Yüksek matematik (ya da kalkülüs) her ikisini kapsayan bir terimdir.

niceliği grafiğe dökebildiğiniz bir girişimde, modern bilimin tüm alanlarında, yüksek matematik çok önemli bir alettir.*

Yüksek matematik Newton'un zamanla, belirli bir zamanda bir cisme uygulanan kuvvet miktarının, cismin o anki hızının değişimiyle ilgisini kurmasına olanak sağladı. Üstelik bu, hızdaki tüm bu sonsuz küçük değişimlerin, bir cismin yolunu zamanın bir fonksiyonu olarak bulmak için nasıl bir araya getirilebileceklerini gösterdi. Fakat bu yasa ve yöntemleri bulmak Newton'un onlarca yılını aldı.

Matematikte olduğu gibi fizikte de Newton'un Karalama Defteri o zamana kadar tasavvur edilen her şeyin ötesine geçti. Örneğin Newton'dan önce cisimlerin çarpışması, iç oluşumlar arasındaki, birbirlerini arena dışına atmak için rekabet eden iki gladyatör arasındakine benzer bir tür çekişme gibi görülüyordu. Ancak Newton'un düşünce tarzında her cisim sadece kendisine uygulanan dış neden –yani kuvvet– yönünden analiz edilir.

Bu problemle ilgili Karalama Defterindeki yüzden fazla aksiyomda görülen düşünce tarzındaki gelişmeye rağmen, Newton "kuvvet" ile kastettiği şeye dair ancak kusurlu ve dolambaçlı bir tasvir sunar. Özellikle, dünyanın çekiminin uyguladığı veya bir cismin "hareketinde değişime" neden olan kuvvetin miktarını ölçmeye dair hiçbir ipucu vermez. Newton'un Woolsthorpe'ta geçirdiği yıllar sırasında tasvir etmeye başladığı resim, neredeyse yirmi yıl boyunca mükemmelleştiremediği ve Newtoncu devrim için gereken kıvılcımdan dağlar kadar farklı bir resimdir.

***

Teknik açıdan, farklı olan ve sürekli olmayan miktarlar olan nüfus artışı ve borsa fiyatları yüksek matematikle yönetilmez fakat bu sistemler çoğunlukla yaklaşık olarak sürekli şeklinde değerlendirilirler.

Fizikçi Jeremy Bernstein, Avusturyalı fizikçi Wolfgang Pauli'nin 1958'de Birleşik Devletler'e yaptığı ziyaretle ilgili bir hikâye anlatır. Pauli, şüpheci görünen Niels Bohr'un da dahil olduğu Columbia Üniversitesi'ndeki bir dinleyici topluluğuna bir teori sunar. Pauli ilk bakışta teorisinin biraz çılgınca görünebileceğini söyleyince, Bohr karşılık olarak, asıl problemin teorinin *yeterince* çılgınca olmaması olduğunu söyler. Bunun üzerine Pauli dinleyicilere dönerek "Hayır, teorim *yeteri kadar* çılgınca!" der, Bohr da, "Hayır, teorin *yeteri kadar* çılgınca değil!" diye üsteler. Çok geçmeden iki ünlü fizikçi salonun ön tarafına çıkarak beşinci sınıf öğrencileri gibi bağırıp çağırmaya başlarlar.

Bunu anlatma nedenim, bütün fizikçilerin –ve bütün yenilikçilerin– doğrudan fazla yanlış fikirlerinin olması ve yaptıkları işte çok iyilerse, en iyi tür olan çok çılgınca –elbette ancak doğru ise– fikirlere sahip olmalarıdır. Doğruyu yanlıştan ayırmak kolay bir süreç değildir; çokça zaman ve çaba gerektirebilir. Dolayısıyla tuhaf fikirleri olan insanlara biraz sempati göstermeliyiz. Aslında Newton da onlardan biriydi: Veba salgını sırasında böyle elverişli bir başlangıç yaptıktan sonra, daha sonraki yaşamının çoğu, çalışmalarını inceleyen sonraki birçok bilginin çılgınca olarak gördüğü yanlış fikirlerin peşinden koşmakla geçti.

Her şey oldukça iyi başlamıştı. Cambridge tekrar açıldıktan kısa süre sonra, 1667 baharında Newton Trinity College'a döndü. O sonbahar Trinity bir seçim düzenledi. Hepimiz zaman zaman geleceğimiz üzerinde çok büyük etkisi olacak farklı durumlarla karşılaşırız: kişisel zorluklar, yaşamlarımızı değiştirebilecek iş görüşmeleri, daha sonraki olanaklarımız üzerinde büyük bir etkisi olabilecek yüksekokul veya meslek okulu giriş sınavları. Trinity College seçimi Newton için bunların hepsinin bir arada olması demekti: Seçimin sonucu,

yirmi dört yaşındaki gencin üniversitede "akademi üyesi" adı verilen daha yüksek bir mevkide mi kalacağını, yoksa koyun gütme ve gübre küremekle geçecek bir yaşama mı dönmek zorunda kalacağını belirleyecekti. Newton açısından durum umutlu görünmüyordu çünkü üç yıldır Trinity College'da seçim yapılmamıştı ve çoğunun siyasi bağlantılara sahip olduğu çok sayıda aday için, sadece dokuz açık kadro vardı. Hatta bazılarının ellerinde kralın seçilmelerini *emrettiği* imzalı mektupları bile vardı. Ancak Newton bu kadrolardan birine seçildi.

Artık çiftçilik kariyeri temelli geride kalan Newton'un canla başla işe sarıldığını ve Karalama Defterindeki yüksek matematik ve hareket üzerine olan düşüncelerini Newton yasalarına çevirme işinde ilerlediğini düşünebilirsiniz. Fakat öyle olmadı. Sonraki birkaç yıl Newton iki çok farklı alanda –optik ve matematikte, özellikle cebirde– dikkate değer çalışmalar yaptı. Matematik alanındaki çalışmaları o kadar başarılı oldu ki çok geçmeden Cambridge'deki küçük matematikçi topluluğu arasında dâhi olarak görülmeye başlandı. Sonuç olarak, nüfuzlu Isaac Barrow, prestijli Lukas matematik profesörlüğü görevinden ayrılınca yerine Newton'un geçmesini sağladı (bu pozisyona birkaç yüzyıl sonra da Stephen Hawking geçecekti). Maaş çağın standartlarına göre muhteşemdi: Newton'un üniversitesi artık annesinin ona verdiği paranın on katını vermeye hazırdı: yılda yüz pound.

Newton'un optik alanında gösterdiği çabalar aynı şekilde başarılı olmadı. Newton öğrenciyken, Oxford bilim insanları Robert Boyle (1627–1691) ve Robert Hooke'un (1635–1703) optik ve ışık alanındaki son çalışmalarını okumuştu. Robert Boyle aynı zamanda kimyada bir öncüydü ve "eciş bücüş ve soluk yüzlü" Robert Hooke da Boyle'un asistanı olarak çalışmalarında göstermiş olduğu gibi iyi bir teorisyen ve mükem-

mel bir deneyciydi. Boyle ve Hooke'un çalışmaları, Newton hiç itiraf etmese de, Newton'a esin kaynağı oldu. Ancak çok geçmeden hesaplamakla kalmayıp deney de yapmaya ve cam yontup teleskopta iyileştirmeler yapmaya başlamıştı.

Newton ışığı tüm yönleriyle saldırganca irdeledi. Gözüne iğneye benzer bir şiş değdirdi ve beyaz ve renkli daireler görene kadar şişi bastırdı. Işık basınçtan mı kaynaklanıyordu? Gözlerini dayanabildiği kadar güneşe dikti –o kadar uzun süre ki iyileşmesi günler sürdü– ve gözlerini güneşten başka yöne çevirdiğinde renklerin karmakarışık olduğuna dikkat etti. Işık gerçek miydi yoksa hayal gücünün bir ürünü müydü?

Newton ışığı laboratuvarda incelemek için çalışma odasının tek penceresindeki panjura bir delik açarak güneş ışınının içeri girmesini sağladı. Felsefeciler güneşin beyaz ışığının, tamamen renksiz en saf tür olduğunu düşünüyorlardı. Hooke bu ışığı prizmalardan geçirmiş ve prizmalardan renkli ışığın çıktığını gözlemlemişti. Prizma gibi saydam maddelerin renk ürettikleri sonucuna vardı. Ancak ışığı aynı şekilde prizmalardan geçiren Newton farklı bir sonuca ulaştı. Prizmaların beyaz ışığı renklere ayırmalarına rağmen, renkli ışıkla beslendiklerinde renklerin değişmeden kaldıklarını fark etti. Sonunda, Newton camın renk *üretmediği* –ışık ışınını farklı renkler için farklı ölçülerde bükerek– beyaz ışığı onu oluşturan renklere *ayırdığı* sonucuna vardı. Newton beyaz ışığın saf değil bir karışım olduğunu ileri sürdü.

Bu gözlemleri Newton'u, 1666 ile 1670 arasında üzerinde çalıştığı bir renk ve ışık teorisine yönlendirdi. Sonuçta ışığın atomlar gibi ufak "tanecik" ışınlarından oluştuğu sonucuna vardı; Hooke'un buna bir hipotez adını vermesi ise onu çok öfkelendirdi. Günümüzde Newton'un teorisinin detaylarının yanlış olduğunu biliyoruz. Işık tanecikleri kavramı birkaç yüz-

yıl sonra Einstein tarafından yeniden öne sürüldü; günümüzde bunlara foton deniyor. Ancak Einstein'ın ışık tanecikleri kuantum parçacıklarıdır ve Newton'un teorisine uymazlar.

Newton'un teleskopla ilgili çalışmaları ona ün kazandırsa da, ışık tanecikleri fikri, Einstein'ın zamanında olduğu gibi Newton'un zamanında da büyük şüphecilikle karşılandı. Teorisinde ışığın dalgalardan ibaret olduğunu ileri süren Robert Hooke ise düşmanlıkla karşıladı. Üstelik Hooke Newton'un, kendisinin daha önce yaptığı deneylerde sadece varyasyonlar yapmasından ve bunları kendisininmiş gibi sunmasından şikâyet etti.

Öğünleri geçiştirerek ve geceler boyu uykusuz kalarak optik çalışmaları yaptığı yıllar Newton açısından çabucak acı ve şiddetli bir hale gelen entelektüel bir savaşa dönüşmüştü. Bu yetmezmiş gibi, Hooke düşünmeden konuşan küstah bir adam olduğu için Newton'a vereceği yanıtları birkaç saat içinde oluştururken, her şeyde titiz ve dikkatli olan Newton yanıtlarını vermek için çok emek harcama ihtiyacı duyuyordu. Bir keresinde bir yanıt için aylarca uğraşmıştı.

Kişisel düşmanlık bir yana, bu noktada Newton yeni bilimsel yöntemin sosyal tarafına girmişti: fikirlerin alenen tartışılması ve münazarası. Newton bundan zevk almıyordu. Zaten kendini yalıtmaya eğilimli olduğundan içine kapandı.

Matematikten sıkılan ve optiğinin eleştirilmesine öfkelenen Newton 1670'lerin ortalarında –otuzlu yaşlarının başındaydı fakat saçları çoktan beyazlamış ve çoğunlukla dağınık haldeydi– neredeyse kendini tüm bilim camiasından soyutladı. On yıl boyunca da bu şekilde devam etti.

Neredeyse tümden kendini yalıtmasının tek nedeni çatışmaya olan isteksizliği değildi: Son yıllarda, matematik ve optik üzerinde çalışırken dahi, Newton haftalık yüz saatlik çalışmalarının odak noktasını, kimseyle tartışmaya istekli ol-

madığı iki yeni ilgi alanına çevirmeye başlamıştı. Bunlar onun o zamandan bu yana çok eleştirildiği "çılgınca" araştırma programlarıydı. Ve doğrusu bunlar kesinlikle ana akımın dışındaydı: İncil'in matematiksel ve metinsel analizi ve simya.

Daha sonraki bilginler için, Newton'un kendisini teoloji ve simya üzerinde çalışmaya adaması, sanki Scientology tarikatının müritleri için broşür yazmak amacıyla *Nature*'a makale vermekten vazgeçmiş gibi, çoğunlukla akıl almaz görünmüştür. Buna rağmen bu yargılamalar bu girişimin asıl kapsamını dikkate almazlar, çünkü onun fizik, teoloji ve simya alanındaki çabalarını birleştiren şey ortak bir amaçtı: dünya hakkındaki hakikati öğrenme mücadelesi. Bu çabaları ana hatlarıyla değerlendirmek enteresan olabilir. Bu, bunların doğru oldukları ortaya çıktığı veya Newton'un delilik krizlerine işaret ettikleri için değil, yararlı oldukları ortaya çıkan ile çıkmayan bilimsel araştırmalar arasındaki ince çizgiye dikkat çektikleri için yapılabilir.

Newton, İncil'in dindar insanlara hakikatin vahiy edileceğini vaat ettiğine inanıyordu, ama tabii yüzeysel bir okumayla bu vahyin tüm öğelerine ulaşmak kuşkusuz mümkün olmazdı. Ayrıca İsviçreli doktor Paracelsus gibi büyük simyacılar dahil, geçmişin dindar adamlarının önemli içgörüleri olduğunu ve bunları inançsızlardan saklamak için şifreli, ilahi bir formda çalışmalarına dahil ettiklerine de inanıyordu. Hatta Newton kütleçekimi yasasını bulduktan sonra, Musa, Pisagor ve Platon'un bunu kendisinden önce bildikleri kanısına vardı.

Yetenekleri göz önüne alındığında, Newton'un fikirlerini İncil'in matematiksel bir analizine çevirmesi anlaşılır bir şeydir. Çalışmaları onu yaradılış, Nuh'un gemisi ve İncil'de adı geçen diğer olayların tam tarihleri olarak gördüğü tarihlere yöneltti. Ayrıca dünyanın sonunun İncil'e dayanan tahmini

tarihini hesapladı ve defalarca bu hesabı yeniledi. Son tahminlerinden biri dünyanın sonunun 2060 ile 2344 arasında bir zamanda geleceğiydi. (Bunun doğru çıkıp çıkmayacağını bilmiyorum fakat tuhaf bir biçimde küresel iklim değişikliklerinin bazı senaryolarına çok iyi uyuyor.)

Ayrıca Newton bir dizi metnin gerçekliğinden şüphe etme noktasına geldi ve büyük bir sahtekârlığın –Newton'un putperestlik olarak gördüğü– Tanrı İsa fikrini desteklemek amacıyla ilk Kilisenin mirasını yozlaştırmış olduğuna kanaat getirdi. Kısacası, Baba, Oğul ve Kutsal Ruh (Teslis, İng. Trinity) görüşüne inanmıyordu ki Trinity College'da profesör olduğu göz önüne alınırsa bu ironik bir durumdu. Ayrıca tehlikeliydi de, çünkü bu görüşleri yanlış insanların kulağına giderse neredeyse kesinlikle işini kaybederdi ve çok daha fazlası da olabilirdi. Fakat Newton Hıristiyanlığı yeniden yorumlamaya kendini adamış olduğu halde, çalışmalarını halka açıklama konusunda çok tedbirliydi; oysa din alanındaki bu çalışmalarını bilimdeki devrimci çalışmalarından çok daha önemli buluyordu.

Newton'un bu yıllardaki diğer tutkusu –simya– yine muazzam miktarda zaman ve enerji tüketti ve bu çalışmalar, fizik çalışmalarına ayırdığından çok daha fazla zaman aldı, otuz yıl boyunca devam etti. Ayrıca para da tükettiler, çünkü Newton hem bir simya laboratuvarı hem de bir kütüphane kurmuştu. Biz de bu çabalarını bilimdışı olarak ciddiye almamakla hata yapmış oluruz çünkü diğer uğraşlarında olduğu gibi, araştırmalarını dikkatle yürütüyordu ve Newton'un esas inançları göz önüne alındığında bu gayet makuldü. Newton yine anlaşılması güç sonuçlara varmıştı çünkü akıl yürütmesi bizim tamamen alışılmadık bulduğumuz daha büyük bir bağlamda saklıydı.

Günümüzde simyacıları hindistancevizini altına dönüştürmeye çalışırken büyülü sözler söyleyen cüppeli, sakallı adamlar olarak düşünürüz. Aslında, simyanın bilinen en eski uygulayıcısı, MÖ 200 civarında yaşayan ve her "deneyi", "Bir doğa diğerinden hoşlanır. Bir doğa diğerini yok eder. Bir doğa diğerine hâkim olur," sözleriyle bitiren Mendes'li Bolos adında bir Mısırlıydı. Sanki bu sözleri iki insan evlendiklerinde olabilecek şeyleri çağrıştırıyor gibidir. Fakat Bolos'un sözünü ettiği doğalar kimyasallardı ve kimyasal tepkimeler konusunda gerçekten de biraz bilgi sahibiydi. Newton uzak geçmişte Bolos gibi bilginlerin o zamandan bu yana kayıp olan derin hakikatleri keşfetmiş olduklarını, fakat bunların, şifreli yazılmış simya reçeteleri olduğuna inandığı Yunan mitlerini analiz ederek yeniden elde edilebileceklerine inanıyordu.

Simya araştırmalarında titiz bilimsel yaklaşımını koruyan Newton itinayla sayısız deney yaptı ve çok sayıda not aldı. Ve böylece –genellikle bilim tarihindeki en büyük eser olarak adlandırılan– *Principia*'nın gelecekteki yazarı şunun gibi laboratuvar gözlemleriyle dolu defterlere yıllarca karalama yaptı: "Venüs'ün esas tuzunda uçucu yeşil aslanı çöz ve damıt. Bu alkollü sıvı yeşil aslan, Venüs'ün kanı yeşil aslandır, zehriyle her şeyi öldüren Babil ejderhası, fakat Diana'nın güvercinleri tarafından yatıştırılarak fethedilmiştir, bu cıva bağıdır."

Bilim kariyerime başladığımda, bütün olağan kahramanları –tarihin Newton ve Einstein'ları ile Feynman gibi çağdaş dâhileri– gözümde ilahlaştırdım. Tüm bu devleri çıkarmış bir alana girmek genç bir bilim insanı üzerinde çok baskı oluşturabilir. Caltech'te ilk işime girdiğimde bu baskıyı hissettim. Ortaokuldaki ilk günümden önceki gece, beden eğitimi dersine girmek ve özellikle diğer oğlanların önünde duş almak konusunda endişelendiğime benzer bir endişe yaşadım. Çünkü kuramsal fizikte de kendinizi çıplak bırakırsınız; fiziksel

olarak olmasa da entelektüel olarak ve başkaları bakıp sizi yargılar.

Bu tarz güvensizliklerden nadiren bahsedilir veya paylaşılır ama bunlar yaygındır. Her fizikçi bu baskıyla başa çıkmada kendi yolunu bulmak zorundadır fakat eğer başarılı olmak istiyorlarsa kaçınmaları gereken şey hata yapma korkusudur. Thomas Edison'un sıklıkla şöyle tavsiyede bulunduğu söylenir: "Muhteşem bir fikir istiyorsan, onlardan sende çok olmalı." Gerçekten de bir yenilikçi şanlı bulvarlardan çok çıkmaz sokaklara girer, bu yüzden yanlış bir yola girmekten korkmak asla hiçbir ilginç yere gitmemeyi garantilemektir. Bu nedenle kariyerimin o aşamasında, Newton'un da pek çok yanlış fikir ürettiğini ve yıllarını boşa harcadığını bilmiş olmayı isterdim.

Çok doğru şeyleri bilen insanların bile kimi zaman yanıldıklarını öğrenmekten rahatlayan benim gibi insanlar için, Newton gibi bir dâhinin bile yanlış yola sapabileceğini bilmek teskin edicidir. Newton ısının, bütün maddelerin yapıtaşı olduğuna inandığı çok küçük parçacıkların hareketinin bir sonucu olduğunu bulmuş olabilir, fakat kendisinde tüberküloz olduğunu düşündüğünde, terebentin, gülsuyu, balmumu ve zeytinyağından oluşan bir "ilaç" içti. (İlacın aynı zamanda göğüs ağrısına ve kuduz köpek ısırığına da iyi geldiği düşünülüyordu.) Evet, Newton yüksek matematiği icat etti fakat aynı zamanda Kudüs'teki Kral Süleyman'ın kayıp tapınağının zemin planının dünyanın sonuna dair matematiksel ipuçları içerdiğini de düşünüyordu.

Peki, neden Newton bu kadar yoldan çıktı? Koşullar incelendiğinde bir tanesi hemen öne çıkar: Newton'un yalnızlığı. Ortaçağ Arap dünyasında kötü bilimin yayılmasına yol açan entelektüel yalnızlık gibi, yalnızlık Newton'a köstek oluyor gibiydi; her ne kadar bu durumda yalnızlık gönüllü olsa da

–çünkü Newton din ve simyayla ilgili inançlarını saklı tutuyordu– meseleyi entelektüel müzakereye açarak alay edilme ve hatta kınanma riskine girmek istemiyordu. Bir "iyi" bir de "kötü Newton" yoktu, akılcı ve akılcı olmayan Newton vardı, diye yazmıştı Oxford filozofu W. H. Newton-Smith. Daha ziyade, Newton fikirlerini tartışmaya ve en önemli "bilim kurumu normlarından" biri olan "açık bir forumda" sorgulanmaya açmayarak doğru yoldan saptı.

Eleştiriye aşırı duyarlı olan Newton veba salgını sırasında hareket fiziği hakkında yaptığı devrim niteliğindeki araştırmaları paylaşmaya da aynı şekilde tereddüt ediyordu. Lukas profesörü olarak on beş yıllık görevi sırasında bu fikirleri yayımlanmamış, tamamlanmamış bir çalışma olarak kaldı. Sonuç olarak, 1684'te, kırk bir yaşındayken, bu aşırı çalışkan eski dâhinin simya ve din hakkında bir yığın düzensiz not ve denemesi, yarım kalmış matematik eserleriyle dolu darmadağın bir çalışma odası ve halen karmakarışık ve tamamlanmamış bir hareket teorisi vardı. Newton'un birtakım alanlarda detaylı araştırmalar yaptığı halde sağlam sonuçlara ulaşamamış olması onun matematik ve fizik hakkındaki fikirlerinin aşırı doymuş bir tuz solüsyonu gibi kalmalarına neden olmuştu: içeriği yoğun fakat henüz kristalize olmamış.

Newton'un kariyer durumu da o sıralarda bu haldeydi. Tarihçi Westfall diyor ki: "Newton 1684'te ölseydi ve çalışmaları o halleriyle günümüze ulaşsaydı, bunlardan bir dâhinin yaşamış olduğunu bilecektik. Gelgelelim onu modern zekâyı şekillendiren bir figür olarak takdir etmek yerine, en fazla kısa paragraflarda sözünü ederek, potansiyelini gerçekleştirememiş olmasına hayıflanacaktık."

Bunun Newton'un kaderi olmamasının nedeni çalışmalarını bitirmeye ve yayımlamaya bilinçli bir şekilde karar vermiş olması değildi. Tam tersine, 1684'te bilim tarihinin seyri

hemen hemen tesadüfi bir karşılaşmayla, Newton'un tam da ihtiyaç duyduğu fikir ve uyarıcıları sağlayan bir meslektaşıyla etkileşimi sayesinde değişti. Bu karşılaşma olmasaydı, bilim tarihi ve günümüzdeki dünya çok farklı olurdu ve daha iyi durumda olmazdı.

***

Dünyanın o güne dek bilimde görmüş olduğu en büyük ilerlemeye dönüşecek olan tohum, Newton, yaz sonlarının sıcağında o sırada Cambridge'den geçmekte olan bir meslektaşıyla karşılaştıktan sonra filizlendi.

Önemli sonuçlara yol açacak olan o yılın ocak ayında, Halley kuyrukluyıldızının isim babası astronom Edmond Halley, kendini bilime adamış nüfuzlu, bilgili bir topluluk olan Londra'daki Royal Society'de oturmuş, iki meslektaşıyla günün sıcak bir meselesini tartışıyordu. Yıllar önce Johannes Kepler, Danimarkalı aristokrat Tycho Brahe'nin (1546–1601) topladığı eşi görülmemiş doğruluktaki gezegen verilerini kullanarak, görünüşe göre gezegenlerin yörüngelerini tanımlayan üç yasa keşfetmişti. Gezegen yörüngelerinin, güneşin, odak noktalarından birinde yer aldığı elipsler olduğunu açıklamış ve bu yörüngelerin uydukları –örneğin, bir gezegenin bir yörüngeyi tamamlaması için gereken zamanın, güneşten ortalama uzaklığının küpüyle orantılı olması gibi– belirli kuralları tanımlamıştı. Bir bakıma, onun yasaları gezegenlerin uzayda hareket etme biçimlerinin güzel ve özlü tanımlarıydı, fakat başka bir yönden de bunlar boş gözlemler, gökcisimlerinin neden bu tür yörüngeler izlemesi gerektiğini açıklığa kavuşturmayan doğaçlama ifadelerdi.

Halley ve iki meslektaşı Kepler'in yasalarının bazı daha derin gerçekleri yansıttığını düşünüyorlardı. Özellikle, Kepler'in yasalarının, güneş her gezegeni gezegenin güneşe olan

uzaklığının karesiyle orantılı olarak azalan bir kuvvetle kendine doğru çektiği –bu, "ters kare yasası" adı verilen bir matematiksel formdur– varsayıldığında tamamen anlaşılacağını varsayıyorlardı.

Güneş gibi uzak bir cisimden bütün yönlerde yayılan bir kuvvetin, sizin bu cisimden olan uzaklığınızın karesiyle orantılı olarak azalması gerektiği fikri geometri yönünden tartışılabilir. Şöyle bir şey hayal edelim: Güneşin, merkezinde yalnızca bir nokta olarak göründüğü devasa bir küre olsun. Bu kürenin yüzeyindeki tüm noktalar güneşe eşit mesafede olur, öyle ki aksine inanacak başka bir neden olmaması durumunda, güneşin fiziksel etkisinin –esasen "kuvvet alanının"– küre yüzeyi boyunca eşit yayılması gerektiğini tahmin ederiz.

Şimdi iki katı büyüklüğünde bir küre hayal edelim. Geometri yasaları kürenin yarıçapını iki katına çıkarmanın yüzey alanını dört katına çıkardığını, öyle ki güneşin çekiş kuvvetinin artık dört katı büyük bir alana yayıldığını gösterir. Bu takdirde, bu daha büyük kürenin herhangi bir noktasında, güneşin çekiminin öncekinin dörtte biri olması mantıklı olur. Ters kare yasası bu şekilde işler: Uzaklaştığınızda kuvvet mesafenizin karesiyle orantılı olarak azalır.

Halley ve meslektaşları Kepler'in yasasının ardında bir ters kare yasası olduğunu tahmin ediyorlardı fakat bunu ispatlayabilirler miydi? Onlardan biri –Robert Hooke– bunu ispatlayabileceğini söyledi. Diğeri, günümüzde en çok mimarlık çalışmalarıyla tanınan fakat aynı zamanda tanınmış bir astronom da olan Christopher Wren, kanıt sunması karşılığında Hooke'a ödül vermeyi teklif etti. Hooke bu teklifi reddetti. Müzmin muhalif bir adam olmasıyla tanınsa da sunduğu nedenler şüpheliydi: Şimdilik kanıtını açıklamayacağını, böylece başkaları problemi çözemeyince işin zorluğunu takdir edebileceklerini söyledi. Belki de Hooke gerçekten problemi

çözmüştü. Belki aynı zamanda Venüs'e uçabilecek bir zeplin de tasarlamıştı. Her halükârda kanıtı hiç sunmadı.

Bu karşılaşmadan yedi ay sonra Cambridge'e giden Halley, kendini etrafından soyutlamış Profesör Newton'u ziyaret etmeye karar verdi. Hooke gibi Newton da Halley'in varsayımını ispatlayabilecek çalışmaları yapmış olduğunu söyledi. Hooke gibi o da kanıtını sunmadı. Bazı kâğıtları karıştırdı fakat kanıtını bulamayınca daha sonra arayıp Halley'e göndereceğine söz verdi. Aylar geçti fakat Halley'in eline bir şey geçmedi. İnsan Halley'in ne düşündüğünü merak ediyor doğrusu. İki yetişkin kültürlü adama bir problemi çözüp çözemeyeceklerini soruyor, biri, "Yanıtı biliyorum ama söylemem!" diğeri de, "Ev ödevimi köpek yedi," diyor. Wren ödülün kendisinden istenilmesini bekledi.

Newton aradığı kanıtı buldu fakat tekrar incelediğinde hatalı olduğunu fark etti. Ancak pes etmedi; fikirleri üzerinde tekrar çalıştı ve sonunda başarılı oldu. O kasım ayında Halley'e, Kepler'in üç yasasının, gerçekten de bir ters kare çekim yasasının matematiksel sonuçları olduğunu gösteren dokuz sayfalık bir tez gönderdi. Kısa kitapçığa, *De Motu Corporum in Gyrum* (Yörüngedeki Cisimlerin Hareketi Üzerine) adını verdi.

Halley heyecanlanmıştı. Newton'un değerlendirmesinin devrim niteliğinde olduğunu fark etti ve Royal Society'nin bunu yayımlamasını istedi. Fakat Newton karşı çıktı. "Şimdi bu konu üstünde çalışıyorum," dedi, "çalışmalarımı yayımlamadan önce konunun özüne memnuniyetle vâkıf olurum." Nasıl yani? Newton "memnuniyetle vâkıf" mı olacaktı? Bu sözler bir konunun önemini göstermekte belki de tarihe geçecek ölçüde yetersiz kalan ifadelerden biriydi, çünkü Newton bunun ardından harcadığı üstün gayretle, belki de o zamana dek yapılmış en önemli entelektüel keşiflerden birini yapacaktı. Newton, gezegen yörüngeleriyle ilgili asıl meselenin,

hem gökyüzündeki hem de yeryüzündeki tüm cisimler için geçerli olan evrensel bir hareket ve kuvvet teorisi olduğunu göstererek "konunun özüne" ulaşacaktı.

Sonraki on sekiz ay, Newton *Principia* haline gelecek olan eseri üzerinde çalışmak dışında bir şey yapmadı. O bir fizik makinesiydi. Bir konuyla uğraştığında yemek yememesi, hatta uyumaması her zaman alışkanlığı olmuştu. Kedisinin, tepsisinde bıraktığı yemekler yüzünden şişmanladığı söyleniyordu ve üniversiteden eski oda arkadaşı da sık sık Newton'u bir gece önce nerede bıraktıysa, sabah aynı yerde aynı problem üzerinde çalışırken bulduğunu söylemişti. Ancak bu defa Newton daha da uçlardaydı. Kendini neredeyse tüm insani temaslardan kopardı. Nadiren odasından çıkıyor ve yine nadiren ihtiyatla üniversitenin yemekhanesine gidiyor, çoğu kez ayakta yemeğinden bir iki küçük lokma alıyor ve sonra hızla konutuna dönüyordu.

***

Sonunda Newton simya laboratuvarının kapısını kapatmış, teolojik araştırmalarından şimdilik vazgeçmişti. Kendisinden talep edildiği gibi ders vermeye devam etti fakat bu dersler tuhaf derece soyut ve anlaması olanaksız görünüyordu. Nedeni daha sonra anlaşıldı: Newton her derste *Principia*'nın taslaklarından okumuştu.

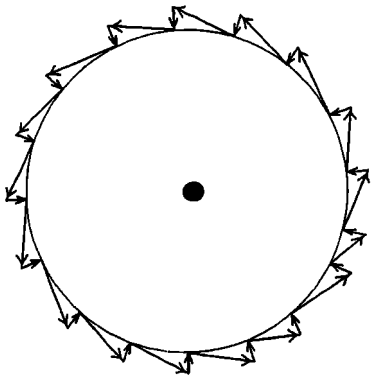
Newton Trinity'de öğretim üyesi seçildikten sonraki yıllarda kuvvet ve hareket üzerine olan çalışmalarını çok fazla ilerletmemiş olabilir, fakat artık 1680'lerde 1660'lı veba yıllarında olduğundan çok daha büyük entelektüel becerilere sahip biriydi. Çok daha fazla matematiksel olgunluğa erişmiş ve simya çalışmalarından da daha fazla bilimsel deneyim elde etmişti. Hatta bazı tarihçiler simyayla uğraştığı yılların, onu *Principia*'yı yazmaya yönelten, hareket bilimindeki nihai atılımı mümkün kıldığına inanırlar.

İronik bir biçimde, Newton'un büyük buluşunun katalizörlerinden biri Robert Hooke'tan beş yıl önce aldığını hatırladığı bir mektup oldu. Hooke bu mektupta, yörünge hareketinin iki farklı eğilimin toplamı olarak görülebileceğini öne sürüyordu. Bir cismin (örneğin bir gezegen) onu çeken başka bir cismin etrafında (örneğin güneş) dairesel bir yörüngede döndüğünü düşünün. Yörüngede dönen cismin düz bir çizgide devam etme –yani tıpkı yağmurda virajı alamayan bir araba gibi, kavisli yörüngesinden çıkma ve dümdüz gitme– eğiliminde olduğunu farz edin. Bu, matematikçilerin tanjant (teğet) yönünde ayrılmak dedikleri şeydir.

Şimdi aynı zamanda cismin ikinci bir eğilimi olduğunu, yörüngenin merkezine doğru çekildiğini varsayın. Matematikçiler bu yöndeki harekete radyal (yarıçap yönünde) hareket derler. Hooke, radyal harekete doğru bir eğilimin, tanjant hareketine doğru bir eğilimi tamamladığını, böylece, bu iki eğilimin birlikte yörünge hareketini ortaya çıkardığını söyledi.

Bu fikrin Newton'da nasıl bir yankı uyandırmış olabileceğini tahmin etmek kolaydır. Hatırlarsanız, Galileo'nun atalet yasasını geliştirirken, Newton Karalama Defterinde bütün cisimlerin, bir dış etken yani kuvvet tarafından etki edilmediği müddetçe düz bir çizgide hareket etme eğiliminde olduklarını öne sürmüştü. Yörüngede hareket eden bir cisim için, ilk eğilim –düz bir çizgi doğrultusunda yörüngeden çıkmak– doğal olarak bu yasadan çıkar. Newton eğer bu resme bir cismi yörüngenin merkezine doğru çeken bir kuvvet eklerseniz, aynı şekilde Hooke'un ikinci gerekli öğesi olan radyal hareketin nedenini sağlamış olacağınızı da fark etti.

Fakat bunu matematiksel açıdan nasıl tanımlayabilirsiniz ve özellikle ters kare yasasının özel matematiksel formu ile Kepler'in keşfettiği yörüngelerin belirli matematiksel özellikleri arasındaki bağlantıyı nasıl kurabilirsiniz?



Teğetsel ve radyal hareketten
kaynaklandığı görülen dairesel hareket

Zamanı küçük aralıklara böldüğünüzü düşünün. Her bir aralıkta, yörüngede dönen cisim az bir miktar tanjant yönünde ve aynı zamanda az bir miktar da radyal yönde hareket ediyor olarak düşünülebilir. Bu iki hareketin sonucu yörüngesine geri dönmesidir, fakat başlamış olduğu çemberden biraz uzağa. Bunun birçok kez tekrarlanması, yukarıda görülen cinsten, bir tür dişli çark görünümündeki yörüngeyle sonuçlanır.

Eğer böyle bir yörüngede, zaman aralıkları yeterince küçükse, izlenen yol dilediğiniz kadar bir çembere yakın kılınabilir. İşte bu noktada Newton'un yüksek matematik hakkındaki çalışmaları geçerliydi: Eğer aralıklar *sonsuz küçükse*, yol, nereden bakılırsa bakılsın bir *çemberdir*.

Newton'un yeni matematiği bu yörünge tanımını oluşturmasına olanak sağlamıştır. Newton önce, yörüngede hareket eden bir cismin tanjant yönünde (teğetsel) yol alması ve radyal olarak "düşmesi"nin bir tür dişli çark konturu şeklinde bir yörünge oluşturmasını, daha sonra da dişlerin düz çizgiden meydana gelen bölümlerinin hızla küçüldüğü limit durumunu tarif eder. Bunun sonucunda dişli çark konturu bir çember haline gelir.

Bu görüşe göre, yörünge hareketi bir merkeze doğru çeken bir kuvvetin etkisiyle teğetsel yolundan sürekli olarak saptırılan bir cismin hareketidir. Kanıt işte buydu: Newton kendisine ait yörüngeler matematiğindeki merkezcil kuvveti tanımlamak için ters kare yasasını kullanarak Halley'in istemiş olduğu Kepler'in üç yasasını ortaya koymuştu.

Serbest düşüşün ve yörünge hareketinin aynı kuvvet ve hareket yasalarının örnekleri olduğunu göstermesi Newton'un en büyük zaferlerinden biriydi, çünkü Aristoteles'in yeryüzü ve gökyüzünün farklı âlemler oluşturdukları iddiasını kesin olarak çürütüyordu. Nasıl Galileo'nun astronomik gözlemleri başka gezegenlerin özelliklerinin de dünyanın özelliklerine çok benzediğini açığa çıkardıysa, Newton'un çalışmaları da *doğa yasalarının* aynı zamanda başka gezegenler için de geçerli olduğunu ve sadece dünya gezegenine özgü olmadığını gösterdi.

Gelgelelim 1684'te bile, Newton'un kütleçekimi ve hareketin içyüzünü kavraması, düşen elma hikâyesinin akla getirdiği gibi ani aydınlanmalar şeklinde olmamıştı. Aksine, bu çok önemli fikir, kütleçekiminin evrensel olduğu fikri, Newton'un zihninde, *Principia*'nın ilk taslaklarının düzeltmeleri üzerinde çalışırken yavaş yavaş şekillenmiş olmalıdır.

Daha önceleri, eğer bilim insanları gezegenlerin bir çekim kuvveti uyguladıklarını düşündülerse bile, gezegenlerin çekim kuvvetinin yalnızca uydularını etkilediğini, diğer gezegenleri etkilemediğine inanıyor, sanki her gezegen kendi yasaları olan ayrı bir dünyaymış gibi düşünüyorlardı. Aslında Newton cisimlerin dünyaya düşmesinin güneşin başka gezegenler üzerindeki çekimine değil, dünyanın ay üzerindeki çekimine açıklama getirip getiremeyeceğini araştırarak işe başlamıştı.

Nihayet bu geleneksel düşünce biçimini sorgulamaya başlaması Newton'un yaratıcılığının, kalıpların dışında düşünme becerisinin bir kanıtıdır. İngiliz bir astronoma yazan Newton 1680 ve 1684 kuyrukluyıldızlarının yanı sıra, Jüpiter ve Satürn birbirlerine yaklaşırlarken yörünge hızlarına ilişkin de veri istedi. Bu çok hassas veriler üzerinde bazı yorucu hesaplamalar yaptıktan ve sonuçları kıyasladıktan sonra, aynı çekim yasasının her yerde, dünyada ve aynı zamanda tüm gökcisimlerinde geçerli olduğuna kanaat getirdi. Bu bilgileri dahil ederek *Principia*'nın metnini düzeltti.

Newton'un yasalarının güçlü yönleri sadece devrim niteliğindeki kavramsal içeriklerinde değildi. Bu yasalar sayesinde Newton aynı zamanda eşi benzeri olmayan doğrulukta öngörülerde bulunabiliyor ve bunları deney sonuçlarıyla kıyaslayabiliyordu. Örneğin, Newton ayın uzaklığı ve dünyanın yarıçapına ilişkin verileri kullanarak, güneşin çekimi nedeniyle ayın yörüngesinin sapması, dünyanın dönmesi sonucu oluşan merkezkaç kuvveti ve dünyanın şeklinin mükemmel bir küreden farklılıkları gibi küçük ayrıntıları hesaba katarak, Paris enleminde düşen bir cismin ilk saniyede 4,575175 metre kadar düştüğü sonucuna vardı. O zamana kadar Newton'un bildirdiği en yüksek hız olan bu hız deney sonuçlarıyla üç binde birden daha yüksek bir oranda uyumluydu. Üstelik deneyi titizlikle farklı materyallerle –altın, gümüş, kurşun, cam, tuz, su, tahta ve buğdayla– tekrarladı. Bileşimi her ne olursa olsun ve her nerede olursa olsun (ister yeryüzünde ister gökyüzünde olsun) her cismin başka cisimleri çektiği ve çekimin daima aynı yasayı izlediği sonucuna vardı.

***

Newton başlamış olduğu işin "özüne inmeyi" bitirdiğinde, dokuz sayfalık *De Motu Corporum in Gyrum*'dan, üç ciltlik

Principia, yani tam olarak, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) ortaya çıkmıştı.

Principia'da Newton artık sadece yörünge üzerindeki cisimlerin hareketini ele almıyordu; genel bir kuvvet ve hareket teorisini detaylarıyla belirtmişti. Bunun merkezinde üç niceliğin birbirleriyle etkileşimleri vardı: kuvvet, –hareket miktarı adını verdiği– momentum ve kütle.

Newton'un yasalarını geliştirmek için ne kadar çok çalıştığını gördük. Şimdi anlamları yönünden bu üç yasayı ele alalım. İlkinde Newton, Galileo'nun atalet yasasını rafine hale getirmiş, kuvvetin değişimin nedeni olduğu fikrini bu yasaya ilave etmişti (bu önemli bir fikirdi):

> *İlk Yasa: Etki eden kuvvetler tarafından halini değiştirmeye zorlanmadığı müddetçe her cisim durma halini veya doğrusal tekdüze hareketini korur.*

Galileo gibi Newton da, bir cismin sabit bir hızla düz bir çizgide ilerlediği hareketi nesnelerin doğal hali olarak tanımlar. Günümüzde genellikle Newton'un bakış açısıyla düşündüğümüz için bu fikrin aslında ne kadar sezgilere aykırı olduğunu görmemiz zordur. Dünyada gözlemlediğimiz hareketlerin çoğu Newton'un betimlediği gibi *ilerlemez*: Cisimler düştükçe hızlanır veya havayla karşılaştıkça yavaşlar ve yere düşerken eğri bir yol izlerler. Newton tüm bunların bir bakıma sapmış hareketler olduğunu, kütleçekimi veya sürtünme gibi görünmez kuvvetlerin sonucu olduklarını öne sürdü. Şöyle dedi: Eğer bir cisim kendi haline bırakılırsa tekdüze bir şekilde hareket eder, eğer eğri bir yol izler veya hızı değişirse bunun nedeni bir kuvvetin onlar üzerinde etkili olmasıdır.

Kendi başına bırakılan cisimlerin hareket hallerine devam edecekleri olgusu bize uzayı araştırma becerisini veren şeydir. Örneğin dünya üzerindeki bir Ferrari dört saniyeden daha kısa bir sürede hızını sıfırdan saatte 100 kilometreye çıkarabilir, fakat direnç ve sürtünme nedeniyle bu hızı sürdürmesi zordur. Dış uzaydaki bir araç ise yaklaşık her 160000 kilometrede yalnızca bir tane başıboş moleküle rastlar, böylece sürtünme veya hava direnci yüzünden endişelenmek zorunda kalmazsınız. Bu da hareket eden bir aracınız olduğunda, Ferrari gibi yavaşlamadan düz bir çizgide ve sabit bir hızla hareket etmeye devam edeceği anlamına gelir. Ve eğer motorlarınızı açık tutarsanız, sürtünme nedeniyle hiç enerji kaybetmeden hızlanmaya devam edebilirsiniz. Eğer uzay aracınız Ferrari'nin ivmesine sahipse ve bunu bir saniye yerine bir yıl sürdürürseniz ışık hızının yarısından fazlasına ulaşabilirsiniz.

Kuşkusuz daha sonra ele alacağımız taşımanız gereken yakıtın ağırlığı ve görelilik etkileri gibi birkaç pratik problem var. Ayrıca bir yıldıza ulaşmak isterseniz, iyi bir hedefinizin olması gerekir: Yıldız sistemleri o kadar seyrektir ki eğer uzay aracınızı rasgele yöneltirseniz, araç başka bir güneş sistemine rastlamadan önce ortalama olarak Büyük Patlama'dan bu yana ışığın seyahat ettiğinden daha fazla seyahat ederdi.

Newton bizim başka gezegenlere gitmemizin hayalini kurmadı fakat kuvvetin ivmeye yol açtığını ileri sürerek, ikinci yasasında kuvvet miktarı, kütle ve ivme oranı arasındaki ilişkinin niceliğini belirtir (modern terimlerle ifade edecek olursak, "hareket değişimi" momentumda değişim anlamına gelir, kütle çarpı ivmeye eşittir):

İkinci yasa: Hareketteki bir değişim, uygulanan harekete geçirme kuvvetiyle orantılıdır ve kuvvetin uygulandığı düz çizgi boyunca meydana gelir.

İçinde bir çocuk olan bir el arabasını ittiğinizi düşünün. Yasaya göre, sürtünmeyi dikkate almadan, eğer bir saniye uygulanan ivme, içinde çocuk olan otuz beş kilogramlık el arabasını saatte sekiz kilometreyle hareket ettiriyorsa, el arabasında çocuk yerine 70 kiloluk ergenimiz olsaydı, aynı hızı elde etmek için iki katı kuvvetle iki katı uzun bir mesafe boyunca itmek zorunda kalırdınız. İyi haber şu ki (yine sürtünmeyi ihmal ederek) 10000 kat fazla kuvvetle iterek 340 tonluk jumbo jetinize saatte 8 kilometrelik bir hız kazandırabilirsiniz ki bu zordur, 10000 kat uzun sürer ki bu da sabır ister. Eğer kuvveti 10000 saniye boyunca uygulamayı sürdürebilirseniz –bu iki saat kırk yedi dakika eder– koltuklarının tamamı dolu olan bir jumbo jeti bir el arabası gibi sürebilirsiniz.

Günümüzde Newton'un ikinci yasasını $F = ma$ (kuvvet eşittir kütle çarpı ivme) olarak yazarız, fakat bu yasanın bir denklem haline getirilmesi Newton'un ölümünden sonra, hatta yasanın öne sürülmesinden neredeyse yüz yıl sonra olmuştur.

Newton üçüncü yasasında evrendeki toplam hareket miktarının değişmediğini söyler. Bu cisimler arasında iletilebilir fakat ilave edilemez veya çıkarılamaz. Günümüzde burada var olan toplam hareket miktarı evren başladığında buradaydı ve bir evren olduğu müddetçe de kalmaya devam edecek.

Newton'un hesaplamasında, bir yöndeki hareket miktarına eklenen ters yöndeki eşdeğer bir hareketin toplamda sıfıra eşit bir hareket miktarı ürettiğini akılda tutmamız önemlidir. Dolayısıyla bir cisim, kendi hareketi başka bir cismin zıt yönlü hareketindeki değişimle karşılandığı müddetçe, Newton'un üçüncü yasasını ihlal etmeden, durma halinden hareket haline getirilebilir. Newton bunu şu şekilde ifade etti:

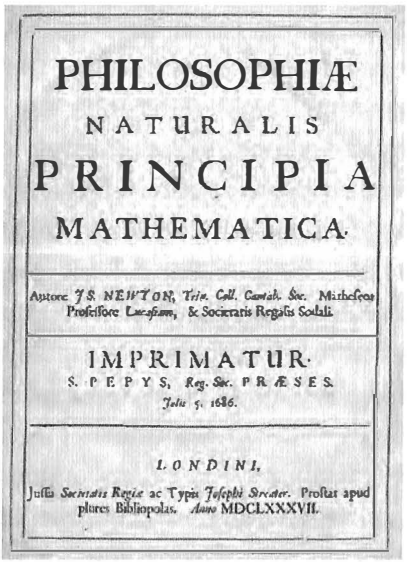
Üçüncü yasa: Bir eyleme karşılık daima ona eşit ve zıt bir tepki vardır.

Bu masum gibi görünen cümle bize kurşun ileri gittiğinde, silahın geri hareket ettiğini söyler. Eğer bir patenci pateniyle buzu geriye doğru iterse kendisi ileri doğru hareket eder. Eğer ağzınızdan hava çıkararak hapşırırsanız, kafanız geriye gider (*Spine* dergisindeki bir makaleye göre, dünyanın kütleçekimi etkisi nedeniyle, ortalama olarak bundan üç kat daha fazla bir ivmeyle). Eğer bir uzay aracı arka roketlerinden uzay boşluğuna sıcak gaz püskürtürse, bu sıcak gazlarla eşit büyüklükte bir momentumla fakat ters yönde ivmelenir.

Newton'un *Principia*'da ileri sürdüğü yasalar salt soyutlamalar değildi. İleri sürdüğü matematik ilkelerinin, sayısız gerçek dünya fenomenini açıklamak için kullanılabileceklerine dair ikna edici kanıtlar sunmayı başardı. Uygulamaları arasında şunlar vardı: Kütleçekiminin ayın hareketinde gözlemlenen düzensizlikleri nasıl yarattığını gösterdi; denizdeki gelgitleri açıkladı; havadaki sesin hızını hesapladı ve gece-gündüz eşitliğinin gerilemesinin, ayın dünyanın ekvator kuşağı üzerindeki çekiminin bir etkisi olduğunu gösterdi.

Bunlar parmak ısırtan başarılardı ve dünya gerçekten hayrete düşmüştü. Fakat bazı bakımlardan daha da etkileyici olan şey ise Newton'un, yasalarının pratikte bazı sınırlamalara tabii olduğunu idrak etmesiydi. Örneğin Newton, hareket yasalarının, genellikle etrafımızda olup bitenlerin mükemmel kestirimleri olsalar da, hava direncinin ve sürtünmenin olmadığı sadece ideal bir dünyada mutlak anlamda geçerli olduklarını biliyordu.

Galileo'nunki gibi Newton'un dehasının büyük bir kısmı da çevremizde var olan sayısız karmaşık faktörleri fark etmesi ve daha temel bir seviyede işlev gören mükemmel yasaları açığa çıkaracak şekilde bunları ayıklayabilmesindeydi.



PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Auctore *J.S. NEWTON*, *Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheseos Professore *Lucasiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Juſſu *Societatis Regiæ* ac Typis *Joſephi Streater*. Proſtat apud plures Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

Serbest düşüşü düşünün: Düşen cisimler Newton'un yasalarının gösterdiği şekilde hızlanırlar; fakat sadece başlangıçta. Daha sonra, cisim bir vakumda düşmediği müddetçe, içinde düşmekte olduğu ortam eninde sonunda ivmeyi durdurmak için harekete geçer. Bunun nedeni bir cismin bir ortamda daha hızlı düştükçe daha çok dirençle karşılaşmasıdır; her saniye ortamın daha çok molekülüyle karşılaşır ve aynı zamanda çarpışmalar da daha şiddetlenir. Önünde sonunda, düşen cisim hız kazandıkça, kütleçekimi ve ortamın direnci birbirlerini dengeler ve cisim artık hız kazanmaz.

Bu maksimum hız, günümüzde son hız dediğimiz hızdır. Son hız ve bunu başarmak için gereken düşüş zamanı cismin şekline ve ağırlığına ve içinden düşmekte olduğu ortamın özelliklerine bağlıdır. Dolayısıyla bir vakumda düşmekte olan bir cisim her saniye saatte 35 km hız kazanırken, bir yağmur damlası saatte yaklaşık 24 kilometre, bir pinpon topu 32

km, bir golf topu 145 km ve bir bowling topu 570 km hıza ulaştığında hızlanması durur.

Kol ve bacaklarınız açık olduğunda son hızınız saatte yaklaşık 200 km'ye ve kendinizi sıkı bir top haline getirirseniz saatte 320 km'ye çıkar. Eğer havanın seyrek olduğu çok yüksekten atlarsanız, saatte 1225 km olan ses hızını geçecek kadar hızlanabilirsiniz. Gözü pek bir Avusturyalı bunu 2012'de yaptı. 39 kilometre yükseklikteki bir balondan atlayarak saatte 1357 km'lik bir hıza ulaştı (Amerikalı Alan Eustace 2014'te daha yüksekten atladı fakat o kadar hız kazanamadı). Newton havanın özellikleri hakkında bu tarz son hızları elde edecek kadar bilgi sahibi olmamasına rağmen, *Principia*'nın ikinci cildinde yukarıda tanımladığım serbest düşüşün teorik tanımını yaptı.

Newton'un doğumundan kısa süre önce, filozof ve bilim insanı Francis Bacon şöyle yazmıştı: "Doğanın araştırılmasında ... fazla başarı kaydedilmedi." Newton'un ölümünden on yıllar sonra ise, fizikçi rahip Roger Boscovich şöyle yazdı: "Eğer kuvvet yasaları, belirli bir andaki tüm noktaların konumu, hızı ve yönü bilinse, onların sonucunda ortaya çıkan bütün fenomenleri tahmin etmemiz mümkün olur." Bu birbiri ardından gelen çağlar arasındaki tavır değişimlerinin sebebi olan güçlü dimağ Newton'a aitti. Newton kendi zamanının belli başlı bilimsel sorularına öylesine kesin ve kapsamlı yanıtlar verdi ki yüzyıl boyunca sadece onun dokunmamış olduğu alanlarda yeni gelişmeler kaydetmek mümkün oldu.

***

19 Mayıs 1686'da Royal Society *Principia*'yı, ancak Halley basım masraflarını öderse yayımlamayı kabul etti. Halley'in bu teklifi kabul etmekten başka seçeneği yoktu. Royal Society yayımcı değildi. 1685'te bu işe girmiş, heyecan verici is-

mine rağmen fazla satmayan *Balıkların Tarihi*'ni yayımlayıp para kaybetmişti. Artık kaynakları kıt olan Society, Halley'e kâtibi olduğu için yılda vermesi gereken elli poundu bile veremeyecek durumdaydı, bunun yerine, basılan kitapların bir kısmını verip ödemeyi ayni olarak yaptı. Böylece Halley de Society'nin şartlarını kabul etti. Kitap ertesi yıl çıkacaktı.

Halley basım masraflarını ödediği için esasen kendisi Newton'un yayıncısı oluyordu. Aynı zamanda *Principia*'nın resmi editörü ve pazarlamacısıydı da. *Principia*'nın kopyalarını zamanın bütün önde gelen filozof ve bilim insanlarına gönderdiğinde kitap Britanya'yı kasıp kavurdu. Üstelik kitabın haberi bütün Avrupa'daki kahvehane ve entelektüel çevrelerde hızla yayıldı. Newton'un, kaderinde insanın düşünce biçimini yeniden şekillendirmek olan bir kitap yazdığı kısa zamanda açıklığa kavuştu; bu aynı zamanda bilim tarihindeki en etkili eserdi.

Bu kadar geniş kapsamlı ve derinlikli bir esere kimse hazır değildi. Avrupa'nın fikir yayınlarından önde gelen üç tanesi incelemelerinde eseri övdü; bir tanesi, "tasavvur edilebilecek en mükemmel mekaniği" sunduğunu söyledi. Büyük bir aydınlanma filozofu olan ama matematikçi olmayan John Locke bile, "kitabı iyice anlamak için işe koyuldu". Çünkü artık hepsi de Newton'un, Aristoteles'in çok eski niteliksel fizik imparatorluğunu nihayet alaşağı etmeyi başardığını ve eserinin artık bilimin nasıl yapılması gerektiğine dair bir şablon olacağını kabul etmişlerdi.

Eğer *Principia*'ya negatif bir tepki varsa o da ağırlıklı olarak, içerdiği ana fikirlerin bazılarının Newton'a ait olmadığından şikâyet edenlerden geldi. Biraz daha geç olsa da bağımsız olarak yüksek matematiği icat etmiş olan Alman filozof ve matematikçi Gottfried Wilhelm Leibniz, Newton'un hak ettiği itibardan fazlasını almaya çalıştığını öne sürdü. Kesinlikle

öyleydi: Asabi Newton belli zamanlarda dünyada ilahi bilgiyi deşifre edecek tek bir kişi olduğuna inanıyordu ve onun zamanında o kişi kendisiydi. Bu esnada, Robert Hooke *Principia*'yı "dünyanın yaradılışından bu yana doğadaki en önemli keşif" olarak adlandırdı ve daha sonra da, önemli bir fikir olan ters kare yasasını Newton'un kendisinden çaldığını iddia etmeye devam etti. İddiasında biraz doğruluk payı vardı, çünkü görünüşe göre her ne kadar Newton matematiğini çözse de temel fikir Hooke'a aittir.

Ayrıca kimileri Newton'u doğaüstü, yani "okült güçleri" yüceltmekle suçladı çünkü Newton'un kütleçekimi kuvveti belli bir mesafeden etki ederek, etkilerini ileten görünür bir ortam olmadan, çok büyük cisimlerin uzay boşluğunda çok uzaktaki cisimleri etkilemesine olanak sağlıyordu. Bu nokta, özellikle de Newton kütleçekimi etkisinin anında iletilmesi Einstein'ın da kafasını karıştıracaktı. Newton teorisinin bu yönü, hiçbir şeyin ışık hızından daha hızlı seyahat edemeyeceğini belirten Einstein'ın özel izafiyet teorisini ihlal ediyordu. Einstein fikirlerini uygulamaya koyarak bu meseleye bir çözüm getirdi, kendi kütleçekimi teorisini –genel görelilik kuramını– oluşturdu ve bu teori Newton'un kütleçekimi teorisinin yerini aldı. Ancak Newton'u eleştiren çağdaşları arasında belli bir mesafeden etkili olan kütleçekimi fikrine bir alternatif sunabilen olmadı ve Newton'un başardığı işin bilimsel gücünü kabullenmek zorunda kaldılar.

Newton'un eleştirilere tepkisi 1670'lerin başlarında optik çalışmalarına gösterilmiş olan düşmanlığa tepkisinden çok farklıydı. O sıralarda Hooke ve başkaları tarafından sindirilmiş olan Newton dünyadan elini eteğini çekmiş ve bağlantılarının çoğunu koparmıştı. Fakat artık araştırmalarının bir sonuca ulaştığını gören ve başardığı işlerin önemini tam olarak kavrayan Newton tüm gücüyle kavgaya katıldı. Kendisini

eleştirenlere, kendine pay çıkarma üzerine yaptıkları münakaşalarda kaba ve sert karşı saldırılarla tepki vermeye devam etti; ta ki Hooke ve daha sonra Leibniz ölene dek ve hatta daha sonra bile. Okültizm suçlamasına gelince, Newton bir yalanlamayla yanıt verdi: "Bu ilkeleri, okült nitelikler olarak değil ... her ne kadar nedenleri henüz keşfedilmemiş olsa da doğrulukları bize fenomenler vasıtasıyla görünen genel doğa yasaları olarak değerlendiriyorum."

Principia Newton'un yaşamını, sadece entelektüel tarihte önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilmesinden dolayı değil, onu toplumda tanınan bir kişi yapmasından ve onun ünlü olmaktan hoşlanmasından dolayı da değiştirdi. Daha sosyalleşti ve sonraki yirmi yıl boyunca teoloji alanındaki radikal çabalarının çoğundan vazgeçti. Ayrıca simya çalışmalarını da tam olarak sona erdirmese de azalttı.

Değişimler Mart 1687'de Newton büyük eserini tamamladıktan kısa süre sonra başladı. Artık hiç olmadığı kadar cesur olan Newton, Cambridge Üniversitesi ile Kral II. James arasındaki siyasi bir çekişmede yer aldı. İngiltere'yi Katolikliğe döndürmeye çalışan kral üniversiteye, bir Benedikten keşişine, İngiltere Kilisesine yemin etmesi ve geleneksel sınavlara girmesi gerekmeden, bir unvan bahşetmesi için baskı yapmaya çalıştı. Üniversite baskın çıktı ve bu Newton için bir dönüm noktası oldu. Bu kavgada yer alması Cambridge'de onu o kadar dikkat çeken politik bir figür haline getirdi ki üniversite senatosu 1689'da toplandığında, onu temsilcilerinden biri olarak parlamentoya göndermek için oylama yaptı.

Söylentilere göre Newton parlamentoda geçirdiği bir yılı çok da önemsemedi ve sadece rafa kaldırılmış yasa taslaklarından şikâyet etmek için konuştu. Fakat Londra'ya olan sevgisi ve tanıştığı önde gelen entelektüel ve yatırımcıların hayranlığından duyduğu haz arttı. Newton Cambridge'de

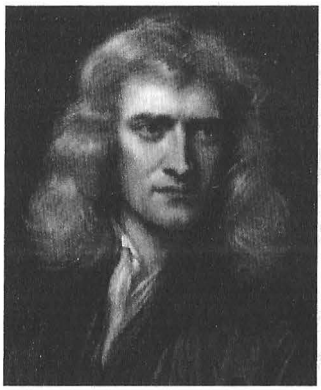
otuz beş yıl geçirdikten sonra 1696'da, akademik yaşamından vazgeçerek Londra'ya taşındı.

Newton böylece son derece prestijli bir mevkiden Londra'daki nispeten önemsiz bir bürokratik mevkiye geçti ve darphane memuru oldu. Ancak onu Londra böceği ısırmıştı ve o sıralarda ellisini epey geçmiş olan Newton entelektüel güçlerinin zayıflamaya başladığını hissediyordu. Dahası, akademi maaşından da bezmişti. Bu bir zamanlar cömert görünmüş olabilirdi fakat darphane memuru olarak yılda dört yüz pound alacaktı, bu yüksek bir rakamdı. Ayrıca şunu da fark etmiş olabilir ki, İngiltere'nin önde gelen bir entelektüeli olarak, doğru politikayla daha yüksek bir mevki olan darphane müdürlüğüne terfi edebilirdi, nitekim 1700'de öyle de oldu. Yeni mevkiindeki geliri yılda ortalama 1650 pounddu, bu normal bir zanaatkârın ücretinden yaklaşık yetmiş beş kat fazlaydı ve eski Cambridge maaşı bunun yanında gerçekten çok cüzi kalıyordu. Sonuç olarak, sonraki yirmi yedi yıl boyunca, Londra toplumunun seçkin üyelerininkine benzer tarzda bir hayat yaşadı ve bunun tadını çıkardı.

Newton diğer yandan başyapıtını yayımlamış olan organizasyonun en tepesine de yükseldi: 1703'te, Hooke'un ölümü üzerine, Royal Society'nin başkanı seçildi. Gelgelelim yaşlılık ve başarı onu yumuşatmamıştı. Society'yi demir yumrukla yöneten Newton, hatta herhangi bir "laubalilik veya uygunsuz davranış" belirtisi gösteren üyeleri toplantılardan atardı. Ayrıca keşiflerinin itibarını paylaşmada giderek daha isteksiz hale geldi, çeşitli kindar entrikalar yoluyla üstünlüğünü ortaya koymak için pozisyonunun gücünü kullandı.

***

23 Mart 1726'da, Royal Society kayıt defterine şöyle bir not düşüldü: "Sör Isaac Newton'un ölümü dolayısıyla başkanlık




Isaac Newton gençliğinde ve orta yaşlarında

makamının boşalması yüzünden bugün toplantı yapılmadı." Newton birkaç gün önce seksen dört yaşındayken hayata gözlerini yummuştu.

Newton zaten bir süredir ölmeyi bekliyordu, çünkü akciğerlerindeki kronik ve ciddi bir iltihaplanmadan mustaripti. Ancak bir simyacıda görülebilecek başka birçok illetten de çekmişti: Yüzyıllar sonra saçı analiz edildiğinde normal seviyenin dört katı kurşun, arsenik ve antimona ve normalin on beş katı cıvaya rastlandı. Gelgelelim Newton'un ölüm döşeğinde ona koyulan teşhis bir mesane taşıydı ve bu yüzden çektiği sancılar dayanılmazdı.

Newton'un kaderi Galileo'nun kaderinin tam zıddıdır. Yıllar içinde, Newton biliminin başarılarının ışığında, kilisenin bilimden gelen yeni fikirlere muhalefeti yatışmıştı, öyle ki İtalya'daki Katolik astronomlar bile öğretme hakkını kazandıkları gibi, Kopernik teorisini öğretme hakkını da kazanmışlardı; ancak Kansas'taki öğretmenlerin evrimden "sadece bir teori" olarak söz etmeye zorlanmaları gibi, sürekli olarak teori olduğundan bahsetmeleri gerekiyordu. Bu esnada, İngiltere'de bilimin endüstriye yardımcı olma ve insanların yaşamlarını iyileştirme potansiyeli netlik kazanmıştı. Bilim, tutarlı bir de-

ney ve hesaplama kültürü geliştirmişti ve en azından toplumun üst sınıflarında, muazzam bir prestije sahip bir girişim haline gelmişti. Üstelik Newton'dan sonraki yıllarda Avrupa, ister Aristoteles ve Batlamyus gibi antik otoritelerin fikirlerine, ister din ve monarşilerin otoritesine olsun, otoriteye muhalefet etmenin Avrupa kültürünün bir teması haline geleceği bir döneme giriyordu.

Hiçbir şey Galileo ve Newton'a verilen farklı tepkileri, cenaze törenlerinden daha iyi örnekleyemez. Galileo için ancak sessiz, özel bir cenazeye izin verildiği ve gömülmeyi istediği kilisenin kuytu bir köşesine gömüldüğü halde, Newton'un cenazesi Westminster Abbey'de katafalka kondu ve oraya gömüldükten sonra, bir kaidenin üzerine yerleştirilmiş, kalıntılarını taşıyan taş bir lahitle birlikte muazzam bir anıt dikildi. Lahdin üstüne alçak kabartma olarak, Newton'un en büyük keşiflerini temsil eden araçları tutan birkaç çocuk resmi oyulmuş ve mezarına da şu yazılar yazılmıştı:

> Burada şövalye Isaac Newton gömülüdür, o ki neredeyse ilahi akıl gücü ve özellikle kendine ait matematik ilkeleriyle, gezegenlerin seyrini ve şekillerini, kuyrukluyıldızların yollarını, denizlerdeki gelgitleri, ışık ışınlarındaki farklılıkları ve daha önce hiçbir bilginin tasavvur etmediği, bu yolla ortaya çıkan renklerin özelliklerini araştırdı. Doğa, antik dönem ve kutsal yazı açıklamalarında özenli ve şebatkâr, ferasetli ve inançlı oldu, felsefesiyle Tanrı'nın iyi ve güçlü olduğunu kanıtladı ve kendi tarzında Hıristiyanlığın esaslarının basitliğini açıkladı. Ölümlüler bu dünya üzerinde insan ırkının böylesine büyük bir övünç kaynağının var olduğuna seviniyorlar! O 25 Aralık 1642'de doğdu ve 20 Mart 1726'da öldü.

Newton ve Galileo toplam 160 yıldan uzun süren ömürleri içerisinde, bilimsel devrim olarak adlandırılan olaylar silsile-

sine tanıklık etmiş ve birçok yönden bu olayların müsebbibi de olmuşlardı.

Newton uzun kariyeri boyunca kendi hareket yasalarını ve keşfetmiş olduğu tek kuvvet yasasını –kütleçekimini tanımlayan yasayı– kullanarak gezegenimiz ve güneş sistemimiz hakkında bize çok şey anlattı. Fakat ihtirasları bu bilgilerin çok ötesine geçmişti. Kuvvetin, kimyasal reaksiyonlardan tutun da, bir aynadan ışığın yansımasına dek doğadaki *tüm* değişimlerin nihai nedeni olduğuna inanıyordu. Üstelik gelecekte, maddeyi oluşturan ufak "parçacıklar" –çok eski atom kavramının kendisine ait versiyonu– arasında çok kısa mesafelerde etkili olan çekme veya itme kuvvetlerini anlayacak kadar ilerlediğimizde, kendisine ait hareket yasasının evrende gözlemlenebilecek her şeyi açıklamaya yeterli olacağından emindi.

Newton'un ileri görüşlü bir bilgin olduğuna hiç şüphe yok. Atomlar arasındaki kuvvetleri kavramanın ne anlama geleceğine dair görüşü de tam olarak doğruydu. Fakat bu anlayışa ancak 250 yıl kadar sonra ulaşılacaktı. Bu gerçekleştiğindeyse, atomu yöneten yasaların Newton'un inşa etmiş olduğu fizik çerçevesine uymadığını görecektik. Bunun yerine, bu yasalar duyusal deneyimlerimizin ötesine geçen yeni bir dünya, insanların ancak imgelemlerinde tasavvur edebilecekleri yeni bir gerçeklik ortaya koyacaklardı. Bu, mimarisi o kadar egzotik bir gerçeklikti ki Newton'un ünlü yasalarının yerine, Newton'a Aristoteles fiziğinden bile daha yabancı gelebilecek yepyeni yasalar konmak zorunda kalacaktı.

8

MADDEYİ OLUŞTURANLAR

Ergenlik çağıma ulaştığımda, evrenin sırlarına dair tamamen farklı iki bilimsel yaklaşım ilgimi çekmeye başlamıştı. Fizikçilerin aynı anda iki yerde birden olunabileceğini belirten kuantum fiziği yasalarını keşfettiklerine dair tuhaf söylentiler duyup duruyordum. Bu tür iddiaların gerçek yaşamda geçerli olabileceğinden şüphe ediyordum, zaten aynı anda bulunmak istediğim pek fazla yer de yoktu. Fakat aynı zamanda kimyacıların uğraştıkları daha ayakları yere basan sırlar hakkında da bir şeyler duyuyordum; bunlar bana evrenin ana anahtarıyla pek ilgisi olmayan fakat normalde çocukken sahip olmadığımız güçleri bize vaat eden, serüven hissimize uygun, çılgınca ve tehlikeli şeyler gibi görünüyordu. Bu yüzden çok geçmeden tentürdiyotla amonyağı, şekerle potasyum perkloratı, nitratla ve amonyak klorürle çinko tozunu karıştırmaya ve bir şeyleri patlatmaya başlamıştım. Arşimet yeterince uzun bir kaldıraçla dünyayı yerinden oynatabileceğini söylemişti: Ben de evde bulunan doğru kimyasallarla dünyayı *patlatabileceğime* inanıyordum. Bu, etrafınızdaki maddeleri kavramanın verdiği güçtür.

Dünyanın ilk bilim düşünürleri fiziksel dünyanın işleyişini araştırmaya iki yol izleyerek başladılar. Değişime neyin sebep olduğunu sordular; şeylerin ne'den oluştuğunu ve bile-

şimlerinin özelliklerini nasıl belirlediğini araştırdılar. Nihayet Aristoteles ikisi için de bir yol haritası önerdi fakat önerdiği yolların çıkmaz sokak olduğu anlaşıldı.

Newton ve öncelleri değişim meselesini anlamada uzun bir yol kat ettiler. Newton aynı zamanda maddenin bilimini de anlamaya çalıştı fakat kimyacılığı fizikçiliğinin yanına bile yaklaşamıyordu. Sorun idrak kabiliyetinin yetersiz olması değildi, hatta çıkmazla biten uzun simya yoluna girmesi bile değildi. Ona engel olan şey, madde bilimi kimya, değişim bilimi fizik ile yan yana gelişiyor olsa da, kimyanın yapısı çok farklı bir bilim olmasıydı. Kimya daha kirli ve karmaşıktır ve değişimi araştırmış olduğu gibi kimyayı da adamakıllı araştırması, çoğu henüz Newton'un zamanında henüz icat edilmemiş olan birtakım teknolojik yeniliklerin geliştirilmesini gerektiriyordu. Sonuç olarak, Newton bu alanda ilerleyemedi ve kimya kimyayı ve kendisini muhteşemliğe yöneltecek tek bir büyük figürden yoksun kaldı. Daha yavaş yavaş gelişen kimyada birkaç öncü, ünü paylaştı.

İnsanoğlunun nesnelerin neden ibaret olduğunu çözme öyküsü bana cazip geliyor çünkü kimya benim ilk aşkımdı. Chicago'da iki katlı küçük bir evde büyüdüm; sıkışık, kalabalık yaşam alanları, fakat büyük bir bodrumu vardı, aletlerime kalan bu yerde kendi eğlence merkezimi inşa edebiliyordum: Burası raf raf cam eşyalar, renk renk tozlar ve şişe şişe en güçlü asit ve bazlarla dolu özenle donattığım bir laboratuvardı.

Bazı kimyasalları yasadışı yollardan veya anne babamın farkında olmadan yaptıkları yardımlarla temin etmek zorunda kalıyordum ("Eğer bir galon tuz ruhum olsaydı, bu kedi idrarını betondan çıkarabilirdim"). Hileye başvurmayı dert etmeyen ben bir yandan kimya çalışarak dünya hakkındaki merakımı giderirken, bir yandan da çok iyi havai fişekler yapmayı öğrenebileceğimi keşfettim. Sanırım Newton gibi ben

de bir sosyal yaşama sahip olmaya çalışmaya kıyasla bilimin çok sayıda avantajı olduğunu da fark etmiştim. Kimyasalların temini arkadaş edinmekten kolaydı ve onlarla oyun oynamak istediğimde, asla eve gidip saçlarını yıkamaları gerektiğini veya pek de kibarca olmayan bir üslupla tuhaf tiplerle görüşmediklerini söylemiyorlardı. Ancak sonunda birçok ilk aşk gibi, kimya ile benim yollarımız ayrıldı. Yeni bir alan olan fizikle flört etmeye başladım. Bu, bilimin farklı alanlarının sadece farklı meselelere değil, aynı zamanda farklı kültürlere de odaklandığını öğrendiğimde oldu.

Fizik ile kimya arasındaki fark en çok yaptığım çeşitli hatalar dolayısıyla öne çıktı. Örneğin, bir fizik problemiyle ilgili hesaplamalarımın sonunda "4 = 28" denklemi ortaya çıkıyorsa, bunun derin ve daha önce keşfedilmemiş bir hakikati açığa çıkardığım değil hata yaptığım anlamına geldiğini çabucak öğrendim. Ancak bu zararsız, sadece kâğıt üstünde var olan bir hataydı. Fizikte bu tarz aptalca hatalar kişiyi neredeyse kaçınılmaz biçimde hüsrana uğratsa da, tehlikesiz matematiksel saçmalıklara yol açar. Kimya ise farklıdır. Kimyadaki hatalarım genellikle çok miktarda duman ve ateşin yanında, deride asit yanıklarına da yol açıyordu ve bunlar yıllarca kaybolmayan yara izleri bıraktılar.

Babam, fizik ile kimya arasındaki farklılıkları, bunları uygulamaya en çok yaklaşan, tanıdığı iki insana göre niteliyordu. "Fizikçi", toplama kampında ekmek karşılığında matematik bilmecesinin çözümünü açıklayan adamdı; aslında o matematikçiydi. "Kimyager" dediği adam ise Buchenwald'a sürgün edilmeden önce Yahudilerin yeraltı örgütünde tanıştığı biriydi.*

Babamın gizli bir örgüte üye olduğunu ondan öğrenmedim, konu üzerine üniversite kütüphanesinde bulduğum bir kitapta adına rastladım. Adını gördükten sonra, ona deneyimleri hakkında sorular sormaya başladım.

Babam kasabası Częstochowa'dan geçen demiryoluna sabotaj yapmayı planlayan bir gruba katılmıştı. Kimyager, raylara stratejik biçimde yerleştirilmiş bir patlayıcıyla treni raydan çıkarabileceğini söylemişti, fakat bazı hammaddeleri temin edebilmek için Yahudi gettosundan gizlice çıkmak zorundaydı ki bunları rüşvet ve hırsızlık yoluyla temin edebileceğinde ısrar ediyordu. Birkaç kez kaçtı, fakat son görevinden dönmedi ve bir daha da ondan haber alınamadı.

Fizikçi, babamın dediğine göre, kampın dehşetli ortamından en iyi bildiği yolla, yani zihninin dünyasına çekilerek kaçan zarif ve sessiz bir adamdı. Kimyager çılgın bir hayalcinin ve bir kovboyun karakterine sahipti ve dünyanın kaosuyla başa çıkmak için kendini aksiyona atmıştı. Babam fizik ile kimya arasındaki farkın bu olduğunu iddia ediyordu.

Gerçekten de ilk fizikçilerin aksine, ilk kimyagerler belli miktarda ham fiziksel cesarete sahip olmak zorundaydılar, çünkü kaza eseri olan patlamalar kadar, maddeleri tanımlayabilmek için çoğu kez tadına baktıkları için zehirlenmeler de çalışmalarının riskli yanlarındandı. Belki de ilk deneycilerin en ünlüsü İsveçli eczacı ve kimyacı Carl Scheele'di. Scheele son derece aşındırıcı ve zehirli bir gaz olan kloru sağ salim üreten ilk kişi oldu ve biraz mucizevi bir biçimde, aynı şekilde, ölmeden, son derece toksik bir gaz olan hidrojen siyanürün tadını doğru bir biçimde tanımlamayı da başardı. Fakat 1786'da, Scheele kırk üç yaşındayken şüpheli bir biçimde akut cıva zehirlenmesini andıran bir hastalığa yenik düştü.

Daha kişisel bir seviyede, kimyager ile fizikçi arasındaki farklılığın babam ile benim aramdaki farklılığa benzediğini fark ettim. Çünkü kimyagerin ortadan kaybolmasından sonra, o ve diğer dört komplocu rayları gevşetmek için, patlayıcı yerine, sadece el aletlerini –"her çeşit tornavida"yı– kullanarak planlarına devam ettiler. Sabotajcılardan biri panikleyip

de yakınlardaki SS subaylarının dikkatini çekince işler sarpa sardı. Sonuç olarak, sadece babam ve diğer sabotajcılardan biri canını kurtarabildi; rayların arasına uzanıp uzun bir yük treni üzerlerinden geçerken görülmemeyi başardılar. Öte yandan ben dış dünyada nadiren önem taşıyan eylemlerde bulunurum, daha çok denklemler ve kâğıt kullanarak işlerin sonuçlarını hesaplarım.

Fizik ile kimya arasındaki uçurum iki alanın hem kökenlerini hem de kültürünü yansıtır. Fizik, Thales, Pisagor ve Aristoteles'in zihinsel kuramlaştırmalarıyla başladığı halde, kimya tüccarların arka odalarında ve simyacının karanlık odalarında doğdu. Her ne kadar iki alanın uygulayıcıları da saf bilme arzusuyla motive olsalar da, kimyanın aynı zamanda pratikte de kökleri vardı; kimi zaman insanların yaşamlarını iyileştirme arzusunda, kimi zaman açgözlülükte. Kimyada asalet vardır; maddeyi tanıma ve fethetme arayışının asaleti; fakat aynı zamanda daima büyük bir kâr potansiyeli de olmuştur.

***

Newton'un ortaya çıkardığı üç yasa bir anlamda basitti fakat sürtünme, hava direnci ve kütleçekimi kuvvetinin görünmezliği nedeniyle kavranmaları biraz zordu. Gelgelelim kimya Newton'un üç evrensel hareket yasasına benzer yasalarla idare edilmez. Çok daha karmaşıktır, çünkü dünyamız bize şaşırtıcı çeşitte madde cümbüşü sunar. Kimya bilimi bütün bunları yavaş yavaş tasnif etmek zorunda kalmıştır.

Yapılması gereken ilk keşif bazı maddelerin –elementlerin– asalken, bazılarının da çeşitli element bileşimlerinden oluştuklarını bulmaktı. Bu, Yunanlılar tarafından sezgisel olarak kabul edilmişti. Örneğin Aristo'ya göre, bir element, "başka cisimlerin ayrışmasıyla ortaya çıkan bir cisim ve kendisi başka şeylere

bölünemeyen bir şeydir." Dört elemente toprak, hava, su ve ateş adını verdi.

Birçok maddenin başka maddelerden oluştuğu açıktır. Tuza su ilave ettiğinizde tuzlu su olur; ıslanan demir paslanır; votka ve vermuttan martini olur. Öte yandan genellikle ısıtarak birçok maddeyi bileşenlerine ayırabilirsiniz. Örneğin kireçtaşı ısıtıldığında kireç ve bir gaz olan karbondioksite dönüşür. Şeker; karbon ve su haline gelir. Ancak bu tür naif gözlemler sizi pek bir yere götürmez, çünkü neler olduğunun evrensel olarak uygulanabilir bir tanımı değildirler. Örneğin suyu ısıtırsanız gaza dönüşür fakat bu gaz kimyasal olarak sıvıdan farklı değildir; sadece farklı bir fiziksel form almıştır. Cıva da ısıtıldığında bileşenlerine ayrılmaz, bunun yerine tam tersini yapar, havadaki görünmez oksijenle birleşerek kalks olarak bilinen bir bileşim oluşturur.

Bir de yanma vardır. Tahtanın yanmasını göz önüne alın. Tahta yandığında ateş ve kül haline gelir fakat tahtanın ateş ve külden *oluştuğu* sonucuna varmak yanlış olur. Üstelik Aristoteles'in sınıflandırmasının aksine, ateş bir madde değil, başka maddelerin kimyasal bir reaksiyona girdiklerinde yaydıkları ışık ve ısıdır. Tahta yanarken asıl yayılan şeyler görünmeyen gazlardır; bunların büyük kısmı karbondioksit ve su buharıdır. Bunlar toplamda yüz gazdan fazladır. Eskiler bu gazları ayırmak ve tanımlamak şöyle dursun, onları toplamalarını sağlayacak teknolojilerin hiçbirine sahip değildiler.

Bu tarz değişimler iki veya daha fazla maddeden oluşanlar ile asal olanları sınıflandırmayı zorlaştırıyordu. Bu karışıklığın bir sonucu olarak, Aristo gibi birçok antikçağ insanı, su, ateş ve benzerlerini asal elementler olarak yanlış tanımlarken, *aşina* oldukları yedi elementi –cıva, bakır, demir, kurşun, kalay, altın ve gümüş– metalik element olarak kabul ettiler.

Fiziğin doğuşunun yeni matematiksel icatlara dayanması gibi, gerçek kimyanın doğuşu da bazı teknolojik icatları beklemek zorundaydı; bunlar maddeleri doğru olarak tartmak, reaksiyonlarda emilen veya yayılan ısıyı ölçmek, bir maddenin asit mi baz mı olduğunu belirlemek, gazları ele geçirmek, boşaltmak ve ustalıkla idare etmek ve ısı ile basıncı ölçmek için gereken ekipmanlardır. On yedinci ve on sekizinci yüzyıllarda, ancak bunlar gibi gelişmeler sayesinde, kimyagerler bükülmüş bilgi iplerini çözmeye ve kimyasal reaksiyonlar hakkında sonuç veren düşünce tarzları geliştirmeye başladılar. Ancak bu tür teknik gelişmelerden önce bile, antik şehirlerde ortaya çıkmış olan boyama, parfüm yapımı, cam yapımı, metal işleme ve mumyalama gibi birtakım farklı mesleki faaliyetlerde çok miktarda bilgi toplamaları insanların sebatının bir kanıtıdır.

***

Mumyalama bunların ilkiydi. Bu alanda, kimya bilimlerinin ilk adımlarının izi Çatalhöyük'e dek sürülebilir, çünkü Çatalhöyüklüler ölülerini mumyalamasalar da, bir ölüm kültürü ve ölüleriyle ilgilenmenin özel bir yolunu geliştirdiler. Antik Mısır'da, ölülerin kaderine duyulan endişenin artması mumyalamanın icadına yol açmıştı. Bunun mutlu bir ölümden sonrasının anahtarı olduğuna inanılıyordu; kuşkusuz geri gelip de aksini iddia edecek hoşnutsuz müşteriler yoktu. Böylece mumyalama gereçlerine bir talep ortaya çıktı. DuPont'un ifadesini kullanacak olursak, *kimya vasıtasıyla daha iyi bir ahret için daha iyi şeyler* peşinde olan yeni bir endüstri doğdu.

Dünya üzerinde daima hayalciler var olmuş ve bunlar arasında da, hayallerini gerçekleştiren veya en azından bunların peşinden koşarak hayatını kazanan mutlu bireyler olmuştur. Bu sonraki grupta olanlar ille de yetenek veya bilgileriyle

kendilerini göstermez, sıkı çalışmalarıyla kaçınılmaz biçimde diğerlerinden ayrılırlar. Mumyalama sürecini geliştirerek zengin olmak Mısırlı girişimci ve yenilikçilerin bir rüyası olmuş olmalı, çünkü bu uğurda uzun saatler boyu, meşakkatli bir biçimde çalışırlardı. Zamanla, deneme yanılma yoluyla, Mısırlı mumyacılar nihayet cesetleri çürümekten korumada etkili olan sodyum tuzu, reçine, mür ve diğer koruyucuların güçlü bir birleşimini kullanmayı öğrendiler; bunların hepsini de ellerinde, gereken kimyasal işlemlere veya bir cismin çürümesine nelerin sebep olacağına dair hiçbir bilgi olmadan keşfettiler.

Mumyalama bir bilim değil de bir işkolu olduğundan, keşifleri de kadim Einstein'ların teorilerinden çok Einstein Kardeşler Pastanesi mamullerinin tarifleri gibi görülüyordu: Bunlar çok iyi muhafaza edilen sırlardı. Mumyalama ölüler ve ahiret ile ilişkilendirildiği için, bu sanatın uygulayıcılarının büyücü ve sihirbaz oldukları düşünülürdü. Zamanla diğer gizemli meslekler de gelişerek, mineral, yağ, çiçek özleri, bitki koza ve kökleri, cam ve metalle ilgili bilgileri ürettiler. Burada, meslek erbabının uyguladığı bu ilk kimyada, simyanın gizemli ve mistik kültürünün kökenleri mevcuttu.

Grup olarak, bu alanların uygulayıcıları uzmanlık gerektiren fakat bağlantısız çok kapsamlı bir bilgi birikimi inşa ettiler. Bu çeşit çeşit teknik bilgiler nihayet Yunanların ve Makedonların kralı Büyük İskender MÖ 331'de Nil Nehri'nin ağzında Mısır'ın başkenti İskenderiye'yi kurduğunda, birleşik bir çalışma alanı olarak biçimlenmeye başladı.

İskenderiye zarif binaları ve otuz metre genişliğindeki bulvarlarıyla büyük bir şehirdi. Kuruluşundan yıllar sonra, Mısır'ın Yunan kralı II. Ptolemaios şehrin kültürel yönden en değerli varlığı olan Müze'yi inşa ettirdi. Modern müzeler gibi sanat eserleri sergilenmeyen bu Müze'de yüzden fazla bilim

insanı ve bilgin barındırılıyor, bunlara devletten maaş, Müze mutfağından bedava yemek ve kalacak yer sağlanıyordu. Müze'yle bağlantılı olarak, yarım milyon parşömen tomarı içeren büyük bir kütüphane, bir rasathane, teşrih laboratuvarları, bahçeler, bir hayvanat bahçesi ve başka araştırma tesisleri vardı. Burası görkemli bir araştırma merkezi, insanın bilgi arayışının canlı, işlevsel bir anıtıydı, dünyanın ilk araştırma enstitüsüydü; daha sonraları Avrupa'daki üniversitelerin rolüne benzer bir rol oynayacak, ancak MS üçüncü yüzyılda yanıp yerle bir olacaktı.

İskenderiye çok geçmeden kültürel bir cazibe merkezi ve birkaç yüzyıl içinde de dünyanın en büyük ve muhteşem şehri haline geldi. Burada, madde ve değişime ilişkin çeşitli Yunan teorilerinin yolu Mısır'ın kimya ilmiyle kesişti. Fikirlerin birleşmesi ise her şeyi değiştirdi.

Yunanlıların istilasından önce binlerce yıldır Mısırlıların maddenin özelliklerine dair bilgileri sırf pratiğe yönelik olmuştu. Fakat artık Yunan fiziği Mısırlılara bilgilerine bir bağlam sağlayabilecek teorik bir çerçeve sunuyordu. Özellikle, Aristoteles'in madde teorisi maddelerin değişim ve etkileşim şekline bir açıklama getiriyordu. Kuşkusuz Aristoteles'in teorisi doğru değildi fakat madde bilimine yönelik daha birleşik bir yaklaşımı teşvik ediyordu.

Aristoteles'in teorisinin bir yönü özellikle etkileyiciydi: maddelerin dönüşümü hakkındaki fikirleri. Kaynama işlemini ele alalım. Aristoteles su elementinin iki esas niteliği olduğunu düşündü: ıslaklık ve soğukluk. Öte yandan hava elementini ıslak ve sıcak olarak nitelendirdi. Kaynama onun görüşüne göre, ateş elementinin suyun soğukluğunu ısıya çevirmede etkili olduğu ve dolayısıyla suyu havaya dönüştürdüğü bir süreçti. Bu kavramda bir kâr potansiyeli kokusu alan Mısırlılar sınırları zorlamaya çalıştı: Eğer su havaya dönüştürülebiliyorsa, çok

değerli olmayan bir materyali altına dönüştürmek mümkün müydü? Kızım Oliva'nın, yatağının altına dişini saklarsa diş perisinden bir dolar alabileceği söylendiğinde, hemen "Kestiğim tırnaklar için ne kadar alabilirim?" demesi gibi.

Mısırlılar Aristoteles'in temel elementleri gibi, altının da bazı esas nitelikleri olduğunun farkına vardılar: Altın metaldir, yumuşaktır, sarıdır. Altın tek başına *bütün* bu niteliklere sahiptir fakat bunlar birçok maddede farklı bileşimlerde bulunabilir. Özellikleri maddeler arasında aktarmanın bir yolu bulunabilir miydi? Özellikle eğer kaynama işleminde ateşin kullanımıyla, suyun fiziksel bir özelliği değiştirilip havaya dönüştürülüyorsa, metalik, yumuşak ve sarı maddelerin bileşimini altına dönüştürebileceğiniz benzer bir işlem de olabilirdi.

Bu tarz değerlendirmelerin bir sonucu olarak, MÖ 200 itibarıyla, gerçek kimya bilgisinin ipuçları Yunan felsefesinden fikirlerle karışmıştı ve mumyalama, metalürji ve diğer pratik girişimlere dair ilk kimya, kimyasal değişimleri araştırma konusunda birleşik bir yaklaşımı teşvik etmişti. Dolayısıyla esas amacı altın ve zamanla sonsuz gençliği bahşedecek bir "hayat iksiri" üretmek olan simya doğdu.

Tarihçiler arasında kimya biliminin tam olarak ne zaman filizlendiği tartışmalı bir meseledir fakat kimya kaba yonca değildir ve bu yüzden filizlenme tarihi bir kesin olgu meselesinden çok bir görüş meselesidir. Ancak kimsenin simyanın yararlı bir amaca hizmet ettiğini inkâr edemeyeceği bir yönü şudur: Kimya modern formuna ne zaman kavuşmuş olursa olsun, bu çok eski alanın sanat ve mistisizminden büyümüş olan bir bilimdir.

***

Simya büyücülüğünü, bilimin yöntemlerine doğru yönlendiren ilk itme kuvveti düşünce tarihimizdeki tuhaf karakterlerin

birinden geldi. Günümüzde İsviçre'de bulunan küçük bir köyde doğan Theophrastus Bombast von Hohenheim (1493–1541) yirmi bir yaşındayken babası tarafından metalürji ve simya eğitimi almaya gönderildi fakat daha sonraları tıp okuluna gittiğini ve doktor olduğunu iddia etti. Daha sonra, yine yirmilerinin başlarındayken, MS birinci yüzyılda Romalı bir doktor olan Celsus'un adından esinlenerek, kendisine "Celsus'tan daha büyük" anlamına gelen Paracelsus adını verdi. Celsus'un çalışmaları on altıncı yüzyılda çok popüler olduğu için, adını değiştiren Paracelsus, adı Bombast (Tumturaklı Söz) olan birinden, ismi bu niteliği sergileyen birine dönüşmeyi başardı. Fakat dönüşüm isim değişikliğinden ibaret değildi: Paracelsus tıpta hüküm süren yaklaşımı aşağıladığını alenen ilan ediyordu. Bu küçümsemesini bir yaz geleneksel şenlik ateşlerini yakan öğrencilere katıldığı sırada oldukça net bir biçimde sergileyerek, avuç avuç kükürtle birlikte, saygın Yunan hekim Galen'in tıbbi eserlerini de alevlerin içine fırlattı.

Paracelsus'un Galen'e eleştirisi, Galileo ile Newton'un Aristoteles'e yönelik eleştirileriyle aynıydı: Ardıllarının gözlem ve deneyimleri Galen'in çalışmalarını geçersiz kılmıştı. Özellikle Paracelsus hastalıklara, salgı adı verilen gizemli vücut sıvılarının dengesizliğinin yol açtığı şeklindeki geleneksel fikrin zamana yenik düştüğüne kanaat getirmişti. Dış etkenlerin hastalıklara yol açtığına ve uygun ilaçlar verilerek nedenlerin üzerine gidilebileceğine inanıyordu.

Paracelsus'u simyayı dönüştürme girişimine yönelten işte bu "uygun ilaç" arayışı oldu. Simya alanı çok verimli olmuş, yeni maddeler –metalik tuzlar, mineral asitler ve alkol– keşfedilmişti, fakat Paracelsus simyanın altın arayışını bırakmasını ve vücut laboratuvarında önemli olan ve belirli hastalıkları iyileştirebilen kimyasalların oluşturulması gibi daha önemli



Flaman sanatçı Quentin Massys (1466–1529) tarafından yapılan kayıp orijinalin on yedinci yüzyıla ait kopyasında tasvir edilen Paracelsus

bir amaca odaklanmasını istiyordu. Bunun kadar önemli bir nokta da, Paracelsus'un hassas olmayan, baştan savma simya yöntemlerinde reform yapmayı hedeflemesiydi. Bilgin olmasının yanı sıra pazarlamacı da olan Paracelsus yenileştirdiği kendi simya versiyonu için yeni bir isim icat etti. Arapça ön ek *al* yerine, Yunanca "tıp" anlamına gelen *iatro* kelimesini yerleştirerek "iatrochemia" terimini oluşturdu. Söylemesi zor bir kelime olması kısa zamanda daha kısa olan "chemia"ya dönüşmesinin nedeni olabilir ki bu da İngilizce "chemistry" (kimya) kelimesinin temeli oldu.

Paracelsus'un fikirleri daha sonra hem büyük Isaac Newton'u hem de onun rakibi Leibniz'i etkileyecek ve simyanın kimya bilimi olarak yeni bir kimliğe yöneltilmesine yardımcı olacaktır. Ancak Paracelsus yeni yaklaşımını tutkuyla savunsa da, kişilik özellikleri insanları ikna etme yeteneğini sınırlıyordu. Oldukça

saldırgan olabiliyor, hatta "gözü dönmüş bir kaçık gibi davranıyordu".

Paracelsus sakalsız, efemine ve sekse hiç ilgi duymayan biriydi, fakat eğer Olimpiyatlar içki âlemi dalında altın madalya verseydi, Paracelsus platin madalya kazanırdı. Neredeyse sürekli sarhoştu ve bir çağdaşı onun "domuz gibi yaşadığını" söylemişti. Kendisini övmede aşırıya kaçardı ve genellikle, "Benim kıçım bütün üniversiteler ile bütün eski yazarların toplamından daha yeteneklidir," gibi cümleler kurardı. Görünüşe göre egemen çevreleri kızdırmaktan da hoşlanıyor, bu kimi zaman onun için başlı başına bir amaç oluyordu. Örneğin Basel Üniversitesi'ne öğretim üyesi olarak atandığında ilk dersine, standart akademik cüppe yerine deri bir laboratuar önlüğüyle geldi; beklenen Latince yerine İsviçre Almancasıyla konuştu ve tıptaki en büyük sırrı açığa vuracağını söyledikten sonra bir tava dolusu dışkının üzerindeki örtüyü kaldırdı.

Bu tuhaflıklar günümüzde yapacağı gibi etki yaptı: Doktor ve akademisyen arkadaşlarını kendinden uzaklaştırdı fakat birçok öğrencisi nazarında popüler oldu. Her şeye rağmen, Paracelsus konuştuğunda insanlar dinlerdi, çünkü ilaçlarından bazıları gerçekten işe yarıyordu. Örneğin, afyonlu (uyuşturucu) ilaçların alkol içinde suda olduğundan daha iyi çözündüğünü keşfettikten sonra, acıyı azaltmada çok etkili olan lodanum adını verdiği afyon esaslı bir çözelti yaptı.

Ancak sonuçta Paracelsus'un fikirlerinin yayılmasındaki en iyi itici güç belki de ekonomiydi. Hastalıkların kimyasallarla tedavi edilmesi vaadinin, eczacıların gelir, sosyal statü ve popülaritelerini artırması bu alanın ilmine bir talep yarattı. Bu alanda birden ders kitapları ve dersler türedi ve simyanın terim ve teknikleri yeni kimya diline çevrildikçe, tıpkı Paracelsus'un arzulamış olduğu gibi, hem daha hassas hem de daha standart hale geldiler. Fakat 1600'lerin başlarında,

halen eski simyayı uygulayan birçok kişi olmasına rağmen, Paracelsus'un yeni simya tarzı –kimya– da çok ilgi uyandırmıştı.

Merton matematikçileri gibi Paracelsus da alanının dönüşmesine yardım eden ve sonraki uygulayıcıların üzerine ekleme yapıp geliştirebilecekleri ilk temeli atan bir geçiş figürüydü. Paracelsus'un kimyanın hem yeni hem de eski dünyalarıyla ne ölçüde ilgilendiği yaşamından da bellidir: Geleneksel simyayı çok eleştirse de, kendisi de amatörce ilgileniyordu. Yaşamı boyunca altın elde etmek için deneyler yaptı ve hatta bir keresinde hayat iksirini bulup içtiğini ve sonsuza dek yaşayacağını iddia etti.

Gelgelelim Eylül 1541'de, Avusturya, Salzburg'daki White Horse Hanı adı verilen bir yerde kalırken, Tanrı blöfünü gördü. Paracelsus bir gece karanlık, dar bir sokaktan hana geri dönerken ya çok kötü bir şekilde düştü ya da haydutlar tarafından fena halde pataklandı, artık hangi versiyona inanırsanız. İki hikâye de aynı sona çıkar: Paracelsus birkaç gün sonra kırk yedi yaşındayken yaralarına yenik düştü. Gece geç saatlere kadar ayakta kalıp çok içtiği için, öldüğü zaman olduğundan çok daha yaşlı göründüğü söyleniyordu. Bir buçuk yıl daha yaşasaydı, Kopernik'in *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*Gökcisimlerinin Dönüşleri Üzerine*) adlı büyük eserini görebilirdi. Bu eser genellikle bilim devriminin başlangıcı olarak kabul edilir. Paracelsus bu devrime tanık olsaydı kesinlikle onaylardı.

***

Paracelsus'un ölümünden bir buçuk asır sonrası, görmüş olduğumuz gibi, Kepler, Galileo ve Newton gibi öncülerin önceki çalışmaların üzerine ekleme yapıp geliştirerek yeni bir astronomi ve fizik yaklaşımı oluşturdukları bir dönemdi. Zamanla,

metafizik ilkelerinin yönettiği niteliksel bir kozmos hakkındaki fikirler yerini sabit yasalara uyan niceliksel ve ölçülebilir bir evren kavramına bıraktı. Bilginlerin otoritesine ve metafizik argümanlara dayanan bilgi yaklaşımı da gözlem ve deney yoluyla doğa yasalarını öğrenmemiz ve matematiğin diliyle bu yasaları ifade etmemiz gerektiği kavramına dönüştü.

Fizikte olduğu gibi, kimyanın yeni nesillerinin de karşı karşıya olduğu entelektüel zorluk sadece düşünme ve deney yapmanın titiz yöntemlerini geliştirmek değil, aynı zamanda geçmişin felsefe ve fikirlerini de değiştirmekti. Yeni bir alan olan kimya, olgunlaşmaya başlamak için, hem Paracelsus'un derslerini öğrenmek hem de Aristoteles'in bir yere götürmeyen teorilerini –Newton ve diğer matematikçi ve fizikçilerin tahtından indirmekte oldukları hareket teorilerini değil, madde teorilerini– tahtından indirmek zorundaydı.

Bir yapbozu çözmeden önce, parçaları tanımlamanız gerekir ve madde doğasının yapbozunda ise parçalar kimyasal elementlerdir. İnsanlar her şeyin toprak, hava, ateş ve sudan –veya benzer bir tertipten– oluştuğuna inandıkları müddetçe, maddi cisim anlayışları masallara dayanacak ve yeni ve yararlı kimyasallar yaratma becerileri, gerçek bir anlayış olasılığı olmadan, bir deneme yanılma meselesi olarak kalacaktı. Böylece on yedinci yüzyılın yeni entelektüel atmosferinde işler öyle bir noktaya geldi ki, Galileo ve Newton nihayet fizikten Aristoteles'i çıkarıp fikirlerinin yerine gözlem ve deneye dayalı teoriyi yerleştirirlerken, optik alanındaki çalışmaları Newton'a ilham vermiş adamlardan biri Aristoteles'in kimyadan çıkarılmasına karşı çıktı. Bu kişi İrlanda Birinci Cork Kontu'nun oğlu Robert Boyle'dan başkası değildi.

Birinin kendini ömür boyu bilime adayabilmesinin yollarından biri üniversitede bir pozisyon elde etmesidir. Diğeri de para babası olmaktır. Fizikte öncü olan üniversite profe-

sörlerinin aksine, kimyanın ilk dönemlerinde üstün niteliklere sahip kimselerin çoğu laboratuvarların nadir olduğu bir çağda, kendi laboratuvarlarını finanse edip kurabilecek maddi imkânlara sahip adamlardı. Robert Boyle, sadece zengin değil, fakat bir ihtimal Büyük Britanya'nın en zengin adamı olan bir kontun oğluydu.

Boyle'un annesi hakkında çok az şey biliniyor; tek bildiğimiz, on yedi yaşındayken evlendiği, sonraki yirmi üç yılda on beş çocuk doğurduğu, daha sonra veremden dolayı ruhunu teslim ettiği (o sırada bu kendisine bir tür kurtuluş gibi gelmiş olabilir). Robert onun on dördüncü çocuğu ve yedinci oğluydu. Kont çocuk bakmaktan çok çocuk yapmayı seviyor gibiydi, çünkü doğumdan kısa süre sonra çocukların hepsi de bakılmaları için sütninelere, daha sonra da özel öğretmenlerden eğitim almaları için yatılı okula, yüksekokula veya yurtdışına gönderildiler.

Boyle en kolay etkilendiği yıllarını Cenova'da geçirdi. On dört yaşındayken bir gece şiddetli bir gök gürültülü fırtına sırasında uyandı ve eğer hayatta kalırsa kendini Tanrı'ya adayacağına yemin etti. Eğer herkes baskı altında ettiği yeminleri yerine getirse veya hatta hatırlasa dünya daha iyi bir yer olurdu fakat Boyle'un söylediğine göre o bu yemine sadık kaldı. Asıl nedeni gök gürültülü fırtına olsun ya da olmasın, Boyle iyice dindarlaştı ve büyük servetine rağmen dünya nimetlerinden elini eteğini çekti.

Boyle, yaşamını değiştiren fırtınadan sonraki yıl, Galileo yakınlardaki sürgünde öldüğünde Floransa'daydı. Nasıl olduysa Boyle'un eline, Galileo'nun Kopernik sistemiyle ilgili yazdığı *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog* adlı kitabı geçmişti. Bu, fikirler tarihinde şans eseri olan fakat dikkate değer bir olaydı, çünkü o sırada on beş yaşında olan Boyle kitabı okuduktan sonra bilime âşık oldu.

Tarihi kayıtlara baktığımızda Boyle'un neden kimyayı seçtiği belli değildir fakat aldığı karardan bu yana Tanrı'ya uygun bir şekilde hizmet edebileceği bir yol arıyordu ve kimyanın o yol olduğuna karar verdi. Newton ve Paracelsus gibi o da bekârdı ve çalışması takıntı halini aldı ve Newton gibi o da doğanın yöntemlerini anlama uğraşının Tanrı'nın yöntemlerini keşfetmeye giden bir yol olduğuna inanıyordu. Gelgelelim fizikçi Newton'un aksine kimyacı Boyle'un bilimin önemli olduğunu düşünmesinin nedenlerinden biri bilimin acıları hafifletmek ve insanların yaşamlarını iyileştirmek amacıyla kullanılabilmesiydi.

Boyle bir anlamda hayırseverdi çünkü bilimciydi. 1656'da yirmi dokuz yaşındayken Oxford'a taşındı ve üniversite henüz kimya dersi vermesini teklif etmemiş olmasına rağmen, kendi parasını kullanarak bir laboratuvar kurdu ve kendini araştırmaya –tamamen olmasa da büyük ölçüde kimyaya– adadı.

Oxford, İngiliz İçsavaşı sırasında kral taraftarlarının kalesi ve Parlamento'nun kontrolündeki Londra'dan gelen çok sayıda sığınmacının barınağı olmuştu. Görünüşe bakılırsa Boyle iki taraf için de güçlü hisler beslemiyordu fakat yeni deneysel bilim yaklaşımına olan ortak ilgilerini tartışmak için haftada bir toplanan bir sığınmacı grubuna katıldı. 1662'de monarşinin geri gelmesinin üzerinden çok geçmeden II. Charles gruba bir ayrıcalık tanıdı ve grup, Newton'un kariyerinde çok önemli bir rol oynayan Royal Society (tam adıyla Londra Kraliyet Doğa Bilgisini Geliştirme Topluluğu) halini aldı.

Royal Society çok geçmeden zamanın büyük bilim dimağlarının –Newton, Hooke, Halley vs.– fikirlerini tartışmak, müzakere etmek, eleştirmek, desteklemek ve başarılı olmalarını sağlamak için bir araya geldikleri bir yer haline geldi. Society'nin düsturu *Nullius in verba*, aşağı yukarı "Araştırma-

dan kimsenin sözüne inanma" idi. Bu söz özellikle "Araştırmadan Aristoteles'in sözlerine inanma" anlamına geliyordu çünkü üyelerin hepsi gelişme kaydetmek için Aristocu dünya görüşünün ötesine geçmenin çok önemli olduğunun farkındalardı.

Boyle da 1661 tarihli, çoğunlukla Aristoteles'i eleştirdiği *Kuşkucu Kimyacı* adlı kitabının isminin de gösterdiği gibi, şüpheciliği kendi kişisel düsturu olarak seçti. Çünkü akranları gibi Boyle da kendini zorlayan alandaki bilgi edinme uğraşının bilimsel bir titizlikle yapılabilmesini sağlamak için geçmişin çoğunu reddetmesi gerektiğinin farkındaydı. Kimyanın kökleri mumyacıların, cam yapımcılarının, boyacıların, metalürjici ve simyacıların, Paracelsus'tan bu yana eczacıların laboratuvarlarında olabilirdi, fakat Boyle kimyayı kimya için çalışmaya layık birleşik bir alan, doğal dünyaya ilişkin temel bilgilerin edinilmesi için astronomi ve fizik kadar gerekli ve entelektüel açıdan titiz bir yaklaşıma layık bir alan olarak görüyordu.

Boyle kitabında Aristo'nun elementlerle ilgili fikirleriyle çelişen kimyasal işlemlere dair örnek üstüne örnek sunmuştu. Örneğin tahtanın yanarak kül üretmesini çok detaylı olarak ele aldı. Boyle'un gözlemlerine göre, bir kütüğü yaktığınızda sonuçta kaynayan suyun, "saf suyla alakası yoktur" ve dumanın da "hava ile alakası yoktur" ancak bunlar damıtıldıklarında yağ ve tuz verirler. Dolayısıyla ateşin kütüğü temel maddelere –toprak, hava ve suya– dönüştürdüğü iddiası yakından incelenince çürütülür. Bu arada, altın ve gümüş gibi diğer maddelerin daha basit bileşenler üretmeleri olanaksız görünüyordu ve dolayısıyla belki de element olarak kabul edilmeleri *gerekiyordu*.

Boyle'un en büyük çalışması havanın bir element olduğu fikrini eleştirmesinden ortaya çıktı. Görüşünü deneylerle des-

tekleyen Boyle, bu deneylerde huysuz genç asistanı, Oxford öğrencisi ve ateşli bir kral taraftarı olan Robert Hooke'tan yardım alıyordu. Zavallı Hooke: Büyük olasılıkla bütün araç gereci ve işin çoğunu o yapmış olmasına rağmen, birçok tarih anlatısında Boyle'la yaptığı deneylerde adından çok az söz edilir ve daha sonra Newton tarafından da hiçe sayılır.

Deney dizilerinden birinde, soluduğumuz havayla akciğerlerimizin ne şekilde etkileştiğini anlamak için solunumu araştırdılar. Önemli bir şeylerin olması gerektiğini düşündüler. Ne de olsa, eğer bir çeşit etkileşim meydana gelmiyorsa, bu takdirde yaptığımız tüm bu solunum ya muazzam bir zaman kaybı ya da kimileri için, purolar arasında akciğerleri meşgul etmenin bir yoluydu. Araştırmak için fare ve kuş gibi hayvanlar üzerinde soluma deneyleri yaptılar. Hayvanların kapalı bir ortama konduklarında, soluk almalarının zorlaştığını ve sonunda durduğunu gözlemlediler.

Boyle'un deneyleri ne gösteriyordu? En bariz ders, eğer bir evcil hayvanınız varsa Boyle'un evinize misafirliğe gelmesini istemeyeceğiniz bir adam olduğuydu. Fakat aynı zamanda hayvanlar soluk aldıklarında havanın bir öğesini de absorbe ettiklerini gösterdiler ki bu tüketildiğinde ölüme yol açıyor veya dışarı yüksek derişimlerde ölümcül olduğu görülen bir gaz veriyorlardı. Veya her ikisi de. Boyle birincinin doğru olduğuna inanıyordu fakat öyle ya da böyle, deneyleri havanın element olmadığı, farklı öğelerden oluştuğu izlenimini uyandırıyordu.

Boyle ayrıca Hooke'un kısa süre önce icat etmiş olduğu vakumlu pompanın oldukça gelişmiş bir versiyonunu kullanarak yanma sürecinde havanın rolünü araştırdı. Pompa yanan cisimleri içeren kapalı ortamlardan bütün havayı çektiğinde ateşin söndüğünü gözlemledi. Böylece Boyle solumada oldu-

ğu gibi yanmada da, havada, sürecin meydana gelmesi için gerekli bilinmeyen bir madde olduğu sonucuna vardı.

Elementleri belirleme araştırması Boyle'un çalışmalarının özünü oluşturuyordu. Aristoteles ve ondan sonra gelenlerin yanıldıklarını biliyordu, fakat elinin altındaki kaynakların sınırlı oluşu göz önüne alındığında, onların fikirlerinin yerine daha doğru olanları geçirmede ancak eksik bir gelişme kaydedebilirdi. Buna rağmen, havanın farklı gazlardan oluştuğunu gösterebilmesi bile, Galileo'nun ayda tepelerle kraterler ve Jüpiter'in çevresinde dönen aylar bulunduğunu gözlemlemesinin Aristoteles'in teorilerine vurduğu darbe kadar etkiliydi. Bu tarz çalışmalar vasıtasıyla, Boyle gelişmekte olan bilimi, geçmişin yaygın inanışlarından kurtarmaya yardım ederek bunun yerine dikkatle yürütülen deney ve gözlemleri getirdi.

***

Havanın kimyasal olarak incelenmesinde özellikle anlamlı olan bir şey vardır. Güherçileyi veya cıva oksitlerini bilmemiz bize kendimiz hakkında bir şey anlatmaz fakat hava bize yaşamı verir. Ancak Boyle'dan önce, hava hiç gözde bir inceleme konusu olmamıştı. Çünkü gazları incelemek zordu ve mevcut teknolojinin durumu da bu çabayı ciddi biçimde sınırlıyordu. Bu durum ancak on sekizinci yüzyılın sonlarında, kimyasal reaksiyonlarda üretilen gazların toplanmasını mümkün kılan gaz haznesi gibi yeni laboratuvar gereçleri icat edildiğinde değişti.

Ne yazık ki görünmez gazlar kimyasal reaksiyonlarda genellikle absorbe edildikleri veya yayıldıkları için, gaz haline dair bir bilgi olmayınca kimyagerler birçok önemli kimyasal süreci, özellikle de yanmayı eksik veya genellikle yanlış analiz ettiler. Kimyanın ortaçağdan tam anlamıyla kurtulması için bunun değişmesi gerekiyordu; ateşin doğası anlaşılmalıydı.

Boyle'dan bir asır sonra, yanma için gereken gaz –oksijen– nihayet keşfedildi. Oksijeni keşfeden adamın evinin, 1791'de öfkeli bir güruh tarafından yakılıp kül edilmesi ise kaderin garip bir cilvesidir. Güruhu provoke eden şey adamın Amerikan ve Fransız devrimlerini desteklemesiydi. Bu ihtilaf yüzünden Joseph Priestley (1733–1804) 1794'te memleketi İngiltere'yi terk ederek Amerika'ya gitti.

Bir Üniteryen olan Priestley din özgürlüğünün ünlü ve tutkulu bir savunucusuydu. Kariyerine papaz olarak başladı fakat 1761'de, İngiltere Kilisesi'nden ayrılanlar için üniversite rolü oynayan akademilerden birinde modern İngilizce öğretmeni oldu. Orada, meslektaşı bir öğretmenin derslerinden ilham alarak yeni elektrik biliminin bir tarihini yazdı. Bu konu üzerindeki araştırmaları onu özgün deneyler yapmaya yöneltti. Priestley ve Boyle'un yaşam ve geçmişleri arasındaki büyük tezat dönemleri arasındaki bir tezadı yansıtır. Boyle, aşağı yukarı 1685 ile 1815 yılları arasında, Batı düşüncesi ve kültüründe önemli bir dönem olan Aydınlanmanın başlangıcında öldü, öte yandan Priestley çalışmalarını bu dönemin zirvesinde yaptı.

Aydınlanma hem bilimde hem de toplumda çarpıcı devrimlerin görüldüğü bir çağdı. Immanuel Kant'ın sözleriyle, bu terim, "insanoğlunun kendi kendine yarattığı hamlıktan çıkışını" temsil eder. Kant'ın Aydınlanma düsturu basitti: *Sapere aude* yani "Öğrenmeye cesaret etmek." Gerçekten de Aydınlanma, bilimin ilerlemesinin takdiri, eski dogmalara meydan okuma coşkusu ve aklın kör inancı gölgede bırakması gerektiği ve bunların topluma faydalı olabileceği ilkesiyle tanınıyordu.

Bunun kadar önemli olan başka bir nokta ise, Boyle'un –ve Newton'un– zamanında bilimin yalnızca birkaç elit düşünürün uzmanlık alanı olmasıydı. Ancak on sekizinci yüzyıl, sa-

nayi çağının ilk adımlarına, orta sınıfın devam eden yükselişine ve aristokrasinin hâkimiyetinde bir gerilemeye tanık oldu. Sonuç olarak, yüzyılın ikinci yarısı itibarıyla, bilim nispeten yüksek eğitimli bir sınıfın, birçoğunun ekonomik durumlarını iyileştirmek için eğitimden yararlandığı, orta sınıfın üyelerini içeren daha kapsamlı bir grubun ilgi alanı haline gelmişti. Özellikle kimya bu daha geniş olan uygulayıcı tabanından –Priestley gibi insanlardan– ve onlarla birlikte gelen icatçı ve girişimci ruhtan yararlandı.

Priestley'nin elektrik hakkındaki kitabı 1767'de yayımlandı fakat Priestley, aynı yıl ilgisi fizikten kimyaya, özellikle gazlara yöneldi. Alanını değiştirmesinin nedeni bu bilimle ilgili çok bilgi edinmiş ya da kimyanın daha önemli bir çalışma alanı olduğuna kanaat getirmiş olması değildi. Bir bira fabrikasına bitişik bir eve taşınınca, tahta fıçılar içindeki maddeler fermente olurken çıkan pek çok gazın fokurdamaları merakını uyandırdı. Zamanla büyük miktarlarda gaz ele geçirdi ve Boyle'un deneylerini andıran deneylerinde şunu keşfetti: Yanan odun parçaları gazı içeren kapalı bir ortama yerleştirilirse ateş sönüyor, böyle bir ortamdaki fare de kısa sürede ölüyordu. Ayrıca şunu da fark etti ki eğer bu gaz suda çözünürse hoş bir tadı olan ve kabarcık çıkaran bir sıvı elde ediliyordu. Günümüzde bu gazı karbondioksit olarak biliyoruz. Priestley kazara gazlı içecek üretmenin bir yöntemini icat etmişti fakat mütevazı imkânları olan bir adam olduğu için bu icadını ticarete dökmedi. Bu işi birkaç yıl sonra, gazlı içecek şirketi hâlâ günümüzde de ayakta olan Johann Jacob Schweppe yaptı.

Priestley'nin ticari bir yan ürüne olan hayranlığının kimyayla ilgilenmesine neden olması o sıralarda normaldir çünkü artık on sekizinci yüzyılın sonlarında sanayi devriminin ortaya çıkışıyla birlikte, bilim ve sanayinin daha da büyük işlere doğru birbirlerini teşvik ettiklerini görürüz. Önceki yüzyılda

bilimdeki büyük ilerlemelerin sonucunda çok az pratik yarar elde edilmişti fakat on sekizinci yüzyılın ileriki dönemlerinde başlayan gelişmeler günlük yaşamı tamamen dönüştürdü. Bilim ve sanayi işbirliğinin doğrudan sonuçları arasında buhar makinesi, fabrikalarda kullanım amacıyla su gücünden yararlanmada gelişmeler kaydedilmesi, imalat aletlerinin geliştirilmesi ve daha sonra, demiryolları, telgraf ve telefon, elektrik ve ampulün ortaya çıkışı vardır.

Her ne kadar sanayi devrimi 1760 civarındaki ilk aşamalarında, yeni bilimsel ilkelerin keşfinden çok zanaatkâr mucitlerin katkılarına dayansa da, zenginler arasında, imalat sanatını geliştirmenin bir aracı olarak, bilimi destekleme yönünde bir hareketi teşvik etti. Bilime karşı böyle bir ilgisi olan bu zengin hamilerden biri Shelburne Kontu William Petty'ydi. 1773'te, Priestley'ye bir kütüphanecilik işi vermesinin yanında, onu çocuklarının özel öğretmeni olarak da tuttu fakat aynı zamanda onun için bir laboratuvar yaptırarak araştırmalarını yürütmesi için bol miktarda boş zaman sağladı.

Priestley zeki ve titiz bir deneyciydi. Yeni laboratuvarında, günümüzde cıvanın bir oksidi olarak bildiğimiz kalks –başka deyişle, cıva "pası"– ile deneyler yapmaya başladı. O dönemin kimyagerleri, kalks yapmak için cıvayı ısıttıklarında, cıvanın havadan bir şeyi absorbe ettiğini biliyor fakat bunun ne olduğunu bilmiyorlardı. İşin ilginç tarafı ise, kalksın biraz daha ısıtıldığında, muhtemelen ne absorbe ettiyse onu dışarı vererek cıvaya dönüşmesiydi.

Priestley kalksın çıkardığı gazın dikkate değer özellikleri olduğunu keşfetti. "Bu havanın yüce bir doğası var," diye yazdı. "Bu havanın içindeki bir mum inanılmaz bir alev gücüyle yandı. ... Fakat bu havanın üstün niteliğinin kanıtını biraz daha pekiştirmek için, içine bir fare salıverdim; bu miktardaki normal havada yaklaşık on beş dakikada öleceği yerde bir saat

yaşadı ve canlı çıktı." Priestley "yüce" havadan –elbette oksijenden– örnekler vermeye devam etti: "Akciğerlerime verdiği his duyusal olarak normal havanın verdiği histen farklı değildi; fakat biraz zaman geçtikten sonra özellikle göğsümdeki hafiflik ve rahatlık hissi çok hoşuma gitti." Belki de Priestley gizemli gazın, işsiz güçsüz zenginlerin yeni bir kötü alışkanlığı haline geleceğini tahmin ediyordu.

Priestley zenginlere oksijen satma işine girmedi. Bunun yerine gazı inceledi. Gazı kirli, pıhtılaşmış kan örneklerine maruz bıraktı ve kanın parlak kırmızıya dönüştüğünü keşfetti. Ayrıca kapalı, küçük bir yere yerleştirilen kirli kan havadan gazı absorbe ederse, kan parlak kırmızıya döndükten sonra, bu havaya maruz kalan hayvanların çabucak boğulduklarını da fark etti.

Priestley bu gözlemlerini akciğerlerimizin havayla etkileşimde bulunarak kanımızı canlandırdığı şeklinde yorumladı. Ayrıca nane ve ıspanakla da deneyler yaptı ve büyüyen bitkilerin, havanın hem solumayı hem de ateşi destekleme becerisini iyileştirebildiklerini keşfetti; başka deyişle, günümüzde fotosentez olarak bildiğimiz şeyin etkilerini fark eden ilk kişiydi.

Priestley oksijenin etkileri hakkında çok şey öğrenmesine ve genellikle oksijeni keşfeden kişi olarak anılmasına rağmen, oksijenin yanma sürecindeki önemini anlamadı. Bunun yerine, cisimlerin havadaki bir şeyle reaksiyona girdikleri için değil, "flojiston" adı verilen bir şey *salıverdikleri* için yandıkları gibi o zamanın popüler fakat karmaşık bir teorisini savundu.

Priestley bu durumu meydana çıkaran deneyler yapmıştı fakat bunların neyi meydana çıkarmış olduklarını göremedi. Priestley'nin deneylerinin asıl anlamını –soluk alma ve yanmanın havaya "flojiston" salmayı değil, havadan bir şey (oksijen) absorbe etmeyi içeren süreçler olduğunu– açıklayan çalışmaları yapmak Fransız Antoine Lavoisier'ye (1743–1794) kaldı.

***

Simya olarak başlamış bir alanın Newton fiziğinin matematiksel kesinliğine ulaşması boş bir hayal gibi görünebilir fakat birçok on sekizinci yüzyıl kimyageri bunun olabileceğine inanıyordu. Hatta maddeleri oluşturan atomlar arasındaki çekim kuvvetlerinin esasen doğadaki kütleçekimiyle ilgili olduğu ve kimyasal özellikleri açıklamakta kullanılabileceklerine dair yorumlar bile yapılıyordu. (Günümüzde onların haklı olduklarını biliyoruz fakat bu kuvvetler elektromanyetiktir.) Bu tarz fikirler Newton'la başlamıştı. Newton, "doğada, cisim parçacıklarını [yani atomları] çok güçlü çekimlerle birbirine bağlayan etkin maddeler olduğunu ve bunu bulmanın deneysel felsefenin işi olduğunu" öne sürmüştü. Kimyanın büyüme sancılarından biri buydu, Newton'un fikirlerinin fizikten nasıl tam olarak diğer bilimlere çevrilebileceği meselesiydi.

Lavoisier, Newton devriminden çok etkilenen o kimyagerlerden biriydi. O sıralar kimyayı şöyle görüyordu: "Sadece birkaç olgu üstüne kurulmuş ... aralarında hiç bağıntı olmayan fikirler ve kanıtlanmamış varsayımlardan ibaret ... bilim mantığından etkilenmemiş" bir alan. Buna rağmen kimyanın, kuramsal fiziğin saf matematiksel sistemlerinin değil, deneysel fiziğin titiz niceliksel metodolojisinin benzerini yapması için uğraşıyordu. Onun zamanının bilgi ve teknik yeterlilikleri dikkate alındığında bu akıllıca bir seçimdi. Zamanla kuramsal fizik kimyayı denklemler vasıtasıyla *açıklayabilecek* fakat bu, kuantum teorisinin geliştirilmesine ve hatta daha da iyisi, yüksek hızlı dijital bilgisayarlara dek gerçekleşmeyecekti.

Lavoisier'nin kimya ile uğraşması onun *hem* kimyayı *hem de* fiziği sevdiğini gösteriyordu. Aslında fiziği tercih edebilirdi fakat Paris'te zengin bir avukatın oğlu olarak ve konum ve ayrıcalıkları konusunda aşırı derecede korumacı olan bir aile-

de büyüyen Lavoisier, fiziğin sert ve tartışmalı olduğunu düşünmeye başladı. Lavoisier'nin ailesi onun tutkularını teşvik etse de, çalışkan olmasının yanı sıra, sosyal açıdan da marifetli olmasını bekliyor, ihtiyat ve kısıtlamaya önem veriyorlardı (bunlar onun için kesinlikle doğal olmayan niteliklerdi).

Lavoisier'nin gerçek aşkının bilim olduğu onu tanıyan herkes için aşikâr olmalı. Gerçekleştirmek istediği çılgınca fikirleri ve büyük planları vardı. Daha ergenlik çağında bile, uzun bir dönem boyunca süt dışında hiçbir şey tüketmeyerek beslenmenin sağlık üzerindeki etkilerini araştırmaya çalıştı ve ışığın yoğunluğundaki küçük farklılıkları değerlendirebilme becerisini artırmak için altı hafta boyunca kendini karanlık bir odaya kapatmayı tasarladı. (Görünüşe göre bir arkadaşı onu bundan caydırdı.) Bu bilimsel araştırma tutkusu bilimin diğer birçok öncüsü gibi, yaşamı boyunca öğrenme peşinde uzun saatler süren zahmetli çalışmalarında görülecekti.

Lavoisier şanslıydı, para onun için hiç sorun teşkil etmedi; daha yirmilerindeyken mirasından günümüz parasıyla on milyon dolardan fazla avans aldı. Bu parayla kârlı bir yatırım yaparak, Genel Çiftçiler Şirketi adı verilen bir kuruluştan bir hisse aldı. Bu çiftçiler kuşkonmaz ekip biçmiyorlardı; monarşinin verdiği yetkiyle bazı vergiler topluyorlardı.

Lavoisier'nin yatırımı aktif katılım gerektiriyordu; tütün yönetmeliğinin uygulamasını denetleme sorumluluğu da vardı. Emeğinin karşılığında, çiftlik Lavoisier'ye kâr payı olarak yılda günümüz parasıyla yaklaşık iki buçuk milyon dolar veriyordu. Lavosier bu parayı dünyadaki en kaliteli özel laboratuvarı kurmak için kullandı, söylentilere göre laboratuvarı o kadar çok cam gereçle doldurmuştu ki beher kap koleksiyonunu kullanmak kadar seyretmekten de hoşlandığı söylenebilir. Parasını ayrıca birtakım hayırseverlik işlerine de harcadı.

1774 sonbaharında Lort Shelburne ile birlikte, ona bir çeşit bilim rehberliği yaparak Avrupa'yı gezen Priestley'nin yolu Paris'e düştü. Paris'te bulundukları sırada Lavosier, Priestley'nin deneyleri hakkında bizzat Priestley'den bilgi aldı. Üçü, Paris biliminin bazı ileri gelenleriyle birlikte yemek yedikten sonra iş konuştular.

Priestley Lavoisier'ye yapmakta olduğu çalışmayı anlattığında, Lavoisier hemen Priestley'nin yanma ile ilgili deneylerinin, kendisinin paslanmayla ilgili yürüttüğü deneylerle ortak bir noktası olduğunu fark etti; bu onu hem şaşırttı hem de sevindirdi. Fakat aynı zamanda Priestley'nin kimyanın teorik ilkeleri ve hatta kendi deneylerinin olası sonuçları hakkında çok az bilgisi olduğunu da kavradı. Çalışması, Lavoisier'nin dediğine göre, "akıl yürütmenin pek müdahale etmediği deneylerle dokunmuş bir kumaş"tı.

Elbette bir bilimin hem kuramsal hem de deneysel yönlerinde olağanüstü başarılı olmak çok zor bir iştir ve ben bu iddiada bulunabilecek çok az bilim insanı tanıyorum. Şahsen ben, başlarda bu dalda ilerleyebilecek bir kuramcı olarak tanımlandım ve bu yüzden üniversitedeyken sadece bir fizik laboratuvarı dersi almam gerekti. Bu derste, sıfırdan bir radyo tasarlamam ve yapmam gerekiyordu. Bu proje tüm yarıyılımı tüketti. Sonunda, radyom bittiğinde ancak baş aşağı tutulup da sallandığında çalışıyordu ve o zaman bile tek bir istasyonu çekiyordu: akortsuz avangart müzik çalan bir Boston kanalını. İşte bu yüzden, ister kuramcı ister deneyci olsun, birçok arkadaşım gibi, ben de fizikteki işbölümüne minnettarım.

Lavoisier kimyanın hem teorik hem de deneysel yönlerinde ustaydı. Priestley'nin entelektüel becerilerini yetersiz bulan ve paslanma ile yanma süreçleri arasındaki benzerlikleri araştırma olasılığından heyecanlanan Lavoisier, Priestley'nin cıva ve cıvanın oksidi kalks ile ilgili çalışmalarını ertesi sa-

bah erkenden kendisi tekrarladı. Her şeyi titizlikle ölçerek ve tartarak Priestley'nin deneylerinden daha iyisini yaptı. Sonra Priestley'nin keşiflerine dair, Priestley'nin daha önce hiç tasavvur etmediği bir açıklama yaptı: Cıva yandığında doğanın temel bir elementi olan bir gazla –kalks oluşturacak şekilde– birleşir ve –ölçümlerinin gösterdiğine göre– birleştiği gazın ağırlığına eşit miktarda bir ağırlık kazanır.

Lavoisier'nin özenli deneyleri aynı zamanda başka bir şeyi daha gösterdi: Tersi olduğunda –kalks ısıtılıp cıva oluştuğunda– kalks muhtemelen absorbe etmiş olduğu gazı salarak hafifler ve cıva kalks oluşturduğunda kazandığı ağırlığa eşit miktarda ağırlık kaybeder. Bu deneyler sırasında absorbe edilen ve salınan gazı keşfeden kişi olarak Priestley bilinmesine rağmen, bunun önemini açıklayan –ve nihayet ona "oksijen"* adını veren– Lavoisier oldu.

Lavoisier daha sonra gözlemlerini bilimdeki en ünlü yasalardan birine yöneltti: kütle korunumu yasası. Buna göre kimyasal bir reaksiyonda üretilen ürünlerin toplam kütlesi ilk reaksiyona giren maddelerin kütlesiyle aynı olmalıdır. Bu, simyadan modern kimyaya giden yolculuğun dönüm noktası olabilirdi: kimyasal değişimlerin, elementlerin birleşmesi ve yeniden birleşmesi olarak tanımlanması.

Lavoisier iltizam usulüyle vergi toplama işine yatırım yaparak önemli bilimsel çalışmalarını finanse etmişti. Fakat bu aynı zamanda onun mahvına da yol açacaktı, çünkü bu durum Fransız monarşisini alaşağı eden devrimcilerin dikkatini çekti. Ne zaman ve nerede olursa olsun, vergi tahsildarları ancak tüberkülozlu, kesik kesik öksüren bir adam kadar hoş karşılanır. Ancak bu mültezimler özellikle hakir görülürdü

"Oksijen" "asit üreticisi" anlamına gelir. Lavoisier'nin bu ismi seçmesinin nedeni bileşimini bildiği bütün asitlerde oksijenin var olmasıydı.

çünkü toplamakla görevlendirildikleri bu vergilerin birçoğu akıldışı ve adaletsiz kabul edilirdi, özellikle de yoksullar üzerindeki etkileri göz önüne alındığında.

Lavoisier, herkesin dediğine göre, görevlerini adil ve dürüstçe, vergilerini toplamakta olduğu kişilere karşı sempatiyle yaklaşarak yerine getirmişti fakat Fransız Devrimi incelikli yargılarıyla tanınan bir devrim değildi. Lavoisier de devrimcilere nefret edecekleri çok şey sunmuştu.

En kötü suçu, hükümete, Paris şehri etrafına, maliyeti günümüz parasıyla birkaç yüz milyon doları bulan muazzam bir sur inşa etmesini önermekti. Kimse bu sur üzerindeki kapılardan ücret ödemek suretiyle geçmeden şehre girip çıkamazdı, bu kapılarda şehre girip çıkan bütün malları ölçen ve vergi hesabında kullanılan kayıtları tutan silahlı muhafızlar nöbet bekliyordu. Dolayısıyla Lavoisier titiz ölçüm tutkusunu –halkın acı çekmesi pahasına– laboratuvardan iltizam işine taşımıştı.

1789'da devrim başladığında, Lavoisier'nin suru saldırıya uğrayan ilk yapı oldu. 1793'teki Terör Döneminde diğer mültezimlerle birlikte tutuklandı, yargılandı ve ölüm cezası aldı. Üzerinde çalıştığı araştırmayı tamamlayabilmesi için idamının ertelenmesini talep etti. Söylentilere bakılırsa, hâkim ona, "Cumhuriyetin bilim insanlarına ihtiyacı yok," dedi. Belki cumhuriyetin yoktu, ama kimyanın ihtiyacı vardı ve bereket versin ki elli yıllık ömrü sırasında Lavoisier bu alanı halihazırda dönüştürmeyi başarmıştı.

İdamına kadar Lavoisier element olarak bilinen otuz üç maddeyi tanımlamıştı. On tanesi hariç diğerleri konusunda yanılmıyordu. Kimyanın, kendisinden önce kafa karıştırıcı olan ve bilgilendirici olmayan dili yerine, bileşikleri oluşturan elementlere göre standart bir bileşik isimlendirme sistemi oluşturdu. Fiziğin dili olarak matematiğin öneminden çok

söz ettim, fakat uygulanabilir bir dil kimyada da aynı şekilde hayati önem taşır. Örneğin Lavoisier'den önce, hydrargyrum kalksı ve cıva kalksı aynı bileşiğe verilmiş iki farklı isimdi. Lavoisier'nin terminolojisinde, bu bileşik "cıva oksit" halini aldı.

Lavoisier cıva oksit üretimini tanımlayan "$2Hg + O_2 \rightarrow 2HgO$" gibi modern kimyasal terimler icat edecek kadar ileri gitmedi, fakat bunun altyapısını hazırladı. Keşiflerinin kimyada bir devrim yaratması ve endüstride büyük coşkuya yol açması, gelecekteki kimyagerlerin çalışabilecekleri yeni maddeler ve yanıtlamaları gereken yeni sorular sağladı.

1789'da, Lavoisier fikirlerini sentezleyen *Kimya Üzerine Temel İnceleme* adında bir kitap yayımlamıştı. Günümüzde bu kitap, elementin bölünemeyecek bir madde olduğu kavramını açıklayan, dört element teorisini ve flojistonun varlığını reddeden, kütle korunumu yasasını ileri süren ve Lavosier'nin yeni akılcı terimlendirmesini sunan ilk modern kimya ders kitabı olarak görülür. Kitap bir nesilde klasik haline gelerek, daha sonraki sayısız öncüye bilgi ve ilham vermişti. O zaman itibarıyla ise Lavoisier öldürülmüş, cesedi bir toplu mezara atılmıştı.

Yaşamını bilime hizmet ederek geçirmiş olan Lavoisier aynı zamanda şöhret olmayı da çok istemiş ve yeni bir element keşfetmediği için hayıflanmıştı (gerçi oksijeni keşfetme işinden kendine pay çıkarmak için uğraşmamış da değildi). Nihayet 1900'de, Fransa bilim insanlarına ihtiyaç duyduğunu yadsıdıktan bir yüzyıl sonra Paris'e bronz bir heykeli dikildi. Açılış törenindeki ileri gelenler "insanların saygısını hak ettiğini" ve "insanlığa büyük katkıları" olduğunu, çünkü "kimyasal dönüşümleri yöneten temel yasaları tesis ettiğini" söylediler. Konuşmacılardan biri heykelin Lavoisier'yi "güç ve zekâsının tüm parıltısıyla" yansıttığını söyledi.

Bu tören Lavoisier'nin çok arzulamış olduğu itibarın ona verilişini yansıtıyor gibidir fakat Lavoisier'nin törenden hoşlanacağı şüphelidir. Çünkü heykelin yüzünün Lavoisier'ye değil, Lavoisier'nin son yıllarında Bilimler Akademisi'nin sekreteri olan filozof ve matematikçi Marquis de Condorcet'e ait olduğu ortaya çıkmıştır. Heykeltıraş Louis-Ernest Barrias (1841–1905) farklı bir sanatçının yaptığı heykelin kafasını kopyalamış ve modelinin kimliğini doğru tespit etmemiştir. Fransızlar hatalı heykele hiç dokunmadılar. Giyotinle kafasını kestikleri adamın anısına diktiklerin heykelin omuzları üzerinde başka bir adamın başının durması onları rahatsız etmişe benzemiyordu. Sonunda, heykel ancak Lavoisier'nin dayandığı kadar dayandı.* Gerçek bedeni gibi heykeli de savaşın politikalarına yenik düştü; Nazi işgali sırasında yerinden söküldü ve mermi yapımında kullanılmak üzere eritildi. En azından Lavoisier'nin fikirleri hayatta kaldı. Bu fikirler, kimya alanını yeniden yarattılar.

***

İnsanlar sık sık "bilimin ilerleyişinden" bahseder fakat bilim kendi kendine ilerlemez; insanlar onu ilerletir ve bu ilerleme ileri doğru yapılan yürüyüşten çok bayrak yarışına benzer. Üstelik bu oldukça tuhaf bir bayrak yarışıdır, çünkü bayrağı devralanlar genellikle önceki koşucunun tahmin etmediği ve onaylamayacağı bir yola saparlar. Lavoisier'nin başarmış olduğu büyük koşudan sonra bayrağı bir sonraki büyük kimya vizyoneri devraldığında olan şey işte tam budur.

Gariplik bununla sınırlı kalmadı ve 1913'te Philadelphia'daki Amerikan Felsefe Derneği'ne armağan edilen Condorcet'in gerçek boyutlu mermer büstünün Condorcet'e değil Lavoisier'ye ait olduğu ortaya çıktı!



Condorcet başlı Lavoisier heykeli

Lavoisier elementlerin kimyasal tepkimelerdeki rolünü aydınlatmış ve bunları tanımlamada niceliksel bir yaklaşımı desteklemişti. Günümüzde şunu biliyoruz ki kimyayı hakikaten –ve özellikle kimyasal tepkimeleri *niceliksel* olarak– anlamak için atomu anlamanız gerekir. Ancak Lavoisier atom kavramını küçümsemekten başka bir şey yapmamıştı. Bunun nedeni dar görüşlü veya basiretsiz olması değildi. Kimyayı atomlar yönünden düşünme fikrine tamamen pratik bir nedenden dolayı karşı çıkıyordu.

Yunanlardan bu yana bilginler atomlar hakkında bazı varsayımlarda bulundular. Kimi zaman onları "parçacık" veya "madde tanecikleri" gibi başka isimlerle andılar. Ancak çok küçük oldukları için yaklaşık iki bin dört yüz yıl boyunca

hiç kimse onları gözlem ve ölçümlerle ilişkilendirebilecek bir yöntem düşünmemişti.

Atomların ne kadar küçük olduklarına dair bir fikir edinebilmek adına, dünyanın bütün okyanuslarını bilyelerle doldurduğunuzu düşünün. Ve daha sonra bu bilyelerin her birini bir atomun boyutuna küçülttüğünüzü hayal edin. Ne kadar yer kaplarlardı dersiniz? Bir çay kaşığından daha az. Peki, bu kadar ufak bir şeyin etkilerini gözlemleme olanağı nedir?

Bu olanağın epeyce fazla olduğu ortaya çıktı ve bu mucizevi başarıyı ilk kez Hıristiyan Kuveykır tarikatına mensup bir öğretmen olan John Dalton (1766–1844) gerçekleştirdi. Tarihteki büyük bilim insanlarının birçoğu renkli insanlardı fakat yoksul bir dokumacının oğlu olan Dalton bunlardan biri değildi. Biliminden tutun da her gün saat beşte içtiği çay ile arkasından saat dokuzda yediği et ve patatese kadar her şeyde sistemliydi.

Dalton'un *Yeni Bir Kimya Felsefesi Sistemi* adlı kitabı, üç kısımdan oluşan titizlikle hazırlanmış bilimsel bir eserdi ve işin daha da şaşırtıcı yanı ise, bunu Dalton'un tümüyle boş zamanlarında araştırıp yazmış olmasıydı. Dalton kırklı yaşlarının ortalarındayken 1810'da yayımlanan birinci bölüm 916 sayfalık muazzam bir eserdir. Bu 916 sayfa içinde, topu topu beş sayfa uzunluğundaki bir bölüm günümüzde Dalton'un tanınmasını sağlamış çığır açıcı fikrini sunar: Laboratuvarda yapabildiğiniz ölçümlerle atomların göreli ağırlıklarını hesaplama yöntemi. Bu heyecan verici bölüm bilimde fikirlerin gücünü gösterir; beş sayfa iki bin yıllık yanlış teorileri tersine çevirebilir. Bu fikir Dalton'un aklına birçok fikir gibi dolaylı yoldan geldi ve artık tarih on dokuzuncu yüzyıl olsa da, Dalton'un fikrinin ilham kaynağı on yedinci yüzyıl ortalarında doğmuş bir adamdı; burada da yine Isaac Newton'un kavrayış gücünü görürüz.

Yürüyüş yapmaktan hoşlanan Dalton gençliğinde İngiltere'nin en yağışlı bölgesi olan Cumberland'de yaşıyordu ve o sıralarda meteorolojiye ilgi duymaya başladı. Ayrıca ergenlik çağında Newton'un *Principia*'sını incelemiş bir dâhiydi. Bu iki ilgi alanının şaşırtıcı derecede güçlü bir birleşim olduğu görülür çünkü bunlar onu gazların fiziksel özellikleriyle ilgilenmeye yöneltti; Cumberland kırsalının nemli havası da bu gazlar arasında yer alıyordu. Newton'un antik Yunan atom kavramını kuvvet ve harekete dair kendi fikirleriyle güncelleyerek ortaya attığı parçacık teorisiyle karşılaşınca meraklanan Dalton, gazların farklı çözünürlüklere sahip olmalarının nedeninin atomlarının farklı büyüklükte olmaları olabileceğinden şüphelendi ve bu da onun atomların ağırlıklarını değerlendirmesine yol açtı.

Dalton'un yaklaşımı, eğer yalnızca saf olanları göz önüne alırsanız, bileşiklerin daima tam olarak aynı oranlardaki öğelerden oluşmaları gerektiği fikrine dayanıyordu. Örneğin, iki farklı bakır oksit vardır. Eğer bu oksitler ayrı ayrı incelenirse, oksitlerden biri bir gram oksijene karşılık dört gram bakırdan oluşurken, diğerinin bir gram oksijene karşılık sekiz gram bakırdan oluştuğu görülür. Bu da ikinci tip oksitte her oksijen atomuyla iki katı bakır *atomunun* birleştiğine işaret eder.

Şimdi basitleştirmek amacıyla, önceki durumda, her oksijen atomu bir bakır atomuyla birleşirken sonraki durumda her oksijenin iki bakır atomuyla birleştiğini varsayın. Böylece, ilk durumda oksit bir gram oksijene karşılık dört gram bakırdan oluştuğu için, bir bakır atomunun ağırlığının bir oksijen atomunun ağırlığının dört katı kadar olduğu sonucuna varabilirsiniz. Aslında, bu varsayım doğrudur ve Dalton'un bilinen elementlerin göreli atom ağırlıklarını hesaplamak için kullandığı bir akıl yürütme türüdür.

Dalton *göreli* ağırlıkları hesapladığı için, bir yerden başlaması gerekiyordu, bu yüzden bilinen en hafif elementin –hidrojenin– ağırlığını "1" olarak belirledi ve diğer tüm elementlerin ağırlıklarını buna göre hesapladı.

Ancak ne yazık ki Dalton'un, elementlerin mümkün olan en basit oranlarda birleştikleri varsayımı her zaman gerçekleşmiyordu. Örneğin bu varsayıma göre suyun formülü günümüzde bildiğimiz daha karmaşık formülü olan H_2O yerine HO'ydu. Dolayısıyla Dalton oksijen atomunun ağırlığını hidrojen atomunun ağırlığına göre hesapladığında, bulduğu sonuç olması gerekenin yarısıydı. Dalton bu belirsizliğin pekâlâ farkındaydı ve suyla ilgili olarak hem HO_2'yi hem de H_2O'yu alternatif olasılıklar olarak kabul etti. Eğer genel bileşiklerin formülü $H_{37}O_{22}$ gibi olsaydı, göreli ağırlıkların belirlenmesi çok daha zor olurdu, fakat neyse ki durum böyle değildir.

Dalton tahminlerinin koşullara bağlı olduğunun ve varsayılan formüllerdeki hataları gösterebilecek tutarsızlıkların açığa çıkarılabilmeleri için, çok sayıda bileşikten alınacak verilere dayanmaları gerektiğinin farkındaydı. Bu zorluk bir elli yıl daha kimyagerlerin başını ağrıtacaktı, fakat detayların çözümlenmesinin zaman alması bu yeni yaklaşımın alan üzerindeki etkisini azaltmadı, çünkü Dalton'un atomculuk versiyonu laboratuvar ölçümleriyle ilişkilendirilebilmesi açısından nihayet pratik bir yönü olan bir versiyondu. Dahası, Lavoisier'nin çalışmalarını geliştiren Dalton ilk kez niceliksel bir kimya dili– moleküller arasındaki atom değiştokuşu yönünden kimyagerlerin yaptığı deneyleri anlamanın yeni bir yöntemi– oluşturmada Lavoisier'nin fikirlerinden yararlandı. Örneğin, modern versiyonda, suyun oksijen ve hidrojenden oluştuğunu tanımlamak için bir kimyager (veya bir lise öğrencisi) "$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$" yazar.

Kimyanın yeni dili, kimyagerlerin kimyasal reaksiyonlar oluşturduklarında gözlemlediklerini ve ölçtüklerini anlama ve bunlar hakkında mantık yürütme becerilerini kökten değiştirdi ve Dalton'un fikirleri o zamandan bu yana kimya teorisinin merkezi oldu. Dalton'un çalışmaları onu dünya çapında ünlü biri yaptı. Sivil toplum tarafından kendisine birtakım payeler verilmesinden pek hoşlanmasa da, şiddetli itirazlarına karşın kendisine bahşedilmiş Royal Society üyeliği dahil, bu tür onurlandırma girişimlerini en sonunda kabul emek durumunda kalıyordu. 1844'te öldüğünde, mütevazı olacağını umduğu cenazesinde kırk binden fazla insan vardı.

Dalton'un çabaları sayesinde maddenin doğasına ilişkin düşüncelerimiz antik mistik bilgilerin öne sürdüğü teorilerden, duyularımızın çok ötesine geçen bir madde anlayışının ilk adımlarına doğru ilerledi. Fakat eğer her element atomlarının ağırlığıyla tanımlanıyorsa, atomun gözlemlediğimiz kimyasal ve fiziksel özelliklerle ilintili özelliği ne olabilir? Bu bayrak yarışının bir sonraki ayağıdır ve doğrusu, kimya hakkındaki Newton biliminin ötesine geçmeden yanıtlanabilecek derin soruların sonuncusudur. Daha derin kavrayışların ortaya çıkması ancak fizikteki kuantum devrimiyle mümkün olacaktı.

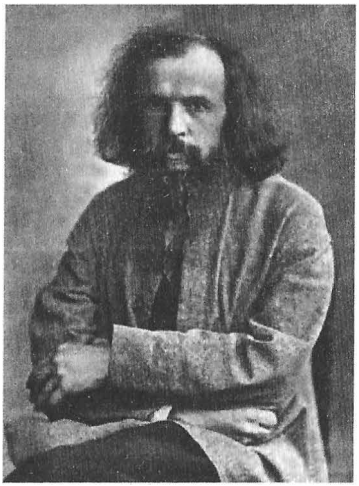
***

Birkaç yıl içinde öldürmesi beklenen bir hastalık yüzünden hareket kabiliyetini yitirmesine rağmen on yıllardır yaşayan Stephen Hawking bir keresinde bana en büyük özelliğinin inatçılık olduğunu söyledi ve ben de onun haklı olabileceğini düşünüyorum. Her ne kadar bu özelliği onu zaman zaman birlikte çalışması zor bir kişi kılsa da, onu hayatta tutan ve ona araştırmalarına devam etme gücü veren şeyin bu inatçılığı olduğunun farkındaydı.

Bilimin tamamlanmış teorileri bir kez formül haline getirildiklerinde neredeyse tartışmasız görünebilirler fakat bunları oluşturma mücadelesi genellikle ancak fevkalade bir sebatla kazanılabilir. Psikologlar sebat ve inatçılıkla, aynı zamanda tutkuyla ilişkili bir özellik olan "dayanıklılık"tan bahsederler ki bunlar bu kitapta sık karşılaştığımız özelliklerdir. "Zaman içinde, sürdürülebilir ilgi ve çabayla, uzun erimli hedeflerin peşinden gitme eğilimi" olarak tanımlanan dayanıklılığı, hiç de şaşırtıcı olmayan biçimde, evlilikten tutun asker-polis özel harekâtçıların faaliyetlerine kadar insanın her alanda kaydettiği başarıyla ilintili bulmuşlardır. Belki de bu yüzden öykümüzde bu zamana kadar karşılaştığımız karakterlerin birçoğu dik başlı, hatta kibirlidir. Büyük mucitlerin çoğu öyledir. Öyle olmak zorundadırlar.

Bir sonraki öncümüz, öfke nöbetleri ve bağırıp çağırmalarıyla –ve saçını sakalını yılda sadece bir kez kestirmesiyle– tanınan Rus kimyager Dmitriy Mendeleyev (1834–1907) de gayet inatçı biriydi. Kişiliği o kadar güçlüydü ki karısı çareyi ailenin sayfiye evine yerleşmekte bulmuştu; Mendeleyev oraya çıkageldiği zaman ise, karısı bu kez çocukları alıp şehirdeki evlerine taşınıyordu.

Hawking gibi Mendeleyev de mücadeleci, her tür badireyi atlatan biriydi. Ergenliğinin sonlarında tüberkülozdan hastanede yattı, bu hastalığı atlattığı gibi yakınlarda bir laboratuvar buldu ve iyileşme döneminde orada kimya deneyleri yaptı. Daha sonra, öğretmenlik belgesini aldığında, Eğitim Bakanlığındaki bir yetkiliyi kızdırınca çok uzaklardaki Kırım'da bir liseye öğretmen olarak atandı. Yıl 1855'ti ve Mendeleyev oraya vardığında, lisenin savaş bölgesinde olduğu gibi uzun zaman önce kapanmış olduğunu da gördü. Yılmayan Mendeleyev eve döndü, lise öğretmeni olmaktan vazgeçti ve St. Petersburg



Dmitriy Mendeleyev

Üniversitesi'nde bir *privatdozent* –bahşiş karşılığında ders veren öğretmen– olarak işe başladı. Zamanla profesör oldu.

Mendeleyev kimyager olmasını, hatta okula gitmesini bile tamamen annesine borçluydu. Sibirya'nın batısında yoksul bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi, on dört veya on yedi çocuğun –çeşitli söylentiler mevcuttur– en küçüğüydü. Okulda başarılı değildi fakat bilim deneyleri yapmaktan hoşlanıyordu. Annesi onun entelektüel becerilerine inanıyordu ve babası öldükten sonra, on beş yaşındayken onunla birlikte bir yolculuğa çıkarak onu alacak bir üniversite arayışına girdi.

Çoğu zaman at arabalarına otostop çekerek 2250 kilometre yol kat ettikten sonra Mendeleyev, St. Petersburg'da müdürü merhum babasının eski arkadaşı olan Merkez Pedagoji Enstitüsü'nden küçük bir burs aldı. Bundan kısa süre sonra da annesi hayata gözlerini yumdu. Otuz yedi yıl sonra bilimsel bir eseri, annesinin ölürken söylediği "kutsal" olarak nitelediği sözlerini alıntılayarak annesine adadı: "Sanrılardan kaçın, yılmadan çalış, lafa bakma. Sabırla ilahi ve bilimsel hakikati

ara." Mendeleyev kendisinden önceki birçok büyük bilimci gibi yaşamını bu sözlere göre yaşayacaktı.

Bir anlamda Mendeleyev o dönemde doğduğu için şanslıydı. Hemen hemen bütün büyük keşif ve buluşlar insan idrakinin ve uygun koşulların birleşiminden doğmuştur. Einstein modern elektromanyetizma teorisinin formül haline getirilmesinden kısa süre sonra kariyerine başladığı için şanslıdır ki bu teoriye göre ışığın hızı sabittir ve bu fikir Einstein'ın izafiyet teorisinin özü haline gelecektir. Aynı şekilde Steve Jobs da teknolojinin, kullanışlı bir kişisel bilgisayarın geliştirilebileceği bir aşamaya ulaşmakta olduğu bir zamanda kariyerine başladığı için şanslıdır. Öte yandan Ermeni asıllı Amerikalı mucit ve iş insanı Luther Simjian'ın birçok patenti vardı, fakat en iyi fikrini bir on yıl kadar erken bulmuştu: 1960'ta Bankograf adını verdiği otomatik vezne makinesini (ATM) tasarladı. Bir New York bankasını bunlardan birkaç tane kurması için ikna etti fakat insanlar bu makinelere güvenmiyordu, o yüzden bunları yalnızca, veznedarlarla muhatap olmak istemeyen fahişeler ve kumarbazlar kullanıyordu. On yıl sonra zaman değişti, ATM'ler patlama yaptı, fakat başka birinin tasarımıyla.

Simjian'ın aksine, zamanın ruhu Mendeleyev'in yanındaydı. Mendeleyev yetişkinliğe eriştiğinde kimya gelişmeye hazırdı; elementlerin sınıflara ayrılabileceği fikri 1860'larda bütün Avrupa'da insanların aklındaydı. Örneğin –1842'de İsveçli kimyager Jöns Jakob Berzelius tarafından "halojenler" olarak sınıflandırılan– flor, klor ve bromun bir bütün oluşturdukları dikkatlerden kaçmadı: Bunlar sodyumla birleştiklerinde tuz benzeri zararsız kristaller oluşturan son derece aşındırıcı gazlardı. (Örneğin sofra tuzu sodyum klorürdür.) Aynı şekilde, sodyum, lityum ve potasyum gibi alkali metaller arasındaki benzerlikleri de belirlemek zor değildi. Bunla-

rın hepsi parlak, yumuşak ve son derece reaktiftir. Aslında, alkali metal ailesinin üyeleri o kadar benzerdir ki sofra tuzundaki sodyumu potasyumla değiştirirseniz, elde edeceğiz şey sodyum klorüre çok yakın olduğu için tuzun yerine kullanılır.

Carl Linnaeus'un biyolojik organizmaları sınıflandıran şemasından esinlenen kimyagerler elementler arasındaki ilişkileri açıklayan, kendi kapsamlı sınıf sistemlerini geliştirmeye çalıştılar. Fakat bütün gruplandırmalar belli değildi, ayrıca birbirleriyle olan ilişkileri veya sınıf benzerliklerinden atomların hangi özelliklerinin sorumlu olduğu bilinmiyordu. Bu meseleler bütün Avrupa'daki düşünürleri cezbediyordu. Hatta bir şeker üreticisi bile harekete geçti. Fakat her ne kadar bir avuç düşünür yanıtın kapısını çalsa da, sadece bir adam –Mendeleyev– kapıyı kırıp içeri girdi. Eğer elementleri organize etme fikri "insanların aklındaysa" o zaman bunu başaran kişinin yürekten bir alkış alacağını düşünürsünüz ama bu kişinin ille de o zamana kadar alanında çalışan en büyük dehalardan biri olarak görüleceği sonucuna varmazsınız ancak Mendeleyev öyleydi. Peki, onu Boyle, Dalton ve Lavoisier gibi devlerle aynı safa yerleştiren neydi?

Mendeleyev'in geliştirdiği "periyodik tablo" kuşları tanıma kılavuzunun kimyadaki karşılığı değil, daha çok Newton yasalarının kimya alanındaki eşdeğeri veya en azından bu büyük başarıya kimyanın umabileceği kadar yakın bir gayrettir. Çünkü sadece element ailelerini listeleyen bir tablo değildir; kimyagerlerin, henüz bilinmese bile herhangi bir elementin özelliklerini anlamalarına ve öngörmelerine olanak sağlayan gerçek bir büyülü tahtadır.

Geriye dönüp baktığımızda, Mendeleyev'in çığır açıcı buluşunu, doğru zamanda doğru soruyu sormasına, iş ahlakına, tutkusuna, inatçılığına ve aşırı özgüvenine bağlamamız kolaydır. Ancak keşif ve buluşlarda genellikle entelektüel nite-

likler kadar şans da rol oynar. Şans bu entelektüel niteliklerin zaferlerini elde etmeleri için sahneyi hazırlar. Bir kimya ders kitabı yazmaya karar verince Mendeleyev'in de şansı açılmış oldu.

Bu kararı Mendeleyev 1866'da, otuz iki yaşındayken St. Petersburg'da kimya profesörü olduktan sonra verdi. Yüz elli yıl önce I. Petro tarafından kurulmuş olan St. Petersburg nihayet Avrupa'nın bir entelektüel merkezi olarak kendini göstermekteydi. Üniversitesi Rusya'daki en iyi üniversite olsa da, Rusya Avrupa'nın gerisindeydi ve Rusya'nın kimya literatürünü tarayan Mendeleyev derslerinde kullanılmak üzere hiç doğru dürüst ve güncel kitap bulamadı. Böylece kendi kitabını yazmaya karar verdi. Metnin tamamlanması yıllar sürse de basıldıktan sonra belli başlı bütün dillere çevrildi ve yıllarca dünyanın dört bir yanındaki üniversitelerde kullanıldı. Anekdot, spekülasyon ve tuhaflıklarla dolu alışılmışın dışında bir kitaptı. Bir sevgi eseriydi ve Mendeleyev'in mümkün olan en iyi kitabı yazma arzusu onu büyük keşiflerine götürecek meseleler üzerinde odaklanmaya zorlayan şeydi.

Mendeleyev'in kitabını yazarken karşılaştığı ilk zorluk düzenleme şekliyle ilgiliydi. Elementleri ve bileşiklerini, özelliklerine göre tanımlanan gruplar, yani aileler şeklinde ele almaya karar verdi. Nispeten kolay olan halojen ve alkali metalleri tanımlama işinden sonra hangi grubu yazacağı meselesi karşısına çıktı. Sıra keyfi mi olmalıydı? Veya bunu yönetecek düzenleyici bir ilke olabilir miydi?

Bu problemle boğuşan Mendeleyev farklı grupların nasıl ilişkili olabileceklerine dair ipuçları elde etmek için muazzam kimya bilgisinin derinlerine baktı. Bir cumartesi günü, konu üzerine o kadar yoğunlaşmıştı ki bütün gece sabaha kadar çalıştı. Hiçbir yere varamadı fakat daha sonra içinden bir ses ona, elementlerin isimlerini zarflarından birinin arkasına,

atom ağırlıklarına göre artan sırada, –hepsinde on ikişer element olmak üzere– oksijen, azot ve halojen grupları halinde yazmasını söyledi.

Birden çarpıcı bir örüntünün farkına vardı: Liste azot, oksijen ve florla –her grubun en hafif üyesiyle– başlıyor, sonra her grubun en hafif ikinci üyesiyle devam ediyor ve bu şekilde gidiyordu. Başka bir deyişle, liste tekrarlayan yani "periyodik" bir örüntü oluşturuyordu. Elementlerin yalnızca ikisinde örüntü geçerli değildi.

Mendeleyev her grubun elementlerini bir sıra haline getirerek ve sıraları birbiri üstüne bir tablo oluşturacak şekilde yerleştirerek keşfini daha açık hale getirdi. (Günümüzde grupları sütunlar halinde yazıyoruz.) Burada gerçekten bir şeyler var mıydı? Ve eğer bu on iki element gerçekten anlamlı bir kalıp oluşturuyorsa, o sırada bilinen diğer elli bir element onun şemasına uyar mıydı?

Mendeleyev ve arkadaşları sabır adında bir kart oyunu oynarlardı, bu oyunda desteyi açtıktan sonra kartların belirli bir şekilde düzenlenmeleri gerekirdi. Bu kartların oluşturduğu tablo, daha sonra dediği gibi, o gün yaptığı on iki elementli tabloya çok benziyordu. Bilinen *bütün* elementlerin isim ve atom ağırlıklarını kartların üzerine yazmaya ve artık "kimyasal sabır" adını verdiği oyunu oynayarak, bunun bir tablosunu yapmayı denemeye karar verdi. Kartlarla oynamaya başlayarak onları anlamlı olacak şekilde düzenlemeye çalıştı.

Mendeleyev'in yaklaşımında ciddi sorunlar vardı. İlk olarak, bazı elementlerin hangi gruba ait olması gerektiği belli değildi. Bazılarının özellikleri ise iyi bilinmiyordu. Ayrıca bazı elementlerin atom ağırlıkları hakkında da anlaşmazlık vardı ve günümüzde bildiğimiz şekliyle, bazı elementlere atanmış ağırlıklar düpedüz yanlıştı. Belki de en ciddi sorun, henüz

keşfedilmemiş elementler olması ve bunun da Mendeleyev'in sıralamasının işe yaramıyor gibi görünmesine yol açmasıydı.

Tüm bu meseleler Mendeleyev'in işini zorlaştırıyordu fakat başka bir şey, daha incelikli bir mesele vardı: Atom ağırlıklarına dayalı bir şemanın işe yaraması *gerektiğine* inanmak için hiçbir neden yoktu çünkü o sırada kimse bir atomun hangi kimyasal yönünün ağırlığını temsil ettiğini bilmiyordu. (Günümüzde bunun atomun çekirdeğindeki proton ve nötron sayısı olduğunu ve nötronların ağırlığa katkısının atomun kimyasal özellikleriyle ilintili olmadığını biliyoruz.) Bu nokta özellikle Mendeleyev'in inatçılığının, fikrinin peşinden koşma tutkusunu desteklediği noktadır: O sırf içgüdüleri ve inancıyla yoluna devam etti.

Mendeleyev'in çalışmaları bilimsel sürecin nasıl bir bilmece çözme faaliyeti olduğunu çoğu şeyden daha açık bir biçimde gösterir. Fakat aynı zamanda önemli farklılıkları da ortaya koyar çünkü bir mağazadan alacağınız yapbozun aksine, Mendeleyev'in yapbozundaki parçalar birbirine uymuyordu. Bilimin bir kısmı ve bütün yenilikler, eninde sonunda incelikli bir çözüm bulacağınız veya sonuçta bu meselelerin alakasız olduğunun ortaya çıkacağı inancıyla, yaklaşımınızın muhtemelen işe yaramayabileceğini gösteriyor gibi görünen meseleleri bazen görmezden gelmektir. Bu durumda, hem fevkalade dehası hem de olağanüstü sebatı sayesinde Mendeleyev yapbozun bazı parçalarını yeniden yaparak ve bazılarını tamamen icat ederek resmini çizdi.

Geriye dönüp baktığımızda, sanırım benim yapmış olduğum gibi, Mendeleyev'in başarısını bir kahramanlık ışığı altında nitelendirmemiz kolaydır. Fikirleriniz çılgınca görünse bile, eğer işe yararlarsa sizi bir kahraman yaparız. Ancak madalyonun bir de öbür yüzü vardır, çünkü çağlar boyunca sonradan yanlış olduğu ortaya çıkmış birçok çılgınca proje

vardır. Aslına bakarsanız, işe yarayan projelere karşılık işe yaramayan muazzam sayıda proje vardır. Boşa çıkanlar çabucak unutularak, bunlara inanan kişilerin saatler, günler ve yıllar boyu süren çalışmaları sonuçta ziyan olur. Genellikle bu projeleri ortaya atanları başarısız ve akılsız olarak nitelendiririz. Ancak kahramanlık risk almakla ilgilidir ve araştırmalarla ilgili gerçekte kahramanca olan şey, ister başarıya ulaşsın ister ulaşmasın, biz bilim insanlarının ve diğer yenilikçilerin aldıkları risktir. Saatler, günler, aylar, hatta yıllar süren yoğun entelektüel mücadele ürün verebilir de vermeyebilir de.

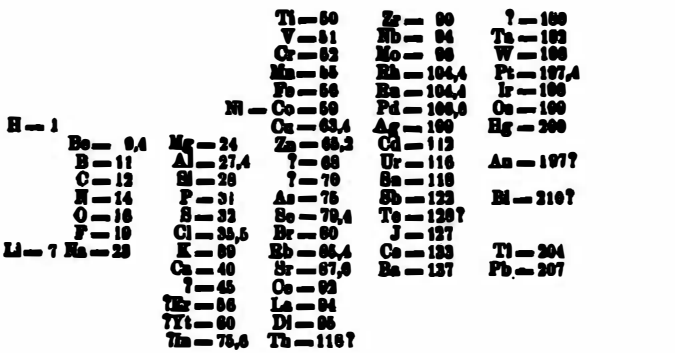
Mendeleyev kuşkusuz çok zaman harcadı. Bir öğe istediği gibi yerli yerine oturmadığında, projesinin yanlış olduğunu kabul etmeye yanaşmadı. Bunun yerine silahlarına sarıldı ve atom ağırlığını ölçenlerin hatalı oldukları sonucuna vardı ve ölçülen ağırlığın üstünü cesurca çizerek öğenin uymasını sağlayacak değeri girdi.

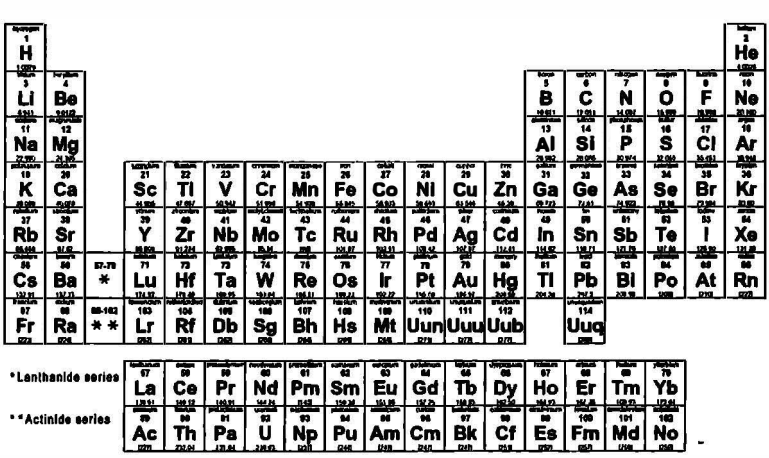
En cesurca açıklamalarını, tablosunda bir boşluk –gerekli özelliklere sahip olan hiçbir öğenin olmadığı bir nokta– gördüğünde yaptı. Fikirlerinden vazgeçmek veya düzenleyici ilkesini değiştirmeye kalkmak yerine, sebatla bu boşlukların keşfedilmemiş elementleri temsil ettiğinde ısrar etti. Hatta sadece boşluğun ortaya çıktığı yere dayanarak, yeni elementlerin özelliklerini bile tahmin etti: ağırlıklarını, fiziksel özelliklerini, başka hangi elementlerle birleştiklerini ve oluşturdukları bileşik çeşitlerini.

Örneğin alüminyumun yanında bir boşluk vardı. Mendeleyev bunu eka-alüminyum adını verdiği bir elementle doldurdu ve bir kimyager sonunda eka-alüminyumu keşfederse, ısıyı çok iyi ileten, ergime noktası düşük ve bir santimetreküpü tam olarak 5,9 gram gelen parlak bir metal olacağını öngördü. Birkaç yıl sonra, Fransız kimyager Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran maden cevheri örneklerinde tanıma uyan bir

element keşfetti; tek farkı santimetreküpünün 4,7 gram gelmesiydi. Mendeleyev hemen Lecoq'a bir mektup göndererek örneğinin saf olamayacağını söyledi. Lecoq dikkatli bir biçimde saflaştırdığı yeni bir örnekle analizi tekrarladı. Bu defa, örneğin ağırlığı tamı tamına Mendeleyev'in tahminine uyuyordu: santimetreküpü 5,9 gram. Lecoq buna Fransa'nın Latince karşılığı olan Galya'ya istinaden galyum adını verdi.

Mendeleyev tablosunu ilk olarak 1869'da pek tanınmayan bir Rus dergisinde ve daha sonra, "Atom Ağırlıklarına Göre





1869'da yayımlandığı şekliyle Mendeleyev'in orijinal periyodik tablosu ve günümüzdeki periyodik tablo

Elementlerin Özelliklerinin İlişkisi Üzerine" başlığı altında saygın bir Alman dergisinde yayımladı. Mendeleyev'in tablosu, galyuma ilaveten, henüz bilinmeyen diğer elementler için de bilgi alanları içeriyordu; günümüzde bu boşluklardan birkaçı skandiyum, germanyum ve teknetyum adı verilen elementlerce doldurulmuştur. Teknetyum o kadar radyoaktif ve nadir bulunan bir elementtir ki Mendeleyev öldükten aşağı yukarı otuz yıl sonra, 1937'de –bir çeşit parçacık hızlandırıcı olan– kiklotronda sentezlenene dek keşfedilmemiştir.

Kimya dalında Nobel Ödülü ilk kez Mendeleyev'in ölümünden altı yıl önce, 1901'de verildi. Mendeleyev'e hiç ödül verilmemesi Nobel tarihinin en büyük hatalarından biridir, çünkü Mendeleyev'in element tablosu modern kimyanın ana düzenleyici ilkesi, madde biliminde uzmanlaşmamızı mümkün kılan keşif ve mumyacılar ile simyacıların laboratuvarlarında başlamış iki bin yıllık çalışmanın zirvesidir.

Ancak Mendeleyev sonunda daha seçkin bir kulübün üyesi oldu. 1955'te, Berkeley'deki bilim insanları yine bir kiklotronda yeni bir elementin bir düzineden fazla atomunu ürettiler ve 1963'te, Mendeleyev'in muhteşem başarısının onuruna ona mendelevyum adını verdiler. Nobel Ödülü sekiz yüzden fazla kişiye verilmiş, fakat yalnızca on altı bilim insanının adı bir elemente verilmiştir. Mendeleyev de onlardan biridir; mendelevyum, 101 atom numaralı element olarak göründüğü periyodik tabloda aynştaynyum ve kopernikyumdan birkaç atom ötededir.

9

CANLI DÜNYA

Bilginler antikçağdan bu yana maddi cisimlerin temel yapıtaşlarından oluşturkları tahmininde bulunmuş olsalar da, kimse canlıların da bu temel yapıtaşlarından oluştuklarını tahmin etmemişti. Bu yüzden 1664'te eski dostumuz Robert Hooke'un, kurşunkalem açmak için kullandığı çakısını, "jilet kadar keskinleşene" dek bileyip, bir mantar parçasından ince bir dilim keserek, ev yapımı mikroskobuyla buna bakması ve "hücre" adını verdiği şeyi gören ilk insan olması herhalde epeyce sürpriz olmuştur. Bu ismi seçmesinin nedeni, ona keşişlere manastırlarda verilen küçücük yatak odalarını hatırlatmalarıydı.

Hücreler yaşamın atomları olarak düşünülebilir fakat onlar atomlardan daha karmaşık ve canlıdır. Bir hücre, enerji ve hammadde tüketen ve bunlardan, neredeyse bütün hayati biyolojik fonksiyonları yerine getiren, protein ağırlıklı olmak üzere birçok farklı ürün üreten faal bir canlı fabrikadır. Bir hücrenin fonksiyonlarını yerine getirmesi için çokça bilgi gerekir, öyle ki hücrelerin beyinleri olmadığı halde, bir şeyleri "bilirler"; büyümemiz ve işlev görmemiz için gereken protein ve diğer maddeleri yapmayı ve belki de en önemlisi, üremeyi bilirler.

Bir hücrenin en önemli ürünü kendisinin bir kopyasıdır. Bu becerinin bir sonucu olarak, biz insanlar tek bir hücreden

başlar, kırktan fazla kez gerçekleşen hücre kopyalanmaları vasıtasıyla, sonunda yaklaşık otuz trilyon hücreden ibaret hale geliriz ki bu rakam Samanyolu'ndaki yıldızlardan yüz kat fazladır. Hücrelerimizin faaliyet toplamının, düşünmeyen bireylerden oluşan bir galaksinin etkileşiminin, biz olan bir bütünü oluşturması büyük bir mucizedir. Bunun kadar afallatıcı olan bir başka şey ise, bir programcı tarafından talep edilmediği halde kendilerini analiz eden bilgisayarlar gibi, tüm bunların nasıl işlediklerini çözebilmemizdir. Bu biyolojinin mucizesidir.

Biyoloji dünyasının çoğunu göremediğimiz göz önüne aldığında, mucize daha da büyük görünür. Bunun nedeni kısmen hücrelerin küçüklüğü, kısmen de yaşamın muhteşem çeşitliliğidir. Bakteri gibi canlıları hariç tutar ve yalnızca çekirdeği olan hücreli canlıları dikkate alırsanız, bu takdirde bilim insanları gezegenimizde, aşağı yukarı yüzde 1'ini keşfettiğimiz ve sınıflandırdığımız yaklaşık on milyon tür olduğunu tahmin ediyorlar. Yalnızca karıncanın en az 22.000 türü vardır ve dünyadaki her insana karşılık bir ila on milyon arası karınca mevcuttur.

Hepimiz çeşit çeşit arka bahçe böceklerine aşinayızdır fakat bir kürek iyi toprak sayabileceğimizden daha fazla canlı türü içerir; yüzlerce, hatta binlerce omurgasız tür, ancak mikroskopla görülebilecek birkaç bin yuvarlak solucan ve on binlerce bakteri türü. Dünya üzerinde canlıların varlığı o kadar yayılmıştır ki aslında sürekli olarak büyük olasılıkla yemeyi tercih etmeyeceğimiz organizmaları sindiriyoruz. Böcek kırıntıları içermeyen fıstık ezmesi almayı deneyin: Alamazsınız. Devlet böcek içermeyen fıstık ezmesi üretmenin uygulanamaz olduğunu kabul ettiği için yönetmelik otuz bir gram başına on böcek kırıntısına kadar izin verir. Bu arada, bir porsiyon bro-

koli altmış fidan biti ve/veya kurt içerirken, bir kavanoz toz tarçın dört yüz böcek kırıntısı içerebilir.

Bunların hepsi iştah kaçırıcı geliyor fakat vücutlarımızda bile yabancı canlı olduğunu unutmamamız gerekir; her birimiz tam bir canlı ekosistemiyiz. Örneği bilim insanları ön kolumuzda yaşayan kırk dört mikroskobik organizma cinsi (tür grubu) ve insanların bağırsaklarında yaşayan en az 160 bakteri türü tanımlamışlardır. Peki ya ayak parmaklarınız arasında? Kırk mantar türü. Aslında hepsini toplayacak olursanız, vücutlarımızda insan hücrelerinden çok daha fazla mikrobik hücre vardır.

Organlarımızın her biri ayrı bir habitat oluşturur ve bağırsaklarınızdaki veya ayak parmaklarınız arasındaki canlıların *benim* vücudumun bu bölgelerindeki organizmalarla ortak noktası kendi ön kolunuzdaki canlılarla olandan daha fazladır. Hatta Kuzey Carolina Devlet Üniversitesi'nde, bu karanlık, izole tabiatta var olan yaşamı incelemek için kurulmuş olan Göbek Deliği Biyo-çeşitlilik projesi adı verilen bir akademik merkez bile vardır. Bir de kötü şöhretli deri kurtları vardır. Kene, örümcek ve akrebin akrabaları olan bu canlılar bir milimetrenin üçte birinden daha küçüktür ve saç köklerinde ve saç köklerine bağlı bezelerde, yüzümüzde, en çok da sulu hücrelerinizin iç kısımlarını emdikleri burun kenarı, kirpik ve kaşlarda yaşarlar. Fakat endişelenmeyin, normalde olumsuz etkilere yol açmazlar ve eğer iyimserseniz bunları vücutlarında barındırmayan yetişkin nüfusun yarısı içinde olduğunuzu ümit edebilirsiniz.

Yaşamın karmaşıklığı, ebat, şekil ve habitattaki çeşitliliği ve fiziksel yasaların "yegâne" ürünleri olduğumuza inanmaya olan doğal yatkınlığımız da göz önüne alındığında, biyolojinin bir bilim olarak gelişiminde fizik ve kimyanın gerisinde kalması şaşırtıcı değildir. Çünkü diğer bilimler gibi, biyolo-

jinin gelişmesi için, insanlar özel oldukları ve tanrıların ve/veya sihrin dünyayı yönettiğini düşünmeye olan doğal insani eğilimlerinin üstesinden gelmek zorundaydı. Diğer bilimlerde olduğu gibi, bu da Katolik Kilisesinin Tanrı merkezli doktrinini ve Aristoteles'in insan merkezli teorilerini aşmak anlamına geliyordu.

Aristoteles hevesli bir biyologdu; günümüze kadar ulaşan yazılarının neredeyse dörtte biri bu disipline aittir. Aristoteles'in fiziği dünyayı evrenin fiziksel merkezine yerleştirirken, daha kişisel olan biyolojisi insanları, özellikle erkekleri yüceltir.

Aristoteles ilahi bir zekânın bütün canlıları tasarladığına inanıyordu. Ona göre, canlılar, öldüklerinde onları terk eden veya varlığı son bulan özel bir nitelikleri olması yönünden cansız varlıklardan ayrılıyordu. Aristoteles tüm bu yaşam tasarımları arasında insanların zirveyi temsil ettiklerini öne sürdü. Bu noktada Aristoteles o kadar coşkuya kapıldı ki bir türün, karşılık gelen insani özellikten farklı olan bir özelliğini tanımladığında bunu bir çarpıklık olarak ifade etti. Benzer şekilde insanın dişisini deforme, yani hasarlı erkek olarak görüyordu.

Bu tarz geleneksel fakat yanlış inançların sarsılmaları modern biyolojinin doğumunun zeminini hazırladı. Bu tarz fikirler karşısında elde edilen ilk önemli zaferlerden biri canlıların toz gibi cansız maddelerden doğduğunun ifade edildiği, Aristoteles biyolojisinin kendiliğinden üreme adı verilen bir ilkesinin çürütülmesiydi. Aşağı yukarı aynı zamanlarda yeni mikroskop teknolojisi, basit canlıların bile bizim gibi organları olduğunu ve bizim de diğer bitki ve hayvanlar gibi hücrelerden oluştuğumuzu göstererek, eski düşünce biçimlerine gölge düşürdü. Fakat biyoloji, büyük düzenleyici ilkesinin keşfedilmesine dek, bir bilim olarak olgunlaşmaya başlayamadı.

Cisimlerin etkileşimiyle ilgili olan fiziğin kendi hareket yasaları vardır; elementlerin ve bileşimlerinin etkileşimleriyle ilgili olan kimyanın da kendi periyodik tablosu vardır. Biyoloji türlerin işlev görme ve etkileşim biçimleriyle ilgilidir ve başarılı olması için, bu türlerin neden bu özelliklere sahip olduklarını kavraması –"çünkü Tanrı onları böyle yarattı"dan farklı bir açıklama bulması– gerekiyordu. Bu anlayış nihayet Darwin'in doğal seçilime dayanan evrim teorisiyle birlikte geldi.

***

Biyolojiden çok önce de canlıları gözlemleyenler vardı. Çiftçi, balıkçı, doktor ve filozoflar kara ve deniz organizmaları hakkında bir şeyler öğrenmişlerdi. Ancak biyoloji bitki kataloglarında veya resimli kuş rehberlerinde ayrıntılı olarak anlatılanlardan ibaret değildir çünkü bilim öylece oturup dünyayı tanımlamaz; fırlayarak ayağa kalkar ve gördüklerimizi açıklayan fikirleri haykırır. Oysa açıklamak tanımlamaktan çok daha zordur. Sonuç olarak, bilimsel yöntemin geliştirilmesinden önce, diğer bilimler gibi biyoloji de makul fakat yanlış açıklama ve fikirlerle doluydu.

Antik Mısır'ın kurbağalarını ele alalım. Her bahar Nil Nehri taşıp civardaki toprakları sular altında bırakarak geri çekildikten sonra arkasında besin yönünden zengin bir çamur bırakır, bu çamur kısa zamanda, özenle ve sebatla çalışan çiftçilerin emekleri sayesinde ülkeyi beslerdi. Çamurlu toprak aynı zamanda kuru topraklarda olmayan başka bir mahsul daha verirdi: kurbağalar. Bu gürültücü yaratıklar o kadar aniden ve muazzam sayılarda ortaya çıkardı ki sanki çamurun içinden çıkıvermiş gibi görünürlerdi; zaten eski Mısırlıların inandığı şey de tam olarak buydu.

Mısırlıların teorisi zayıf mantık yürütmenin bir ürünü değildi. Tarihte ekseriya, devamlı olarak dikkatli gözlem yapan kişiler de aynı sonuca varmışlardır. Kasaplar kurtçukların et üstünde "belirdiğini", çiftçiler buğdayın saklandığı kaplarda farelerin "ortaya çıktığını" keşfetmişlerdir. Hatta on yedinci yüzyılda Jan Baptist van Helmont adında bir kimyager günlük malzemelerden fare yaratmak için bir reçete bile önerecek kadar ileri gitti: Bir çanağın içine birkaç buğday tanesi koyun, kirli iç çamaşırlarını ilave edin ve yirmi bir gün bekleyin. Söylentilere bakılırsa reçete genellikle işe yarıyordu.

Helmont'ın uydurduğu reçetenin ardındaki teori kendiliğinden üreme, yani basit canlı organizmaların bazı cansız maddelerden kendiliğinden ortaya çıkabileceği fikriydi. Antik Mısır döneminden bu yana ve muhtemelen öncesinde de insanlar bir tür yaşam kuvveti ya da enerjisinin bütün canlı varlıklarda mevcut olduğuna inanıyorlardı. Zamanla bu tür görüşlerin bir yan ürünü, yaşam enerjisinin bir şekilde cansız maddeye aşılanarak, yeni canlı yaratılabileceği inancı oldu ve bu doktrin Aristoteles tarafından uyumlu bir teori haline getirildiğinde güçlendi. Fakat tıpkı on yedinci yüzyılda Aristoteles fiziğinin sonunun başlangıcını temsil eden bazı önemli gözlem ve deneyler gibi, bu yüzyılda da bilimin yükselişi nihayet Aristoteles'in biyoloji hakkındaki fikirlerini de güçlü eleştirilerin hedefi haline getirdi. En unutulmaz meydan okumalar arasında İtalyan hekim Francesco Redi'nin 1668'de yaptığı bir kendiliğinden üreme testi vardı. Bu biyolojinin gerçek anlamda ilk bilimsel deneylerinden biriydi.

Redi'nin yöntemi basitti: Birkaç geniş ağızlı kavanozun içine taze yılan eti, balık ve dana eti örnekleri yerleştirdi. Bazı kavanozların ağzını açık bırakırken, bazılarını da tülbent benzeri bir materyalle veya kâğıtla kapladı. Redi eğer kendiliğinden üreme gerçekten varsa, sinek ve kurtçukların üç

durumda da etin üzerinde görülmesi gerektiği varsayımında bulundu. Fakat eğer kurtçuklar Redi'nin şüphelendiği gibi, sineklerin bıraktığı ufacık görünmez yumurtalardan çıkıyorsa, üstü kâğıtla kaplı kavanozlarda değil de üstü kapatılmamış kavanozlardaki etin üzerinde ortaya çıkmalıydılar. Ayrıca kurtçukların diğer kavanozların ağzına örtülmüş tülbentler üzerinde de ortaya çıkacağı tahmininde bulundu. Redi'nin tüm tahminleri doğru çıktı.

Redi'nin deneyine farklı tepkiler geldi. Kimilerine göre kendiliğinden üremeyi çürütüyor izlenimi veriyordu. Kimileri de umursamamayı veya kusur bulmayı tercih ettiler. Birçoğunun ikinci kategoriye girmesinin tek nedeni muhtemelen eski inançlarını sürdürme eğilimleriydi. Ne de olsa, meselenin teolojik sonuçları vardı; bazıları kendiliğinden üremenin Tanrı'nın yaşamı yaratmada oynadığı rolü muhafaza ettiğini hissediyordu. Fakat Redi'nin vardığı sonuçtan şüphe etmek için bilimsel nedenler de mevcuttu; örneğin Redi'nin deneyinin ortaya koyduğu sonuçların, incelemiş olduğu canlılar dışında da geçerli olduğunu düşünmek yanlış olabilirdi. Belki de tek kanıtlamış olduğu şey kendiliğinden üremenin sinekler için geçerli olmadığıydı.

Redi açık görüşlülüğünü korudu, hatta kendiliğinden üremenin *gerçekleştiğinden* şüphelendiği diğer vakaları da buldu. Sonuçta mesele yaklaşık iki yüzyıl daha tartışıldı, ta ki Louis Pasteur on dokuzuncu yüzyılın sonlarında mikroorganizmaların dahi kendiliğinden oluşmadıklarını gösteren dikkatli deneyleriyle meseleyi temelli çözene dek. Bununla beraber, Redi'nin çalışmaları kusursuz olmasa da muhteşemdi. Özellikle ön plana çıkmasının nedeni, herhangi birinin bu deneyi yapabileceği halde kimsenin yapmayı akıl edememiş olmasıdır.

İnsanlar genellikle büyük bilim insanlarının olağandışı bir zekâya sahip olduklarını düşünürler ve çoğunlukla başkala-

rıyla kaynaşmayan insanlar da toplumda, özellikle iş yaşamında dışlanır. Ancak başkalarının görmediklerini görenler genellikle bu farklı olanlardır. Redi karmaşık bir adamdı: Bir bilim insanıydı fakat aynı zamanda batıl inançları olan biriydi, hastalıklardan korunmak için vücuduna çeşitli yağlar sürüyordu; hekim ve doğa bilimciydi ama aynı zamanda bir şairdi, Toskana şaraplarına övgüler düzdüğü, bugün klasikleşmiş bir kitap yazmıştı. Sadece Redi kendiliğinden üreme konusunda kalıpların dışında düşünebilecek kadar tuhaftı ve henüz bilimsel akıl yürütmenin olağan olmadığı bir çağda bilim insanları gibi akıl yürüttü ve hareket etti. Böylece geçersiz bir teori üzerine gölge düşürdüğü gibi, Aristoteles'i de eleştirdi ve biyolojinin sorularını yanıtlama konusunda yeni bir yaklaşıma dikkat çekti.

***

Redi'nin deneyi büyük oranda, yakın zamanda çok küçük canlıların da üreme organlarına sahip olacak kadar karmaşık olduklarını gösteren mikroskop çalışmalarına karşılık yapılmıştı çünkü "aşağı hayvanların" üreyemeyecek kadar basit oldukları Aristoteles'in kendiliğinden üreme argümanlarından biriydi.

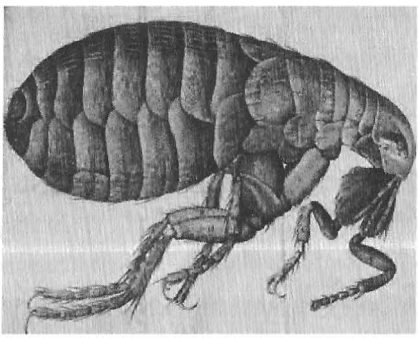
Hem mikroskop da –elde ne zaman veya kim tarafından icat edildiği konusunda kesin bilgi olmamakla birlikte– yirmi otuz yıl kadar önce, teleskop ile aşağı yukarı aynı zamanda icat edilmişti. İlk başta Latince *perspicillum* sözcüğünün ikisi için de kullanıldığını biliyoruz. Hatta Galileo aynı aracı –teleskobu– hem içe hem dışa doğru bakmak için kullanıyordu. 1609'da bir ziyaretçiye şöyle demişti: "Bu boruyla baktığımda, sinekler lamba kadar büyük görünüyor."

Mikroskop eski insanların asla hayal edemeyeceği –veya teorilerde açıklama getiremeyeceği– bir doğa âleminin ayrın-

tılarını açığa çıkararak, teleskop gibi zamanla bilginlerin zihinlerini farklı düşünce tarzlarına açmalarına yardım etti ve Darwin'le zirveye ulaşacak bir entelektüel gelişim zincirinin ilk halkası oldu. Fakat teleskop gibi mikroskop da ilk başlarda güçlü bir muhalefetle karşılaştı. Ortaçağ bilginleri "optik yanılsamalardan" sakınıyor ve kendileri ile algıladıkları nesneler arasında duran herhangi bir alete güvenmiyorlardı. Teleskobun, eleştirenlere hızla karşı koyan ve aleti uyarlayan bir Galileo'su olduğu halde, mikroskobu savunanların başarılarını kanıtlamaları yarım yüzyılı buldu.

En büyük savunuculardan biri mikroskobu kullandığı çalışmalarını Royal Society'nin emriyle yapan ve dolayısıyla tıpkı kimya ve fiziğe katkıda bulunmuş olduğu gibi, biyolojinin de köklerine katkıda bulunan Robert Hooke'tu. 1663'te Royal Society Hooke'a her toplantıda en az bir yeni gözlem sunma görevini verdi. Hooke'un bir merceğe uzun süre bakmasını hem zorlaştıran hem de acı veren bir göz rahatsızlığı olmasına rağmen, bu zorluğa göğüs gerdi ve kendi tasarlamış olduğu gelişmiş araçları kullanarak bir dizi olağandışı gözlem yaptı.

1665'te, otuz yaşındaki Hooke *Micrographia*, yani "Küçük Çizimler" adında bir kitap yayımladı. Bu Hooke'un çeşitli alanlardaki çalışma ve fikir karışımından ufak bir parçaydı fakat Hooke'un bizzat çizdiği hayranlık uyandıran elli yedi resim sayesinde tuhaf, yeni bir mikro dünyayı açığa çıkararak sükse yaptı. Hepsi de tam sayfaya, hatta katlanıp açılan sayfaya çizilmiş, pirenin anatomisi, bitin vücudu, sineğin gözü ve arının iğnesi, ilk kez insanların algısına sunuldu. Basit hayvanların bile bizim gibi uzuv ve organları olması, bir böceği hiç büyütülmüş halde görmemiş bir dünyaya sadece çarpıcı bir ifşaat değil, aynı zamanda Aristoteles doktrininin doğrudan yalanlanması, Galileo'nun ayda da tıpkı dünyada olduğu gibi tepe ve vadiler olduğu keşfine benzer bir keşifti.



Hooke'un *Micrographia*'sı

Micrographia'nın yayımlandığı yıl, her yedi Londralıdan birini öldüren Büyük Veba salgınının zirveye ulaştığı yıldı. Ertesi yıl Londra'yı Büyük Yangın sardı. Ancak tüm bu kaos ve acılara rağmen insanlar Hooke'un kitabını okudular ve kitap çok sattı. Ünlü günlükçü ve deniz kuvvetleri idarecisi ve daha sonra parlamento üyesi olan Samuel Pepys kitaba kendini o kadar kaptırmıştı ki sabah saat ikiye kadar oturup kitabı bitirmiş ve daha sonra, "hayatım boyunca okuduğum en ustaca yazılmış eser" demişti.

Hooke yeni bir bilgin neslini heyecanlandırsa da, güvenmedikleri bir aracı kullanarak yaptığı gözlemlere dayanan, kimi zaman grotesk tasvirlerini kabullenmekte zorlanan şüphecilerin de alay konusu oldu. En kötüsü ise, İngiliz oyun yazarı Thomas Shadwell'in yazdığı, çağdaş bilimi hicveden bir tiyatro oyununu izlemeye giden Hooke'un sahnede alay edilen deneylerin çoğunun kendisine ait olduğunu fark ettiğinde duyduğu aşağılanma hissiydi. Bunlar kendisinin çok sevdiği kitabından alınmışlardı.

Hooke'un iddialarına inananlardan biri de Hollanda'nın Delft şehrinde doğmuş amatör bir bilim insanı olan Antonie van Leeuwenhoek'ti (1632–1723). Babası, ünlü mavi beyaz Delft çanak çömleklerinin, dünyanın dört bir yanına gönderilmek

üzere paketlendiği yerde sepet yapıyor, annesi de Delft'e özgü başka bir şeyle, bira yapımıyla uğraşan bir aileden geliyordu.

Genç Antonie on altı yaşındayken bir kumaş tüccarının yanında veznedar ve muhasebeci olarak çalışmaya ve 1654'te de kendi işini kurarak kumaş, kurdele ve düğme satmaya başladı. Daha sonra bu işle ilgisi olmayan başka bir iş daha üstlendi: Delft'in belediye binasının tamir ve bakımıyla ilgilenmek.

Leeuwenhoek üniversiteye hiç gitmemişti ve o zamanın bilim dili olan Latinceyi bilmiyordu. Öldüğünde doksan yaşını geçmiş olmasına rağmen, Hollanda'dan sadece iki kez ayrılmıştı; birinde Belçika'daki Antwerp'i ziyaret etmek, diğerinde de İngiltere'ye gitmek için. Fakat Leeuwenhoek kitap okumayı seviyordu ve ona ilham veren kitap da Hooke'un çok satan kitabı oldu. Bu kitap onun yaşamını değiştirdi. Önsözünde *Micrographia* basit mikroskop yapımını açıklıyordu ve bir kumaş tüccarı olarak Leeuwenhoek'in büyük olasılıkla mercek yapımında biraz deneyimi vardı çünkü kumaş örneklerini incelemek için bunlara ihtiyacı olabilirdi. Fakat *Micrographia*'yı okuduktan sonra fanatik bir mercek yapımcısı haline gelerek, saatlerce yeni mikroskoplar yapmak için uğraştı ve bunları kullanarak gözlemlerde bulundu.

Leeuwenhoek ilk çalışmalarında basbayağı Hooke'un deneylerini tekrarlasa da çok geçmeden bunları gölgede bıraktı. Hooke'un mikroskopları kendi zamanına göre teknolojik yönden üstündü ve Hooke, Royal Society'ye yirmi ila elli kat büyütme sözü vermişti. Bu yüzden 1673'te Society'nin sekreteri Henry Oldenburg Hollanda'daki eğitimsiz bir kapıcı ve kumaş satıcısından, "bugüne kadar görmüş olduklarımızı fersah fersah geçen mikroskoplar yaptığını" söyleyen bir mektup aldığında, bunun nasıl bir şaşkınlık yarattığını tahmin edebilirsiniz. Aslına bakarsanız kırk bir yaşındaki Leeuwenhoek'in mercekleri Hooke'un yaptıklarından on kat fazla büyütüyordu.

Leeuwenhoek'in mikroskoplarını bu kadar güçlü kılan zekice tasarımlarından çok yapımlarındaki üstün ustalıktı. Aslında bunlar kırık bir cam parçasının ve hatta iri bir kum tanesinin yontulmasıyla elde edilmiş tek bir lensten yapılan ve bazen Leeuwenhoek'in maden cevherinden kendi çıkardığı altın ve gümüşten yapılma plakalar üzerine monte edilmiş basit aletlerdi. Her örneği kalıcı olarak sabitler ve her çalışma için yeni bir mikroskop yapardı, çünkü belki de uygun yerleştirmeyi başarmak lens yapmak kadar zordu. Nedeni ne olursa olsun, bu bilgisini kimseyle paylaşmaz ve genellikle yöntemleri konusunda ser verip sır vermezdi çünkü Newton gibi o da "başkalarından gelecek itiraz veya sert eleştirilerden" kaçınmak istiyordu. Uzun yaşamı boyunca, beş yüzden fazla lens üretmesine rağmen günümüze kadar bunları tam olarak nasıl yaptığını bilen çıkmamıştır.

Leeuwenhoek'in başardığı işlerin haberi ulaştığında, İngiltere Hollanda Savaşlarında İngiliz ve Hollanda donanmaları birbirlerini topa tutmakla meşguldü, fakat Leeuwenhoek'in ülkesiyle savaşta olması Oldenburg'e engel olmadı; Leeuwenhoek'i bulgularını açıklaması için teşvik etti ve Hollandalı da bunları açıkladı. Ünlü Royal Society'nin titizliğinden gözü korkan Leeuwenhoek ilk mektubunda eğer çalışmasında noksanlar varsa özür diliyor ve şöyle diyordu: "Bunlar yalnızca dürtü ve merakım sonucu hiç yardım almadan gerçekleştirdiğim işlerdir; yardım almadım çünkü şehrimizde bu sanatı icra eden benden başka filozof yok; bu yüzden gelişigüzel görüşlerimi yazmadaki rahatlığımı ve zavallı kalemimi yanlış anlamayın."

Leeuwenhoek'in "görüşleri" Hooke'un görüşlerinden daha da büyük ifşaattı. Çünkü Hooke ufacık böceklerin vücut parçalarını ayrıntılı olarak gördüğü halde, Leeuwenhoek çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük bütün canlıları, bazıları çıplak gözle görülebilen en küçük hayvandan bin, hatta on bin kat

küçük olan, daha önce kimsenin varlığını tahmin etmediği organizmaları gördü. Leeuwenhoek bunlara "hayvancıklar" adını verdi. Günümüzde biz bunlara mikroorganizma diyoruz.

Nasıl Galileo ayın manzarasını incelemekten ve Satürn'ün halkalarını gözetlemekten zevk alıyorsa, Leeuwenhoek de tuhaf ve çok minik yaratıkların bu yeni dünyalarını mercekleri vasıtasıyla gözlemlemekten aynı şekilde zevk alıyordu. Bir mektubunda bir su damlasında var olan dünya hakkında şöyle yazdı: "Artık bunların hepsinin birbirlerine sokulmuş ve kıvrılan küçük yılan balıkları ve solucanlar olduklarını çok net bir biçimde gördüm ... su bu çeşit hayvancıklarla dolu görünüyordu. ... Şunu söylemeliyim ki hepsi de küçük bir su damlasında yaşayan bu binlerce canlı varlıktan daha hoş bir görüntüye şimdiye dek hiç tanık olmadım."

Fakat Leeuwenhoek bazen yekpare dünyalara bir Tanrı gözüyle kuşbakışı baktığını bildirirken, başka ifadelerinde mikroskobun birçok yeni türü çok detaylı olarak tanımlamaya yetecek kadar canlıları büyüttüğünden bahsetti. Örneğin bir canlıyı, "[değirmi vücudunun] sivri arka ucunda olmakla birlikte, atın kulaklarına benzer şekilde, sürekli hareket eden iki küçük boynuzu var," şeklinde tanımladı. Leeuwenhoek elli yıl boyunca Royal Society'nin hiçbir toplantısına katılmasa da bu kuruma yüzlerce mektup yazdı. Bunların büyük çoğunluğu muhafaza edilmiştir. Royal Society, Oldenburg'ün düzenleyip İngilizce ve Latinceye çevirdiği bu mektupları daha sonra yayımladı.

Leeuwenhoek'in çalışması sansasyon yarattı. Dünya su birikintilerinin her damlasında canlı evrenler ve duyularımızdan tümüyle gizlenen bütünlüklü yaşam sınıfları olduğunu öğrendiğinde çok şaşırmıştı. Üstelik Leeuwenhoek mikroskoplarını sperm hücreleri ve kan kılcal damarları gibi insan vücudundaki dokulara çevirdiğinde, kendi yapımızı ve bu

yapının diğer yaşam formlarıyla çok ortak noktamız olması bakımından ne kadar sıradan olduğunu ortaya çıkarmamıza yardım etti.

Hooke gibi Leeuwenhoek'in de her şeyi uydurduğunu düşünen şüpheciler vardı. Leeuwenhoek bunlara, saygın tanıklardan, noterlerden ve hatta Delft'teki cemaatin papazından imzalı şahadetname alarak karşılık verdi. Bilim insanlarının çoğu ona inanıyordu ve hatta Hooke, Leeuwenhoek'in araştırmalarının bir kısmının ayrısını yaptı. Haberler yayıldıkça, dünyanın dört bir yanından Leeuwenhoek'in atölyesine çıkagelen ziyaretçiler onun minik hayvanlarına bakmak istediler. Royal Society'nin kurucusu ve hamisi II. Charles, Hooke'dan yaptığı Leeuwenhoek deneylerinden birini göstermesini istedi ve Rusya Çarı I. Petro Leeuwenhoek'i bizzat ziyaret etti. Bütün bunlar bir kumaş dükkânı işleten bir adam için hiç de fena değildi.

1680'de Leeuwenhoek gıyabında Royal Society'ye üye seçildi ve doksan bir yaşında ölene kadar aşağı yukarı kırk yıl çalışmaya devam etti. Benzer bir mikrop avcısının sahneye çıkması ise 150 yılı buldu.

Leeuwenhoek'in ölüm döşeğindeyken son isteği bir arkadaşının iki mektubunu Latinceye çevirip Society'ye göndermesiydi. Ayrıca onlara bir de hediye hazırlamıştı: bazılarını daha önce hiç kimseye göstermediği, en iyi mikroskoplarıyla dolu altın yaldızlı siyah bir dolap. Mikroskoplarından çok azı bozulmadan günümüze ulaştı, bunlardan bir tanesi 2009'da açık artırmada 312.000 pounda satıldı.

Uzun yaşamı boyunca Leeuwenhoek biyoloji –mikrobiyoloji, embriyoloji, böcekbilim, dokubilim– haline gelecek bilimin birçok yönünün tesis edilmesine yardım etti. Bir yirmi birinci yüzyıl biyoloğu, Leeuwenhoek'in mektuplarını, "bir bilim topluluğunun o ana kadar almış olduğunu en önem-

li ileti dizisi" olarak adlandırdı. Bunun kadar önemli olan başka bir nokta da –fizikte Galileo ve kimyada Lavoisier gibi– Leeuwenhoek'in de biyoloji alanında bilimsel bir gelenek tesis edilmesine katkıda bulunmasıydı. Delft'teki Yeni Kilise'nin papazının Leeuwenhoek'in ölümü üzerine 1723'te Royal Society'ye yazdığı gibi, "Antonie van Leeuwenhoek doğa felsefesinde gerçek olanın en verimli şekilde deneysel yöntemle araştırılabileceğini, duyuların kanıtlarıyla desteklenebileceğini düşündü; işte bu nedenden, en mükemmel mercekleri kendi elleriyle, özenle ve sebat ederek, durup dinlenmeden çalışarak yaptı ve onların yardımıyla şimdi artık tüm felsefe dünyasında bilinen, tabiatın birçok sırrını keşfetti."

***

Eğer Hooke ve Leeuwenhoek bir anlamda biyolojinin Galileo'larıysa, Newton'u da Charles Darwin'di (1809–1882). O buna uygun bir biçimde, Westminster Abbey'de Newton'dan sadece birkaç metre uzağa gömüldüğünde, tabutunu taşıyanlar arasında iki dük ve bir kontun yanı sıra, Royal Society'nin geçmişteki, şimdiki ve gelecekteki başkanları da vardı. Darwin'in bir manastıra gömülmesi kimilerine uygunsuz görünebilir, ancak Carlisle Piskoposu anma vaazında şöyle demişti: "Doğa bilgisi ile Tanrı inancı arasında muhakkak bir çatışma olduğu gibi aptalca bir görüşe ağırlık ve geçerlilik kazandıracak bir şey vuku bulsaydı bu talihsizlik olurdu." Başlıca bilimsel başarısı, ilk başta esnemeyle, daha sonra da düşmanlık ve şüphecilikle karşılanmış bir adam için bu defin şanlı bir son oldu.

İlk başlarda hiç etkilenmemiş olanlardan biri de Darwin'in kendi yayımcısı John Murray'di; Darwin'in teorisini ayrıntılı olarak ele aldığı kitabı sadece 1250 adet basmayı kabul etti. Murray endişelenmekte haklıydı çünkü Darwin'in kitabını önceden görmüş olanlar hevesli durmuyorlardı. Hatta ilk

inceleyenlerden biri Murray'e onu basmamasını bile tavsiye etti; metnin "[Darwin'in] teorisinin kusurlu ve nispeten yetersiz bir açıklaması" olduğunu belirtti. Daha sonra bu kişi Darwin'in güvercinler hakkında bir kitap yazmasını ve *bu* kitaba teorisinin kısa bir açıklamasını dahil etmesini önerdi. "Güvercinler herkesin ilgisini çeker," diye tavsiyede bulundu. "Kitap kısa sürede her masada yerini bulur." Bu tavsiye Darwin'e iletilse de Darwin kabul etmedi. Bunun nedeni kitabının satacağına inanması değildi. "Halkın ne düşüneceğini Tanrı bilir," diye düşüncesini belirtti.

Darwin'in endişelenmesine gerek yoktu. *Türlerin Kökeni* adlı eser biyolojinin *Principia*'sı olacaktı. *Türlerin Kökeni* 24 Kasım 1859'da 1250 adet basılınca, sabırsız kitap satıcıları derhal tüm kopyaları alıp raflarına yerleştirdiler ve çok geçmeden hepsini sattılar. Bu kitap o zamandan bu yana hâlâ basılmaktadır. (Gelgelelim kitabın basıldığı gün tükendiği efsanesi doğru değildir.) Fikirlerini destekleyecek kanıtları biriktirmek için yirmi yıl uğraşacak sabır ve tutkuya sahip bir adam için bu tatmin edici bir onaylamaydı. Kitap o kadar muazzam bir emeğin ürünüydü ki birçok yan ürününden biri de kabuklu deniz hayvanları üzerine olan 684 sayfalık bir incelemeydi.

Darwin'den öncekiler bakterilerden memelilere kadar yaşam formları hakkında birçok tanımlayıcı detay öğrenmişler fakat türlerin sahip oldukları özelliklere neyin sebep olduğu gibi daha temel bir mesele hakkında bir ipucuna sahip olmamışlardı. Newton'dan önceki fizikçiler veya periyodik tablodan önceki kimyagerler gibi, Darwin öncesi biyologlar da veri topluyor fakat bunları nasıl bir araya getireceklerini bilmiyorlardı. Bilemezlerdi de çünkü Darwin'den önce, farklı yaşam formlarının kökenlerinin ve aralarındaki ilişkilerin anlaşılmasının bilimin kapasitesini aşan bir uğraş olduğu kanısı yeni biyoloji alanında eyleyenlerin elini kolunu bağlanmıştı. Bu kanı

dünya ve tüm yaşam formlarının altı günde yaratıldığını ve o zamandan bu yana türlerin değişmediğini anlatan İncil'deki yaradılış öyküsünün kelimesi kelimesine kabulünden kaynaklanıyordu.

Türlerin evrim geçirmesi konusuna daha önce kafa yoran düşünürler yok değildi; vardı, geçmişleri ta eski Yunanlara dek uzanıyordu ve aralarında Darwin'in büyükbabası Erasmus Darwin de vardı. Fakat Darwin öncesi evrim teorileri muğlaktı ve yerini almaya talip oldukları dini doktrinden daha bilimsel değillerdi. Sonuç olarak, Darwin'den önce evrim fikri hakkında tartışmalar olmasına rağmen, çoğu insan, bilim insanları dahil, insanların, özellikleri düşünce biçimini asla bilemeyeceğimiz bir yaratıcı tarafından belirlenmiş ve tasarlanmış daha ilkel türlerden oluşan bir piramidinin en tepesinde durduğunu kabul ediyordu.

Darwin bunu değiştirdi. Eğer ondan önce evrim hakkında bir spekülasyon bahçesi varsa, onun teorisi diğer ağaçların çok üzerine yükselerek, dikkatli bilimin muhteşem bir örneği haline geldi. Ondan öncekilerin sağladığı her argüman veya kanıta karşılık o yüzlercesini sundu. Daha da önemlisi, evrimin ardındaki *mekanizmayı* –doğal seçilimi– keşfetti ve dolayısıyla evrim teorisini test edilebilir ve bilimsel açıdan derli toplu hale getirdi, biyolojiyi Tanrı'ya dayanmaktan kurtardı ve onun da fizik ve kimya gibi kökleri fiziksel yasalara dayanan gerçek bir bilim haline gelmesine olanak sağladı.

***

12 Şubat 1809'da ailesinin İngiltere Shrewsbury'deki evinde doğan Charles, kasaba doktoru Robert Darwin ile babası Wedgwood isminde bir çömlek fabrikası kurmuş olan Susannah Wedgwood'un oğluydu. Darwinler varlıklı ve tanınmış bir aileydi fakat Charles okuldan nefret eden kötü bir öğ-

renciydi. Daha sonraları Darwin ezberci eğitim sistemine ve "özel yetenekleri olmamasına" dair kötü anıları olduğunu yazacaktı. Aslında mütevazılık ediyordu, çünkü aynı zamanda "olgular ve anlamlarına karşı büyük bir merak" duyduğunu ve "aynı konu üzerinde gayretli bir şekilde uzun süre çalışmasının da gösterdiği bir zihin enerjisine sahip olduğunu" da kabul ediyordu. Bu son iki özellik bir bilim insanı –veya bir yenilikçi– için aslında özel yeteneklerdir ve Darwin'in de çok işine yarayacaklardı.

Darwin'in merakını ve kararlılığını, Cambridge'de üniversitedeyken böcek toplamayı kafasına taktığı sırada meydana gelen bir olay çok iyi anlatır. "Bir gün," diye yazmıştı, "yaşlı bir ağaç kabuğunu kopardığımda, nadir bulunan iki böcek gördüm ve bunları birer elime aldım; daha sonra üçüncü bir yeni tür görünce ki bunu kaybetmeye katlanamazdım, sağ elimde tuttuğumu ağzıma attım." Ancak bu karakterde bir çocuktan kabuklu deniz hayvanları hakkında 684 sayfa yazacak azimde bir adam çıkabilir. (Gerçi bitirmeden önce, "kabuklu deniz hayvanlarından kimse benim kadar nefret edemez," diye yazmıştır.)

Charles'ın asıl yapmak istediği işi bulması yıllar sürdü. Babası onu on altı yaşındayken 1825 sonbaharında Cambridge'e değil de Edinburgh Üniversitesi'ne –kendisi ve Charles'ın büyükbabasının yapmış oldukları gibi tıp öğrenimi görmek üzere– gönderdiğinde yolculuğu başladı. Bunun kötü bir karar olduğu ortaya çıkacaktı.

Evvela, Charles midesinin kolay bulanmasıyla meşhurdu ve o çağda da anestezi olmadan yapılan ameliyatlarda etrafa çokça kan sıçrıyor, hastalar fena halde çığlık atıyordu. Bununla birlikte, midesinin bulanması yıllar sonra Charles'ın evrim teorisini destekleyen kanıtlar ararken köpek ve ördekleri kesmesini engellemeyecekti. Büyük olasılıkla Charles'ın tıp öğreniminde vahim olduğu ortaya çıkan mesele ise hem ilgi hem

de motivasyon eksikliğiydi. Daha sonra yazacağı gibi, babasının ona, "rahatlıkla geçinmesine" yetecek kadar mal-mülk bırakacağına inanıyordu ve bu beklenti de onu "tıp eğitimi almak için üstün bir gayret göstermekten alıkoymaya yeterliydi". Bu nedenle Charles 1827 baharında, Edinburgh'tan mezun olmadan ayrıldı.

Cambridge onun ikinci durağıydı. Babası onu oraya teoloji okuyup rahip olacağı düşüncesiyle gönderdi. Bu defa Charles, 178 mezun arasında onunculukla okulunu bitirdi. Onunculukla bitirmesi onu şaşırttı fakat bu belki de –böcek toplamasının da gösterdiği gibi– jeoloji ve doğa tarihine içtenlikle ilgi duymaya başlamış olduğunu gösteriyordu. Bununla beraber, bilimin en iyi ihtimalle bir hobi olacağı, profesyonel faaliyetlerinin kiliseye adanacağı bir yaşama doğru yönelmiş görünüyordu. Fakat Darwin daha sonra North Wales'e yapılan lisansüstü çalışmasıyla ilgili jeoloji yürüyüş turundan eve döndüğünde, farklı bir seçenek sunan bir mektup buldu: Kaptan Robert Fitzroy'un komutası altındaki İngiliz kraliyet gemisi *Beagle*'la dünyayı dolaşma fırsatı.

Mektup Cambridge'de botanik profesörü olan John Henslow'dan geliyordu. İyi bir dereceyle mezun olmasına rağmen Darwin Cambridge'de kendini herkese gösterebilmiş değildi; gelgelelim Henslow onda bir potansiyel görmüştü. Bir keresinde, "Şu Darwin de soru sorulacak adam hani," demişti; bu yavan bir iltifattı, ama Henslow'un Darwin'in bir bilim insanının ruhuna sahip olduğunu teslim ettiğini gösteriyordu. Henslow bu meraklı öğrenciyle arkadaş oldu ve deniz seferinde doğa bilimci pozisyonu için genç bir adam önermesi istendiğinde Darwin'i önerdi.

Henslow'un Darwin'e yazdığı mektup beklenmedik bir dizi olayın sonucunda ortaya çıktı. Bütün bunlar *Beagle*'ın eski kaptanı Pringle Stokes'un kafasına bir kurşun sıkmasıy-

la başladı ve sonra kurşun onu öldürmese de kangren öldürdü. Stokes'un birinci subayı Fitzroy gemiyi geri getirdi, fakat Stokes'un depresyonunu tetikleyen şeyin, kaptanın mürettebatıyla sosyalleşmesinin yasaklandığı bir yıldan uzun süren bir gemi seferi olduğu aklından çıkmadı. Fitzroy'un amcası da birkaç yıl önce bir jiletle boğazını kesmişti ve aşağı yukarı kırk yıl sonra Fitzroy da aynı şeyi yapacaktı, bu yüzden herhalde kaptanıyla aynı kaderi paylaşmamak için elinden geleni yapması gerektiğini sezmişti. Sonuç olarak, yirmi altı yaşındaki Fitzroy'a Stokes'un yerine geçmesi teklif edildiğinde, bir yoldaşa ihtiyacı olduğuna karar verdi. O sıralar gemi doktorunun aynı zamanda doğa bilimci de olması âdettendi fakat Fitzroy yüksek sosyal statüde –esasen ona kiralık arkadaş olarak hizmet edecek– genç bir "centilmen doğa bilimci" aradığı haberini saldı.

Darwin, Fitzroy'un bu pozisyon için ilk tercihi değildi; pozisyon daha önce birkaç kişiye teklif edilmişti. Eğer onlardan biri kabul etmiş olsaydı, Darwin büyük olasılıkla kilisedeki sessiz sakin yaşamına devam edecek ve kendi evrim teorisini asla geliştiremeyecekti; tıpkı Halley, Newton'a uğrayıp da ters kare yasasını sormasa Newton'un muhtemelen büyük eserini tamamlayıp yayımlayamayacağı gibi. Ancak Fitzroy'un teklif ettiği pozisyon için para ödenmeyecek, ücret yol boyunca yapılan sahil ziyaretlerinde toplanan numunelerin satışından ödenecekti ve bu pozisyonun teklif edildiği insanların hiçbiri masraflarını kendi karşılayarak denizde yıllar geçirmeye hevesli veya bu olanaklara sahip değillerdi. Sonuç olarak, nihayet yirmi iki yaşındaki Darwin bu serüvene katılma ve on yedinci yüzyılda yayımlanan bir İncil analizinde iddia edildiği gibi dünyanın MÖ 23 Ekim 4004'ten önceki gece yaratıldığını vaaz edeceği bir kariyere başlamaktan kaçma fırsatını elde etti. Bu hem onun yaşamını hem de bilim tarihini değiştirecekti.

1831'de yola çıkan *Beagle* 1836'ya dek dönmedi. Hiç rahat bir yolculuk değildi. Darwin geminin en rahatsız bölümü olan küçücük kıç kamarasında kalıyor ve çalışmalarını da orada yapıyordu. İki kişiyle paylaştığı odada harita masasının üzerinde asılı bir hamakta uyuyordu. Henslow'a yazdığı bir mektupta, "Ancak arkama dönebilecek kadar yerim var," demişti. Deniz tutmasından mahvolması ise hiç de şaşırtıcı değildi. Her ne kadar Darwin Fitzroy'la bir nevi arkadaşlık etse de –mürettebatın kaptanla herhangi bir samimiyeti olan tek üyesiydi ve genellikle birlikte yemek yiyorlardı– Darwin'in nefret ettiği, fakat kıyıda vakit geçirdikleri günlerde tekrar tekrar tanık oldukları kölelik manzaraları yüzünden sık sık kavga ediyorlardı.

Bununla beraber yolculuğun verdiği rahatsızlıkları kıyı ziyaretlerinin eşsiz heyecanı dengeliyordu. Bu dönemlerde Darwin Brezilya'daki karnavala katıldı, Şili'deki Osorno dışında bir volkanın patlamasını izledi, Concepción'da bir depreme tanık olarak arta kalan yıkıntılar arasında yürüdü ve Montevideo ve Lima'da devrimler yapıldığını gördü. Tüm bunlar sırasında, örnek ve fosiller toplayarak bunları paketledi ve depolanmaları için İngiltere'deki Henslow'a sandıklar içinde gönderdi.

Darwin daha sonraları bu seferi hem karakterinde bıraktığı izler hem de doğal dünyaya dair ona kazandırdığı idrak nedeniyle yaşamına biçim veren başlıca olay olarak tanımladı. Gelgelelim Darwin evrime ilişkin ünlü keşiflerini sefer sırasında *yapmadı* ve hatta evrimin var olduğunu kabul edecek düzeye bile gelmedi. Aslında yolculuğu başlamış olduğu gibi bitirdi: İncil'in ahlaki otoritesine ilişkin hiçbir şüphe taşımıyordu.

Ancak gelecek planları değişti. Sefer sona erdiğinde, kilisede kariyer yapmış bir kuzenine şöyle yazdı: "Seninkisi çok gıpta edilecek bir durum; böyle mutlu vizyonları ifade etmeye

cüret bile edemiyorum. Bu göreve uygun olan bir insan için din adamının yaşamı ... saygın ve mutlu bir yaşamdır." Bu teşvik edici sözlere rağmen Darwin kendisinin bu yaşama uygun olmadığına karar verdi ve bunun yerine yolunu Londra bilim dünyasında çizmeyi tercih etti.

***

Darwin İngiltere'ye döndüğünde Profesör Henslow'a yazdığı gayriresmi mektuplarda ayrıntılarıyla anlattığı gözlemlerinin bilim camiasında biraz dikkat çektiğini keşfetti; özellikle de jeolojiyle ilgili olanların. Çok geçmeden Darwin prestijli Londra Jeoloji Topluluğu'nda, "Bazı Volkanik Fenomenlerin, Sıradağ Oluşumlarının ve Kıta Yükseltilerinin Etkilerinin İlintisi" gibi konularda ders vermeye başladı. Bu arada babasından gelen yılda dört yüz poundluk harçlık sayesinde de maddi yönden bağımsızlığının keyfini sürüyordu. Tesadüf eseri bu miktar Newton'un darphaneye başladığında kazandığı miktarın aynısıydı fakat 1830'larda İngiliz Ulusal Arşivlerine göre bu para bir zanaatkârın kazancının "sadece" beş katıydı (gene de yirmi altı at veya yetmiş beş inek almaya yeterdi). Bu para Darwin'in *Beagle* günlüğünü bir kitaba dönüştürmesi ve topladığı birçok hayvan ve bitki örneğinin içinden seçme yapması için gereken zamanı sağladı. Darwin'in sarf ettiği bu emek sayesinde yaşamın doğası hakkındaki fikirlerimiz değişti.

Darwin deniz seferi sırasında biyoloji hakkında büyük bir aydınlanma yaşamadığı için, muhtemelen memleketine gönderdiği örneklerin dikkatle incelenmesi sonucunda devrim niteliğinde değil ama sağlam çalışmalar çıkmasını bekliyordu. Gelgelelim çok geçmeden araştırmalarının beklediğinden daha heyecan verici olabileceğine dair işaretler ortaya çıktı. Örneklerinden bazılarını analiz etmeleri için verdiği uzmanların raporlarının çoğu onu şaşırtmıştı.

Örneğin bir fosil grubu "bir yerine geçme yasasını", soyu tükenmiş Güney Amerika memelilerinin yerine o türden başkalarının geçmiş olduğunu akla getiriyordu. Galápagos Adaları'nın alaycı kuşları üzerine olan başka bir rapor da inandığı gibi dört değil, üç tür olduğunu ve bunun orada bulunan dev kaplumbağalar gibi adaya özgü olduğunu gösteriyordu. (Galápagos'un farklı adalarındaki ispinoz gagalarındaki farklılıkları gözlemlemesinden ortaya çıkan beklenmedik bir keşif anından ilham aldığı öyküsünün ise doğruluğu şüphelidir. İspinoz örneklerini geri getirdi fakat kuşbilim eğitimi almamıştı ve aslında bunları ispinoz, çalıkuşu, "iri gagalı kuş" ve karatavuk akrabalarının karışımı olarak yanlış sınıflandırmıştı ve onlar adaya özgü değillerdi.)

Belki de uzman raporlarının en çarpıcı olanı Güney Amerika devekuşuyla ilgili olanıydı: Darwin ve ekibinin ancak pişirip yedikten sonra olası önemini anlayıp kalıntılarını ülkelerine gönderdiği devekuşu. Bu örneğin, sıradan devekuşu gibi kendi alanı olan, fakat bir ara bölgede sıradan devekuşuyla da rekabet eden yeni bir türe ait olduğu ortaya çıktı. Bu bulgu, dönemin yaygın inanışıyla çelişiyordu. Söz konusu inanışa göre, her tür kendi özel habitatına en uygun hale gelir, benzer türlerin rekabet ettiği belirsiz bölgeler olmazdı.

Bu provokatif çalışmalar ortaya çıktıkça Darwin'in Tanrı'nın yaratılıştaki rolüne dair düşünceleri de evrim geçiriyordu. Etki eden ana figürlerden biri Cambridge'de kendisinden önce Newton'un bulunduğu Lukas matematik profesörlüğü görevinde bulunan ve en çok mekanik bilgisayarı icat etmesiyle tanınan Charles Babbage'dı. Babbage özgür düşünceli kişilerin katıldığı toplantılar düzenliyor ve Tanrı'nın emir ve mucizeyle değil, fiziksel yasalar vasıtasıyla çalıştığını öne sürdüğü bir kitap yazıyordu. Din ile bilimin bir arada var olabileceğinin en

ümit verici temelini sunan bu fikir genç Darwin'e hitap ediyordu.

Yavaş yavaş Darwin türlerin Tanrı tarafından büyük bir plana uygun bir biçimde tasarlanan değişmeyen yaşam formları olmadıklarına, ekolojik yaşam alanlarına uymak için bir şekilde adapte olmuş olduklarına kanaat getirdi. 1837 yazı itibarıyla, yani *Beagle*'ın seferini tamamlamasından sonraki yıl, evrimle ilgili özel teorisini açık ve kesin bir biçimde ifade etmekten halen çok uzak olsa da evrime inanmaya başlamıştı.

Çok geçmeden Darwin insanların üstün olduğu, aslında herhangi bir hayvanın başka bir hayvandan üstün olduğu görüşünü reddetmeye başladı ve bunun yerine artık her türün eşit ölçüde harika, çevresine ve bu çevredeki rolüne mükemmel veya neredeyse mükemmel derecede uygun olduğu kanısına vardı. Bunların hiçbiri Darwin açısından Tanrı'nın pratik rolünü engellemiyordu: Tanrı'nın, çevre değişikliklerine adapte olmaları için gerektiği gibi türlerin kendilerini değiştirmelerine olanak sağlayacak üremeyi yöneten yasaları tasarlamış olduğuna inanıyordu.

Eğer Tanrı türlerin çevrelerine uyum sağlamalarını mümkün kılan üreme yasalarını yarattıysa bu yasalar nelerdi? Newton Tanrı'nın fiziksel evren için planını kendine ait matematiksel hareket yasaları vasıtasıyla kavradı; aynı şekilde Darwin de, en azından ilk başlarda, Tanrı'nın canlılar dünyası için yaptığı plana açıklık getireceği düşüncesiyle evrim mekanizmasını araştırdı.

Newton gibi Darwin de düşünce ve fikirleriyle bir sürü defter doldurmaya başladı. Yolculuklarında gözlemlediği türler ile fosiller arasındaki ilişkileri analiz etti; Londra Hayvanat Bahçesi'ndeki bir kuyruksuz maymunu, bir orangutanı ve maymunları inceleyerek insanlarınkine benzer duygularına dair notlar aldı; güvercin, köpek ve at yetiştiricilerinin çalış-

malarını inceledi ve onların "yapay seçilim" yöntemiyle özelliklerde ne ölçüde çeşitlilik sağlanabileceğine dair kafa yordu ve evrimin, metafizik meseleleri ile insan psikolojisi üzerinde nasıl bir etkisi olabileceğine dair önemli tahminler yürüttü. Daha sonra, aşağı yukarı Eylül 1838'de T. R. Malthus'un *Nüfus İlkesi* adlı popüler kitabını okuması onu nihayet evrimin nasıl gerçekleştiğini keşfetmeye itti.

Malthus'un yazdığı kitap hiç iç açıcı değildi. Yazara göre sefalet insanoğlunun doğal ve nihai durumuydu çünkü nüfusun sürekli olarak artması yiyecek ve diğer kaynaklar için vahşi bir rekabete yol açıyordu. Toprak ve üretim kısıtlamaları yüzünden bu kaynakların ancak "aritmetik olarak" (1, 2, 3, 4, 5...), nüfusun ise "üstel" olarak (1, 2, 4, 8, 16...) artacağını ileri sürdü.

Günümüzde tek bir mürekkepbalığının bir mevsimde üç bin yumurta çıkarabileceğini biliyoruz. Eğer her yumurtadan bir mürekkepbalığı çıkar ve o mürekkepbalığı da ürerse, yedinci nesilde mürekkepbalıklarının toplam hacmi dünyanın içini, otuz nesle ulaşmadan ise yumurtalar tek başlarına gözlemlenebilir evreni doldururlardı.

Darwin'in elinde bu veriler yoktu ve matematiği de iyi değildi fakat Malthus'un senaryosunun gerçekleşmediğinin farkına varacak kadar bilgi sahibiydi. Doğanın ürettiği olağanüstü yumurta ve yavru sayısıyla ilgili olarak, rekabet sadece birkaçını, ortalama olarak en iyi adapte olanları hayatta bırakır diye akıl yürüttü. Yetiştiricilerin uyguladıkları yapay seçilimle kıyaslamayı vurgulamak için sürece "doğal seçilim" adını verdi.

Darwin daha sonra otobiyografisinde bir aydınlanma anı yaşadığını ifade etti: "Birden bu koşullar altında uygun farklılıkların sürme, uygun olmayanların da yok olma eğiliminde olduklarını fark ettim." Ancak yeni fikirler nadiren keşfedenin

zihnine bu kadar ani hücum eder veya o zihinde düzgünce şekillenir ve Darwin'in tarımı da önemini sonradan anladığı bir şeyin henüz olgunlaşmamış hali gibi görünür. O sıralarda tuttuğu defterler incelendiğinde farklı bir öykü görürüz: İlk başlarda bir şey sezinler ama onu kâğıda dökecek kadar açıklıkla algılaması, bir fikre dönüştürmesi birkaç yıl sürer.

Doğal seçilim fikrinin gelişmesinin biraz zaman almasının bir nedeni de Darwin'in her nesilde uygun olmayanın ayıklanmasının bir türün özelliklerini bileyebileceğini, fakat *yeni* türler –orijinal türden çok farklı olduğu için onlar arasında üreyemeyen yani doğurgan yavrular doğuramayan bireyler– yaratmayacağını fark etmesiydi. Bunun olabilmesi için, mevcut özelliklerin en iyilerinin seçilip ayrılması *yeni* bir özellik kaynağıyla tamamlanmalıdır. Darwin sonunda bunun tamamen şans eseri olduğu sonucuna vardı.

Örneğin zebra ispinozlarının gaga rengi normalde açık kırmızıdan koyu kırmızıya doğru değişir. Dikkatli bir çiftleştirmeyle birini veya diğerini öne çıkaran popülasyonlar oluşturabilirsiniz fakat gaga rengi tamamen farklı, diyelim ki mavi gagalı bir zebra ispinozu ancak günümüzde mutasyon dediğimiz şey sayesinde meydana gelebilir. (Mutasyon organizmanın gen yapısındaki rastlantısal bir değişim sonucu yeni, farklı bir organizma formunun oluşmasıdır.)

Artık Darwin'in teorisi nihayet biçimlenebilirdi. Rastlantısal değişim ve doğal seçilim yeni özellikleri olan bireyler yaratır ve bu özellikleri avantajlı konuma getirerek yayılma şanslarını artırır. Sonuçta tıpkı yetiştiricilerin arzu ettikleri özelliklerde hayvan ve bitki üretmeleri gibi doğa da çevrelerine iyi uyum sağlayan türler yaratır.

Rastlantının bir rol oynadığının anlaşılması bilimin gelişiminde önemli bir dönüm noktasını temsil ediyordu çünkü Darwin'in keşfetmiş olduğu mekanizma, evrimi, ilahi bir ta-

sarıma dair anlamlı herhangi bir fikirle bağdaştırmayı zorlaştırıyordu. Kuşkusuz evrim kavramı başlı başına İncil'deki yaradılış öyküsüyle çelişir fakat Darwin'in *özel* teorisi artık daha da ileri gidiyor, olayların gelişiminin nötr fiziksel yasalar yerine bir amaçla yönlendirildiğini iddia eden Aristocu ve geleneksel Hıristiyan görüşlerinin mantıklı bir açıklamasını yapmayı zorlaştırıyordu. Bu bakımdan Darwin, Galileo ve Newton'un cansız dünya için yaptıklarını canlı dünya anlayışımız için yaptı: Bilimin Hıristiyan teolojisi ve eski Yunan felsefesi ile ilişkisini kopardı.

***

Galileo ve Newton gibi Darwin de dini inançları olan bir adamdı, bu yüzden evrim teorisi onun inanç sisteminde çelişkilere yol açtı. Darwin etkin bir şekilde bunları bağdaştırma girişiminde bulunmak yerine, hem teolojik hem de bilimsel görüşleri kendi bağlamlarında kabul ederek çatışmadan kaçınmaya çalıştı. Ancak meseleden büsbütün kaçamadı çünkü Ocak 1839'da koyu bir Hıristiyan olan ve Darwin'in görüşlerinden rahatsızlık duyan kuzeni Emma Wedgwood'la evlendi. Bir keresinde karısına şöyle yazdı: "Ben ölünce ... bu yüzden çok gözyaşı döktüğümü öğreneceksin." Farklılıklarına rağmen aralarındaki bağ güçlüydü, ömürleri boyunca birbirlerine bağlı kaldılar ve on çocukları oldu.

Evrimi Hıristiyanlıkla bağdaştırma meselesine ilişkin çokça şey yazılmış olmasına rağmen, Darwin'in Hıristiyanlığa olan inancını nihayet yıkan şey evrim hakkındaki çalışmaları olduğu kadar yıllar sonra ikinci çocukları Annie'nin on yaşında ölmesi oldu. Annie'nin ölüm nedeni belli değildir fakat ölmeden önce yüksek ateşi ve ciddi sindirim problemleri vardı ve bir haftadan fazla acı çekmişti. Daha sonraları Darwin şöyle yazdı: "Evimizin neşesini ve yaşlılığımızın avuntusunu

kaybettik. Onu ne kadar çok sevdiğimizi herhalde biliyordur; şimdi onun güzelim, neşeli yüzünü ne kadar derinden, ne kadar yürekten sevdiğimizi ve hep seveceğimizi artık biliyordur."

Çiftin ilk çocuğu 1839'da dünyaya gelmişti. O tarihte otuz yaşında olan Darwin günümüze kadar gizemini koruyan bir hastalığın onu zayıf düşüren krizlerini yaşamaya başlamıştı. Hayatının geri kalan kısmında arka arkaya gelen acı verici nöbetler yüzünden aile hayatının ve bilimsel çalışmalarının tadını çıkaramadığı aylar süren dönemler oldu. Darwin'in semptomları İncil'deki salgınlar gibi her yeri işaret ediyordu: karın ağrısı, kusma, mide gazı, baş ağrıları, düzensiz kalp atışları, titreme, histerik ağlamalar, kulak çınlaması, dermansızlık, kaygı ve depresyon. Çaresiz kalan Darwin'in, yanlış olduğunu bile bile bazılarını kabul ettiği tedavi denemeleri de aynı şekilde çeşitliydi: soğuk, ıslak havlularla sert sert ovma, ayak banyosu, buzla ovma, dondurucu soğuklukta duş, şok kemerlerinin kullanıldığı moda elektroterapi, homeopatik ilaçlar ve Viktorya standardı bizmut. Hiçbir şey işe yaramıyordu. Öyle ki yirmisinde yılmaz bir serüvenci olan adam otuz yaşında çelimsiz ve münzevi bir malul haline gelmişti.

Yeni çocuklarının doğumu, Darwin'in işi ve hastalık yüzünden Darwinler partiler vermekten vazgeçerek eski çevrelerinden çekilmeye başladılar. Darwin'in günleri artık "bezelye taneleri" kadar birbirine benziyordu. Haziran 1842'de Darwin nihayet evrim teorisinin otuz beş sayfalık bir özetini tamamladı; o yılın eylül ayında, altmış dönümlük bir inziva yeri almak için babasını borç vermeye ikna etti. Bu inzivahane Londra'nın yirmi küsur kilometre güneydoğusunda, yaklaşık dört yüz kişinin yaşadığı Down (bugünkü adıyla Downe) adlı bir köydeydi. Darwin burasını "dünyanın en uç sınırı" olarak adlandırdı. Oradaki yaşamı bir zamanlar özlem duyduğu



Annie Darwin (1841–1851)

mutlu köy papazının hayatına benziyordu ve Şubat 1844 itibarıyla bu dingin zamanı, çalışmasını 231 sayfalık bir taslak haline getirmek için kullanmıştı.

Darwin eserini hemen yayımlamak niyetinde değildi, onu bilimsel bir vasiyet olarak görüyordu. Metni, yanında, "aniden ölmesi" durumunda (hastalığı nedeniyle bunun an meselesi olduğunu düşünüyordu) açılıp okunacak bir mektupla birlikte Emma'ya emanet etti. Mektupta ölümünden sonra eserinin meydana çıkarılmasının kendisinin "en önemli ve son isteği" olduğunu yazmıştı. Darwin şöyle devam etmişti: "Tek bir uzman tarafından kabul edilmesi bile bilimde kayda değer bir adım olur."

Darwin'in görüşlerini yaşarken yayımlamak istememesinin iyi bir nedeni vardı. En yüksek bilim çevrelerinde büyük ün kazanmış olsa da yeni fikirleri eleştirilerin hedefi olmaya mahkûmdu. Dahası, karısı bir yana, yaradılış statükosunu destekleyen birçok rahip arkadaşı vardı.

Darwin'in tereddüt etme nedenleri aynı yılın sonbaharında *Yaratılışın Doğal Tarihinin Kalıntıları* adında, yazar ismi belirtilmemiş bir kitap yayımlandığında doğrulanmışa benziyordu.* Kitap geçerli bir evrim teorisi sunmuyor fakat türlerin transmutasyonu dahil bazı bilimsel fikirleri bir araya getiriyordu. Kitap İngiltere'nin yanı sıra başka ülkelerde de çok sattı. Gelgelelim egemen dini çevreler bilinmeyen yazara sövüp saydılar. Örneğin bir eleştirmen onu, "bilimin temellerini sarsmak ve din kurumlarını baltalamak" ile suçladı.

Bilim camiasından bazıları da onlardan daha kibar değildi. Günümüzde bile, daha önce hiç olmadığı kadar işbirliğini ve birlikte çalışmayı mümkün kılan iletişim ve seyahatin kolaylaşmasına karşın, yeni fikirler sunmanız sizi kaba saldırılara maruz bırakabilir, çünkü çalıştıkları alan ve fikirlerine duydukları tutku nedeniyle, bilim insanları da zaman zaman yanlış olduklarını düşündükleri veya bazen sadece ilginç görmedikleri çalışmalara hararetli biçimde karşı çıkarlar. Tanıdığım ünlü bir fizikçi, eğer bir araştırma seminerinde çalışmalarını anlatan bir ziyaretçinin yaptığı konuşma kendisine ilginç gelmezse, bir gazete çıkarır, iyice yayar ve sıkıldığını apaçık sergileyerek okumaya başlar. Odanın ön tarafına yakın bir yerde oturmaktan hoşlanan başka bir fizikçi ise konuşmanın ortasında ayağa kalkar, olumsuz görüşlerini bildirdikten sonra dışarı çıkar. Ancak bildiğim en ilginç gösteri başka bir tanınmış bilim insanına aitti. Kendisi birkaç fizikçi neslinin tanıdığı biridir çünkü elektromanyetizma hakkında standart lisansüstü ders kitabını yazmıştır.

1884'te, ölümünden on üç yıl sonra, Edinburgh'lu popüler dergi yayıncısı Robert Chambers'ın bu kitabın yazarı olduğu resmen açıklandı. Darwin 1847'de kendisiyle yaptığı bir görüşmeden sonra kitabı Chambers'ın yazdığını tahmin etmişti.

Tanık olduğum bu olayda, dinleyiciler arasında en ön sırada oturan bu profesör plastik kahve bardağını başının üzerine kaldırıp hafifçe öne arkaya döndürmeye başladı, öyle ki –ön taraftaki şaşkın konuşmacı değil ama– arkasındakiler üzerinde büyük harflerle "Bu konuşma deli saçması!" yazdığını görebiliyordu. Konuşmaya katkısını bu şekilde yaptıktan sonra ayağa kalktı ve çıkıp gitti. İşin garip yanı konuşma "Çekici-Çekici Olmayan Parçacıkların Tayf Ölçümü" hakkındaydı. Buradaki "çekici" kelimesi günlük anlamıyla ilgisiz teknik bir terim olsa da, bence bu profesörün "çekici olmayan" kategorisine ait olduğunu söylememiz uygun olur. Eğer bunun gibi az kişinin bilgi sahibi olduğu bir alanda kuşkulu bulunan bir fikre verilen tepki buysa, genel geçer bilgilere meydan okuyan "büyük fikirlere" karşı sergilenen kabalığı hayal edebilirsiniz.

Doğrusu muhalefetin çoğu dini savunanların bilimdeki yeni fikirlere karşı muhalefeti olsa da, aynı zamanda bilim insanlarının da güçlü bir muhalefet geleneği vardır. Bu genellikle *iyi* bir şeydir, çünkü bir fikir yanlış olduğunda, bilim insanlarının şüpheciliği alanın yanlış yöne doğru hızla gitmesini önlemeye yardım eder. Üstelik uygun kanıtlar gösterildiğinde, bilim insanları herkesten daha hızlı fikirlerini değiştirir ve yeni tuhaf kavramları kabul ederler.

Yine de değişim hepimiz için zordur ve kariyerlerini bir düşünce biçimini geliştirmeye adamış, yerleşik normları kabul eden bilim insanları bazen çelişkili bir biçimde oldukça negatif bir tepki verirler. Sonuç olarak, yeni, sarsıcı bir bilimsel teori öne sürmek, akılsız, yarılmış veya yetersiz bir araştırmacı olduğunuz gibi suçlamalara hedef olma riskini almaktır. Yenilikleri teşvik etmenin dört dörtlük bir yöntemi yoktur fakat yenilikleri öldürmenin bir yolu da kabul görmüş bilgilere meydan okumayı tehlikeli kılmaktır. Bununla beraber, genellikle devrimci ilerlemelerin yapılması gereken atmosfer de budur.

Cambridge'de Darwin jeolojisini öğretmiş seçkin bir profesör olan Darwin'in arkadaşı Adam Sedgwick'in *Yaratılışın Doğal Tarihinin Kalıntıları* adlı esere verdiği tepkiyle de kanıtlandığı gibi, evrim durumunda, Darwin'in korkması için çokça neden vardı. Sedgwick bu imzasız esere "çirkin kitap" adını verdi ve seksen beş sayfalık sert bir eleştiri yazdı. Darwin bu tarz saldırılara kendini açmadan önce teorisini destekleyecek güvenilir kanıtlar toplayacaktı. Bu çaba onu sonraki on beş yıl boyunca meşgul edecek fakat sonunda başarılı olmasını sağlayacaktı.

***

1840 ve 1850'lerde Darwin'in ailesi büyüdü. Babası 1848'de öldü ve Darwin'in yıllar önce tıp öğrenimi görürken hakkında tahminlerde bulunduğu o hatırı sayılır mirası –günümüzde milyonlarca dolara karşılık gelen yaklaşık elli bin pounduona bıraktı. Darwin akıllıca yatırımlar yaparak çok zengin oldu ve büyük ailesine rahatlıkla bakabilecek duruma geldi. Fakat mide sorunları onu rahatsız etmeye devam ettiği için toplumdan iyice elini eteğini çekti, hatta hastalığı yüzünden babasının cenaze törenine bile gidemedi.

Bu arada, Darwin fikirlerini geliştirmeye devam etti. Meslektaşının, hakkında yazmasını tavsiye ettiği güvercinler ile elbette şu kabuklu deniz hayvanları gibi hayvanları inceledi ve üzerlerinde deneyler yaptı. Ayrıca bitkilerle de deneyler yaptı. Ve bir araştırma dizisinde, yaygın bir inanış olan canlı tohumların uzak okyanus adalarına ulaşamadıkları görüşünü test etti. Darwin meseleyi birçok açıdan ele aldı: Haftalarca (deniz suyunu taklit etmek için) salamuraya yatırılmış bahçe tohumlarını test etti; kuşların bacak ve dışkılarında tohum aradı ve Londra Hayvanat Bahçesi'ndeki bir baykuş ve bir kartalı tohum doldurulmuş serçelerle besledikten sonra ge-

vişlerini inceledi. Bütün çalışmaları aynı sonuca işaret ediyordu: Tohumlar insanların düşündüklerinden daha dayanıklı ve devingendi.

Darwin'in epeyce zaman harcadığı başka bir mesele de çeşitlilikti: Neden doğal seçilim türler arasında bu kadar geniş bir çeşitlilik ortaya çıkarmıştı? Bu noktada Darwin sık sık "işbölümü" kavramından söz eden döneminin ekonomistlerinden ilham aldı. Adam Smith insanların bir eşyanın tamamını üretmeye çalışmak yerine uzmanlaştıklarında daha üretken olduklarını göstermişti. Bu fikir Darwin'i, eğer sakinlerinin her biri farklı doğal kaynakları kullanacak şekilde uzmanlaşırlarsa belirli bir sahanın daha fazla yaşamı destekleyebileceği teorisini ortaya atmaya teşvik etti.

Darwin eğer teorisi doğruysa sınırlı kaynaklar için muazzam rekabetin olduğu alanlarda daha çeşitli yaşamlar bulacağını umdu ve bu fikri destekleyen veya aksini ispat eden kanıtlar aradı. Bu düşünme biçimi Darwin'in evrime olan özgün yaklaşımının bir örneğiydi: Diğer doğa bilimcileri zaman içinde fosil ve yaşam formlarını birleştiren aile ağaçlarının gelişiminde evrime dair kanıt ararken, Darwin mevcut türler arasındaki dağılım ve ilişkilerde kanıt aradı.

Darwin kanıtları incelemek için başkalarından yardım istemek zorundaydı. Bu yüzden fiziksel olarak izole olmasına rağmen, birçok kişiden tavsiye istedi ve Newton gibi posta hizmetlerinden –özellikle ona çeşitlilik ve kalıtım hakkında bilgi sağlayan doğa bilimci, besici gibi kişilerden ibaret eşsiz bir ağ kurmasını sağlayan yeni, ucuz bir "bir penilik posta" programından– faydalandı. Bu mesafeli iletişim, Darwin'in nihai amacını açığa vurarak alaylara maruz kalmadan, onların pratik deneyimleri karşısında kendi fikirlerini test etmesine olanak sağladı. Ayrıca meslektaşları arasında görüşlerine olumlu yaklaşabilecek olanları yavaş yavaş seçip ayıklaması-

na ve zamanla bu seçkin grupla geleneklere uymayan fikirlerini paylaşmasına da olanak sağladı.

1856 itibarıyla Darwin teorisini detaylı olarak birkaç yakın arkadaşına açıklamıştı. Bunlar arasında dönemin en önemli jeoloğu ve dünyanın önde gelen karşılaştırmalı anatomisti biyolog T. H. Huxley de vardı. Sırdaşları, özellikle Lyell, başka biri önce davranmasın diye onu eserini yayımlaması için teşvik ediyorlardı. Darwin o sıralar kırk yedi yaşındaydı ve teorisi üzerinde on sekiz yıldır çalışmaktaydı.

Mayıs 1856'da, hedef kitlesini meslektaşları olarak tasarladığı teknik bir tez üzerinde çalışmaya başladı. Bu teze *Doğal Seçilim* başlığını koymaya karar verdi. Mart 1858 itibarıyla, üçte ikisi tamamlanmış olan kitap 250000 kelimeden oluşuyordu. Daha sonra Darwin haziran ayında postayla Uzakdoğu'da çalışan bir ahbabı olan Alfred Russel Wallace'tan bir müsvedde ve yanında bunu açıklayan bir mektup aldı.

Wallace, Darwin'in bir evrim teorisi üzerinde çalıştığını biliyordu ve bu müsveddeyi –Wallace'ın bağımsız olarak tasarladığı doğal seçilim teorisini özetleyen çalışmayı– Lyell'e aktarmasını rica ediyordu. Darwin gibi o da teorisini Malthus'un aşırı nüfus artışı hakkındaki görüşlerinden esinlenerek ortaya çıkarmıştı.

Darwin panikledi. Arkadaşlarının onu hakkında uyardıkları şeyin en kötüsü gerçekleşmiş gibiydi: Başka bir doğa bilimci çalışmasının en önemli yönünün aynısını yapmıştı.

Newton olsa benzer çalışma iddiaları karşısında edepsizleşirdi fakat Darwin çok farklı bir adamdı. Bu durum onu üzdü, iyi bir alternatifi yokmuş gibi görünüyordu. Çalışmayı saklayabilir veya ilk olarak kendisi yayımlamak için acele edebilirdi fakat bu seçenekler etik dışıydı; ya da Wallace'a yayımlatması için yardım edebilir ve hayatının çalışmasının itibarından vazgeçebilirdi.

Darwin müsveddeyi bir mektupla birlikte 18 Haziran 1858'de Lyell'e gönderdi:

> [Wallace] bana ilişikteki çalışmayı gönderdi ve sana iletmemi istedi. Bana okumaya değer gibi göründü. Acele etmezsem başka birilerinin benden önce davranacağına dair sözlerin ziyadesiyle gerçekleşti. ... Hiç bu kadar çarpıcı bir tesadüf görmedim; eğer Wallace benim 1842'deki taslağımın tamamını yazsaydı bundan daha iyi bir özet yazamazdı! Terimleri bile benim bölümlerimin başlıkları gibi duruyor. Lütfen bana [müsveddeyi] geri gönderin, benim yayımlamamı dilediğini söylemiyor fakat ben derhal yazıp bir dergiye göndermeyi teklif edeceğim. Öyle ki her ne kadar kitabımın, eğer bir değeri olacaksa bile değeri azalmayacak olsa da, bütün özgünlüğüm, ne anlama gelebilirse artık, paramparça olacak; çünkü bütün mesele teorinin uygulamasına dayanıyor. Umarım Wallace'ın müsveddesini beğenirsiniz, ben de ona sizin ne dediğinizi söyleyebilirim.

***

Sonunda görüldü ki, teorinin kime mal edileceği sorusunun yanıtı, Darwin'in, kitabının değerinin, ayrıntılarıyla anlattığı uygulamalarda bulunduğu değerlendirmesinde gizliydi. Wallace Darwin'in yaptığı gibi doğal seçilimin kanıtlarına dair geniş kapsamlı ve ayrıntılı bir çalışma yapmamış olduğu gibi, günümüzde alttürler dediğimiz salt yeni "çeşitler" yerine, yeni türler oluşturacak kadar bu denli büyük bir değişimin nasıl olabileceğine dair Darwin'in detaylı analizinin aynısını yapmakta da başarısız olmuştu.

Lyell yanıtında bir uzlaşma önerdi: O ve Darwin'in yakın arkadaşlarından biri olan botanikçi Joseph Dalton Hooker, Wallace'ın çalışmasını ve Darwin'in fikirlerinin bir özetini prestijli Londra Linneciler Topluluğu'na okuyacak ve ikisi de aynı anda derneğin *Proceedings* dergisinde yayımlanacaktı. Darwin planı enine boyuna düşünürken zamanlama bundan

daha kötü olamazdı. Darwin yine aynı rahatsızlıklardan mustarip olduğu gibi, eski arkadaşı biyolog Robert Brown kısa süre önce ölmüştü ve daha on sekiz aylık olan onuncu ve en küçük çocuğu Charles Waring Darwin ağır bir kızıl hastalığı geçiriyordu.

Darwin meseleyi uygun gördükleri şekilde halletmeleri için Lyell ve Hooker'a devretti ve böylece 1 Temmuz 1858'de Linneciler Topluluğu'nun sekreteri, Darwin ve Wallace'ın çalışmalarını otuzu aşkın üyenin huzurunda okudu. Okumalar ne yuhalama ne de alkışla karşılandı, sadece soğuk bir sessizlik vardı. Daha sonra diğer altı bilimsel çalışma okundu ve ilk beşten sonra uyanık kalan bir kişi varsa bile, herhalde Angola'nın bitki örtüsünü betimleyen sonuncu teze dek dayanamamıştır.

Toplantıya ne Wallace ne de Darwin katılmıştı. Wallace halen Uzakdoğu'daydı ve Londra'daki gelişmelerden haberdar değildi. Daha sonra haberi olduğunda, meselenin adil bir şekilde ele alınmış olduğunu kabul etti ve ileriki yıllarda Darwin'e daima saygılı, hatta yakın davrandı. Darwin o sırada hastaydı, bu yüzden büyük olasılıkla zaten toplantıya katılmak için seyahat edemezdi fakat sonradan, toplantı devam ederken o ve karısı Emma'nın ölen ikinci çocukları Charles Waring'i bölgenin kilise mezarlığında toprağa verdikleri ortaya çıktı.

Linneciler Topluluğu'ndaki sunum sayesinde, Darwin teorisini geliştirmek ve kanıtlarla desteklemek için yirmi yıl canla başla çalıştıktan sonra, sonunda fikirlerini açıklamıştı. İlk tepki, en hafif deyimiyle umut kırıcıydı. Katılan herkesin tanık oldukları şeyin önemini gözden kaçırdıkları en iyi, toplantıdan çıkarken yakınan topluluğun başkanı Thomas Bell'in yorumlarında görülür; onun sözleriyle, "tabiri caizse bilim departman-

larımızda bir çırpıda devrim yaratan şu çarpıcı keşiflerden biri yıla damgasını vurmadı".

Linneciler Topluluğu'ndaki sunumdan sonra Darwin hızlı hareket etti. *Doğal Seçilim* üzerinde yeniden çalışarak bir yıl dolmadan onu şaheseri *Türlerin Kökeni*'ne dönüştürdü. Bu daha kısa bir kitaptı ve hedef kitlesi halktı. Müsveddeyi Nisan 1859'da bitirdi. O zaman itibarıyla iflahı kesilmişti ve kendi deyimiyle "bir çocuk kadar zayıftı".

Daima kendi lehine bir mutabakatı besleme ihtiyacının farkında olan Darwin, yayımcısı Murray'ye kitabının çok sayıda bedava nüshasını dağıttırdı ve kendisi de alıcıların birçoğuna fazlaca mütevazı mektuplar yazdı. Fakat aslında Darwin kitabını yazarken teolojik itirazları minimuma indirmek için dikkatli davranmıştı. Doğa yasalarıyla idare edilen bir dünyanın keyfi mucizelerle idare edilen bir dünyadan üstün olduğunu ileri sürdü fakat hâlâ uzaktaki bir tanrıya inanıyordu ve *Türlerin Kökeni*'nde teorisinin ateizme doğru atılmış bir adım olmadığı izlenimini uyandırmak için elinden gelen her şeyi yaptı. Bilakis, doğanın, cömert bir yaratıcı fikriyle uyumlu bir şekilde, zihinsel ve fiziksel "mükemmelliğe" doğru gelişmelerini sağlamak amacıyla türlere rehberlik ederek, canlılara uzun vadede yararlı olacak şekilde çalıştığını göstermeyi umut ediyordu.

Darwin şöyle yazıyordu: "İlk başta birkaç forma veya tek bir forma bahşedilmiş bu yaşam görüşünde görkem var ... bu gezegen sabit kütleçekimi yasasına göre dönerken, çok basit bir başlangıçtan, sonsuz sayıda çok güzel ve şahane form evrildi, evriliyor."

***

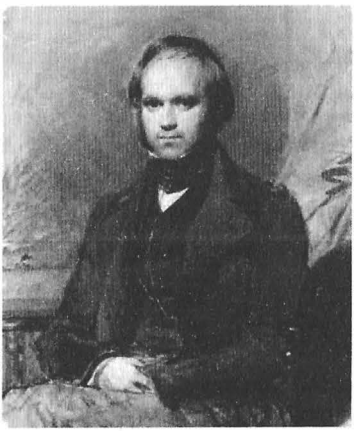
Türlerin Kökeni'ne verilen tepkiler ılımlı değildi. Örneğin Camgridge Üniversitesi'nde profesör olan eski akıl hocası

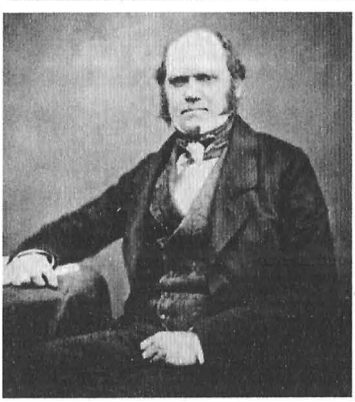
Sedgwick şöyle yazdı: "Kitabınızı keyiften ziyade ıstırap içinde okudum ... bazı bölümleri tam bir kederle okudum çünkü bunların son derece yanlış ve çok zararlı olduklarını düşünüyorum."

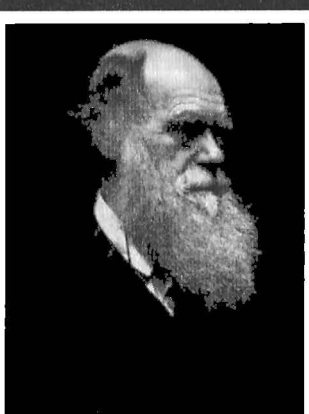
Gene de, kanıtlarla daha iyi desteklenen üstün bir teori sunan ve biraz daha ılımlı bir zamanda ortaya çıkan *Türlerin Kökeni, Yaratılışın Doğal Tarihinin Kalıntıları* kadar hiddetle karşılanmadı. On yıl içinde bilim insanları arasındaki tartışma büyük ölçüde sona erdi, aradan bir on yıl daha geçtikten sonra, Darwin öldüğü zamanlarda ise evrim neredeyse genel olarak kabul görmüş ve Viktorya dönemi düşüncesinin baskın temalarından biri haline gelmişti.

Darwin zaten saygın bir bilim insanı olmuştu fakat kitabının yayımlanmasıyla birlikte Newton'un *Principia*'nın ardından olduğu gibi herkesçe tanınan bir kişi haline geldi. Ünü yurtdışına yayıldı ve kendisine payeler verildi. Royal Society'den prestijli Copley Madalyası aldı; Oxford ve Cambridge'den fahri doktorluk verildi; Prusya kralı liyakat nişanı bahşetti; hem St. Petersburg'daki Kraliyet Bilimler Akademisi'nde hem de Fransız Bilimler Akademisi'nde denk üye seçildi ve Moskova'daki Kraliyet Doğa Bilimcileri Derneği ve İngiltere'deki Güney Amerika Misyoner Topluluğu Kilisesi tarafından onur üyeliği verildi.

Newton gibi Darwin'in fikirleri de bilimsel teorilerinin ötesine geçti ve yaşamın bambaşka yönlerine dair yeni düşünme biçimlerini teşvik etti. Bir grup tarihçinin yazdığı gibi, "Darvincilik her yerde doğalcılık, materyalizm ve evrim felsefesiyle eşanlamlı hale geldi. Rekabet ile işbirliğini, özgürlük ile itaati, gelişme ile kötümserliği, savaş ile barışı temsil ediyordu. Politikası liberal, sosyalist veya muhafazakâr, dini de ateist veya ortodoks olabilirdi."







1830, 1850 ve 1870'lerde Darwin

Oysa bilimin bakış açısından Darwin'in çalışmaları Newton'un çalışmaları gibi sadece başlangıçtı. Teorisi, çevrenin baskılarına zaman içinde verilen tepki olarak türlerin özelliklerinin değişme şeklini yöneten temel bir ilke sunuyordu, fakat zamanın bilim insanları kalıtım mekanizmasının nasıl işlediği konusunda hiçbir şey bilmiyorlardı.

Ne tuhaftır ki, Darwin'in çalışmalarının Linneciler Topluluğu' na sunulduğu sıralarda, –günümüzde Çek Cumhuriyeti sınırları içinde yer alan– Brno'daki bir manastırın keşişlerinden Gregor Mendel (1822–1884) en azından soyut olarak bir kalıtım mekanizması öne sürecek sekiz yıllık bir deney programının ortasındaydı. Mendel, bireylerin basit özelliklerinin, her biri bir ebeveynden gelen iki gen tarafından belirlendiğini öne sürüyordu. Ancak Mendel'in çalışmalarıyla ilgili haberler çok yavaş yayıldı ve Darwin'e hiç ulaşmadı.

Mendel'in kalıtım mekanizmasının anlaşılabilmesi için yirminci yüzyıl fiziğinin devreye girmesi gerekiyordu. Bu süreçte en büyük rolü kuantum fiziği ve onun X ışını kırınım teknikleri, elektron mikroskobu ve dijital bilgisayarların yapılmasını mümkün kılan transistörler gibi ürünleri üstlendi. Bu teknolojiler zamanla DNA molekülü ve genomun detaylı yapısını açığa çıkardı ve genetiğin moleküler seviyede incelenmesine olanak sağlayarak, bilim insanlarının kalıtım ve evrimin nasıl meydana geldiğine dair basit ayrıntıları anlamaya başlamalarını mümkün kıldı.

Ancak bu bile sadece başlangıçtır. Biyoloji, yaşamı hücre içindeki yapılara ve biyokimyasal tepkimelere dek tüm seviyelerinde anlamaya çalışır; bunlar taşıdığımız genetik bilginin en doğrudan sonuçları olan yaşam nitelikleridir. Yaşamın tersine mühendisliğinden başka bir şey olmayan bu muhteşem hedefe, şüphesiz, fizikçilerin söz ettiği her şeyin birleşik teorisi gibi, uzak bir gelecekte ulaşılacaktır. Fakat yaşamın

mekanizmalarını anlamakta ne kadar mesafe alırsak alalım, biyolojinin ana düzenleyici ilkesi muhtemelen daima o on dokuzuncu yüzyıl aydınlanması, evrim teorisi olarak kalacaktır.

Darwin'in kendisi evrime en uygun örnek değildi fakat yaşlanıncaya kadar yaşadı. Sürekli yorgun olsa da, yaşlılık yıllarında kronik sağlık sorunları iyileşti. Buna rağmen ölümüne kadar çalışmaya devam etti, son çalışması *Solucanların Faaliyetiyle Bitki Küfünün Oluşumu* adlı kitabını 1881'de yayımladı. Aynı yıl, egzersiz sonrası göğüs ağrıları yaşamaya başladı ve Noel zamanı kalp krizi geçirdi. Ertesi bahar 18 Nisan'da, başka bir kalp krizi daha geçirdi ve güç bela yaşama döndürüldü. Ölmekten korkmadığını mırıldandıktan saatler sonra, ertesi sabah dört civarında hayatını kaybetti. Öldüğünde yetmiş üç yaşındaydı. Wallace'a yazdığı son mektuplardan birinde şöyle demişti: "Mutlu ve huzurluyum, hiçbir eksiğim yok, fakat hayat beni çok yordu."

Kısım III

Duyuların Ötesi

Bildiğini sandığın hemen her şeyin yanlış çıktığı bir dönemde yaşamak gibisi herhalde yoktur.

— Tom Stoppard, *Arcadia*, 1993

10

İNSAN DENEYİMİNİN SINIRLARI

İki milyon yıl önce, biz insanlar taşı kesici aletlere dönüştürmeyi öğrendiğimizde ilk büyük buluşumuzu yaptık. Bu, bizim ihtiyaçlarımızı karşılaması için doğayı kontrol altına almaya dair ilk deneyimimizdi ve o zamandan bu yana neredeyse hiçbir keşif o kadar büyük bir aydınlanmayı temsil etmemiş veya yaşam tarzımızda daha büyük bir değişime yol açmamıştır. Ancak yüz yıl önce aynı güç ve öneme sahip başka bir keşif daha yapıldı. Taşın kullanımı gibi, her yerde mevcut olan bir şeyle ilgiliydi, zamanın başlangıcından bu yana gözlerimiz göremese de önümüzde duran bir şeydi. Atomdan ve onu yöneten tuhaf kuantum yasalarından söz ediyorum.

Bir atom teorisi kuşkusuz kimyayı anlamanın anahtarıdır ancak atom dünyasını incelerken anlaşılan şeyler aynı zamanda fizik ve biyolojiyi de kökten değiştirdi. Böylece, bilim insanları atomun gerçekliğini kabul edip yasalarının işleyişini çözmeye başladıklarında, toplumu dönüştüren büyük bilgiler edinerek, bir yandan temel kuvvetler ve doğa parçacıklarından, DNA ve yaşamın biyokimyasına kadar değişen alanlara ışık tutarken, bir yandan da modern dünyayı biçimlendiren yeni teknolojilerin oluşturulmasını mümkün kıldılar.

İnsanlar teknoloji devriminden, bilgisayar devriminden, bilgi devriminden ve nükleer çağdan söz ederler fakat niha-

yetinde bunların hepsi tek bir şeye indirgenir: atomu bir alete dönüştürmek. Günümüzde atomları manipüle etme becerimiz televizyon, telefon, bilgisayar, internet, MRI (manyetik rezonans görüntüleme) ve –görüntüye ya da sese dönüştürülen sinyalleri taşıyan– fiber optik kablo gibi pek çok aracı bize sunan şeydir. Hatta atom bilgimizi ışığı oluşturmak için bile kullanırız; örneğin floresan lambalarımız, bir elektrik akımıyla harekete geçirilen atomlardaki elektronlar daha düşük enerji durumlarına "kuantum sıçraması" yaptıklarında ışık yayarlar. Günümüzde gereçlerimizin görünüşe göre en alelade olanlarının bile –fırın, saat, termostat– tasarımları kuantum bilgisine dayanan öğeleri vardır.

Atomun işlevlerini ve atom dünyasının kuantum yasalarını anlamamızı sağlayan büyük devrim yirminci yüzyıl başlarına rastlar. Yıllar önce, günümüzde "klasik fizik" adını verdiğimiz, kuantum yasaları yerine Newton'un hareket yasalarına dayanan fiziğin, siyah cisim ışıması adı verilen bir fenomene açıklama getiremediği fark edilmişti. Günümüzde bunun atomun kuantum özelliklerine dayandığını biliyoruz. Newton teorisinin bu istisnai başarısızlığı hemen olumsuz bir bulgu olarak görülmedi. Bunun yerine, fizikçilerin Newton fiziğini probleme nasıl uygulayacaklarını her nasılsa bilemedikleri ve bunu nasıl yapacaklarını çözdüklerinde siyah cisim ışımasının klasik çerçeve içinde anlaşılabileceği düşünüldü. Ancak fizikçiler zamanla başka atom fenomenlerinin de Newton teorisiyle açıklanamadıklarını keşfetti ve sonunda daha önceki nesillerin Newton'dan önceki Aristoteles'i bertaraf etmek zorunda kalmaları gibi, Newton yasalarının çoğunu kaldırmak zorunda olduklarını fark ettiler.

Kuantum devrimi yirmi yıl süren bir mücadele döneminde oluştu. Bu başkaldırının yüzyıllar veya milenyumlar yerine, on yıllar içinde tamamlanması yeni düşünce tarzının kabulü-

nün öyle ya da böyle daha kolay olduğunun bir göstergesi değil, problem üzerinde çalışan bilim insanı sayısının çok daha fazla olduğunun bir kanıtıdır. Aslında kuantum teorisinin ardındaki yeni felsefe halen bazı çevrelerde canlı bir tartışma konusudur. Çünkü bu yirmi yılın sonunda ortaya çıkan dünya tasviri, Einstein gibi olayların sonucunda şansın rolünü reddeden veya olağan neden-sonuç ilişkisine inanan biri için, alışılagelene aykırı bir görüştür.

***

Kuantum evrenindeki sıkıntılı nedensellik meselesi, kuantum devriminin sonuna yaklaşana dek ortaya çıkmadı. Bu konuya daha sonra eğileceğiz. Fakat en baştan bu yana araya giren, hem felsefi hem de pratik başka bir mesele vardı: Atomlar görülemeyecek, hatta tek tek ölçülemeyecek kadar küçüktü; bilim insanlarının ilk kez bir molekülü "görmesi" yirminci yüzyıl sonunu buldu. Sonuç olarak, on dokuzuncu yüzyılda atomlarla ilgili bütün deneyler en iyi ihtimalle, sayıları muazzam rakamlarla ifade edilen bu çok ufak ve çıplak gözle görülmez cisimlerin ortalama davranışlarına bağlı fenomenleri ortaya çıkarabiliyordu. Gözlemlenemeyen cisimleri gerçek kabul etmek mantıklı mıydı?

Dalton'un atomla ilgili çalışmalarına rağmen birkaç bilim insanı böyle düşünüyordu. Gözlemleyip ölçebildikleri fenomenleri anlamalarında yararlı olduğu için kavramı kullanan kimyacılar bile bunu salt işe yarayan bir hipotez olarak görme eğilimindeydi: Başka deyişle, kimyasal tepkimeler *sanki* bileşikleri oluşturan atomların yeniden kanlmasından ortaya çıkıyorlardı. Kimileri de atomların bilim için değil de felsefe için uygun olduğunu düşündü ve fikri büsbütün yasaklamaya çalıştı. Alman kimyacı Friedrich Wilhelm Ostwald şöyle dedi:

Bunlar "hiçbir doğrulanabilir sonuca gitmeyen varsayımsal tahminlerdir".

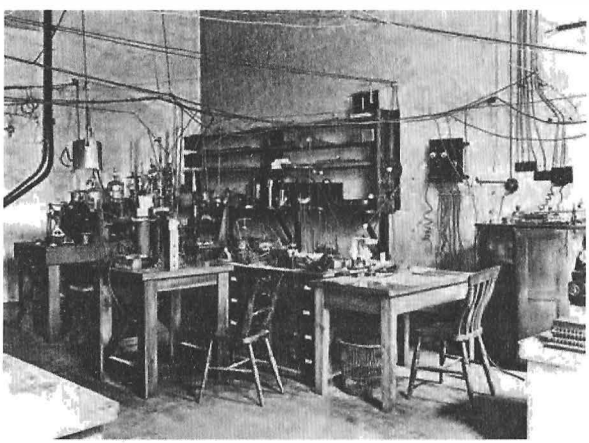
Bu tereddüt anlaşılabilir bir şeydir çünkü yüzyıllar önce bilim, tam da doğa kavramlarının deney ve gözlemle desteklenmelerinin gerekip gerekmediği meselesi yüzünden, felsefeyle yolunu ayırmıştı. Bilim insanları artık herhangi bir hipotezin kabulünde doğrulanabilirliğin kriter olmasında ısrar ederek antik spekülasyonları ya test edilemez ya da yanlış sayarak gözden çıkarabiliyorlardı (Aristoteles'in teorilerinin çoğu test edildiğinde böyle oldu). Spekülasyonların yerine kesin niceliksel tahminler veren matematik yasaları geldi.

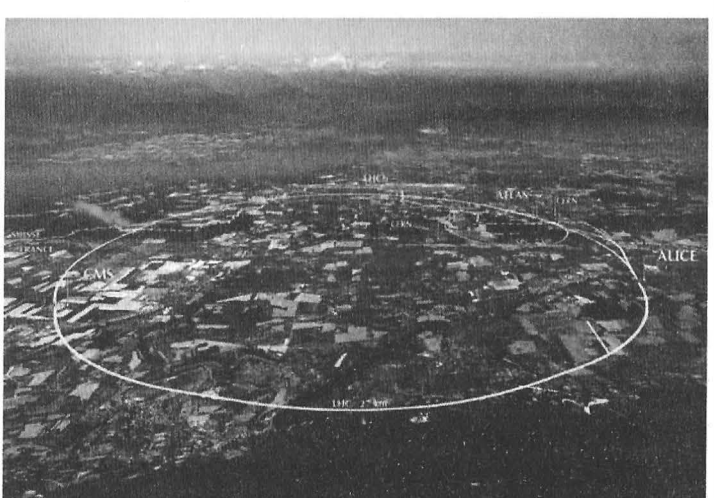
Atomların varlığı doğrudan test edilebilir *değildi* fakat var oldukları hipotezi test edilebilir yasalara *yol açtı* ve bu yasaların da geçerli oldukları ortaya çıktı; örneğin atom kavramı gazlardaki sıcaklık ve basınç arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak çıkarsamak için kullanılabiliyordu. Öyleyse atomdan ne anlam çıkarabilirdik? Bu o çağın meta-sorusuydu. Yanıt açık değildi ve sonuç olarak on dokuzuncu yüzyılın çoğunda, atom fizikçilerin omuzlarında hayaletimsi bir ruh, onların kulaklarına doğanın sırlarını fısıldayan tinsel bir değer olarak varlığını sürdürdü.

Atom sorusu sonunda o kadar etkili bir biçimde yanıtlandı ki günümüzde artık bu konuda hiçbir şüpheye yer yoktur: Eğer bilimin gelişmesi gerekiyorsa, odak noktasını direkt algı deneyimimizin ötesine yönlendirmesi gerektiğini biliyoruz. Yirmi birinci yüzyılın başlarında, görünmeyen dünyayı kabul etmekte o kadar ileri gitmiştik ki ünlü "Higgs parçacığı"nın keşfi açıklandığında onun varlığını reddeden çıkmadı. Oysa Higgs parçacıklarını gören olmadığı gibi, onları *dolaylı olarak* görülebilir kılacak –örneğin elektronlar çarptıklarında ışıldayarak onları "görünür" kılan bir floresan ekran gibi– bir aygıt-

la etkileşimlerinden ileri gelen somut sonuçları gözlemleyen de yoktu.

Bilakis Higgs parçacığının var olduğunun kanıtı, elektronik verilerin bazı özel sayısal özelliklerinden elde edilmiş matematiksel bir sonuçtur. Bu veriler üç yüz trilyondan fazla proton





Maddenin temel parçacıklarının incelendiği fizik laboratuvarları: 1926'daki tesis (*üstte*) ve günümüzdeki tesis (*altta*; yerin 40-50 metre altında bulunan ve çevresi 28 km olan hızlandırıcı, beyaz çemberle gösteriliyor).

çarpışmasından çıkan –radyasyon gibi– döküntülerden elde edildi ve deneylerden uzun süre sonra otuz altı ülkede aşağı yukarı iki yüz hesaplama tesisi kullanılarak istatiksel olarak analiz edildi. Günümüzde, bir fizikçinin, "Bir Higgs parçacığı gördük," dediğinde kastettiği şey budur.

Bilim insanlarının benzer bir tarzda "gördükleri" Higgs parçacığı ve diğer tüm atomaltı parçacıklar sayesinde, bir zamanlar bölünmez olan atom artık daha çok tam bir nesneler evreni, her su damlasında bu tür milyarca evren, görünmez olmasının yanında insanların doğrudan gözleminden *çeşitli derecelerde* ayrılan minik dünyalar olarak görünüyor. Bu yüzden bir on dokuzuncu yüzyıl fizikçisine Higgs bozonu teorisini açıklamayı bırakın, bir tane "gördük" dediğinizde ne kastettiğinizi bile açıklamakta sorun yaşardınız.

İnsanların duyusal deneyimlerinden ayrılan yeni gözlemleme tarzı, bilim insanını bilimsel araştırmaya daha farklı şekilde yaklaşmaya itti. Newton bilimi –aslında insan gözünün uzantısından başka bir şey olmayan– bir teleskop veya mikroskop yardımıyla duyularla algılanabilen şeylere dayanıyordu. Yirminci yüzyıl bilimi gözleme bağlı kaldı fakat Higgs'te olduğu gibi dolaylı istatistiksel kanıtları içeren daha geniş bir "görme" tanımını kabul etti. Yeni "görme" yaklaşımı yüzünden, yirminci yüzyıl fizikçileri kuantum gibi tuhaf yenilikçi kavramlar içeren teorilere karşılık gelen zihinsel imgeler, beşeri deneyimlerimizin çok ötesine geçen ve soyut matematiğe dayanan kavramlar geliştirmek zorundaydı.

Yeni fizik yapma yöntemi fizikçiler arasında giderek artan bölünmede görülüyordu. Bir yanda fizik teorilerinde az kişinin anladığı matematiğin rolünün artması, öte yanda deneylerin teknik karmaşıklığının çoğalması, deneysel ve kuramsal fiziğin formel uzmanlaşma yoluyla giderek birbirlerinden ayrılmalarını teşvik etti. Aşağı yukarı aynı zamanlarda, görsel

sanatlar benzer bir tarzda gelişerek, geleneksel temsil sanatçıları ile dünyayı radikal bir biçimde yeni şekillerde "gören" yeni kuantum teorisyenlerine benzer şekilde, Cézanne, Braque, Picasso ve Kandinsky gibi kübizm ve soyutlamanın öncüleri arasında bir ayrılmaya yol açıyordu.

Müzik ve edebiyatta da yeni bir ruh on dokuzuncu yüzyıl Avrupa'sının yerleşik, katı normlarına meydan okuyordu. Stravinsky ve Schoenberg geleneksel Batı perde ve ritim varsayımlarını sorguluyor; Joyce, Woolf ve Avrupa kıtasındaki akranları yeni anlatı formlarıyla deneyler yapıyorlardı. 1910'da filozof, psikolog ve eğitimci olan John Dewey eleştirel düşünmenin genellikle, "zihinsel huzursuzluk ve rahatsızlık halini sürdürme istekliliğini" gerektirdiğini yazdı. Bu yalnızca eleştirel düşünce için değil yaratıcı çabalar için de geçerlidir. İster sanat ister bilim yapıyor olsunlar, bu öncülerin hiçbirinin işleri kolay değildi.

***

Edindiğimiz bilgi ve tecrübelerin sağladığı avantajlar sayesinde, yirminci yüzyıl başlarındaki bilim için böyle bir tanımlamayı yapabildim. On dokuzuncu yüzyıl sonlarında atomu inceleyen fizikçiler ise neyin gelmekte olduğunu fark edemediler. Aslında geriye dönüp baktığımızda, eşiklerinde bekleyen saatli atom bombasına rağmen, bu fizikçilerin alanlarını az çok oturmuş olarak gördüklerini ve genç öğrencilere, yapacak heyecanlı bir şey kalmadığı için fiziğe girmemelerini tavsiye ettiklerini görmek çok şaşırtıcıdır.

Örneğin Harvard'daki fizik bölümünün başında olan kişi önemli olan her şeyin zaten keşfedildiğini söyleyerek aday öğrencileri kovmasıyla ünlüydü. Okyanusun öte yanında ise Münih Üniversitesi'ndeki fizik bölümünün başkanı 1875'te bu bilim dalının artık girilmeye değer olmadığı,

çünkü "fiziğin tamamlanmak üzere olan bir bilgi dalı" olduğu konusunda uyarıyordu. Esasen bu tavsiye *Titanik*'i inşa eden şirketin geminin "insan beyninin üretebileceği en mükemmel" gemi olduğu açıklamasıyla eşdeğerdi. Fizikçilerin 19. yüzyıl sonlarında içinde bulundukları gemi *Titanik* gibi batmaz görünüyordu.

Münih'teki fizik bölümü başkanından bu berbat tavsiyeyi alanlardan biri de Max Planck'tı (1858–1947). Zayıf, neredeyse bir deri bir kemik, genç bir adam olan Max'ın gençliğinde bile alın bölgesi açılmıştı, gözlük takıyordu ve etrafına yaşıyla çelişen bir ciddiyet yayıyordu. Almanya Kiel'de doğan Max büyük bir papazlar, bilginler ve hukukçular sülalesinden geliyordu ve on dokuzuncu yüzyıl fizikçi şablonuna mükemmel bir şekilde uyuyordu: gayretli, sorumluluk sahibi ve kendi sözleriyle, "tartışmaya açık serüvenlere meyilsiz" idi. Çalışmaları bir gün Newton'u baş aşağı edecek birinin söyleyeceği sözlere benzemiyordu ama Planck bir devrim başlatmayı planlamamıştı. Aslına bakarsanız, yıllar boyu kendi keşfinin başlattığı hareketi bile desteklemedi.

Planck serüvenlere atılmaya meyilsiz olmasına rağmen, kariyerine risk alarak başladı; bölüm başkanının tavsiyesini dinlemedi ve fizik bölümüne kayıt oldu. "Matematiğin katılığı ile doğa yasalarının çokluğu arasında hüküm süren uyumu araştırma" tutkusunu aşılayan bir lise öğretmeni ona fizik tahsili yapma konusunda ilham vermişti ve kendisi de tutkusunun peşinden koşacak kadar kendine inanıyordu. Yıllar sonra kendi öğrencilerinden birine şöyle söyleyecekti: "Benim düsturum daima şu olmuştur: Baştan her adımı dikkatle değerlendir, fakat daha sonra bunun sorumluluğunu alabileceğine inanıyorsan, hiçbir şeyin sana engel olmasına izin verme." Bu ifade Nike'ın klasik reklam sloganı ("Yap işte", "Just do it") veya spor figürlerinden duymaya alışkın olduğumuz gözü

pek beyanlar kadar fiyakalı değil, fakat sessiz ve geleneksel Planck kendi tarzında aynı manevi gücü dile getiriyordu.

Fizik okumaya karar veren Planck doktora araştırmasının konusunu seçmek zorundaydı. Gene bu noktada, cesurca ve kritik bir seçim yaptı. Termodinamiği, yani ısı fiziğini seçti. O sıralar termodinamik, fiziğin oldukça az bilinen fakat lisedeyken Planck'a ilk ilhamı vermiş olan dalıydı. Planck yine moda olan dalda değil, kendi ilgi duyduğu dalda çalışmayı seçmişti.

O sırada, atomu kabul etmiş olan bir avuç bilim insanı tekil atomların hareketlerinin istatistiksel bir sonucu olarak termodinamiğin ardındaki mekanizmayı anlamaya başlamışlardı. Diyelim ki bir odada belirli bir anda odanın sadece küçük bir bölgesinde bir duman bulutunun var olduğu gözlenmiş olsun. Termodinamik bize bu duman bulutunun yoğunlaşmak yerine daha da yayılacağını söyler. Bu süreç fizikçilerin "zaman oku" dedikleri şeyi tanımlar: Gelecek, dumanın zaman içinde yayılacağı yöndür; geçmiş ise yoğunlaştığı yöndür. Bu kafa karıştırıcıdır çünkü dumanın (ve havanın) her bir *tekil* atomu için geçerli olan hareket yasaları zamanın hangi yönünün gelecek ve hangi yönünün geçmiş olduğuna dair hiçbir gösterge sunmaz. Ancak fenomen atomların istatistiksel analiziyle açıklanabilir: "Zaman oku" ancak birçok atomun kümülatif etkisini gözlemlediğinizde belirginleşir.

Planck bu tür argümanlardan hoşlanmıyordu. Atomu bir fantezi olarak görüyordu ve doktorası için araştırma konusu olarak, atom kavramını kullanmadan –aslına bakarsanız, maddelerin içyapısı hakkında *herhangi* bir varsayımda bulunmadan– termodinamiğin ilkelerinden somut ve test edilebilir sonuçlar elde etmeyi seçti. Şöyle düşünüyordu: "Atom teorisinin şimdiye kadar kazandığı büyük başarıya rağmen, sonunda sürekli madde varsayımı onun yerine geçecek."

Planck geleceği görememişti. Sonunda vazgeçilecek olan atom teorisi değil Planck'ın buna olan direnciydi. Aslında sonuçta çalışmaları atomun varlığının *aleyhine* değil *lehine* olan kanıtlar olarak alınabilir.

Adının hecelemesi ve telaffuzu zor olduğu için bir restoran rezervasyonu yaptırırken genellikle Max Planck adını kullanırım. Bu isim nadiren tanınır fakat bir keresinde bana, "kuantum teorisini icat eden adamın" akrabası olup olmadığım soruldu. Ben de, "Ben o *adamım*," dedim. Yirmilerinin başlarında olan başgarson bana inanmadı. Benim çok genç olduğumu söyledi. "Kuantum teorisi 1960'larda icat edildi," dedi. "İkinci Dünya Savaşı sırasında oldu, Manhattan Projesi'nin bir parçasıydı."

Daha fazla konuşmadık fakat konuşsaydık onun tarihe ilişkin kafa karışıklığı hakkında değil de fizikte bir teori "icat etmenin" anlamının belirsizliğinden söz etmek isterdim. "İcat" sözü daha önce var olmayan bir şeyi yaratmak anlamına gelir. Öte yandan keşfetmek daha önce bilinmeyen bir şeyin farkına varmak anlamına gelir. Teorilere iki şekilde de bakılabilir: bilim insanlarının dünyayı tanımlamak için icat ettikleri matematiksel yapılar olarak ya da bizden bağımsız olarak var olan ve bilim insanlarının keşfettikleri doğa yasalarının ifadesi olarak.

Şu kısmen metafizik bir sorudur: Teorilerimizle ortaya koyduğumuz tasvirleri, ne dereceye kadar –bizim keşfettiğimiz– gerçekler olarak almalı, ne dereceye kadar, diyelim, bizden farklı düşünen insanların –veya uzaylıların– başka şekillerde en az bizim yaptığımız kadar iyi modelleyebilecekleri bir dünyanın –icat ettiğimiz– saf modelleri olarak görmeliyiz? Fakat felsefe bir yana, icat ve keşif arasındaki ayrımın süreçle ilgili başka bir boyutu daha vardır: Araştırma yoluyla da ve genellikle kazara da keşifler yaparız; planlı tasarım ve inşa yo-

luyla icatlar yaparız ve rastlantının rolü deneme yanılmadan daha azdır.

Kuşkusuz Einstein izafiyet teorisini ileri sürdüğünde ne yapmak için yola çıktığını biliyordu ve bunu yaptı da, bu yüzden izafiyet teorisi icat olarak isimlendirilebilir. Fakat kuantum teorisi farklıydı. "Keşfetmek" veya hatta "tesadüfen bulmak" kuantum teorisinin gelişimine doğru giden adımları ifade etmek için genellikle "icat etmekten" daha iyi terimler olurdu ve (birçok) kâşifin sık sık tesadüfen buldukları şey, Planck'ın durumunda olduğu gibi, bulmayı umut ettikleri ve umdukları şeyin tam zıddıydı. Bu, Edison'un yapay ışığı icat etmek için işe koyulup yapay karanlığı keşfetmesi gibi bir şeydi. Üstelik Planck'ın durumunda olduğu gibi, bu bilginler kendi çalışmalarından çıkan sonuçları tam olarak anlamadılar ve başkalarının bu sonuçlara dair yaptıkları yorumlara karşı çıktılar.

Planck 1879 tarihli termodinamik üzerine doktora teziyle atomların varlığını veya yokluğunu kanıtlamakta başarılı olamadı. Daha da kötüsü, bu onu profesyonel olarak hiçbir yere götürmedi. Münih'teki profesörleri tezini anlamadılar; Berlin'de termodinamik uzmanı olan Gustav Kirchhoff tezi yanlış yorumladı ve bu dalın diğer kurucu öncülerinden ikisi olan Hermann von Helmholtz ve Rudolf Clausius onu okumayı reddettiler. Planck iki mektuba da hayır yanıtını aldıktan sonra, Clausius'u evinde ziyaret etmek için Bonn'a gitti fakat profesör onu kabul etmedi. Ne yazık ki bu birkaç fizikçi dışında iş termodinamiğe geldiğinde, Planck'ın meslektaşlarından birinin de belirttiği gibi, "kimse ... öyle ya da böyle ilgilenmiyordu."

Konuya ilgi duyulmaması Planck'ın canını sıkmadı fakat bu iç karartıcı yıllarda anne babasının evinde yaşadı ve üniversitede maaş almadan ders verdi; Mendeleyev'in yapmış

olduğu gibi, doğrudan derslerine katılan öğrencilerden para alarak iki yakasını zorlukla bir araya getirdi.

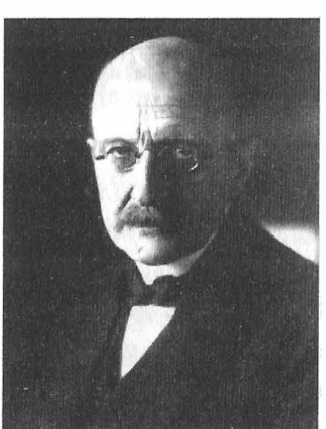
Bu konudan ne zaman birilerine söz etsem bana şaşkın şaşkın bakmışlardır. Her nedense insanlar sanatçıların her tür fedakârlığı yapacak kadar sanatlarına düşkün olmalarını, süfli tavan aralarında veya en kötüsü, anne babalarıyla birlikte yaşayarak emek harcamaya devam etmelerini bekler, fakat fizikçileri bu kadar tutkulu kişiler olarak görmezler. Ancak lisansüstü eğitimleri sırasında, Planck gibi başarısızlıkla karşılaşan akranım iki öğrenci tanıyorum. Biri ne yazık ki intihara teşebbüs etti. Diğeri de Harvard fizik bölümünü, ücret almadan kalabalık bir ofiste çalışmasına izin vermeleri için ikna etti. (Bir yıl sonra onu işe aldılar.) Tanımadığım üçüncü bir şahıs ise birkaç yıl önce başarısızlığından dolayı okulu bırakmak zorunda kalmış, o zamandan bu yana gözde –ve son derece yanlış– teorilerini çeşitli fakülte üyelerine sunmuş ve dikkate alınmamıştı ve sonra bir gün –elinde sağa sola savurduğu bir bıçakla– onları ikna etmeye kararlı bir halde boy gösterdi. Güvenlik onu durdurduktan sonra bir daha asla geri gelmedi. Kitaplar ve filmler kulağını kesen, değeri hayattayken değil öldükten sonra anlaşılan münzevi fizikçilerin öykülerini anlatmaz fakat ben Berkeley'deki üç yıllık lisansüstü eğitimim sırasında her biri fizik tutkusundan beslenen işte bu üç öyküye tanık oldum.

Harvard'a kapağı atan işsiz mezun arkadaşım gibi Planck da "gönüllü" dönemi sırasında iyi araştırmalar yapınca nihayet ücretli bir iş buldu. Bu onun beş yılını aldı. Nihayet, katıksız sebat, şans ve –bazılarının dediğine göre– babasının araya girmesiyle Kiel Üniversitesi'nde bir profesörlük elde etmeyi başardı. Bundan dört yıl sonra, çalışmaları etkileyici görüldüğü için Berlin Üniversitesi'ne çağrıldı, orada 1892'de tam profesör unvanını alınca, termodinamik elitinin küçük kadrosunun bir üyesi oldu. Fakat bu daha başlangıçtı.

***

Berlin'de, Planck'ın araştırma tutkusu kimsenin atomlar kavramına "başvurmak" zorunda kalmayacağı –yani, maddelerin ayrı yapıtaşlarından oluşmak yerine "sonsuza kadar bölünebilir" kabul edildikleri– bir bağlamda termodinamiği anlamaya odaklanarak devam etti. Bunun yapılıp yapılamayacağı meselesi Planck'ın kafasında bütün fizikte en ivedilikle ele alınması gereken meseleydi ve akademi dünyasında Planck'ın –en azından direkt olarak– bunun tersini söyleyebilecek bir patronu yoktu. Bu iyi bir şeydi çünkü düşünce biçimi, ana akım fizikten o kadar uzaktı ki, 1900 yazında dünyayı sarsacak büyük buluşunu açıklamadan aylar önce, Paris'teki uluslararası fizik toplantısını izleyip kaydeden resmi tarihçi, Planck'ın yanı sıra bu sorunun göz önüne almaya değer olduğunu düşünen en fazla üç kişi gördüğünü söylüyordu. Öyle görünüyor ki Planck yirmi bir yıl önce tezini sunduğundan bu yana çok az şey değişmişti.

Her alanda olduğu gibi bilimde de sıradan sorular soran çok sayıda sıradan insan vardır ve birçoğu yaşamda gayet ba-



Max Planck, 1930 civarı

şarılıdır. Ancak en başarılı araştırmacılar genellikle tuhaf soruları, başkaları tarafından düşünülmemiş veya enteresan olarak görülmemiş soruları soranlardır. Çektikleri tüm zahmetlere rağmen, bu kişiler tuhaf, eksantrik, hatta çılgın olarak görüleceklerdir; ta ki deha olarak görüldükleri zaman gelinceye dek.

Elbette, "Güneş sistemi dev bir geyiğin sırtında mı duruyor?" sorusunu soran bir bilim insanı da sanırım yukarıda sözünü ettiğim bıçak sallayan adam gibi orijinal bir düşünür olurdu. Bu yüzden özgür düşünürleri değerlendirirken kişi seçici olmalıdır ve burada da şöyle bir problem vardır: Fikirleri *yalnızca* garip olan insanları, fikirleri garip fakat *doğru* olan insanlardan ayırt etmek genellikle kolay değildir. Veya garip fakat kaderinde uzun zaman yürüyüp bir sürü yanlış adım attıktan sonra doğru bir yere ulaşmak olanı. Planck akranı fizikçilere bile ilginç gelmeyen sorular soran özgün bir düşünürdü. Fakat bunların klasik fiziğin yanıtlayamayacağı sorular olduğu ortaya çıkacaktı.

On sekizinci yüzyıldaki kimyagerler gazların incelenmesinde bir tür Rosetta Taşı, önemli bilimsel ilkelerin çözümlenmesini sağlayan bir anahtar bulmuşlardı. Planck kendi Rosetta Taşını, Gustav Kirchhoff'un 1860'ta bulup tanımladığı termodinamik fenomeni olan siyah cisim ışımasında aradı. Günümüzde "siyah cisim ışıması" fizikçiler arasında bilinen bir terimdir: Gerçekten siyah olan ve sabit bir sıcaklıkta tutulan bir cismin yaydığı elektromanyetik ışıma (radyasyon) formudur.

"Elektromanyetik ışıma", El-Kaide kamplarına ateş eden dron gibi tehlikeli bir çağrışım yapmakla kalmaz, karmaşık da görünür. Fakat bu bir enerji dalgaları ailesini –yani mikro dalgalar, radyo dalgaları, görünür ve morötesi ışınlar, X ışınları ve gama ışımasını– ifade eder. Dizginlenerek kullanıldık-

larında bir dizi faydalı etkileri olur. Bazıları ölümcül olmakla birlikte hepsi artık kanıksadığımız şeylerdir.

Kirchhoff'un zamanında, elektromanyetik ışıma kavramı halen yeni ve gizemliydi. Bunu –Newton yasaları bağlamında– tanımlayan teori İskoç fizikçi James Clerk Maxwell'in çalışmalarından çıktı. Maxwell günümüzde de bir fizik kahramanıdır ve üniversite kampüslerinde sıklıkla fizik öğrencilerinin tişörtlerinin üzerinde yüzünü veya denklemlerini görebilirsiniz. Tüm bu hayranlığın nedeni, 1860'larda fizik tarihindeki en büyük birleştirmeyi başarmış olmasıydı: Maxwell elektrik ve manyetik kuvvetleri aynı fenomenin, "elekromanyetik alanın" tezahürleri olarak açıkladı ve bu ışık ile ışımanın diğer formlarının, elektromanyetik enerjinin dalgaları olduğunu ortaya çıkardı. Bir fizikçi için, Maxwell'in yaptığı gibi farklı fenomenler arasındaki derin bağlantıları açıklığa kavuşturmak, yapılabilecek en heyecan verici şeylerden biridir.

Bir gün bir Maxwell'in doğması Newton'un umudu ve rüyası olmuştu, çünkü Newton teorisinin tamamlanmamış olduğunu biliyordu. Cisimlerin kuvvete nasıl tepki verdiklerini açıklayan *hareket yasalarını* bulmuştu fakat bu yasaların kullanılabilmeleri için farklı *kuvvet yasalarıyla*, göz önüne alınan cisimlerin üzerinde etkili olan hangi kuvvetse onu tanımlayan yasalarla tamamlanmaları gerekiyordu. Newton tek bir kuvvet türünün –kütleçekiminin– yasalarını buldu fakat başka kuvvet türlerinin de var olması gerektiğinin farkındaydı.

Newton'dan sonraki yüzyıllarda, doğanın iki başka kuvveti yavaş yavaş kendilerini fiziğe gösterdi: elektrik ve manyetizma. Bu kuvvetlerin niceliksel bir teorisini oluşturan Maxwell bir anlamda Newtoncu (yani "klasik") programı tamamlamıştı; bilim insanları artık Newton'un hareket yasalarına ilaveten kendilerini günlük varoluşumuzda gösteren bütün kuvvetle-

rin teorilerine sahiptiler. (Yirminci yüzyılda, etkileri günlük işlerimizde belli *olmayan* fakat atom çekirdeğinin ufak bölgeleri içinde hareket eden, iki farklı kuvvet, "güçlü" ve "zayıf" kuvvetleri keşfedecektik.)

Daha önceleri bilim insanları Newton'un kütleçekimi yasasını hareket yasalarıyla birlikte kullanarak gezegenlerin yörüngeleri ve top mermilerinin izlediği yol gibi sadece kütleçekimi fenomenlerini tanımlayabiliyorlardı. Artık fizikçiler Maxwell'in elektrik ve manyetik kuvvetler teorisini Newtoncu hareket yasalarıyla birlikte kullanarak, ışıma ve ışımanın maddeyle etkileşimi gibi muazzam bir fenomen aralığını analiz edebiliyorlardı. Aslında fizikçiler, Maxwell'in teorisinin cephaneliklerine katılmasıyla birlikte, dünyada gözlemleyebildiğimiz bütün doğal fenomenleri prensipte açıklayabileceklerine inanıyorlardı; on dokuzuncu yüzyılın sonlarında fiziğin iyimserliği şaha kalkmıştı.

Newton, "şimdiye kadar bilinmeyen bazı nedenlerle, cisim parçacıklarını ya karşılıklı birbirlerine doğru devindirip düzenli sayılarda kaynaştıran ya da birbirlerini itip uzaklaştırmalarına neden olan bazı kuvvetler" olduğunu yazmıştı. Bunların, "hareket eden parçacıkların küçüklüğü nedeniyle tespit edilemeyen yerel hareketlere" yol açtığına inanıyordu. "[Fakat] eğer birisi tüm bunları keşfedecek kadar talihli olursa, hemen hemen diyebilirim ki cisimlerin tam doğasını açığa çıkartır." Fizikçilerin elektromanyetizmayla keşfetmiş oldukları şey bu çok küçük cisim parçacıkları, yani atomlar arasında etkili olan kuvvetleri anlama rüyasını gerçekleştirdi, fakat Newton'un, teorisinin bu suretle maddi cisimlerin özelliklerini açıklayabileceği rüyası hiç gerçekleşmedi. Neden? Çünkü fizikçiler elektriksel ve manyetik *kuvvet* yasalarını keşfetmiş olsalar da, bu yasalar atomlara uygulandıklarında, Newton'un *hareket* yasalarının başarısız oldukları görüldü.

O sıralarda kimse farkında olmasa da Newton fiziğinin eksik yönleri tam da Planck'ın üzerinde çalışmayı seçtiği fenomende kendilerini en çarpıcı biçimde gösteriyorlardı: siyah cisim ışıması. Çünkü fizikçiler siyah cismin farklı frekanslarda ne kadar ışıma yayacağını hesaplamak için Newton fiziğini uyguladıklarında bu hesaplamalar yanlış çıktıkları gibi, saçma bir sonuç da verdiler: Bir siyah cisim sonsuz miktarda yüksek frekanslı ışıma yayıyor olmalıydı.

Eğer bu hesaplamalar doğru olsalardı, siyah cisim ışıması fenomeni, sıcak bir şöminenin önünde oturmanızın veya sıcak fırınınızın kapısını açmanızın, düşük frekanslı kızılötesi ışınımın sıcaklığından veya biraz daha yüksek frekanslı kızıl ışığın dinlendirici parıltısından zevk aldığınız gibi, aynı zamanda yüksek frekanslı, tehlikeli morötesi ışınlar, X ışınları ve gama ışınlarıyla bombardıman olmanız anlamına da gelirdi. Ve o sıralarda yeni icat edilen ampulün, yüksek işlem sıcaklığından kaynaklanan ışıma nedeniyle, yapay aydınlatmanın çok da yararlı bir aracı olmadığı, bir kitle imha silahı olduğu ortaya çıkardı.

Planck bu alandaki çalışmalarına başladığında, herkes siyah cisim hesaplamalarının yanlış olduğunu bilmesine rağmen, kimse bunun nedenini bilmiyordu. Bu esnada, problemle ilgilenen çoğu fizikçi ne yapacağını bilemezken, birkaçı deneysel gözlemleri tanımlamak için buna mahsus çeşitli matematik formülleri oluşturmaya odaklandılar. Bu formüller her frekans için belli bir sıcaklıktaki bir siyah cismin yaydığı ışımanın yoğunluğunu veriyordu fakat bunlar teorik bir kavrayıştan elde edilmiş değil, gerekli verileri elde etmek için oluşturulmuş salt betimleyici formüllerdi. Hiçbiri de bütün frekanslar için doğru değildi.

Planck 1897'de zorlu bir iş olan, siyah cisimlerin yaydığı ışımanın doğru bir tanımını yapmak üzerinde çalışmaya baş-

ladı. Diğerleri gibi o da problemin Newton fiziğinde bir hata olduğunu değil, esasen siyah cisim maddesi için kullanılan fiziksel tanımın kusurlu olduğunu gösterdiğini düşündü. Birkaç yıl sonra hiçbir yere ulaşamamıştı.

Sonunda geriye doğru çalışmaya ve uygulamalı fizikçiler gibi işe yarayan bir formül bulmaya karar verdi. Bu maksatla yapılmış iki formül üzerinde yoğunlaştı: Bir tanesi siyah cisim ışıması olarak yayılan düşük frekanslı ışık ve diğeri de yüksek frekanslar için doğru olan formüldü. Epeyce deneme yanılmadan sonra, bunları kendi formülünde, her ikisinin de doğru özelliklerini birleştirmek için oluşturduğu zarif matematiksel ifadede bir araya getirmeyi başardı.

Bir problem üzerinde yıllarca emek harcadıktan sonra artık –mikrodalga fırın veya en azından yeni bir mısır patlatma yöntemi gibi– önemli bir keşif yapmayı hak ettiğinizi düşünebilirsiniz. Her ne kadar Planck denkleminin tahmini güçlerini kapsamlı bir teste sokacak yeterli verilere sahip olmasa da, bulduğu tek şey –bilinmeyen nedenlerden ötürü– oldukça işe yarar görünen bir formüldü.

Planck, formülünü 19 Ekim 1900'de Berlin Fizik Topluluğu'ndaki bir toplantıda açıkladı. Toplantı sona erer ermez, bir deneyselci olan Heinrich Rubens eve gittiğinde formülü kontrol etmek amacıyla kendi elde ettiği çok miktardaki veriyi kullanmaya başladı. Bulduğu şey karşısında şaşkınlığa kapıldı: Planck formülü olması gerekenden kesinlikle daha doğruydu.

Rubens o kadar heyecanlanmıştı ki gece boyunca etraflıca çalışarak farklı frekanslar için Planck denkleminin matematiğini titizlikle kullandı ve gözlemlerinin kayıtlarıyla tahminleri kıyasladı. Ertesi sabah şok edici haberi vermek için Planck'ın evine koştu: Uyuşma mantıkdışı bir biçimde *tüm* frekanslar için doğruydu. Planck'ın formülü salt buna mahsus bir tahmin olamayacak kadar doğruydu. Bunun bir *anlamı* olmalıydı.

Tek problem ne Planck'ın ne de başka birinin bunun ne anlama geldiğini bilmemesiydi. Tahminen gerisinde derin ve gizemli ilkeler olan fakat sırf tahminle "elde edilmiş" bir formül, bir sihir gibi görünüyordu.

***

Planck siyah cisim ışıması teorisi üzerinde çalışmayı, onu atom kavramına başvurmadan açıklamak amacıyla seçmişti. Bir bakıma bunu yapmıştı da. Fakat formülü hiç yoktan elde etmişti, bu yüzden formülün *neden işe yaradığı* sorusunu yanıtlamak zorunda hissediyordu kendini. Başarısı heyecan verici fakat bilgisizliği moral bozucu olmuş olsa gerek.

Daima sabırlı bir bilim insanı olan Planck, belki de umutsuzluktan, atomun büyük savunucusu Avusturyalı fizikçi Ludwig Boltzmann'ın (1844–1906) araştırmasına başvurdu. Boltzmann Planck'ın kanıtlamak için uğraştığı için şeyin tam tersini yapmak –atomların ciddiye alınması gerektiğini kanıtlamak– için yıllardır mücadele ediyordu ve bu süreçte –çalışmalarının önemi konusunda insanları ikna etmede çok az mesafe almış olmasına rağmen– günümüzde istatistiksel fizik dediğimiz fizik tekniklerini geliştirmede çok gelişme kaydetmişti.

Planck'ın Boltzmann'ın araştırmasına gönülsüzce de olsa başvurma isteği takdir edilmesi gereken bir eylemdir. Burada, atom olmadan fizik yapmayı savunduğu halde, entelektüel kurtuluşu tam da uzun süredir karşı çıktığı teoriyi savunan adamın çalışmalarında arayan biri vardı. Kişinin kendi önyargılarıyla çelişen fikirlere bu şekilde açık olması bilimin yapılma şekli olmalıdır ve bu daha sonra Einstein'ın Planck'a büyük hayranlık duymasının nedenlerinden biridir, fakat bilim *genellikle* bu şekilde yapılmaz. Gerçekte çoğu beşeri girişimin işlev görme şekli böyle değildir. Örneğin internet, akıl-

lı telefon ve diğer yeni medya araçları yükselişe geçtiğinde, atom veya kuantumu kabullenmekte sorun yaşayan yerleşik bilgileri savunan fizikçiler gibi, yerleşik düzeni savunan şirketler de –Blockbuster Video, plak şirketleri, belli başlı kitapçı zincirleri, köklü basın kuruluşları– yeni yaşam ve iş yapma tarzına direndi. Dolayısıyla bunların yerine Netflix, YouTube ve Amazon gibi zihinsel esneklikleri daha fazla olan daha genç firmalar ve kişiler geçtiler. Aslında daha sonra bizzat Planck'ın bilim hakkında söyleyecekleri de devrim niteliğindeki herhangi bir yeni fikir için de geçerli gibidir: "Yeni bir bilimsel gerçek ona karşı çıkanları ikna ederek ve ışığı görmelerini sağlayarak değil, karşı çıkanlar eninde sonunda öleceği ve bu gerçeğe aşina yeni bir nesil yetişeceği için zafer kazanır."*

Boltzmann'ın çalışmalarını okuyan Planck Avusturyalının istatistiksel termodinamik tanımında, enerjinin örneğin sonsuz bölünebilir görünen una karşılık, yumurtalar gibi ayrı parçalar halinde işlev görüyormuş gibi ele alınacağı matematiksel bir hile kullanmayı gerekli gördü. Yani, yumurtaların bir, iki veya iki yüz gibi sadece tamsayılardan oluşan bir sayısı olabilirken, 2,7182818 gram veya istediğiniz miktarda un ölçebilirsiniz. En azından şefe böyle görünür, aslında un sonsuz bölünür değil de bir mikroskop altında görebileceğiniz ayrı yapıtaşlarından, taneciklerden oluşur.

Boltzmann'ın hilesi salt hesapsal bir çareydi; sonunda parça büyüklüğünü daima sıfıra yaklaştırdı, yani bunun anlamı enerjinin sadece ayrı nicelikler yerine herhangi bir miktarda olabileceğiydi. Ancak Boltzmann'ın yöntemlerini siyah cisim problemine uygulayan Planck büyük şaşkınlıkla, *ancak bu son*

Planck'ın genellikle daha özlü bir versiyon olan şu sözleri söylediği şeklinde bir yanılgı mevcuttur: "Bilim her defasında bir cenazeyle ilerler."

adımı atlarsa ve enerjiyi belirli temel, çok ufak bir parçanın katlarında, ancak yumurtalar gibi azar azar dağıtılabilen bir miktar olarak bırakırsa onun formülünü elde edebileceğini keşfetti. Şef Planck temel enerji parçasına, Latince "ne kadar" anlamına gelen "kuantum" adını verdi.

Bu kısaca kuantum kavramının kökeniydi. Kuantum teorisi mantıksal sonuçlarına ulaşmak için derin bir ilkenin ardına düşen bir bilim insanının dur durak bilmeyen çabalarından veya fiziğin yeni bir felsefesini keşfetme güdüsünden değil, hayatında ilk kez bir mikroskoptan bakan ve şaşkınlıkla unun da yumurta gibi ayrı ayrı birimlerden ibaret olduğunu ve ancak ufak parçaların katları halinde azar azar ayrılabileceğini keşfeden şefe benzeyen bir adamdan çıktı.

Planck parçanın yani kuantumun büyüklüğünün ışığın farklı frekansları için farklı olduğunu, yani görünür ışık için farklı renklere karşılık geldiğini buldu. Planck özellikle ışık enerjisinin bir kuantumunun, frekansın bir orantı faktörüyle çarpımına eşit olduğunu buldu ve bu faktöre günümüzde Planck sabiti adıyla bilinen *h* adını verdi. Planck esas itibarıyla *h*'yi sıfıra eşitleyerek Boltzmann'ın attığı son adımı atmış olsaydı, bu takdirde enerji sonsuza dek bölünebilecek bir şey olarak varsayılırdı. Bunu yapmayan ve formülünü deneysel verilerle kıyaslayarak *h*'yi sabitleyen Planck şunu öne sürüyordu: En azından siyah cisim ışıması söz konusu olduğunda, enerji çok ufak, temel paketler halinde ortaya çıkar ve tek bir değer alamaz.

Planck'ın teorisi ne anlama geliyordu? Kendisinin hiçbir fikri yoktu. Bir bakıma, başarmış olduğu tek şey anlaşılmaz tahminini açıklamak için anlaşılmaz bir teori oluşturmaktı. Buna rağmen, Planck "keşfini" Aralık 1900'de Berlin Fizik Topluluğu'nun toplantısında açıkladı. Günümüzde bu açıklama kuantum teorisinin doğumu olarak bilinir. Gerçekten de

Planck'ın yeni teorisi ona 1918 Nobel Ödülü'nü kazandırdı ve zamanla fizik bilimini altüst etti. Fakat Planck dahil hiç kimse bunu o sıralarda bilmiyordu.

Çoğu fizikçi için, Planck'ın uzun zamandır üzerinde çalıştığı siyah cisim ışıması araştırması, teorisini daha da anlaşılmaz ve gizemli kılmaktan başka bir işe yaramamıştı. Gelgelelim Planck bu deneyimden bir şey öğrenmişti. Nihayet siyah cisim ışımasını, siyah maddenin yaylar gibi ufak salıngaçlardan ibaret olduğunu gösteren bir tasvir kullanarak "anlamıştı" ki en sonunda bunların atomlar veya moleküller olduğuna inandı; sonuçta nihayet atomların gerçek olduğuna kanaat getirmişti. Ancak ne kendisi ne de o dönemde başka birileri tanımladığı kuantumların doğanın temel bir özelliği olabileceğinin farkındaydı.

Planck'ın çağdaşlarından bazıları eninde sonunda Planck'ın siyah cisim formülüne, kuantumu gerektirmeyen bir rota bulunacağını düşünüyordu. Bazıları da kuantumun günün



Ludwig Boltzmann, 1900 dolayları

birinde doğanın temel bir prensibi olarak değil de, bildikleri fizikle tamamıyla uyumlu olan maddelerin henüz bilinmeyen bir özelliğinin bir sonucu –örneğin, atomların içyapısından kaynaklanan olağan bir mekanik özellik veya atomların etkileşim şekli– olarak açıklanacağını düşünüyorlardı. Bazı fizikçiler de Planck'ın çalışmasını, deneysel verilerle uyuşmasına rağmen düpedüz saçmalık diye reddettiler.

Örneğin Planck'ı eleştirirken, problem üzerinde çalışmış fakat Planck'ın aksine tam formülü elde edememiş ünlü bir fizikçi olan Sör James Jeans şöyle yazdı: "Elbette, şunun farkındayım ki $h = 0$ yaparak [Planck'tan] elde ettiğim kendi yasam deneylerle muhtemelen uyuşmasa da ... Planck'ın yasası deneylerle çok uyumlu. Bu benim $h = 0$ değerinin alınması olası tek değer olduğuna dair inancımı değiştirmez." Evet, şu sinir bozucu deneysel gözlemler çok can sıkıcı; en iyisi bunları görmezden gelmek. Veya Robert Frost'un 1914'te yazdığı gibi, "Neden bir inancı bırakalım ki? / Sırf artık doğru değil diye."

Sözün özü, James Jeans'i kızdırmak dışında, Planck'ın çalışması çok sansasyon yaratmadı. İster çalışmasının saçmalık olduğuna inansınlar, ister olağan bir açıklaması olabileceğini düşünsünler, fizik camiasındaki bu kişiler, uyuşturucu yasalarının uygulandığı bir rock festivalindeki hayranlar gibi, düpedüz heyecanlanmamışlardı. Bu uyuşturucular epeyce bir zaman gelmeyecekti. Aslında sonraki beş yıl –ne kendisi ne da başkası tarafından– Planck'ın fikirlerini ileri taşıyan başka bir araştırma yapılmadı. Bu 1905'e dek gerçekleşmedi.

***

Planck kuantum fikrini öne sürdüğünde, hiç kimsenin bunun doğanın temel bir ilkesi olduğunun farkına varmadığını belirtmiştim. Fakat bundan kısa süre sonra, sahaya, çok farklı bir tutum benimseyecek yeni bir oyuncu girdi. Planck açıkla-

masını yaptığı sırada üniversiteden daha yeni mezun olmuş, tanınmayan biri olan bu kişi, Planck'ın kuantum üzerine çalışmasını meselenin özünü kavrayan, hatta tedirgin edici bir araştırma olarak değerlendirdi. Sonradan "sanki zemin ayaklarımızın altından çekilmiş gibiydi, hiçbir yerde de sağlam bir dayanak görünmüyordu," diye yazacaktı.

Planck'ın kuantum üzerine çalışmasını özümseyen ve bunun değerini gösteren bu adam popüler kültürde bu çalışmasıyla değil de, zamanla karşıt bir duruş almasıyla ve Jeans'in tarzına uygun olarak, gerçek olduğunu ortaya çıkaran birçok gözleme rağmen bir fikrin karşısında olmasıyla tanınır. O Albert Einstein'dır (1879–1955).

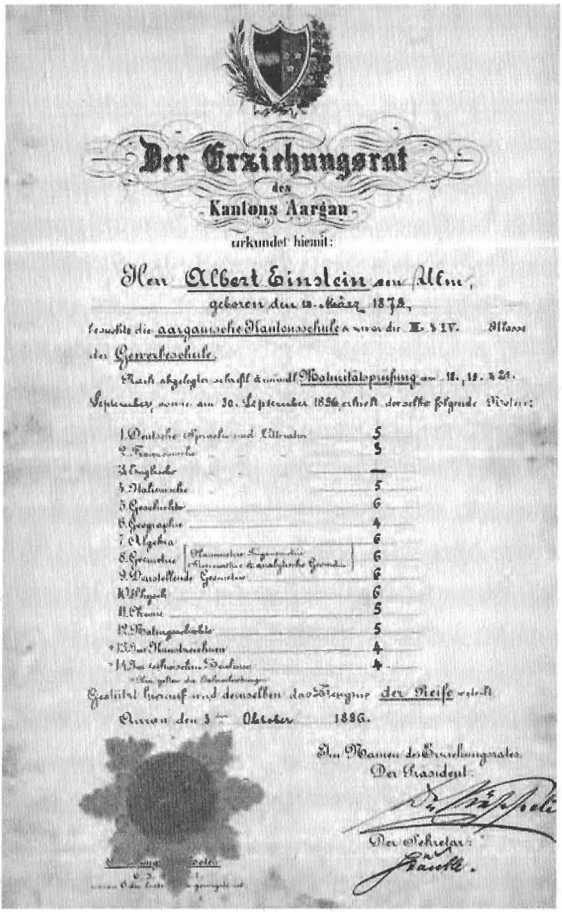
O sıralar yirmi beş yaşında olan Einstein, Planck'ın kuantum fikri üzerinde bağımsız olarak çalışmaya başladığında doktora tezini henüz tamamlamamıştı. Gelgelelim elli yaşına geldiğinde ortaya çıkarmış olduğu şeyleri reddetme noktasına geldi. Einstein'ın kuantum teorisi hakkındaki fikirlerini değiştirmesinin nedenleri bilimsel olmaktan çok nihayetinde felsefi, yani metafizikti. Yirmi beş yaşındayken öne sürdüğü fikirler kuantum parçacıklarından oluşan bir enerji olarak ışığın esasını kavramanın "salt" yeni bir yöntemiyle ilgiliydi. Buna karşın daha sonraki yıllarda ortaya çıkan –ve onun reddettiği– kuantum fikirleri ise esasen *realiteyi* incelemenin yeni bir yöntemiyle ilgiliydi.

Yani kuantum teorisi geliştikçe şu netlik kazandı ki eğer kişi bunu kabul edecekse var olmanın, belli bir yerde var olmanın ve hatta bir olayın diğerine yol açmasının ne anlama geldiğine dair yeni bir görüşü benimsemelidir. Mekanik Newtoncu görüşün Aristoteles'in amaç etkin perspektifinden kopuşu büyük bir olaydı, ama yeni kuantum dünya görüşünün sezgiyle anlaşılan Newtoncu dünya görüşünden kopuşu daha da büyük bir olaydı. Einstein *fizikte* revizyon yapmaya

istekli olmasına rağmen, kendi çalışmalarından çıkan radikal biçimde revize edilmiş *metafiziği* kabul etmeden mezara gidecekti.

Einstein'ın ölümünden on yıllar sonra kuantum teorisiyle tanıştığımda, kuşkusuz modern formülasyonlu, Einstein'ın beğenmediği bütün radikal fikirlerle tamamlanmış versiyonunu öğrendim. Üniversite yıllarımda bu fikirler, artık iyice geliştirilmiş ve test edilmiş bir teorinin tuhaf yönlerine rağmen sıkıcı bir şekilde anlatıldı. İnsanların zaman zaman hakkında konuştukları "kuantum tuhaflığı" –bir şeyin esasen aynı anda iki yerde bulunma olasılığı– o sıralar, gerçek olduğu uzun zaman önce anlaşılmış bir olgu olarak görülüyordu. Kimi zaman içki sofralarında ilginç sohbetlere konu olsa da biz üniversite öğrencilerinin uğrunda uykusuz kaldıkları bir şey değildi. Bununla birlikte Einstein benim kahramanlarımdan biriydi ve kendi zihnime hiç mücadelesiz alıverdiğim fikirleri Einstein'ın kabullenmekte bu kadar sorun yaşaması canımı sıkıyordu. Einstein olmadığımı biliyordum, öyleyse benim göremediğim neydi?

Ben bu meseleyle boğuşurken babam bana bir öykü anlattı. Savaş öncesi Polonya'da babam ve bazı arkadaşları yol üstünde, bir araba veya kamyonun çarpması sonucu ölmüş gibi duran bir geyiğe rastlamışlar. O sıralar yiyecek zor bulunduğundan geyiği eve götürüp yemişler. Babam bana "asfalt leşini" yemekte bir sakınca görmediklerini fakat –benim gibi– Amerikalıların bunu iğrenç bulduklarını, çünkü bunun iğrenç olduğuna inanacak şekilde yetiştirildiklerini söyledi. O zaman fark ettim ki insanların kabullenmekte zorlandığı fikirleri bulmak için kozmosun derin meselelerine ya da sıkı sıkıya bağlanılan ahlaki inançlara bakmak zorunda değiliz. Bu fikirler her yerde ve çoğu basitçe insanların daima inandıkları şeye inanmaya devam etmeye meyilli olmaları olgusuna dayanır.



Der Erziehungsrat
des
Kantons Aargau
urkundet hiemit:

Herr Albert Einstein aus Ulm,
geboren den 14. März 1879,
besuchte die aargauische Kantonsschule in den Jahren 1895/96 Klasse
der Gewerbeschule.
Nach abgelegter mündlicher und schriftlicher Maturitätsprüfung am 25., 26. & 28.
September sowie am 30. September 1896 erhielt derselbe folgende Noten:

1. Deutsche Sprache und Literatur	5
2. Französisch	5
3. Englisch	—
4. Italienisch	5
5. Geschichte	6
6. Geographie	4
7. Algebra	6
8. Geometrie (Planimetrie, Stereometrie & analytische Geom.)	6
9. Darstellende Geometrie	6
10. Physik	6
11. Chemie	5
12. Freihandzeichnen	5
13. Projektionslehre	4
14. Schattenlehre & Perspektive	4

Gestützt hierauf wird demselben das Zeugnis der Reife erteilt.

Aarau den 3. Oktober 1896.

Im Namen des Erziehungsrates.
Der Präsident:
Der Sekretär:

Einstein'ın İsviçre lise karnesi, 1896. Notlar 6 üzerinden.

Kuantum teorisinin metafizik sonuçları Einstein'ın asfalt leşi versiyonu gibiydi. Geleneksel nedensellik kavramlarına inanacak şekilde yetiştirilen Einstein'ın, sonuçları böylesine derinden farklı olan bir fikri kabullenmeye gönülsüz olması normaldi. Ancak seksen yıl sonra doğmuş ve benim sınıf arkadaşım olmuş olsa, kuantum teorisinin tuhaflığıyla yetişir ve muhtemelen benim –ve diğer tüm öğrenciler– gibi olağan bir şekilde tepki verirdi. O zamana kadar teori kabul görmüş

entelektüel çevrenin bir parçası olurdu, böylece kişi kuantum dünyasının tuhaflıklarını kabul edebilir ama bununla çelişen deneyler yoksa ilerlemesine engel olmayı düşünmezdi.

***

Her ne kadar Einstein zamanla Newtoncu dünya görüşünün ana yönlerini sürdürmek için mücadele etse de, asla geleneksel bir düşünür veya otorite figürlerine çok fazla prim veren biri değildi. Aslında bu farklı düşünme ve otoriteye meydan okuma eğilimi o kadar barizdi ki gençlik çağlarında Münih lisesinde okurken başı bu yüzden belaya girdi. On beş yaşındayken, öğretmenlerinden biri onun asla bir baltaya sap olamayacağını söyledikten sonra, okulu bırakmaya zorlanmış ya da "kibarca teşvik edilmişti", çünkü öğretmenlerine saygısızlık etmiş ve bunun da diğer öğrencileri olumsuz etkilediği düşünülmüştü. Einstein daha sonra *liseye* "eğitim makinesi" adını verdi ki bununla kastettiği lisenin yararlı işler yaptığı değil, aksine zihin boğucu bir kirlilik yaydığıydı.

Fizik adına neyse ki Einstein'ın evreni anlama arzusu resmi eğitime olan isteksizliğine baskın çıktı, böylece liseden atıldıktan sonra, Zürih'teki İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü'ne başvurdu. Giriş sınavını geçemedi fakat bir İsviçre lisesinde kısa bir süre özel bir eğitim aldıktan sonra, 1896'da Federal Enstitü'ye kabul edildi. Liseyi nasıl sevmediyse orayı da pek sevmedi ve birçok derse girmedi, fakat arkadaş olduğu bir öğrencinin aldığı notlardan sınavlara çalışarak mezun olmayı başardı. Daha sonra Einstein, Marcel Grossmann için şöyle yazacaktı: "O kusursuz bir öğrenci, bense dağınık ve hayalciydim. Onun öğretmenlerle arası iyiydi ve bilmediği şey yoktu; bense dışlanmış, hoşnutsuz ve pek sevilmeyen biriydim." Grossman'la tanışması Einstein'ın sadece üniversite kariyeri için bir şans değildi: Grossman da daha sonra matematikçi

olacak ve Einstein'a izafiyet teorisini tamamlaması için gereken egzotik geometriyi öğretecekti.

Einstein'ın üniversite diploması onu başarıya giden kolay bir yola sevk etmedi. Aslına bakılırsa, ona kin güden üniversite profesörlerinden biri onun için kötü bir referans yazmıştı. En azından kısmen bu yüzden, Einstein üniversiteden mezun olduktan sonra, Zürih'te geleneksel bir iş bulamadı; üniversitede fizik ve matematik dallarında bir iş istemişti, ancak iki lise öğrencisine özel dersler vermekle yetinmek zorunda kaldı.

Bu işi almasının üzerinden çok geçmeden Einstein işverenine, iki çocuğun lisenin yıkıcı etkilerine maruz kalmamaları için liseden alınmalarını önerdi. Eğitim sisteminden şikâyeti, öğrencileri sınava hazırlamaya olağanüstü yoğunlaşması ve dolayısıyla içten gelen bir merakı veya yaratıcılığı söndürmesiydi. Ne tuhaftır ki, yaklaşık bir yüzyıl sonra, Başkan George W. Bush tarafından resmen ilan edilen "Hiçbir Çocuk Geri Kalmasın" programıyla birlikte, ezberden anlatma becerisi üzerine yoğunlaşan sınav odaklı bir müfredat resmi Amerikan eğitim politikasının en önemli öğesi haline geldi. Herkes Bush'un bir Einstein olmadığını biliyordu fakat anlaşılan, bir politikacının insanları görüşlerini kabul etmeye ikna etme becerisi söz konusu olduğunda, Einstein da bir Bush değildi: Lisenin vahim etkilerini anlatıp yerdiği işvereni onu kovdu.

Einstein'ın babası oğlunun o sıradaki mücadeleleriyle ilgili şöyle yazmıştı: "Oğlum işsiz olduğu için son derece mutsuz. Günbegün kariyerinin yoldan çıktığı hissi içinde büyüyor... bize, az gelirli insanlara yük olduğu düşüncesi içine dert oluyor." Mektup Leipzigli fizikçi Friedrich Wilhelm Ostwald'a gönderildi, Albert ondan bir iş talebiyle birlikte, ilk araştırmasının yeni bir baskısını da göndermişti. Ancak ne Albert ne de babası bir yanıt aldılar. On yıl sonra ise Ostwald Nobel Ödülü için Albert'ı aday gösteren ilk kişi olacaktı. Oysa 1901'de,

kimse Einstein'ın yeteneklerine bir şekilde uygun olan bir iş verecek kadar onun entelektüel becerilerinden etkilenmemişti.

Einstein'ın profesyonel yaşamı nihayet 1902'de, Marcel Grossmann'ın babası Bern'deki İsviçre patent ofisinin müdürüyle onu tanıştırdıktan sonra dengeye kavuştu. Müdür yazılı bir sınava girmesi için onu davet etti. Einstein sınavda başarılı olunca müdür ona bir iş teklif etti. İş, çok teknik bir dille yapılmış patent başvurularını okuyup bunları daha az zeki üstlerinin anlayabileceği şekilde basit bir dile çevirmekten ibaretti. O yaz onun için bir deneme süreci olacaktı.

Her ne kadar 1904'te üçüncü sınıf patent memurluğundan ikinci sınıf patent memurluğuna terfi başvurusu reddedilse de Einstein işini iyi yapıyor gibiydi. Bu esnada kendi fizik çalışmalarını tatmin edici bulmasına rağmen bunlar vasattı. 1901 ve 1902'de yazdığı ilk iki araştırması moleküller arasındaki evrensel bir kuvvete ilişkin bir hipotezle ilgiliydi ve kendi ifadesine göre, değersizlerdi. Bunların ardından karışık nitelikte üç çalışma daha geldi ki bunların da fizik dünyasındaki etkileri çok az oldu. İlk oğlunun dünyaya geldiği sonraki yıl tek bir fizik çalışması bile yayımlamadı.

Sürekli parasızlık çekmesi ve fizik kariyerinin hiç ilerlememesi cesaretini kırmış olmalıydı, fakat Einstein entelektüel açıdan uyarıcı bulduğu işini seviyor ve işten sonra, tutkusunu hayata geçirerek fizik hakkında düşünebileceği "sekiz saatlik bir aylaklık" zamanı verdiği yorumunda bulunuyordu. Ayrıca patent ofisindeki işinden çaldığı zamanla mesai sonrası araştırmasını tamamlıyor, birisi yaklaştığında hesaplamalarını alelacele bir çekmecenin içine tıkıştırıyordu. Bütün bu emekleri en sonunda en muhteşem şekilde karşılığını verdi: 1905'te kendisini üçüncü sınıf patent memurluğundan birinci sınıf fizikçiliğe terfi ettirecek devrim niteliğinde üç bambaşka çalışma meydana çıkardı.

Bu çalışmaların her biri, her ne kadar bir tanesi layık görülse de, Nobel Ödülü'ne layıktı. Nobel komitesinin aynı kişiye birden fazla ödül vermekte tereddüt etmesi anlaşılabilir bir şeydir fakat yıllar içinde maalesef o kadar anlaşılabilir olmayan, gözden kaçırdığı birçok kişiden dolayı ünlü olmuştur. Komite sadece fizikçiler arasında bile Arnold Sommerfeld, Lise Meitner, Freeman Dyson, George Gamow, Robert Dicke ve Jim Peebles gibi bilim insanlarını gözden kaçırarak hata yapmıştır.*

Özellikle Meitner'e ödül vermemeleri fevkalade kötüydü çünkü kadınlar binlerce yıldır neredeyse her yerde dünya anlayışımıza katkıda bulunmalarına olanak sağlayacak ileri eğitim ve iş fırsatlarından men edilmişlerdir. Bu ancak yaklaşık yüzyıl önce değişmeye başlayan ve hâlâ süren sosyal bir değişimdir. Hem bilim insanı hem de kadın olarak bir öncü olan Meitner, Viyana Üniversitesi'nden fizik doktorası alan ikinci kadındı. Mezun olduktan sonra, Planck daha önceden bir kadının derslerinden birine dinleyici olarak bile katılmasına hiç izin vermemiş olmasına rağmen, Max Planck'ı kendisiyle çalışmaya ikna etti. En sonunda Meitner Berlinli genç kimyager Otto Hahn'la birlikte çalışmaya başladı. Birlikte, en önemlisi nükleer fisyonun keşfi olan birçok çığır açıcı buluş yaptılar. Ne yazık ki bunun için 1944 Nobel Kimya Ödülü'nü alan Meitner değil Hahn oldu.**

---

* Sommerfeld önemli bir kuantum öncüsüydü; Meitner bahsetmiş olduğum gibi fisyon dahil birçok keşifte bulundu; Dyson elektromanyetizmanın kuantum teorisinde etkiliydi ve Gamow, Dicke ve Peebles kozmik mikrodalga arka plan ışımasını açıklayıp öngördüler fakat ödül, bu ışımayı kazara bulan ve ne bulduklarını hakkında hiçbir fikirleri olmayan Arno Penzias ve Robert Wilson'a verildi.

** Gelgelelim Mendeleyev gibi, Meitner'in de önemi Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği tarafından kabul edildi ve 1997'de element 109'a meitneryum adı verildi. Meitner 1968'de ölmüştü.

***

Kuramsal fiziğin heyecan verici ve çekici yönlerinden biri fikirlerinizin düşünce ve hatta yaşam biçiminiz üzerinde büyük bir etki yapma potansiyelidir. Evet, bilim dalının esasını kavramak ve özümsemek ile teknik ve meselelerini anlamak yıllar alır. Evet, ele aldığınız birçok problem çözümsüz çıkar. Evet, fikirlerinizin büyük çoğunluğunun saçma olduğu da ortaya çıkar. Çoğu durumda çok daha büyük bir çalışmalar bütününe ufacık bir katkıda bulunmak bile aylar alır. Kuşkusuz eğer kuramsal fizikçi olacaksanız, inatçı ve ısrarcı olmanız ve sihirli bir şekilde işe yarayan ve siz yayımlayana kadar yalnızca sizin bileceğiniz doğanın bir sırrını söyleyen en küçük keşiflerden, matematik parçacıklarından bile heyecan duymanız iyi olur. Ancak daima başka bir olasılık daha vardır: Doğanın küçük bir sırrından çok daha güçlü bir fikri, meslektaşlarınızın –hatta bütün insanlığın– evrene dair görüşlerini değiştiren bir şeyi düşünmeniz ya da tesadüfen bulmanız olasılığı. Bu Einstein'ın patent ofisinde çalıştığı bir yıl sırasında üç kez bolca ürettiği türden bir fikirdi.

Bu üç çığır açıcı teori arasında Einstein'ı en çok meşhur eden teori izafiyettir. Bu alandaki çalışmaları uzay ve zamanın çok yakından bağlantılı olduklarını ve bu niceliklerin ölçümlerinin mutlak değil, gözlemcinin durumuna bağlı olduklarını göstererek uzay ve zaman kavramlarımızda devrim yarattı.

Einstein'ın izafiyetle çözmeyi hedeflediği mesele Maxwell'in elektromanyetizma teorisinden ortaya çıkmış olan bir paradokstu. Bu teori ışık hızını ölçen bütün gözlemcilerin ışık kaynağına göre kendi hızlarından bağımsız olarak aynı sonucu bulacaklarına işaret ediyordu.

Galileo'nun izinden giderek, yukarıdaki ifadenin neden günlük deneyimimizle çeliştiğini anlamak için basit bir düşünce deneyi yapabiliriz. Bir tren geçerken istasyonda duran

bir yiyecek satıcısı olduğunu düşünün. Hareket halindeki trende bulunan bir yolcunun ileri doğru attığı bir top (veya başka bir cisim) satıcıya satıcının aynı şevkle atabileceği bir toptan daha hızlı hareket ediyor görünecektir. Bunun nedeni, satıcının görüş açısından, trendeki topun kendi hızı *artı* trenin hızıyla hareket etmesidir. Ancak Maxwell'in teorisi hareket halindeki bir trendeki ışık çakmasının daha hızlı hareket *etmediğini* söylüyordu. Işık hem satıcıya hem de yolcuya aynı hızda yayılıyor görünür. Her şeyi bir ilke meselesine indirgemeyi arzulayan fizikçilere göre ise bu bir açıklama gerektirir.

Peki, hangi ilke ışığı maddeden ayırır? Bu yıllardır fizikçilerin uğraştıkları bir meseleydi, en popüler yaklaşım bunun ışık dalgalarının henüz tespit edilmemiş bir ortamda yayılmasıyla ilgili olduğunu öne sürüyordu. Ancak Einstein'ın fikirleri farklıydı. İzahın ışığın yayılmasının bilinmeyen bir özelliğinde değil *hız* anlayışımızda yattığını fark etti. Hız, mesafe bölü zamana eşit olduğu için, Einstein, Maxwell'in teorisinin, ışık hızının sabit olduğunu söyleyerek bize zaman ve mesafe ölçümünde evrensel bir fikir birliği olamayacağını söylediği sonucunu çıkardı. Einstein evrensel bir saat veya evrensel bir metrik cetvel olmadığını, bu tarz tüm ölçümlerin –bütün gözlemcilerin aynı ışık hızını ölçmeleri için tam gerektiği şekilde– gözlemcinin hareketine bağlı olduğunu gösterdi. Dolayısıyla her birimizin gözlemlediği ve ölçtüğü şey herkesin fikir birliğine varabileceği bir realite değil, sadece kendi kişisel gözlemimizdir. Einstein'ın izafiyet teorisinin özü budur.

İzafiyet teorisinin Newton teorisinin yerine geçmesi gerekmiyor, daha çok bir düzeltme olması gerekiyordu: Newton'un hareket yasalarında değişiklik yapılması, ölçümlerin sonucunun kişinin hareketine bağlı olduğu Einstein'ın yeni uzay ve zaman çerçevesine rahatça dayanacak şekilde yeniden inşa edilmesi gerekiyordu. Birbirlerine göre nispeten yavaş hızlarda

hareket eden cisim ve gözlemciler için Einstein'ın teorisi esasen Newton'un teorisine eşdeğerdir. Ancak söz konusu hızlar ışığın hızına yaklaştıklarında izafiyetin etkileri fark edilir hale gelir.

İzafiyetin alışılmadık etkileri ancak ekstrem koşullarda belirgin olduğu için, bizi oluşturan atomların istikrarını açıklayan kuantum teorisine kıyasla günlük varoluşumuz için çok daha az önem taşır. Fakat o sırada kimse kuantumun çok kapsamlı sonuçlarının farkında değildi; bu esnada izafiyet fizik camiasında deprem etkisi yarattı: Bilimi iki yüzyıldan uzun süredir şekillendirmiş Newtoncu dünya görüşünün yapısında artık ilk çatlak ortaya çıkmıştı.

Newton'un teorisi tek bir nesnel realite olduğu görüşüne dayanıyordu. Uzay ve zaman sabit bir çerçeve, dünya olaylarının meydana geldiği bir sahne oluşturuyordu. Gözlemciler izleyebilir ve nerede bulunurlarsa bulunsunlar ve nasıl hareket ederlerse etsinler, hepsi de aynı oyunu görürlerdi; tıpkı Tanrı'nın hepimizi dışardan gözlemlediği gibi. İzafiyet bu görüşle çelişiyordu. Galileo'nun Aristoteles'e yaptığı gibi Einstein da Newton'un dünyasını yıkmaya başlamıştı; tek bir oyun olmadığını yani günlük yaşamlarımızdaki gibi, her birimizin deneyimlediği realitenin kişisel olduğunu ve yerimizle hareketimize bağlı olduğunu öne sürüyordu.

Einstein'ın çalışmalarının fizik kültürü açısından önemli sonuçları vardı: Yeni düşünür nesillerini yüreklendirerek onların eski fikirlere meydan okumalarını kolaylaştırdı. Örneğin birazdan ele alacağımız Werner Heisenberg'e, fizik alanına girme ilhamını veren Einstein'ın izafiyet konusunda lise öğrencileri için yazdığı bir kitaptı ve yine kısa bir süre sonra ele alacağımız Niels Bohr'a, atomun izlediği yasaların günlük varoluş yasalarımızdan radikal bir biçimde farklı olduğunu tasavvur etme cesaretini veren de Einstein'ın izafiyet yaklaşımıydı.

İşin garip yanı, izafiyet teorisini özümseyen ve kavrayan bütün büyük fizikçiler arasında ondan en az etkilenen Einstein'ın kendisiydi. Dediklerine bakılırsa o, Newtoncu dünya görüşünün temel bir yönünün yıkılmasını savunmuyor, sadece bazı düzeltmeler yapıyordu; bunlar, dönemin çoğu deneysel gözlemleri üzerinde çok az etkisi olan fakat teorinin mantıksal yapısındaki bir kusuru onarması yönünden önemli olan düzeltmelerdi. Dahası Newton'un teorisini izafiyetle bağdaştırmak için gereken matematiksel düzeltmeleri yapmak oldukça kolaydı. Öyle ki Einstein daha sonra kuantum teorisini Newton fiziğinin parçalanması olarak değerlendirse de, fizikçi ve biyografi yazarı Abraham Pais'in sözleriyle, "izafiyet teorisini hiç de devrim olarak görmüyordu." Einstein'a göre izafiyet 1905 tarihinde yaptığı çalışmalar arasında en az önemli olanıydı. Onun görüşüne göre çok daha derinlikli olanlar atom ve kuantum üzerine olan öteki iki çalışmasıydı.

Einstein'ın atom üzerine olan çalışması Darwin'in eski arkadaşı Robert Brown'ın 1827'de keşfettiği Brown hareketi adı verilen bir etkiyi analiz ediyordu. Bu "hareket" polen tozunda bulunan tanecikler gibi küçük parçacıkların, suyun içindeyken rasgele, gizemli bir şekilde dolanmalarını ifade eder. Einstein bu hareketin, mikroskopla görülemeyecek kadar küçük moleküllerin, yüzen parçacığı bütün yönlerden çok yüksek bir frekansla bombardıman etmesinin sonucu olarak ortaya çıktığını açıkladı. Tekil çarpışmalar parçacığı yerinden oynatamayacak kadar hafif olmasına rağmen, Einstein, gözlemlenen parçacığın salınımının büyüklük ve frekansının, tamamen şans eseri, bir yönden, zıt yöndeki noktalara kıyasla çok daha fazla molekülün parçacığa çarparak, onu hareket ettirecek kadar enerji verdiği nadir olaylarla açıklanabileceğini istatistiksel olarak gösterdi.

Çalışma anında sansasyon yarattı, o kadar etkiliydi ki atomun baş düşmanı Friedrich Wilhelm Ostwald, Einstein'ın çalışmasını okuduktan sonra atomların gerçek olduğuna kanaat getirdiğini söyledi. Öte yandan atomun en büyük savunucularından olan Boltzmann, Einstein'ın çalışmalarından veya bu çalışmaların tutumlarda meydana getirdiği değişimden hiç haberdar olmadı. Biraz da kendi fikirlerine verilen tepkiden umutsuzluğa kapıldığından ertesi yıl intihar etti. Bu özellikle üzücüdür çünkü Einstein'ın Brown hareketiyle ilgili çalışması ve 1906'da yazdığı başka bir makale sayesinde fizikçiler nihayet dokunamadıkları ve göremedikleri cisimlerin gerçek olduklarına ikna olmuşlardı; bu tam da Boltzmann'ın 1860'lardan bu yana fazla bir başarı gösteremeden savunduğu fikirdi.

Otuz yıl içinde, atomu tanımlayan yeni denklemleri kullanan bilim insanları kimyanın esas ilkelerini açıklamaya başladılar; nihayet Dalton ve Mendeleyev'in fikirlerine açıklama ve kanıt sunuluyordu. Ayrıca Newton'un, maddeyi oluşturan parçacıklar yani atomlar arasında etkili olan kuvvetler temeline dayalı olarak materyallerin özelliklerini kavrama hayali üzerinde de çalışmaya başladılar. 1950'ler itibarıyla bilim insanları daha da ileri giderek, atom bilgilerini daha derin bir biyoloji anlayışının hizmetine sundular. Yirminci yüzyılın ikinci yarısında atom teorisi teknoloji devrimine, bilgisayar devrimiyle bilgi devrimine öncülük etti. Polen tozunun hareketinin bir analizi olarak başlayan şey modern dünyayı şekillendiren bir alete dönüşecekti.

Gelgelelim tüm bu pratik girişimlerin dayandığı, atomun özelliklerini tanımlayan denklemler klasik Newton fiziğinden, hatta onun düzeltme yapılmış "izafi" formundan bile çıkmamıştır. Aksine atomu tanımlamak yeni doğa yasalarını –kuantum yasalarını– gerektirir ve kuantum fikri Einstein'ın 1905 tarihli başka bir devrim niteliğindeki çalışmasının konusuydu.

"Işığın Üretimi ve Dönüşümü ile İlgili Bulgusal Bir Bakış Açısına Dair" başlıklı bu çalışmada, Einstein Planck'ın fikirlerini alıp bunları derin fiziksel ilkelere dönüştürdü. Einstein, izafiyet teorisi gibi kuantum teorisinin de Newton'a bir meydan okuma olduğunun farkındaydı. Fakat bu noktada kuantum teorisi bu meydan okumanın kapsamına veya daha da geliştirildiğinde ortaya çıkacak olan rahatsız edici felsefi çıkarımlara dair hiçbir ipucu vermiyordu, yani Einstein neyle uğraşmış olduğunu bilmiyordu.

Einstein'ın sunduğu "bakış açısı" –Maxwell'in çok başarılı teorisinin tanımlamış olduğu gibi– ışığı bir dalga değil de kuantum parçacığı olarak ele almayı gerektirdiği için, çalışması 1905 tarihli diğer çığır açıcı çalışmaları kadar hoş karşılanmamıştı. Aslında fizik camiasının onun fikirlerini kabullenmesi on yıl sürecekti. Einstein'ın, bu üç çalışmanın öncesinde 1905'te bir arkadaşına yazdığı mektup, meseleye dair kendi fikirlerine ilişkin çok şey anlatır. Mektubunda Einstein izafiyet üzerine çalışmasıyla ilgili bu bölümü "senin ilgini çekecek," diye tanımlıyordu. Bu arada, kuantum çalışmasını "tam devrim niteliğinde" diye betimliyordu. Gerçekten de zamanla en büyük etkiyi yapacak ve özellikle ona 1921'de Nobel Ödülü'nü kazandıracak olan bu çalışmaydı.

***

Einstein'ın kuantumu Planck'ın bırakmış olduğu yerden alması tesadüf değildi. Planck gibi o da kariyerine gelişmenin olmadığı termodinamik alanında atomların rolüyle ilişkili meseleler üzerinde çalışarak başlamıştı. Ancak Planck'ın aksine, o izole biriydi, çağdaş fiziğin çoğuyla irtibatı yoktu. Atoma ilişkin olarak da Einstein ve Planck'ın büsbütün farklı amaçları vardı çünkü Planck'ın doktora araştırması fiziği atomdan kurtarmayı hedeflemişken, Einstein 1901 ve 1904 arasında

yazdığı ilk çalışmalarında amacının "sınırlı sonlu büyüklükte atomların varlığını olabildiğince garantileyecek bulgulara ulaşmak" olduğunu söylemişti. Bu amacını nihayet, 1905 tarihli, atomların rasgele hareketlerinin Brown hareketine nasıl yol açtığına dair devrim niteliğindeki analiziyle başardı.

Fakat Einstein fizikçilerin nihayet atomları kabullenmelerine katkıda bulunsa da, Planck'ın kuantum fikriyle ilgili çalışmasında, fizikçilerin hazmetmekte daha da zorlanacakları, ışığın *yeni* bir "atom benzeri" teorisini ortaya attı. Bu teoriye, Planck'ın siyah cisim ışımasıyla ilgili çalışmasını değerlendirdikten sonra yönelmişti. Planck'ın analizinden tatmin olmayan Einstein, fenomeni analiz etmek için kendi matematiksel araçlarını geliştirdi. Aynı sonuca –siyah cisim ışımasının ancak kuantum kavramıyla açıklanabileceği– ulaşmasına rağmen açıklaması görünüşte teknik olsa da çok önemli bir farklılığa sahipti: Planck analiz ettiği enerjinin farklı karakterinin, ışımayı yayarken siyah cismin içindeki atom veya moleküllerin titreşim şekillerinden kaynaklandığını varsaymıştı; Einstein bu farklı doğayı *ışımanın* kendisinin doğasında bulunan bir özelliği olarak değerlendirdi.

Einstein siyah cisim ışımasını yeni, radikal bir doğa ilkesinin kanıtı olarak gördü: *Bütün* elektromanyetik enerjiler ayrı desteler halindeydi ve bu ışıma, ışığın atomlarına benzer parçacıklardan oluşuyordu. İşte bu keşif sayesinde Einstein kuantum ilkesinin devrim niteliğinde olduğunu anlayan ilk kişi oldu. Bu ilke siyah cisim ışımasını açıklamak için kullanılan, bu maksatla yapılmış matematiksel bir hile değil de dünyamızın temel bir yönüydü. Işıma parçacıklarına "ışık kuantumları" adını verdi ve 1926'da ışık kuantumlarına modern isimleri verildi: *fotonlar*.

Eğer o noktada bırakmış olsaydı, Einstein'ın foton teorisi Planck'ınki gibi sırf siyah cisim ışımasını açıklamak için dü-

zenlenmiş bir vekil model olurdu. Oysa foton kavramı sahiden temel niteliğindeyse, salt açıklamak için yapılmış olduğu fenomenden başka fenomenlerin doğasını da aydınlığa kavuşturması gerekirdi. Einstein bunlardan birini fotoelektrik etkisi adı verilen bir fenomende buldu.

Fotoelektrik etki adını verdiğimiz süreçte, bir metale çarpan ışık metalin elektron yaymasına sebep olur. Bu elektronlar çeşitli aletlerde kullanılmak üzere bir elektrik akımı olarak yakalanabilir. Bu teknik televizyonun geliştirilmesinde önemli bir rol oynamıştır ve halen günümüzde de, siz kapısı kapanmakta olan asansör kabinine binmeye çalışırken kapının kapanmayı bırakıp tekrar açılmasını sağlayan sensör ve duman detektörlerinde kullanılmaktadır. Sensör uygulamasında, kapı boşluğuna çevrilen bir ışın diğer taraftaki akım üreten fotoelektrik alıcıya çarpar ve bu da bir akım üretir; eğer asansör kabinine adım atarsanız, ışını ve dolayısıyla akımı kırarsınız ve asansör imalatçıları da akımdaki kırılmanın kapıların açılmasıyla sonuçlanmasını sağlayacak bir düzenek kurarlar.

Metallerin üzerine yansıyan ışığın elektrik akımları oluşturabileceğini 1887'de Alman fizikçi Heinrich Hertz keşfetti. Hertz hızlanan elektrik yüklerinin yaydığı elektromanyetik dalgaları bilinçli olarak üreten ve tespit eden ilk kişiydi ve bu nedenle frekans birimine onun adı verildi. Ancak elektron henüz keşfedilmemiş olduğu için Hertz fotoelektrik etkiyi açıklayamadı. Bunu başaran ise 1897'de, Hertz otuz altı yaşında kan damarlarının iltihaplanmasına yol açan nadir bir hastalıktan öldükten üç yıl sonra, İngiliz fizikçi J.J. Thomson'ın laboratuvarı oldu.

Elektronun varlığı fotoelektrik etkinin basit bir açıklamasını sunuyordu: Işık dalgaları bir metale çarptığında, metalin içindeki elektronları harekete geçirerek uçup gitmelerine ve

kendilerini kıvılcım, ışın ve akım olarak göstermelerine neden olur. Thomson'un çalışmalarından esinlenen fizikçiler bu etkiyi daha ayrıntılı olarak incelemeye başladı. Ancak uzun ve zahmetli deneyler zamanla fotoelektrik etkinin teorik resme uymayan yönlerini açığa çıkardı.

Örneğin, ışının yoğunluğunu artırdığınızda, metal daha çok elektron yayar fakat bunun fırlatılan elektronların enerjisi üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Bu klasik fiziğin öngörüsüyle çelişir çünkü daha yoğun ışık daha çok enerji taşır ve bu yüzden ışık absorbe edildiğinde daha hızlı, daha enerjik elektronlar üretmelidir.

Einstein bu meseleler üzerinde yıllarca kafa yormuştu ve sonra nihayet 1905'te kuantum bağlantısını kurdu: Eğer ışık fotonlardan oluşuyorsa veriler açıklanabilirdi. Einstein'ın fotoelektrik etki tanımlaması buydu: Metale çarpan her ışık fotonu enerjisini belirli bir elektrona aktarır. Her fotonun taşıdığı enerji ışığın frekansı yani rengiyle orantılıdır ve eğer bir foton yeterli enerji taşıyorsa elektronu uçurur. Yüksek frekanslı ışık yüksek enerjili fotonlar içerir. Öte yandan, ışığın yalnızca *yoğunluğu* artırılırsa (frekansı değil) ışık daha fazla foton içerir fakat daha enerjik fotonlar içermez. Sonuç olarak, daha yoğun ışık daha fazla elektron yayılmasıyla sonuçlanır fakat elektronların enerjisi, tamı tamına gözlemlenmiş oldukları gibi, sabit kalır.

Işığın fotonlardan yani parçacıklardan oluştuğu önermesi Maxwell'in oldukça başarılı olan ve ışığın dalgalar halinde ilerlediğini söyleyen elektromanyetizma teorisiyle çelişiyordu. Einstein, olağan koşullar altındaki durum olan, çok fazla sayıdaki fotonun net etkilerini içeren optik gözlemler yaptığımızda, ışığın klasik "Maxwell" dalgası benzeri niteliklerinin ortaya çıkabileceğini öne sürdü ve bu iddiası doğruydu.

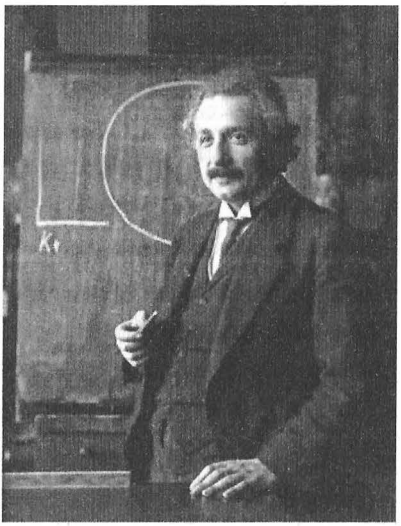
Örneğin yüz vatlık bir ampul saniyenin milyarda biri kadar bir sürede aşağı yukarı bir milyar foton yayar. Buna karşın, ışığın kuantum yapısı çok düşük yoğunlukta ışıkla çalışırken veya mekanizması fotonların farklı yapısına bağlı olan –fotoelektrik etki gibi– belirli fenomenlerde barizdir. Ancak Einstein'ın yorumu başkalarını, radikal fikirlerini kabul etmelerine ikna etmeye yeterli değildi ve bunlar neredeyse herkes tarafından büyük şüpheyle karşılandı.

Einstein'ın çalışmaları hakkındaki en sevdiğim yorumlardan biri Planck ve diğer birkaç önde gelen fizikçinin, Einstein'ın prestijli Prusya Bilimler Akademisi'ne alınması için ortaklaşa yazdıkları 1913 tarihli bir tavsiye mektubuydu: "Sözün kısası, modern fizikte çok fazla olan büyük problemler arasında, Einstein'ın dikkate değer bir katkıda bulunmadığı neredeyse hiçbir problem olmadığı söylenebilir. Örneğin ışık kuantumları hipotezinde olduğu gibi, bazen tahminlerinde hedefi kaçırmış olması aslında onun açısından çok da büyük bir eksi puan değildir, çünkü bazen bir risk almadan en müspet bilimlerde bile gerçekte yeni fikirler ileri sürmek mümkün değildir."

***

İronik bir biçimde, Einstein'ın, fırlatılan fotoelektronların enerjisini tanımlayan yasasını doğrulayan ölçümleri en sonunda yapan, foton teorisine ilk karşı çıkanlardan biri olan Robert Millikan'dı ve bu çabalarından dolayı –aynı zamanda elektron yükünü ölçtüğü için de– 1923 Nobel Ödülü'nü aldı. Einstein 1921 Nobel Ödülü'nü aldığında davette basitçe şunlar yazılıydı: "Albert Einstein'a, kuramsal fizikteki hizmetlerinden ve özellikle fotoelektrik etki yasasını keşfinden ötürü."

Nobel komitesi Einstein'ın formülünü kabul etmiş fakat sayesinde elde ettiği entelektüel devrimi görmezden gelme-



Albert Einstein, 1921

yi tercih etmişti. Ne ışık kuantumlarının değerinden ne de Einstein'ın kuantum teorisine katkısından söz edilmişti. Abraham Pais bunu, "tarihe geçecek cinsten bir azımsama fakat aynı zamanda fizik camiasındaki fikir birliğinin doğru bir yansıması" olarak adlandırdı.

Foton ve genelde kuantum teorisi hakkındaki şüpheler sonraki on yıl içinde "kuantum mekaniğinin" formel bir teorisinin oluşturulmasıyla giderildi. Kuantum mekaniği cisimlerin hareket etme ve kuvvetlere tepki verme biçimini yöneten temel ilkeler olarak Newton'un hareket yasalarını yerinden etti. Bu teori nihayet geldiğinde, Einstein başarılarını kabul etti fakat artık kuantuma karşı çıkan kendisiydi.

Kuantum teorisini nihai söz olarak kabul etmeyi reddeden Einstein, geleneksel neden ve sonuç kavramını geri getirecek daha temel bir teorinin eninde sonunda onun yerine geçeceğine inanmaktan asla vazgeçmedi. 1905'te her biri fiziğin seyrini değiştiren üç çalışma yayımlayarak başlatmış olduğu

süreci ömrünün geri kalan kısmı boyunca *tersine çevirmeye* çalışan Einstein, 1951'de arkadaşı Michele Besso'ya yazdığı son mektuplardan birinde bunu başaramadığını kabul etti. "Elli sene kafa yordum, ama ışık kuantumlarının ne olduğu sorusunu yanıtlamanın yanına bile yaklaşamadım."

11

GÖRÜNMEZ DÜNYA

Doktoramı yaptıktan hemen sonra, Caltech'te alt düzeyde bir fakülte görevine başladım ve akademiden ayrılmak zorunda kalmamak ve fakülte kulübünde masa beklemekten daha kazançlı bir pozisyona gelmek için, üzerinde çalışabileceğim bir konu araştırmaya başladım. Bir gün, bir seminerden çıktıktan sonra, fizikçi Richard Feynman'la sicim teorisi diye bir teori hakkında konuşuyordum. O zamanlar altmışlarında olan Feynman muhtemelen akranı fizikçiler arasında o sıralarda dünyada en çok saygı gören fizikçiydi. Günümüzde birçok kişi (hepsi olmasa da) sicim teorisini doğanın bütün kuvvetlerini içine alan birleşik bir teorinin en büyük adayı, kuramsal fiziğin kutsal kâsesi olarak görür. Fakat o sıralarda, çok az kişi bundan haberdardı ve bilenlerin çoğu da –Feynman dahil– bu teoriyle ilgilenmiyordu. Feynman bu teoriden yakınırken Montreal'deki bir üniversiteden bizim bölümü ziyarete gelmiş bir meslektaş araya girdi ve ona, "Sırf fizikteki egemen çevreler kabul etmiyor diye gençlerin yeni teorileri araştırma heveslerini kırmamalıyız bence," dedi.

Feynman'ın sicim teorisine karşı çıkma nedeni, bunun önceki inanç sistemlerinden, düşünce biçimini uyarlayamayacağı kadar büyük bir kopuşu simgelemesi miydi? Veya eski teorilerden bu kadar büyük bir kopuşu simgelemese bile eksiklikle-

ri hakkında yine aynı sonuçlara varır mıydı? Bunu bilemeyiz, fakat Feynman ziyaretçiye yeni bir şey üzerinde çalışmamamı tavsiye etmediğini, sadece dikkatli olmam gerektiğini, çünkü eğer işe yaramazsa sonunda vaktimi ziyan edebileceğimi söylediğini söyledi. Ziyaretçi de "Şey, ben kendi teorim üzerinde on iki yıldır çalışıyorum," dedikten sonra teorisini eziyet verecek kadar ayrıntılı bir biçimde anlatmaya başladı. Sözlerini bitirdiğinde Feyman bana döndü ve az evvel çalışmalarını gururla anlatan adamın önünde şöyle dedi: "İşte vaktini ziyan etmekten kastettiğim tam olarak buydu."

Ele alınmamış araştırma alanları bilinçsizce yüceltilmiştir ve aktif bir bilim insanının yavan konulara saplanıp kalarak veya çıkmaz yollara girerek çabalarını ziyan edeceği kesindir. Ancak başarılı bir fizikçiyi diğerlerinden ayıran özelliklerden biri hem aydınlatıcı hem de çözülebilir problemleri seçme hüneridir (veya şansıdır).

Daha önce fizikçilerin tutkusuyla sanatçıların tutkusunu kıyasladım fakat sanatçılar daima fizikçilere kıyasla daha büyük avantajlara sahipler gibi gelmiştir bana; sanatta, meslektaşlarınızın veya eleştirmenlerin kaç tanesi sizin eserinizin berbat olduğunu söylerse söylesin, kimse bunu *kanıtlayamaz*. Fizikte ise kanıtlayabilirler. Fizikte, fikriniz doğru değilse "güzel bir fikriniz" olduğunu düşünmenizde çok az avuntu vardır. Bu yüzden fizikte, her yenilik girişiminde olduğu gibi, güç bir dengeyi sürdürmeniz gerekir; hem araştırma problemi seçerken dikkatli olmanız, hem de yeni şeyler yapmaktan çok kaçınmamanız gerekir. İşte bu yüzden kadrolu çalışma sistemi bilimde bu kadar değerlidir; yaratıcılığı desteklemek için gerekli olan başarısızlıkları güvenli kılar.

Geriye dönüp baktığımızda, Einstein'ın heyecan verici foton teorisi (ışık kuantumları) yeni filizlenmeye başlayan kuantum teorisi üzerinde çok sayıda yeni araştırma yapılmasını

doğrudan doğruya teşvik etmiş olmalıydı, diye düşünürüz. Ancak foton konusunda daha çok kanıt görmek isteyen ve şüphelenmek için iyi nedenleri olan Einstein'ın çağdaşları için, foton üzerinde çalışmak çokça entelektüel serüvencilik ve cesaret gerektiriyordu. Genellikle işe yaramayan veya alay konusu olabilecek bir problem üzerinde çalışmak söz konusu olduğunda en rahat olan ve dünya görüşleri halen şekillendirilebilir olan genç fizikçiler bile doktora ve doktora sonrası çalışmaları için Einstein'ın çılgın foton teorisi hariç her şeyi seçiyorlardı.

Neredeyse on yıl adeta hiç gelişme olmadı. Einstein otuzunu çoktan geçmişti, öncü bir teorisyen olmak için şimdiden yaşlı sayılırdı ve zamanının çoğunu devrim niteliğindeki farklı bir teoriye harcıyordu: 1905 tarihli özel izafiyet teorisini kütleçekimini kapsayacak şekilde genişletmek veya genelleştirmek. (Özel izafiyet Newton'un hareket yasalarının düzeltilmiş bir şekliydi; genel izafiyet ise Newton'un kütleçekimi yasasının yerine geçti fakat bu Einstein'ın özel izafiyet teorisinde değişiklik yapmasını gerektiriyordu.) Einstein'ın foton teorisine olan ilgisizliği hakkında Robert Millikan şöyle yazıyordu: "Einstein'ın [fotoelektrik etki] denklemi çok başarılı olmasına rağmen, tarumladığı [fotona ilişkin] fizik teorisi o kadar savunulması güç bulundu ki bizzat Einstein, bence, artık ondan vazgeçti."

Millikan yanılıyordu. Einstein fotondan vazgeçmemişti, fakat o sırada dikkatini başka yere yöneltmiş olduğu için, Millikan'ın neden o şekilde düşündüğünü anlayabiliriz. Gelgelelim ne foton ne de bunu doğuran kuantum kavramı ölmüştü. Tam tersine, çok geçmeden, nihayet Niels Bohr (1885–1962) sayesinde yıldız olacaklardı. Yirmili yaşlarında genç bir adam olan Bohr dünyayı yöneten yasalar hakkındaki fikirlerimize meydan okuyarak zamanını ziyan etme riskine girmemesi gerektiğini

bilecek kadar değişime karşı isteksiz ya da deneyimi olan biri değildi.

***

Niels Bohr lise çağına geldiğinde ona öğretilenler şunlardı: Yunanlar doğa felsefesini icat ettiler ve Isaac Newton'un cisimlerin kütleçekimi kuvvetine nasıl tepki verdiklerini tanımlayan denklemleri, dünyanın işleyişini kavrama amacına doğru atılmış ilk dev adımı temsil ediyordu, çünkü bilim insanlarının cisimlerin düşme ve yörüngeye girme hareketlerine ilişkin tam niceliksel tahminler yapmalarına olanak sağlıyorlardı. Bohr'a ayrıca, doğumundan kısa süre önce, Maxwell'in Newton'un çalışmalarına cisimlerin elektrik ve manyetik kuvvetleri nasıl ürettikleri ve tepki verdiklerine ilişkin bir teori ilave ettiği, dolayısıyla günümüzde Newtoncu dünya görüşünün zirvesi olduğunu bildiğimiz konuma ilerlettiği de öğretildi.

Bohr'un gelişme çağındaki fizikçiler, o dönemde bilinen doğa etkileşimlerinin tümünü içeren hem kuvvetlerin hem de hareketlerin bir teorisine sahipmiş gibi görünüyorlardı. Bohr'un bilmediği şey, yüzyıl sona ererken lisans çalışmasını yapmak üzere Kopenhag Üniversitesi'ne girdiğinde, Newtoncu dünya görüşünün, iki yüzyıldan fazla başarılarını daha da artırdığı halde, çökmek üzere olduğuydu.

Görmüş olduğumuz gibi Newton yasalarının doğruluğu tartışılmaya başlandı çünkü Maxwell'in yeni teorisi ilk başlarda Newton'un hareket yasalarını, yeni bir fenomen setini içerecek şekilde genişletmeyi mümkün kılıyor gibi görünse de, sonunda siyah cisim ışıması ve fotoelektrik etki gibi fenomenlerin Newton (klasik) fiziğinin öngörülerini ihlal ettiğini ortaya çıkardı. Ancak Einstein ve Planck'ın kuramsal gelişmelerinin mümkün olmasının tek nedeni, teknik buluşların, deneyselcilerin atomla ilgili fiziksel süreçleri araştırmalarını

sağlamış olmasıydı. Olayların böyle beklenmedik yönde gelişmesi Bohr'a ilham verdi çünkü deneysel araştırmaların değerini çok takdir ediyordu ve bu konuda çok yetenekliydi.

Bohr'un tezine zemin hazırlayan yıllar doğrusu deneysel fizikle ilgilenen herkes için heyecan verici yıllardı. Bu yıllarda, içinde bir elektron kaynağı olan vakumlu cam tüplerin –eski televizyonların ekranı "katot ışın tüplerinin" önceli– geliştirilmesi gibi teknik ilerlemeler bazı önemli çığır açıcı buluşlarla sonuçlandı. Örneğin, Wilhelm Röntgen'in röntgen ışınlarını keşfi (1895); Thomson'un elektronu keşfi (1897) ve Yeni Zelanda doğumlu fizikçi Ernest Rutherford'un uranyum ve toryum gibi bazı elementlerin gizemli sızıntılar yaydıklarının farkına varması (1899–1903). Rutherford (1871– 1937) gerçekte gizemli ışınların bir değil üç üyesini (alfa, beta ve gama) sınıflandırdı. Bu sızıntıların, bir elementin atomları başka bir elementin atomlarını oluşturmak üzere kendiliklerinden bozunduğunda üretilen döküntü olduğu yorumunda bulundu.

Özellikle Thomson'un ve Rutherford'un keşifleri tam bir ifşaattı çünkü atom ve parçalarıyla ilgili olan bu keşiflerin Newton yasalarını, hatta kavramsal çerçevesini bile kullanarak tanımlanamayacakları ortaya çıkacaktı. Gözlemlerinin de tamamen yeni bir fizik yaklaşımı gerektirdiği anlaşılacaktı.

Ancak günün hem kuramsal hem de deneysel gelişmeleri baş döndürücü olmasına rağmen fizik camiasının bunların çoğuna ilk tepkisi sakin kalmak ve hiçbir şey olmuyormuş gibi davranmaktı. Öyle ki Planck'ın kuantumu ve Einstein'ın fotonu gibi, bu devrim niteliğindeki deneyleri de önemseyen çıkmadı.

1905'ten önce atomun metafizik bir saçmalık olduğunu düşünenler elektronla ilgili tartışmaları da bir ateistin Tanrı'nın kadın mı yoksa erkek mi olduğu hakkındaki bir tartışmayı ciddiye alacağı kadar ciddiye aldılar. Daha da şaşırtıcı olan

ise atoma *inananların* da elektrondan hoşlanmamalarıydı; çünkü elektronun atomun bir "parçası" olduğu ve atomun da "bölünemez" olduğu varsayılıyordu. Thomson'un elektronu o kadar tuhaf görünüyordu ki seçkin bir fizikçi onun iddiasını duyduğunda Thomson'un "kendileriyle dalga geçtiğini" düşündüğünü söyledi.

Benzer şekilde, Rutherford'un bir elementin atomunun bozunarak başka bir elementin atomunu oluşturabileceği fikri de sanki bu fikir simyacı cüppesi giymiş, uzun sakallı bir adamdan geliyormuşçasına önemsenmemişti. 1941'de bilim insanları civayı nükleer bir reaktörde nötronlarla bombardıman ederek altına dönüştürmeyi öğrendiler; bu kelimenin tam anlamıyla simyacıların rüyasıydı. Fakat 1903'te, Rutherford'un meslektaşları onun elementlerin dönüşümüyle ilgili cesurca iddialarını kabul edecek kadar serüvenci değildiler. (İşin garip yanı, Rutherford'un onlara sağladığı parıldayan radyoaktif ıvır zıvırlarla oynayacak kadar serüvenciydiler, dolayısıyla inandıkları sürecin ışınlarıyla kendilerini aydınlatamıyorlardı.)

Hem kuramsal hem de deneysel fizikçilerin yaptıkları çok miktarda tuhaf araştırma birçok kişiye, araştırmacılarının sü-



Ernest Rutherford

rekli "üzüm yiyen insanlar daha çok araba kazası yapıyor" gibi çılgın keşifler yaptıklarını iddia ettikleri günümüz sosyal psikoloji literatürünün fizik eşdeğeri gibi görünmüş olmalı. Oysa aslında fizikçilerin elde ettikleri sonuçlar tuhaf görünseler de doğruydu. Zamanla Einstein'ın teorik argümanlarıyla birlikte sayıları gittikçe artan deneysel kanıtlar fizikçileri atom ve öğelerini kabul etmeye zorladı.

Thomson elektronun keşfine yol açan çalışması için 1906'da Nobel Fizik Ödülü'nü kazanırken, Rutherford da simyacıların rüyasının gerçek olması anlamına gelen bir keşifle 1908 Nobel Ödülü'nü kazandı; fakat kimyada.

1909'da Niels Bohr fizik araştırmalarına başladığında sahne böyle görünüyordu. Einstein'dan sadece beş yaş küçüktü fakat bu fark onu yeni bir neslin üyesi yapmaya yetecek kadar büyüktü. Bu nesil hâlâ fotonun olmasa da nihayet atomun ve elektronun varlığını kabul etmiş bir bilim dalının kapısından giriyordu.

Bohr doktora tezinde Thomson'un teorilerini analiz etti ve eleştirdi. Bitirdiğinde, Cambridge'e burs için başvurdu ve orada çalışmasına olanak sağlayan bir burs elde etti, böylece büyük adamın tepkilerini alabilecekti. Fikir tartışması bilimin temel özelliklerinden biridir, bu yüzden Bohr'un Thomson'a yönelik eleştirisi, bir sanat öğrencisinin Picasso'ya tablolarındaki yüzlerde çok fazla köşe olduğunu söylemesine pek benzemez, ama hiç benzemediği de söylenemez. Thomson'ın gerçekte onun cüretli eleştirisini dinlemeye hevesli olmadığı çok geçmeden ortaya çıktı. Bohr neredeyse bir yıl orada kaldı, fakat Thomson tezi onunla tartışmadı, hatta okumadı bile.

Thomson'un ilgisizliği sonuçta hayırlı oldu, çünkü Bohr Cambridge'de süründüğü, Thomson'la irtibata geçme planında başarısız olduğu sıralarda, ziyarete gelmiş olan Rutherford'la tanıştı. Rutherford gençlik dönemlerinde Thomson'un altında

çalışmış olsa da o sırada dünyadaki en önde gelen deneysel fizikçiydi ve Manchester Üniversitesi'ndeki radyasyon araştırma merkezinin direktörüydü. Thomson'un aksine Rutherford Bohr'un fikirlerini takdir etti ve gelip laboratuvarında çalışması için davet etti.

Rutherford ile Bohr tuhaf bir ikili oldu. Rutherford iri yarı, enerjik bir adamdı. Sert bir yüz ifadesi ve bazen hassas aletlere zarar veren, yeri göğü inleten gür bir sesi vardı. Hassas bir yapıya sahip olan Bohr'un ise hem görünüşü hem de davranışları çok daha nazikti. Yanakları sarkık, sesi yumuşaktı ve hafif bir konuşma bozukluğu vardı. Rutherford'un kuvvetli bir Yeni Zelanda aksanı, Bohr'un Dancaya çalan zayıf bir İngilizcesi vardı. Rutherford anlatılanı ilgiyle dinler fakat aynı fikirde değilse hiçbir yanıt vermezdi. Bohr ise müzakere için yaşıyordu ve odada fikir teatisinde bulunup tartışacağı biri olmazsa yaratıcı düşünmekte zorlanıyordu.

Rutherford'la birlikte çalışması Bohr açısından bir şans oldu, çünkü her ne kadar Bohr atom üzerinde deneyler yapabileceği düşüncesiyle Manchester'a gittiyse de, oraya vardıktan sonra Rutherford'un kendi deneysel çalışmalarına dayanan, tasarlamakta olduğu teorik atom modelini takıntı haline getirdi. Bohr bu "Rutherford atomu" hakkında yaptığı teorik çalışmalar sayesinde uykuda olan kuantum fikrini canlandırdı ve Einstein'ın foton çalışmasının eksik kalan yönlerini başarıyla tamamladı: Kuantum fikrini kalıcı bir şekilde dünyaya tanıttı.

***

Bohr Manchester'a geldiğinde, Rutherford elektrik yükünün atomda dağılım şeklini araştırmak amacıyla deneyler yapıyordu. Bu meseleyi, yüklü parçacıklar bir atomun üzerine kurşun gibi ateşlendiklerinde sapma şekillerini analiz ederek

incelemeye karar vermişti. Atılacak yüklü parçacıklar olarak alfa parçacıklarını seçti. Bunlar, kendisinin keşfetmiş olduğu ve günümüzde pozitif yüklü helyum çekirdekleri olarak bildiğimiz şeylerdi.

Rutherford henüz kendi atom modelini oluşturmamıştı fakat atomun Thomson'un geliştirdiği başka bir modele çok iyi uyacağını varsayıyordu. Proton ve çekirdek o zamanlar bilinmiyordu ve Thomson'un modelinde atom, içinde yeterli sayıda küçük elektronun pozitif elektriği dengelemek için deveran ettiği yayılmış bir pozitif yük akışkanından oluşuyordu. Rutherford, elektronların ağırlığı çok az olduğu için, bunların, bir güllenin yolundaki bilyeler gibi, devasa alfa parçacıklarının seyri üzerindeki etkilerinin çok az olmasını bekliyordu. Rutherford'un incelemek için uğraştığı şey çok daha ağır olan pozitif yük akışkanı ve onun dağılım şekliydi.

Rutherford'un düzeneği basitti. Radyum gibi radyoaktif bir maddeden elde edilen bir alfa parçacık ışını ince bir altın folyo üzerine yönlendiriliyordu. Folyonun ilerisinde hedef olarak küçük bir perde vardı. Alfa parçacıkları folyonun içinden geçtikten sonra perdeye çarparak çok zayıf, küçük bir ışık çakmasına yol açıyorlardı. Perdenin önünde mercekle oturan biri biraz gayretle alfa parçacığının pozisyonunu kaydedip folyodaki atomlar tarafından saptırılma derecesini belirleyebiliyordu.

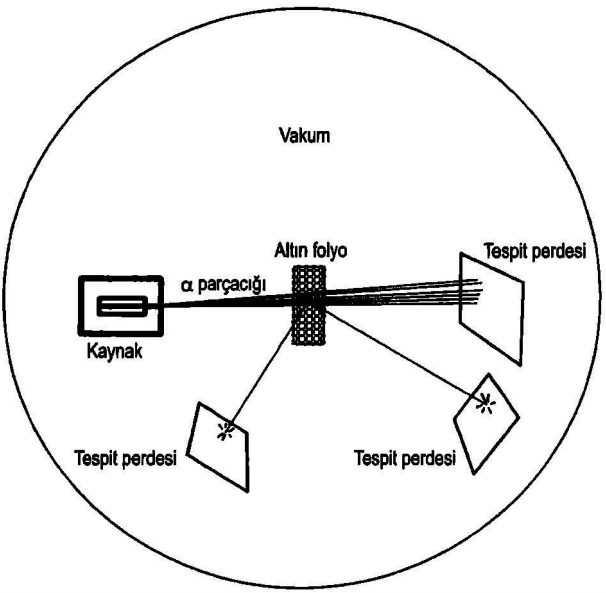
Rutherford dünya çapında ünlü biri olmasına rağmen, çalışması ve çalışma çevresi göz alıcı değildi. Nemli, kasvetli bir bodrumda yer alan laboratuvarında borular hem yerden hem tavandan geçiyordu. Tavan o kadar alçaktı ki başınızı vurmanız işten değildi ve yer o kadar eğri büğrüydü ki daha kafanızdaki acı geçmeden yerdeki borulardan birine ayağınız takılabilirdi. Rutherford ölçümleri yapmak için gereken sabırdan yoksundu ve bir keresinde sadece iki dakika uğraştık-

tan sonra küfrederek vazgeçmişti. Öte yandan Alman asistanı Hans Geiger meşakkatli işlerde tam bir "şeytandı". İşin garip yanı, daha sonra Geiger sayacını icat ederek kendi becerisini gereksiz hale getirecekti.

Rutherford ağır, pozitif yüklü alfa parçacıklarının çoğunun, folyo içinden fark edilir şekilde saptırılmaları şöyle dursun, altın atomları arasındaki boşluklardan rahatlıkla geçeceklerini umuyordu. Fakat bazılarının bir veya daha fazla atomun içinden geçeceğini ve dolayısıyla atomların yayılmış pozitif yükleri tarafından geri püskürtülerek düz bir yoldan çok az sapacaklarını farz etti. Deney gerçekten de atomun yapısını açığa çıkardı, fakat bu şans eseri onun tasavvur etmiş olduğundan farklı bir şekilde gerçekleşti.

İlk başta, Geiger'in topladığı bütün veriler Rutherford'un beklentilerine uyuyor ve Thomson'un modeliyle uyumlu görünüyorlardı. Daha sonra, 1909'da bir gün, Geiger genç bir üniversite öğrencisi olan Ernest Marsden'e "küçük bir araştırma" projesi önerdi. Matematik bölümünde olasılık teorisi hakkındaki bir derse dinleyici olarak katılmış olan Rutherford birkaç alfa parçacığının, düzeneğin tespit edebileceğinden biraz daha büyük açıyla yolundan saptırılıyor olabileceğinin, az da olsa bir olasılık olduğunun farkına vardı. Bu yüzden Geiger'e Marsden'ın bu olasılığı araştırmak için deneyleri üzerinde bir çeşitleme yapmasını önerdi.

Marsden, Geiger'in daha önce beklemiş olduğundan daha büyük sapmaları deneyimlemiş olan parçacıkları aramaya başladı. Çok büyük sapmalar, eğer meydana geldilerse, Rutherford'un atomun yapısı hakkında "bildiği" hiçbir şeye uymazdı. Bu işin, Rutherford'un görüşüne göre muazzam bir zaman kaybından başka bir şey olmadığı neredeyse kesindi. Başka bir deyişle, bu bir üniversite öğrencisi için mükemmel bir projeydi.



Rutherford'un altın folyo deneyi

Marsden alfa parçacıkları birbiri ardına beklendiği gibi büyük sapmalar olmadan geçerlerken onları izledi. Daha sonra, akla hayale gelmeyecek bir şey oldu: Tespit perdesinde, konumu merkezden çok uzakta belirlenmiş olan bir ışıldama meydana geldi. Sonunda, Marsden'in gözlemlediği binlerce alfa parçacığı arasında sadece bir avuç kadarı geniş açılarla yolundan saptı, fakat bunlardan bir ila iki tanesi neredeyse bumerang gibi geri sektiler. Bu yeterliydi.

Haberleri duyduktan sonra Rutherford şöyle dedi: "Hayatta başıma gelen en inanılmaz olay. Sanki ateşlediğiniz 400 milimetrelik top mermisinin pelür kâğıdından sekip size isabet etmesi kadar inanılmaz." Bu şekilde tepki vermesinin nedeni, yaptığı hesaplamalara göre, altın folyoda, bunun gibi sık olmayan fakat büyük sapmalara yol açabilmesi için akıl almaz ölçüde küçük ve güçlü olması icap eden bir şeyin bulunmasının gerekmesiydi. Dolayısıyla Rutherford o kadar şeyden

sonra Thomson modelinin detaylarını açıklığa kavuşturmamış, bilakis Thomson modelinin yanlış olduğunu keşfetmişti.

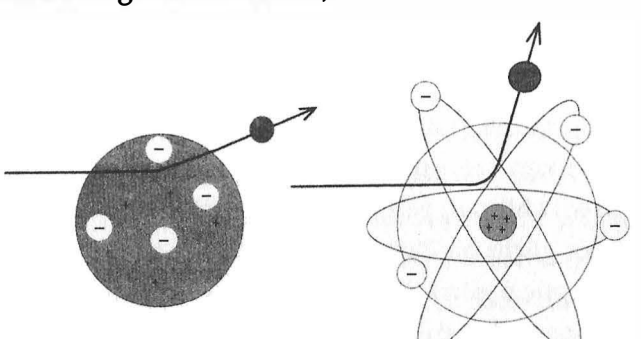
Marsden'in deneyinin öncesinde proje, Feynman'ın beni girmemem konusunda uyardığı türde tuhaf bir faaliyete benziyordu. Gelgelelim bu deneyin yapılmasının ardından gelen yüzyılda deney genel olarak dâhice diye nitelendirilerek çok takdir edildi. Gerçekten de bu deney olmasa bir "Bohr atomu", yani tutarlı bir kuantum teorisi ortaya atılamayabilirdi. Dolayısıyla bunun da teknolojik gelişme olarak adlandırdığımız gelişme üzerinde büyük bir etkisi olurdu. Evvela, atom bombasının geliştirilmesi daha geç olur, yani bomba Japonya'da kullanılamaz, dolayısıyla sayısız masum Japon sivilin hayatları kurtulur fakat belki de İtilaf Devletleri'nin Japonya'yı işgali sırasında sayısız asker can verirdi. Ayrıca transistör gibi diğer birçok icat da ve dolayısıyla bilgisayar çağı da daha geç bir tarihte gerçekleşirdi. Bu görünüşte anlamsız, üniversite öğrencisi deneyini yapmamanın tam olarak bütün etkilerinin ne olacağını söylemek kolay değildir fakat günümüzdeki dünyanın şimdikinden oldukça farklı görüneceğini rahatlıkla söyleyebiliriz. Burada gene tuhaf bir uçuk proje ile her şeyi değiştiren yenilikçi bir fikir arasındaki ince çizgiyi görüyoruz.

Sonuçta Rutherford, Geiger ve Marsden'in bir milyondan fazla ışıldama gözlemledikleri sayısız deneye nezaret etti. Bu verilere dayanarak, atomun yapısı hakkında kendi teorisini şekillendirdi. Bu teoriye göre elektronlar yine eşmerkezli yörüngelerde hareket ettikleri halde, teori, pozitif yükün dışarı yayılmaması, atomun çok küçük merkezinde yoğunlaşması yönünden Thomson'un teorisinden farklıydı. Ancak Geiger ve Marsden çok geçmeden yollarını ayırdılar. Birinci Dünya Savaşı'nda kendilerini birbirlerine karşı savaşırken buldular ve İkinci Dünya Savaşı'nda da bilimlerini karşıt taraflarda uyguladılar: Marsden yeni radar teknolojisi üzerinde çalışırken,

Nazileri destekleyen Geiger bir Alman atom bombası geliştirmek için çalışıyordu.

Rutherford atomu hepimizin ilkokulda öğrendiği atom modelidir: Bu modelde tıpkı gezegenlerin güneş etrafında döndükleri gibi elektronlar da çekirdek etrafında dönerler. Bilimin birçok kavramı gibi, kavram bu okul modeline benzer günlük bir benzetmeye indirgendiğinde karmaşık görünmez fakat fikrin asıl muhteşemliği tam da bu tarz basit tasvirler üreten damıtma işleminde kaybedilen "teknik" karmaşıklıklarda bulunur. Böyle anlaşılması kolay bir tasvirin olması yararlıdır, fakat fizikteki bir fikre hayat veren şey işaret ettiği matematiksel sonuçlardır. Bu yüzden fizikçi sadece hayalci değil teknisyen de olmalıdır.

Hayalci Rutherford'a göre deney şunu söylüyordu: Atomun kütlesinin çok büyük bir bölümü ve pozitif yükünün tümü merkezinde toplanmalıdır ve bu merkez o kadar yoğundur ki bu maddenin bir fincanının ağırlığı Everest Dağı'nın ağırlığının yüz katı kadardır. Rutherford daha sonra atomun bu merkezi özüne "çekirdek" adını verdi. (Sizin ve benim ağırlığımızın, Everest Dağı'nın ağırlığıyla hiçbir şekilde kıyaslanamayacak olması çekirdeğin atomun merkezinde sadece çok küçük bir nokta olduğunun, gerisinin çoğunlukla boşluktan ibaret olduğunun kanıtıdır.)



Thomson (*sol*) ve Rutherford atomları göz önüne alındığında, alfa parçacıklarının öngörülen sapmaları.

Teknisyen Rutherford ise, zihninde canlandırdığı resim gerçekle örtüşüyorsa deneyinin tam olarak ekibinin yapmış olduğu gözlemleri verip vermeyeceğini bulmak için zorlu bir işe kalkışarak karmaşık matematiksel hesaplamalar yaptı. Hızlı, ağır alfa parçacıklarının çoğu altın folyodan ufacık atom merkezlerini ıskalayarak geçti ve sonuçta çok az etkilendiler. Bu esnada, birkaçı –bir çekirdeğin yakınından geçenler– büyük bir sapmaya yol açan yoğun bir kuvvet alanına rastladılar. Günümüzde filmlerdeki kuvvet alanı bize nasıl bilimkurgu gibi geliyorsa bu kuvvet alanının gücü de Rutherford'a öyle gelmiş olmalı. Ancak makro dünyamızda henüz bu tür alanlar oluşturamasak bile, bunlar atomun içinde mevcuttur.

Rutherford'un keşfetmiş olduğu önemli nokta çekirdekteki pozitif yükün yayılmadığı, merkezinde toplandığıydı. Öte yandan elektronların, güneşin etrafındaki gezegenlere benzer şekilde çekirdeğin etrafında döndükleri tanımlaması ise tamamen yanlıştı ve Rutherford bunun farkındaydı.

İlk olarak, güneş sistemi benzetmesi güneş sistemindeki gezegenler *arasındaki* ve benzer şekilde bir atomdaki farklı elektronlar *arasındaki* etkileşimi göz ardı eder. Bu etkileşimler aynı değildir. Kütleleri epeyce fazla olan ama elektrik yükü olmayan gezegenler kütleçekimi yoluyla etkileşir, elektrik yükü olan fakat çok az kütlesi olan elektronlar ise elektromanyetik kuvvet yoluyla etkileşirler. Kütleçekimi son derece zayıf bir kuvvet olduğu ve dolayısıyla gezegenlerin birbirlerine uyguladıkları çekim çok küçük olduğu için, birçok pratik amaçla göz ardı edilebilirler, gelgelelim elektronlar birbirleri üzerinde son derece güçlü bir elektromanyetik itme gücü uyguladıklarından bu güç o güzel dairesel yörüngeleri hızla bozardı.

Diğer bariz bir mesele de, bir çember üzerinde hareket eden gezegenlerin ve elektronların enerji dalgaları yaydıklarıydı; gezegenler kütleçekimi enerjisi ve elektronlar elektro-

manyetik enerji yayıyordu. Gene, kütleçekimi çok zayıf olduğu için, güneş sistemimizin var olduğu milyarlarca yıl içinde gezegenler enerjilerinin çok az bir kısmını kaybederlerdi. (Aslında bu etki, 1916'da Einstein'ın kütleçekimi teorisi bunu öngörene kadar bilinmiyordu bile.) Öte yandan, elektromanyetik kuvvet çok güçlü olduğu için, Maxwell'in teorisine göre Rutherford'un yörüngedeki elektronları enerjilerinin tümünü dışarı verir ve saniyenin yüz milyonda biri kadar kısa bir sürede çekirdeğe düşerlerdi. Başka bir deyişle, Rutherford'un modeli doğru olsaydı, bildiğimiz anlamda evren var olmazdı.

Eğer bir teoriyi çürütme olasılığı olan bir öngörü varsa, o da evrenin var olmadığı öngörüsüdür. Öyleyse neden bu teori ciddiye alındı?

Bu, fizikteki gelişim hakkında başka bir önemli noktayı gösterir: Çoğu teori büyük bir alanı içeren çok kapsamlı teoriler değil, belirli bir durumu açıklamayı amaçlayan oldukça özgül modellerdir. Böylece, kişi çekinceleri olsa bile ve bazı durumlarda modelin başarısız olduğunun farkında olsa bile, her şeye karşın model yararlı olabilir.

Rutherford'un atomuna ilişkin, atom üzerinde çalışan fizikçiler Rutherford'un modelinin çekirdek hakkında doğru tahminler yaptığını anladılar ve gelecekteki bir deneyin, elektronların tabloya nasıl girdiği ve neden atomun istikrarlı olduğu meselesini çözecek esas eksik olguları ortaya çıkaracağını varsaydılar. *Anlaşılmayan* şey ise atomun daha zekice bir açıklama değil, devrim niteliğinde bir açıklama gerektirdiğiydi. Gelgelelim çelimsiz ve alçak gönüllü Niels Bohr'un farklı bir perspektifi vardı. Genç Bohr için, Rutherford atomu ve bunun tezatları samanlıktaki altın iğne gibiydi. Bohr onu bulmaya kararlıydı.

***

Bohr kendine bir soru yöneltti: Eğer atom, klasik teorinin gerektirdiği gibi (en azından Rutherford'un modeline göre) enerji dalgaları yaymıyorsa, bunun nedeni atomun klasik yasalara uymaması olabilir miydi? Bu tarz bir akıl yürütmeyi izlemek için Bohr Einstein'ın fotoelektrik etki çalışmalarına başvurdu. Eğer kuantum kavramı atom için de geçerliyse bunun ne anlama gelebileceğini sordu. Yani Einstein'ın ışık kuantumları gibi atomun da sadece belirli enerjileri olabilir miydi? Bu fikir onun Rutherford'un atomunu gözden geçirerek değiştirmesine ve Bohr atomu adı verilecek modeli oluşturmasına yol açtı.

Bohr, fikrini araştırırken dikkatini en basit atom olan hidrojene yoğunlaştırdı. Hidrojen tek bir protondan oluşan çekirdeğin etrafında dönen tek bir elektrondan oluşur. Bohr'un üstlendiği bu işin zorluğu, o sırada hidrojenin bu basit yapıya *sahip olduğunun* bile bariz olmadığı gerçeğinde görülebilir. Bohr, Thomson'un yaptığı bir dizi deneyin sonucunda hidrojenin sadece bir elektronu olduğu sonucuna varmak zorunda kaldı.

Newton fiziği bir elektronun herhangi bir mesafede, bir çekirdeğin (hidrojende bir protondan ibarettir) etrafında, o mesafe tarafından belirlenen hız ve enerjisi uygun değerlere sahip olduğu müddetçe dönebileceğini öngörür. Elektronun protondan uzaklığı azaldıkça atomun enerjisi daha düşük olmalıdır. Fakat Einstein'ın düşünce tarzına uygun şekilde varsayalım ki –henüz bilinmeyen bir nedenle– bir atomun herhangi bir enerjiye sahip olmakta özgür olmadığını, daha çok, farklı bir olasılık setine ait olan bir değere sahip olmakta özgür olduğunu dikte eden yeni bir yasayı ilave ederek Newtoncu teoriyle çelişme durumunda olalım. Yörünge yarıçapı enerjiyle belirlendiğinden, izin verilen *enerji* değerleri üzerindeki bu kısıtlama bir elektronun yörüngede olabileceği olası *yarıçaplar* üzerinde bir kısıtlamaya dönüşürdü. Bu varsayımı

yaptığımızda, atomun enerjisinin ve elektron yörüngelerinin yarıçaplarının "kuantize edilmiş olduklarını"* söyleriz.

Bohr şunu varsaydı: Bir atomun özellikleri kuantize edilirse, klasik Newton teorisinin öngördüğü gibi, atom *sürekli olarak* çekirdeğin içine doğru spiral çizip enerji kaybedemez; bunun yerine atom izin verilen bir yörüngeden diğer yörüngeye sıçrarken sadece "parçalar" halinde enerji kaybedebilir. Bohr'un modeline göre, bir atom –örneğin bir fotondan gelen– bir enerji girdisiyle harekete geçirildiğinde, absorbe edilen enerji bir elektronun daha dışardaki daha yüksek enerjili yörüngelere sıçramasına yol açar. Elektron daha küçük, daha düşük enerjili bir yörüngeye geri sıçrayınca bir ışık kuantumu –bir foton– iki yörünge arasındaki enerji farklılığına karşılık gelen bir frekansla yayılır.

Şimdi bir de şunu varsayalım: gene henüz bilinmeyen bir nedenden ötürü, *en içte* izin verilen bir yörünge olsun; Bohr'un "temel durum" adını verdiği en düşük enerjili yörünge. Bu durumda, elektron bu hale eriştiğinde artık enerji kaybedemez, dolayısıyla Rutherford modelinin öngördüğü gibi çekirdeğe hızla düşemez. Bohr belki daha karmaşık ama benzer bir tertibin birden fazla elektronu olan diğer elementler için de geçerli olacağını umuyordu: Kuantizasyonu Rutherford atomunun istikrarının ve dolayısıyla evrendeki bütün maddelerin anahtarı olarak görüyordu.

Planck'ın siyah cisim ışımasıyla ilgili çalışmaları ve Einstein'ın fotoelektrik etki açıklaması gibi, Bohr'un fikirleri de genel bir kuantum teorisinden elde edilmiş değil, sadece bir şeyi –Rutherford atomunun istikrarını– açıklamak için tertip-

---

Kuantize etme (kuantizasyon): Parçacıklar (kuantumlar) haline getirmek, özellikle bir niceliğin alabileceği muhtemel değerlerin sayısını kısıtlamak ve böylece belli değişkenlerin sadece belli büyüklükler alabilmesini sağlamak. (ed.)

lenmiş buna özgü kavramlardı. Bohr'un modelini doğuracak bir "ana teori" olmamasına rağmen, Bohr'un tanımlamasının, Planck ve Einstein'ın tanımlamaları gibi özünde doğru olması insanın yaratıcılığının bir kanıtıdır.

Bohr daha sonraları atom hakkındaki düşüncelerinin, ancak Şubat 1913'te bir arkadaşıyla tesadüfen yaptığı bir konuşmadan sonra şekle şemale girdiğini söyledi. Bu arkadaşı ona –örneğin bir elektrik boşaltımı veya yoğun ısıyla "harekete geçirilen" gaz halindeki bir elementin yaydığı ışığı inceleyen– spektroskopi alanındaki yasaları hatırlatmıştı. Uzun zamandır –anlaşılmayan nedenlerden ötürü– bu durumlarda her bir gaz elementin sınırlı bir frekans setiyle nitelenen özel bir elektromanyetik dalga grubu yaydığı biliniyordu. Spektral çizgi adı verilen bu frekanslar elementlerin tanımlanabileceği bir tür parmak izi oluşturur. Bohr arkadaşıyla konuştuktan sonra hidrojenin parmak izinin nasıl görüneceğini öngörmek için kendi atom modelini kullanabileceğini, dolayısıyla bunun teorisini deneysel verilerin sınamasına bağlayabileceğini fark etti. Kuşkusuz bilimdeki bu adım bir fikri, umut vaat eden veya "güzel" bir kavramdan ciddi bir teoriye yükselten şeydir.

Bohr hesaplamaları bitirdiğinde, elde ettiği sonuç onu daha da şaşırttı: Bohr'un "izin verilen yörüngeleri" arasındaki enerji farklılıkları tam da gözlemlenmiş olan birçok spektral çizgi dizisinin bütün frekanslarını yineliyordu. Yirmi yedi yaşındaki Bohr, bu basit modelle, spektrokopistlerin bütün muammalı formüllerini yeniden oluşturduğunu ve kökenlerini açıkladığını fark ettiğinde kim bilir ne kadar sevinmişti.

Bohr atom hakkındaki şaheserini Temmuz 1913'te yayımladı. Bu zaferi elde etmek için çok çalışmıştı. 1912 yazından Şubat 1913'teki ilham anına dek gece gündüz fikirleriyle boğuşarak uzun saatler boyu çalışmasına işine düşkün meslektaşları bile hayranlık ve saygı duymuşlardı. Aslında onun

yorgunluktan düşüp bayılacağını düşünmüşlerdi. Şu olay olan biteni çok iyi anlatır: Bohr 1 Ağustos 1912'de evlenmek için gerekli ayarlamaları yapmıştı ve evlendi de, ancak güzel manzaraları olan Norveç'teki balayını iptal etti ve balayını Cambridge'deki bir otel odasında karısına çalışması hakkında bir rapor yazdırarak geçirdi.

Çok karmaşık olan Bohr'un yeni teorisi şüphesiz daha başlangıçtı. Örneğin, izin verilen yörüngelere "sabit durumlar" adını verdi, çünkü klasik teorinin gerektirdiği gibi ışımayan elektronlar sanki hareket etmiyormuş gibi davranıyorlardı. Öte yandan, sık sık elektronların "hareket durumundan" söz ederek izin verilen yörüngelerde çekirdeğin etrafında döndüklerini belirtiyordu, ta ki düşük enerjili bir yörüngeye sıçrayıncaya ya da gelen ışımayla harekete geçerek daha yüksek enerjili bir duruma sıçrayıncaya dek. Bundan söz etmemin nedeni Bohr'un iki çelişkili imgeyi kullandığını göstermesidir. Kuramsal fizikteki birçok öncünün yaklaşımı budur; edebiyatta metaforları karıştırmamamız söylenir, fakat fizikte eğer bir metaforun bütün yönleriyle uygun olmadığını biliyorsak onu (dikkatle) bir başka metaforla karışık olarak kullanmak yaygın bir uygulamadır.

Bu durumda, Bohr klasik güneş sistemi atom tanımından hiç memnun değildi, fakat bu onun başlangıç noktasıydı ve yeni teorisini oluşturmak için klasik fiziğin elektron yörüngelerinin yarıçap ve enerjisiyle ilgili denklemlerini kullanırken, sabit durum ilkesi gibi yeni kuantum fikirlerini de içine katarak düzeltilmiş bir tanım ortaya çıkardı.

Bohr atomu ilk başlarda farklı tepkilerle karşılandı. Münih Üniversitesi'nde nüfuzlu bir fizikçi olan Arnold Sommerfeld (1868–1951) anında çalışmayı bilimde bir dönüm noktası olarak tanımladığı gibi, kendisi de bu fikir üzerinde çalışmaya, özellikle izafiyet teorisiyle bağlantısını araştırmaya başladı.

Aynı anda Einstein, Bohr'un keşfinin "[o güne kadar yapılmış] en büyük keşiflerden biri" olduğunu söyledi. Fakat Bohr'un çağındaki bir fizikçiye Bohr atomunun ne kadar şok edici göründüğüne ilişkin en açıklayıcı örnek, Einstein'ın yaptığı başka bir yorum oldu. Sadece ışık kuantumlarının varlığını değil, aynı zamanda uzay, zaman ve kütleçekiminin iç içe geçmiş olduğu fikrini de ileri sürecek kadar cesur olan adam, Bohr atomuyla ilgili kendisinin de benzer fikirleri olduğunu fakat "son derece tuhaf" olmaları nedeniyle bunları yayımlayacak cesareti olmadığını da söyledi.

Bu tür fikirleri yayımlamanın cesaret gerektirdiği Bohr'un aldığı diğer bazı tepkilerde de belli olur. Örneğin önde gelen bir Alman kurumu olan Göttingen Üniversitesi'nde, daha sonra Bohr'un anımsadığı şekliyle, "bütün bunların sahtekârlığın sınırlarında dolanan müthiş bir saçmalık" olduğuna dair tam bir mutabakat vardı. Spektroskopi uzmanı olan bir Göttingen bilimcisi Göttingen tutumunu şöyle yazıya döktü: "Literatürün bu kadar cehaleti açığa vuran böyle çok kötü bilgilerle kirlenmesi çok esef vericiydi." Bu arada İngiliz fiziğinin en tecrübeli isimlerinden biri olan Lord Rayleigh "doğanın bu şekilde davranacağına" inanmasının mümkün olmadığını söyledi. Buna rağmen –bazı şeyleri öngörerek– "yetmişini geçmiş olan adamların yeni teoriler üzerindeki görüşlerini açıklamakta aceleci davranmamaları gerektiğini" de ilave etti. Yine önde gelen İngiliz fizikçilerden biri olan Arthur Eddington da pek coşkulu sayılmazdı, zaten Planck ve Einstein'ın kuantum fikirlerini "bir Alman icadı" diye önemsememişti.

Rutherford bile olumsuz tepki verdi. Evvela, kuramsal fizikte çok az deneyimi vardı. Fakat onun Bohr'un çalışması hakkında canını sıkan şey –sonuçta ne de olsa kendi atom modelinin bir revizyonuydu– Danimarkalı meslektaşının, elektronun, varsaymış olduğu enerji seviyeleri arasında bu

sıçrayışları yapması için hiçbir mekanizma ortaya koymamış olmasıydı. Örneğin, daha küçük bir yörüngeye karşılık gelen bir enerji seviyesine doğru hareket eden bir elektron, sürekli içe doğru "spiral çizmek" yerine yeni yörüngeye "sıçrıyor" ise, bu "sıçrayış" nasıl oluşuyordu ve buna yol açan neydi?

Daha sonra ortaya çıkacağı gibi, Rutherford'un itirazı tam da meselenin can alıcı noktasına değiniyordu. Böyle bir mekanizma asla bulunamadığı gibi, kuantum teorisi genel bir doğa teorisi olarak olgunlaştığında da bu tür soruların hiçbir yanıtı olmadığını ve dolayısıyla modern bilimde bir yeri olmadığını da dayatacaktı.

Fizik dünyasını zamanla Bohr'un fikirlerinin –dolayısıyla Planck ve Einstein'ın önceki çalışmalarının– doğruluğuna ikna eden gelişmeler 1913'ten 1923'e dek on yıllık bir dönemde yaşandı. Kendi teorisini hidrojenden daha ağır elementlerin atomlarına uygulayan Bohr ve diğerleri, elementleri Mendeleyev'in yapmış olduğu gibi atom ağırlıklarına göre değil, atom numaralarına göre sıralayarak Mendeleyev'in periyodik tablosundaki bazı hataları elimine edebileceklerini fark ettiler.

Atomun ağırlığını belirleyen, atom çekirdeğindeki proton ve nötron sayısıdır. Atom numarası ise proton sayısına eşittir ki bu rakam, atomların genel elektrik yükleri olmadığı için, aynı zamanda atomun sahip olduğu elektron sayısına da eşittir. Çekirdeklerinde daha çok proton olan atomların genellikle nötronları da daha çoktur, fakat her zaman değil, bu yüzden bu iki ölçüm elementlerin sıralamasındaki çıkarımlarında farklılık gösterebilir. Bohr'un teorisi atom numarasının, periyodik tablonun temel alabileceği uygun parametre olduğunu, çünkü bir elementin kimyasal özelliklerini belirleyenin nötronları değil, proton ve elektronları olduğunu gösterdi. Elli yıldan fazla zaman alsa da artık Bohr sayesinde bilim neden

Mendeleyev'in gizemli periyodik tablosunun işe yaradığını açıklayabiliyordu.

Kuantumla ilgili fikirlerinin, Newton'un yasalarının yerini alacak genel bir yapı haline gelip olgunlaşmasıyla birlikte, fizikçiler sonunda prensipte bütün atomların davranışlarının çıkarsanabileceği denklemleri kâğıda dökebileceklerdi; gerçi çoğu durumda bu hedefe ulaşmak için süper bilgisayarlar kullanılması gerekecekti. Fakat Bohr'un atom numarasının önemine ilişkin fikirlerini test etmek için kimse süper bilgisayarları beklemek zorunda değildi: Mendeleyev'in izinden giden Bohr henüz keşfedilmemiş bir elementin özelliklerini tahmin etti; işin garip yanı, sistemini atom ağırlığı üzerine kuran Mendeleyev bu element hakkında yanılmıştı.

Element çok kısa süre sonra 1923'te keşfedildi ve Bohr'un Kopenhag'daki memleketinin Latince adı olan Hafnia'ya istinaden hafniyum adı verildi. Bunun üzerine, hiçbir fizikçi (veya kimyacı) Bohr'un teorilerinin doğruluğundan bir daha şüphe etmedi. Aşağı yukarı elli yıl sonra 1997'de, Bohr'un adı Mendeleyev'in periyodik tablosuna element 107'nin boryum olarak isimlendirilmesiyle katıldı. Aynı yıl, eski akıl hocası – ve bazen eleştirmeni de olan– Rutherford da element 104'e ruterfordyum adının verilmesiyle onore edildi.*

Mendeleyev, Bohr, Rutherford ve –daha önce bahsetmiş olduğum– Lise Meitner'e ilaveten isimleri elementlere verilmiş on iki bilim insanı daha vardır: Vasili Samarsky-Bykhovets (samaryum), Johan Gadolin (gadolinyum), Marie Skłodowska-Curie ve Pierre Curie (küryum), Albert Einstein (aynştanyum), Enrico Fermi (fermiyum), Alfred Nobel (nobelyum), Ernest Lawrence (lorensiyum), Glenn T. Seaborg (siborgyum), Wilhelm Röntgen (röntgenyum), Nicolaus Copernicus (kopernikyum), ve Georgy Flyorov (flerovyum).

12

KUANTUM DEVRİMİ

Artık kuantuma odaklanan onca parlak ve hevesli dimağa ve bunların tahminde bulundukları veya keşfettikleri istisnai hakikatlere rağmen, 1920'lerin başlarında halen ne genel bir kuantum teorisi ne de böyle bir teorinin mümkün olabileceğine dair bir ipucu vardı. Bohr, eğer doğrularsa, atomların neden istikrarlı olduklarını ve spektral çizgilerini açıklayan bazı ilkeler ortaya atmıştı fakat bu ilkelerin neden doğru oldukları ve diğer sistemleri analiz etmek için bunların nasıl uygulanabilecekleri bilinmiyordu.

Birçok kuantum fizikçisinin cesareti kırılıyordu. İleride Nobel Ödülü'nü kazanacak ve kısa süre sonra "foton" terimini ortaya atacak olan Max Born (1882–1970) şöyle yazmıştı: "Kuantum teorisi hakkında umutsuzca kafa yoruyor, helyum ve diğer atomları hesaplamak için bir reçete bulmaya çalışıyor, fakat bunda başarılı olamıyorum. Kuantumlar gerçekten umutsuz vaka." Spin (dönü) adı verilen özelliği öne süren ve daha sonra bunun matematik teorisini çözen, yine ileride Nobel Ödülü'nü kazanacak olan Wolfgang Pauli (1900–1958) ise durumu şöyle açıklayacaktı: "Fizik şu anda tam bir karmaşa içinde; ne olursa olsun bana çok zor geliyor, keşke komedyen ya da ona benzer bir şey olsaydım da fiziği hiç duymamış olsaydım."

Doğa bize bulmacalar sunar ve bunlardan bir anlam çıkarması gerekenler de yine bizleriz. Fizikçilerin bir özelliği de bu bulmacaların her zaman derin hakikatler barındırdığına inanmalarıdır. Doğanın genel kurallar tarafından yönetildiğine ve bağlantısız fenomenlerden oluşan bir karmaşa olmadığına inanırız. İlk kuantum araştırmacıları genel kuantum teorisinin ne olduğunu bilmiyor fakat böyle bir teorinin var olduğuna inanıyorlardı. Araştırdıkları dünya açıklamaya inatla direniyordu fakat onlar bunun anlamını kavrayabileceklerini hayal ediyorlardı. Hayalleri onları besliyordu. Hepimiz gibi, şüphe ve umutsuzluk anları yaşayabiliyor, ama yine de diğer ucunda bir hakikat ödülü olacağına dair inançlarıyla motive olarak, yıllar süren zor yolculuklarında ilerliyorlardı. Çok zor olan her uğraşta olduğu gibi, başarılı olanların inançları çok güçlü olan insanlar olduklarını görürüz çünkü inancı zayıf olanlar başaramadan vazgeçerler.

Born ve Pauli gibilerin umutsuzluklarını anlamak zor değildir çünkü kuantum teorisi özünde zorlu olduğu gibi, rüştünü de zor zamanlarda ispatladı. Kuantum öncülerinin çoğu Almanya'da çalışıyor veya Almanya ile Bohr'un 1921'de Kopenhag Üniversitesi'nde kurmak için para toplamış olduğu enstitü arasında taşınıyorlardı; öyle ki etraflarındaki sosyal ve politik düzenin kaosa girmekte olduğu bir zamanda yeni bir bilimsel düzene yönelik araştırmalarını yürütmek zorundaydılar. 1922'de, Alman dışişleri bakanı suikasta uğradı. 1923'te, Alman markının değeri savaş öncesi değerinin trilyonda birine düştü; bir somun ekmek almak için beş yüz milyar Mark gerekiyordu. Buna rağmen, yeni kuantum fizikçileri atomun ve daha genel olarak bu çok küçük ölçekte geçerli olan temel doğa yasalarının esasını kavramak için bir dayanak bulmaya çalışıyorlardı.

O dayanağın ilk belirtileri nihayet 20'lerin ortasında görüldü. Gelişmeler 1925'te Werner Heisenberg (1901–1976) adlı yirmi üç yaşındaki bir gencin yayımladığı bir çalışmayla başladı ve arkası düzensiz bir şekilde geldi.

***

Almanya Würzburg'da doğan ve bir klasik diller profesörünün oğlu olan Heisenberg'in çok zeki –ve rekabetçi– bir çocuk olduğu hemen anlaşıldı. Babasının bu rekabet ruhunu teşvik etmesinin de etkisiyle, kendinden bir yaş büyük ağabeyiyle sık sık kavga ederdi. Bu düşmanlık birbirlerine tahta sandalyelerle vurdukları kanlı bir dövüşte doruğa çıktı. Kavganın sonrasında ateşkes ilan ettiler; bu ateşkesin sürme nedeni ise ikisinin de evden ayrılarak kendi yollarına gitmeleri ve yaşamlarının geri kalanında bir daha hiç konuşmamalarıydı. Heisenberg daha sonraki yıllarda, çalışmasının sunduğu zorluklara da aynı sertlikle saldırdı.

Werner için rekabet daima kişisel bir meseleydi. Kayak yapmada özel bir yeteneği yoktu fakat kendini eğiterek mükemmel bir kayakçı oldu. Uzun mesafe koşucusu oldu. Çello ve piyanoya başladı. Fakat en önemlisi, ilkokuldayken aritmetik yeteneği olduğunu keşfetmesi matematik ve uygulamalarına büyük ilgi duymasının kıvılcımını ateşledi.

1920 yazında, Heisenberg matematik alanında doktora yapmaya karar verdi. Bir öğretim programına kabul edilmeniz için bir fakülte üyesini sizi desteklemeye ikna etmeniz gerekiyordu ve Heisenberg babasının bir bağlantısı sayesinde, Münih Üniversitesi'nde tanınmış bir matematikçi olan Ferdinand von Lindemann'la bir görüşme ayarlamayı başardı. Ancak bu kimi zaman bağlantılar sayesinde elde ettiğiniz iyi türde bir görüşme değildi, böyle bir görüşme olsa Heisenberg'e çay ve karaorman pastası ikram edilip zekâsı hakkında parmak ısır-

tan hikâyeler duydukları söylenebilirdi. Aksine kötü bir görüşmeydi, emekliliği iki yıl geçmiş, kısmen sağır olan ve birinci sınıf öğrencileriyle pek ilgilenmeyen Lindemann'ın masasında bir kaniş vardı ve bu kaniş çok yüksek perdeden havladığı için Heisenberg'i pek duyamıyordu. Sonunda, görünüşe göre gerçekte Heisenberg'in şansını kaybetmesine yol açan şey ise Einstein'ın izafiyet teorisi hakkında matematikçi Hermann Weyl'in yazdığı bir kitabı okumuş olduğundan söz etmesi oldu. Genç adamın bir fizik kitabına ilgi duyduğunu öğrenir öğrenmez sayı teorisyeni olan Lindemann, "Bu durumda, matematik için tamamen kayıp sayılırsınız," diyerek görüşmeyi aniden sonlandırdı.

Bu yorumuyla Lindemann fiziğe ilgi göstermek zevksizlik göstergesidir demek istemiş olabilir, ancak bir fizikçi olarak gerçekte şunu demek istediğini düşünmek isterim: Çok daha ilginç bir konunun etkisinde kalan Heisenberg asla matematik için gereken sabrı gösteremezdi. Her halükârda, Lindemann'ın kibri ve dar görüşlülüğü tarihin akışını değiştirdi, çünkü Heisenberg'e kucak açmış olsaydı, fizik, fikirleri kuantum teorisinin özü haline gelecek olan adamı kaybedecekti.*

Lindemann tarafından reddedildikten sonra çok fazla seçenek görmeyen Heisenberg, Bohr atomunun büyük bir destekçisi olan ve o zamana kadar teoriye kendi katkılarını yapmış olan Arnold Sommerfeld'in gözetimi altında teselli ödülü olarak bir fizik doktorası elde etmeye karar verdi. Kocaman bıyıklı, ufak ve ince yapılı, saçları dökülen ve kanişi olmayan Sommerfeld genç Heisenberg'in Weyl'in kitabını çözmeye çalışmasından etkilenmişti. Hemen ona kucak açacak kadar de-

---

İşin garip yanı, Lindemann bir zamanlar fizikle amatörce uğraşmışsa da fazla başarı gösterememişti. En çok, "çemberi kare haline getiremezsin" sözünü kanıtlayan adam olarak hatırlanır; yani bir cetvel ve pergel yardımıyla, belirli bir çemberle aynı alana sahip bir kare çizemezsiniz.

ğil fakat geçici olarak desteklemeyi teklif edecek kadar. "Bir şeyler biliyor olabilirsin; hiçbir şey bilmiyor da olabilirsin," dedi Sommerfield. "Bakalım, göreceğiz."

Kuşkusuz Heisenberg bir şeyler *biliyordu*. 1923'te Sommerfeld'in gözetimi altında doktorasını tamamladı ve 1924'te "yüksek doktora" adı verilen ileri bir derece alarak Göttingen'de Born'un gözetimi altında çalışmaya başladı. Fakat ölümsüzlüğe giden yola 1924 sonbaharında Kopenhag'ta Niels Bohr'a yaptığı bir ziyaretten sonra girdi.

Heisenberg geldiğinde Bohr kendisine ait atom modelinde düzeltme yapmayı amaçlayan yanlış bir girişime öncülük ediyordu ve Heisenberg de bu girişime katıldı. "Yanlış" kelimesini kullanmamın nedeni sadece çabaların başarısız olması değil, aynı zamanda girişimin hedefidir: Bohr kendi foton modelinden, Einstein'ın ışık kuantumundan kurtulmak istiyordu. Bu tuhaf gelebilir, çünkü ilk başta Bohr'a bir atomun sadece belirli enerjilere sahip olacak şekilde kısıtlanabileceği kavramı hakkında düşünmesi için ilham vermiş olan ışık kuantumları fikriydi. Buna rağmen, Bohr, çoğu fizikçi gibi, foton realitesini kabullenmeye isteksizdi, bu yüzden kendisine şunu sordu: Orijinal Bohr atomunun, bunu kapsamayan bir varyantı oluşturulabilir miydi? Bohr bunu yapabileceğine inanıyordu. Daha önceden Bohr'un fikirler üzerinde çok uğraşıp didindiğini ve sonunda başarılı olduğunu görmüştük, ancak bu üzerinde çok uğraşıp başarısız olacağı bir fikirdi.

Ben öğrenciyken, ben ve arkadaşlarım bazı fizikçileri gözümüzde ilahlaştırmıştık: Einstein'ı sağlam mantığı ve radikal fikirleri nedeniyle; Feynman ve İngiliz fizikçi Paul Dirac'ı (1902–1984) görünüşte kuraldışı matematik kavramları icat etmeleri ve sonra bunları uygulayıp inanılmaz sonuçlar elde etmeleri nedeniyle; (matematikçiler daha sonra her şeye karşın bunları doğrulamanın bir yolunu bulurlardı) Bohr'u da

sezgisi nedeniyle. Bu adamları kahraman, düşünüşleri daima net ve fikirleri daima doğru olan insanüstü dehalar olarak görürdük. Sanırım bu sıra dışı bir şey değil; kimi sanatçılara, girişimcilere ve sporculara hayranlık duyan kişiler destansı gördükleri bütün figürleri tek tek sayabilirler.

Öğrencilik günlerimde, bize anlatılanlara göre, Bohr'un kuantum fiziği hakkındaki sezgisi o kadar etkileyiciymiş ki sanki "Tanrı'yla doğrudan iletişim kurabiliyor" gibiymiş. Ancak kuantum teorisinin ilk günlerine ilişkin tartışmalarda genellikle Bohr'un büyük keşiflerinden bahsedilse de, onun yanlış fikirlerinden pek az söz edilir. Bu doğaldır, çünkü zamanla iyi fikirler baki kalır ve kötüler unutulur. Maalesef, bu bizi bilimin –en azından bazı "dehalar" için– gerçekte olduğundan daha dolambaçsız bir yol izlediği ve kolay bir iş olduğu gibi hatalı bir izlenimle baş başa bırakır.

Basketbol devi Michael Jordan bir zamanlar şöyle demişti: "Kariyerim boyunca dokuz binden fazla atış kaçırdım. Aşağı yukarı üç yüz maç kaybettim. Yirmi altı kez, maçı kazandırabilecek atış yapmam beklenirken kaybettim. Hayatım boyunca defalarca başarısız oldum. İşte ben bu yüzden başarılıyım." Bunu bir Nike reklamında söyledi, çünkü bir efsanenin bile başarısız olduğunu ve yine de yılmadığını görmek ilham vericidir. Ancak bir keşif veya buluş yapmaya çalışan birinin Bohr'un yanlış fikirler ürettiğini veya Newton'un simya alanında sonuçsuz kalan çabalar harcadığını öğrenmesi ve entelektüel idollerimizin en az bizimkiler kadar yanlış fikirler üretip başarısızlıklar yaşadığını fark etmemiz, bir basketbolcunun Jordan'ın sözlerini duymasıyla aynı etkiyi yapar.

Bohr'un kendi atom modelinin fazla radikal bir fikir olduğunu düşünmüş olması enteresandır, fakat şaşırtıcı değildir, çünkü bilim, toplum gibi bazı ortak fikir ve inançlara dayalıdır ve Bohr atomu da bunlara uymuyordu. Sonuç olarak, Ga-

lileo ve Newton'dan tutun, Bohr ve Einstein'a –ve sonrakilere– dek öncüler imgelemleri geleceği inşa etmelerine yardım ederken bile, bir ayakları geçmişteydi.

Bu yönden, bilimin "devrimcileri" diğer alanlardaki ileri görüşlü bireylerden hiç farklı değildir. Örneğin, Amerika'nın güneyindeki kölelerin serbest bırakılmalarını savunan Abraham Lincoln, ırkların asla "sosyal ve politik yönden eşit olarak" birlikte yaşayamayacakları gibi çağdışı bir inançtan kurtulamamıştı. Lincoln hem köleliğe karşı çıkıp hem de ırkların eşitsizliğini hoş görmesinin tutarsızlık olarak değerlendirilebileceğinin farkındaydı. Ancak beyaz ırkın üstünlüğünü kabul etmesini, "bunun adaletli olup olmadığının" kilit mesele olmadığını, çünkü beyaz üstünlüğünün "ister sağlam bir nedene dayansın ister dayanaktan yoksun olsun rahatlıkla hiçe sayılamayacak evrensel bir duygu" olduğunu söyleyerek savundu. Başka bir deyişle, beyaz üstünlüğünden vazgeçmek kendisi için bile fazla radikal bir adımdı.

İnsanlara bir şeye neden inandıklarını soracak olursanız, genellikle Lincoln gibi açık veya bilinçli olmazlar. Çok azı, Lincoln'ün esasen yaptığı gibi, bir şeye herkes inandığı için inandıklarını söyler. Ya da "çünkü buna daima inandım" veya "çünkü evde ve okulda böyle aşılandı bana" derler. Ancak, Lincoln'ün belirtmiş olduğu gibi, bu genellikle gerekçenin önemli bir kısmıdır. Toplumda, ortak inançlar kültürü ve bazen de adaletsizliği yaratır. Yaratıcılık ve yeniliğin önemli olduğu bilim, sanat ve diğer alanlarda ortak inançlar gelişimin önünde zihinsel bariyerler oluşturabilir. İşte bu yüzden değişim genellikle düzensiz olarak meydana gelir ve işte yine bu yüzden Bohr teorisinde değişiklik yapmaya çalışırken çıkmaza girmiştir.

Eğer Bohr'un yeni teorisinin kaderinde kötü bir son varsa bile, çok şanslı bir etkisi oldu: Genç Heisenberg'i Bohr'un ori-

jinal atom teorisinin çıkarımları hakkında derinlemesine düşünmeye zorladı. Analizi onu yavaş yavaş yepyeni bir fizik anlayışına yönlendirdi: Atomun iç işleyişini –örneğin zihnimizde canlandırdığımız fakat pratikte gözlemleyemediğimiz elektronların yörünge hareketini– tasvir etmeye çalışmaktan vazgeçmenin uygun, hatta gerekli olabileceğini düşündü.

Klasik fiziğin teorileri gibi Bohr'un teorisi de elektronun konumu ve yörünge hızı gibi özelliklere özgü matematiksel değerlere dayanıyordu. Newton'un incelediği cisimler –atılan cisim, sarkaç ve gezegenler– dünyasında konum ve hız gözlemlenip ölçülebilir.

Ancak laboratuvarda deney yapan kişiler atomun elektronlarının nerede olduklarını ve gerçekten hareket ediyorlarsa bile hangi hızla hareket ettiklerini gözlemleyemez. Eğer klasik konum, hız, yol, yörünge ve atılan cisim kavramları atom seviyesinde gözlemlenemiyorsa, Heisenberg belki de bunlara dayalı bir atom –veya diğer sistemlerin– bilimini oluşturmaya çalışmaktan vazgeçmesi gerektiği sonucuna vardı. Neden bu eski fikirlere bağlanacaktık ki? Heisenberg bunların zihinsel safra olduklarına karar verdi. Öyle ya, bu kavramlar *on yedinci yüzyıla* aitti.

Heisenberg kendine, atomların yaydığı ışıma frekansları ve büyüklükleri gibi doğrudan ölçülebilen atom verilerine dayalı bir teori geliştirmenin mümkün olup olmadığını sordu.

Rutherford'un Bohr atomuna karşı çıkma nedeni Bohr'un elektronun, atomun enerji seviyeleri arasında sıçramasına ilişkin bir mekanizma ortaya koymamış olmasıydı; Heisenberg bu eleştiriyi, mekanizmayı ortaya koyarak değil, elektronlar söz konusu olduğunda bir mekanizma, bir yol olmadığını veya en azından meselenin tam da fiziğin dışında olduğunu iddia ederek yanıtladı; çünkü fizikçiler bu tarz süreçlerde emilen veya yayılan ışığı ölçer fakat süreçlere kendileri tanık-

lık edemezlerdi. Heisenberg 1925 baharında Göttingen'e Born Enstitüsü'nde bir öğretim üyesi olarak çalışmak üzere döndüğünde, rüyası ya da amacı salt ölçülebilir verilere dayanan yeni bir fizik yaklaşımı icat etmekti.

Newton'un sezgiyle anlaşılan realite tanımından vazgeçen ve hepimizin zihninde canlandırıp aralarında bağlantı kurabileceğimiz konum ve hız gibi kavramları reddeden yepyeni bir bilim oluşturmak, bırakın yirmi üç yaşındaki Heisenberg gibi bir genci, herhangi biri için bile cüretli bir amaçtı. Ancak yirmi iki yaşındayken dünyanın siyasi haritasını değiştiren İskender gibi genç Heisenberg de dünyanın bilimsel haritasını yeniden şekillendiren bir yürüyüşe önderlik edecekti.

***

Heisenberg'in, hocalarından esinlenerek yarattığı teori temel doğa teorimiz olarak Newton'un hareket yasalarının yerine geçti. Max Born buna, genellikle Newton mekaniği veya klasik mekanik olarak adlandırılan Newton yasalarından ayırt etmek için, "kuantum mekaniği" adını verdi. Ancak fizik teorileri genel mutabakat veya zevkle değil, tahminlerinin doğruluğuyla meşrulaşır, o yüzden Heisenberg'inki gibi egzotik fikirlere dayalı bir teorinin nasıl olup da nice başarısı olan Newton'unki gibi iyi yapılandırılmış bir teorinin "yerini alabildiğini" merak ediyor olabilirsiniz.

Yanıt; kuantum mekaniğinin ardındaki kavramsal çerçeve Newton mekaniğinden çok farklı olsa da, teorilerin matematiksel tahminlerinin çoğunlukla, Newton yasalarının başarısız olduğu, yalnızca atom ölçeğinde veya daha küçük sistemlerde farklılık göstermeleridir. Böylece, kuantum mekaniği bütün yönleriyle geliştiğinde, Newton teorisinin günlük fenomenler için sağladığı iyi yapılandırılmış tanımıyla çelişmeden atomun tuhaf davranışlarını açıklayabilirdi. Kuantum teori-

sini geliştirmek için uğraşan Heisenberg ve diğerleri bunun böyle olması gerektiğini biliyorlardı ve bu fikrin, gelişmekte olan teorileri için yararlı deneyler sağlayan matematiksel bir açıklamasını geliştirdiler. Bohr buna "karşılıklılık ilkesi" adını verdi.

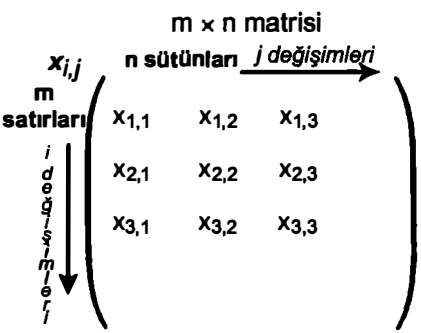
Peki, Heisenberg o sıralarda felsefi bir tercihin ancak biraz ötesine geçen bir şeyden nasıl somut bir teori yarattı? Heisenberg'in karşısındaki zorluk, fiziğin, "gözlemlenebilirlere" –ölçtüğümüz niceliklere– dayanması gerektiği kavramını, Newton'unki gibi fiziksel dünyayı tanımlamak için kullanılabilecek matematiksel bir çerçeveye dönüştürmekti. İcat ettiği teori herhangi bir fiziksel sistem için geçerli olabilirdi fakat bunu Bohr'un özel atom modelinin başarısının nedenlerini, genel bir matematik teorisiyle açıklamak amacıyla atom dünyası bağlamında geliştirdi.

Heisenberg'in ilk adımı, atom için uygun olan gözlemlenebilirleri tanımlamak oldu. Atom dünyasında ölçtüklerimiz atomların yaydıkları ışık frekansları ile bu spektral çizgilerin büyüklüğü yani yoğunluğu olduğu için bu özellikleri seçti. Daha sonra, konum ve hız gibi geleneksel Newton "gözlemlenebilirleri" ile spektral çizgilerle ilgili bu veriler arasında bir bağlantı elde etmek amacıyla, geleneksel matematiksel fiziğin tekniklerini uygulamak üzere işe koyuldu. Amacı, bu bağlantıyı Newton fiziğindeki her gözlemlenebiliri bir kuantum mevkidaşıyla değiştirmek için kullanmaktı. Bunun hem yaratıcılık hem de cesaret gerektiren bir adım olduğu, çünkü Heisenberg'in konum ve momentumu hem yeni hem de tuhaf görünen matematiksel oluşumlara dönüştürmesini gerektirdiği ortaya çıkacaktı.

Yeni bir değişken çeşidi gerekiyordu çünkü konum tek bir noktanın belirlenmesiyle tanımlansa da, spektral veriler fark-

lı bir tanım gerektiriyordu. Renk ve yoğunluk gibi, atomların yaydığı çeşitli ışık özelliklerinin her biri tek bir sayı değil, tam bir sayı dizisi oluşturur. Veriler bir dizi oluşturur çünkü atomun ilk durumundan son durumuna yapılan her sıçrayışa karşılık gelen spektral bir çizgi vardır (bu çizgi, sıçrayış sırasında oluşan bir kayıttır, Bohr'un enerji seviyelerinin her olası *çiftini* gösterir). Size karmaşık geliyorsa endişelenmeyin; hakikaten karmaşık. Aslına bakarsanız, Heisenberg bu yapıyı ilk ortaya attığında kendisi de buna "çok tuhaf" dedi. Fakat yaptığının ana fikri, teorisinden gözde canlandırılabilen elektron yörüngelerini çıkarmak ve bunların yerine yalnızca matematiksel nicelikler yerleştirmekti.

Heisenberg'den önce Rutherford gibi atom teorileri üzerinde çalışanlar atom süreçlerinin ardında bir mekanizma keşfetmek istiyorlardı. Atomun bir türlü erişilemeyen öğelerinin gerçek olduğunu düşünmüş ve bunların –örneğin yörüngede dolaşan elektronların– davranışları hakkındaki tahminlere dayanarak, gözlemlenen spektral çizgilerin doğasını çıkarsamaya çalışmışlardı. Analizlerinde daima atomun öğelerinin günlük yaşantımızda alışkın olduğumuz şeylerle aynı temel karaktere sahip olduğunu varsaymışlardı. Sadece Hei-



Heisenberg'in teorisinde, konum, alışıldık uzamsal koordinatlar yerine sonsuz bir sayı matrisi veya dizisiyle temsil edilir.

senberg farklı düşünüyordu ve elektronların yörüngelerinin gözlemlemenin kapsamının dışında olduğunu, dolayısıyla *gerçek olmadıklarını* ve teoride yerleri olmadığını beyan edecek cesarete sahipti. Heisenberg sadece atoma değil, herhangi bir fiziksel sisteme de böyle yaklaşacaktı.

Bu tür analizlerde direten Heisenberg, ayrı bir varlığı ve hız ve konum gibi belirli özellikleri olan maddi cisimlerin bir dizgesi olarak Newtoncu dünya betimlemesinden vazgeçti. Teorisi tamamlandığında, bizim bir cismin izlediği yolun ve hatta geçmiş ve geleceğinin bile tam olarak belirli olmadığı farklı bir kavramsal dizgeye dayalı bir dünyayı kabullenmemizi gerektirecekti.

Günümüz dünyasında birçok insanın mesaj yazma ve sosyal medya gibi yeni teknolojilere uyum sağlamakta zorlandıklarını göz önüne alırsak, yapımızda bulunan elektron ve çekirdeklerin somut bir varlıkları olmadığını söyleyen bir teoriye kişinin düşünüşünün uyum sağlaması için gereken zihinsel açıklığı ancak hayal edebiliriz. Fakat Heisenberg'in yaklaşımı tam da bunu gerektiriyordu. Bu sadece yeni bir fizik türü değildi, yepyeni bir gerçeklik kavramıydı. Bu tür meseleler Max Born'u fizik ile felsefe arasındaki, geçmişi yüzyıllar öncesine dayanan ayrılığı sorgulamaya itti. Şöyle yazmıştı: "Artık şuna kanaat getirdim: Kuramsal fizik asıl felsefedir."

Heisenberg'in fikirleri yerli yerine oturdukça ve matematik hesaplamaları geliştikçe heyecanı da giderek arttı. Ancak şiddetli bir saman nezlesi geçirdiğinden Göttingen'den ayrılarak Kuzey Denizi'nde, üzerinde çok az şeyin yetiştiği kayalık bir adada inzivaya çekilmek zorunda kaldı. Bütün yüzü korkunç biçimde şişmişti. Buna rağmen gece gündüz çalışmaya devam etti ve fiziği tamamen değiştirecek fikirler hakkındaki ilk çalışmasını oluşturan araştırmasını bitirdi.

Heisenberg eve döndüğünde bulgularını kaleme aldı ve bir kopyasını arkadaşı Pauli'ye, diğerini de Born'a verdi. Çalışmada bir metodoloji özetleniyor ve bazı basit problemlere uygulanıyordu fakat Heisenberg fikirlerini pratik bakımdan ilgi çekebilecek herhangi bir şeyin hesaplanmasına uygulamamıştı. Çalışması çok kabataslak, korkunç bir biçimde karmaşık ve son derece gizemliydi. Born için, bununla karşılaşmak, bir kokteyl partisinde karşılaştığınız, hiç susmayan fakat söyledikleri bir anlam da ifade etmeyen o insanlardan biriyle konuşmak gibiydi herhalde. Bu zorlukta bir çalışmayı okumaya kalkan çoğu insan birkaç dakika bakar, sonra elinden bırakıp bir bardak şarap alırdı. Ancak Born okumaya devam etti. Sonunda Heisenberg'in çalışmasından o kadar etkilendi ki hemen Einstein'a yazdı ve genç bilim insanının fikirlerinin "kesinlikle doğru olduğunu ve meselenin özüne indiğini" söyledi.

Ancak Bohr ve Heisenberg gibi, Born da Einstein'ın izafiyet teorisinden ilham almıştı ve Heisenberg'in neyin ölçülebileceğine odaklanmasının, Einstein'ın izafiyet teorisini oluştururken zamanın ölçülme biçiminin operasyonel yönlerine büyük özenle yaklaşmasına benzediğine dikkat çekti.

Oysa Einstein Heisenberg'in teorisini beğenmedi ve bu da kuantum teorisinin evriminde Einstein ile kuantumun ayrılmaya başladıkları nokta oldu: Einstein, cisimlerin konum ve hız gibi belirli özelliklerinin olduğu iyi tanımlanmış nesnel bir realitenin varlığından vazgeçen bir teoriyi bir türlü destekleyemiyordu. Bir atomun özelliklerinin, atomun yörüngesini referans almayan geçici bir teoriyle açıklanabiliyor olmasını hazmedebilirdi. Ancak bu yörüngelerin var olmadıklarını beyan eden *temel* bir teori... Bu, onun katılamayacağı bir şeydi. Daha sonra yazacağı gibi, "Fizikçilerin realitenin dolaylı bir

tanımıyla ... kalıcı olarak tatmin olmayacaklarını düşünmeye başladım."

Heisenberg kendisi de ne yaratmış olduğundan emin değildi. Daha sonra, bir gece, bir keşfin eşiğine gelmişken saat üçe kadar çalışıp sonra da yeni bulgulara ulaşmanın heyecanıyla gözüne uyku girmediğinden söz etti. Gelgelelim fikirlerini öne sürdüğü ilk tezinin taslağı üzerinde çalışırken babasına şöyle yazdı: "Çalışmalarım şu sıralar pek iyi gitmiyor. Çok fazla bir şey üretmiyorum ve bundan başka bir [tezin] çıkıp çıkmayacağını bilmiyorum."

Bu esnada Born da Heisenberg'in tuhaf matematiğini çözmeye çalışıyordu. Sonra bir gün bir aydınlanma anı yaşadı: Başka bir yerde Heisenberg'inki gibi bir dizge görmüştü. Dizilerin, matematikçilerin "matris" dediği bir şeye benzediğini hatırladı.

Matris cebri o sıralar az kişinin bildiği bir konuydu ve anlaşılan Heisenberg onu yeniden icat etmişti. Born, Pauli'den Heisenberg'in çalışmasını matematiğin matris diline çevirmesine (ve bu dili Heisenberg'in elinde sonsuz sayıda bir sıra ve sütun olduğu olgusuna olanak verecek şekilde genişletmesine) yardım etmesini istedi. İleride Nobel Ödülü'nü kazanacak olan Pauli tedirgin oldu. Born'u arkadaşının güzel "fizik fikirlerini" "abes matematikle" ve "meşakkatli ve karmaşık biçimcilikle" bozmaya çalışmakla suçladı.

Gerçekte ise matris dili çok büyük kolaylık sağlayacaktı. Born matris cebri konusunda kendine başka bir yardımcı, öğrencisi Pascual Jordan'ı buldu ve aylar sonra Kasım 1925'te Heisenberg, Born ve Jordan; Heisenberg'in kuantum teorisi üzerine günümüzde bilim tarihinde bir dönüm noktası olan bir tez sunmuşlardı. Bunun üzerinden çok geçmeden, Pauli onların çalışmalarını özümsedi ve yeni teoriyi, hidrojenin spektral çizgilerini elde etmek ve bu çizgilerin elektrik ve

manyetik alanlardan nasıl etkilendiklerini göstermek için uyguladı ki bu önceden mümkün olmayan bir şeydi. Bu, yeni gelişmeye başlayan teorinin, kısa süre sonra Newton mekaniğini yerinden edecek ilk pratik uygulamasıydı.

***

Atom fikrinin ortaya atılmasından bu yana iki bin yıldan fazla, Newton'un matematiksel mekaniği icat etmesinden bu yana iki yüz yıldan fazla ve Planck ile Einstein'ın kuantum kavramını ortaya atmalarından bu yana yirmi yıldan fazla zaman geçmişti. Heisenberg'in teorisi bir bakıma tüm bu uzun bilimsel düşünüş silsilelerinin doruk noktasıydı.

Sorun şu ki, tam olarak geliştirildiğinde Heisenberg'in teorisinde, Bohr'un teorisinin birkaç satırda açıklamış olduğu atomun enerji seviyelerini açıklamak için otuz sayfa gerekiyordu. Bütün bunlara, daima pratik biri olmuş olan terzi babam şöyle derdi: "*Bunun* için mi yıllarca çalışmak zorunda kaldı?" Buna rağmen Heisenberg'in teorisi *üstündü*, çünkü teori, Bohr'un sadece o amaca mahsus varsayımları yerine derin ilkelere dayanarak sonucunu ortaya koyuyordu. Bu nedenle hemen benimseneceğini düşünebilirdiniz. Ancak fizikçilerin çoğu doğrudan bir kuantum teorisi araştırmakla meşgul değildi ve neredeyse babam gibi düşünüyorlardı. Onların açısından, üç satır yerine otuz sayfa gerektirmesi ileri doğru bir atılmış adım gibi görünmüyordu. Onlar –Rutherford'un aralarında olması dikkat çekiciydi– etkilenmemişlerdi; tez ilgilerini çekmemişti. Heisenberg'i, termostatı değiştirerek arabanızı onarabileceğini, fakat yeni bir araba satın almanızın daha iyi olacağını söyleyen bir oto tamircisi gibi görüyorlardı.

Gelgelelim kuantum teorisi duayenlerinden meydana gelen küçük grubun tepkisi ise farklıydı. Neredeyse hepsinin ağızları açık kalmıştı. Çünkü Heisenberg'in, herkesin kabul



Werner Heisenberg, Niels Bohr'la birlikte

edeceği gibi karmaşık teorisi, mesenin özüne inen bir şekilde, neden Bohr'un geçici hidrojen atomu teorisinin işe yaramış olduğunu açıklıyor ve ayrıca gözlemlenen verilerin eksiksiz bir tanımını da sağlıyordu.

Özellikle Bohr açısından bu, başlamasına yardımcı olduğu bir araştırmanın zirve noktasıydı. Atomunun yalnızca bu maksatla oluşturulmuş geçici bir model olduğunun, önünde sonunda daha genel bir teoriyle açıklanması gerektiğinin farkındaydı ve bunun o teori olduğuna kanaat getirmişti. "Heisenberg'in son çalışmaları sayesinde, uzun zamandır dileklerimizin odağı olan olasılıklar bir çırpıda gerçekleşti," diyordu.

Bir süredir fizik camiasında öyle tuhaf bir durum vardı ki, adeta bir Dünya Kupası maçında sonucu tayin eden gol atılmış ama bunu sadece bir avuç taraftar fark etmiş gibiydi. İşin garip yanı, kuantum teorisini sadece uzmanların ilgisini çeken bir teoriden, fiziğin tümünün ardındaki ana teori olarak tanınmaya götüren şey, birkaç ay sonra Ocak ve Şubat

1926'da iki çalışmanın ortaya çıkması oldu. Bu ikisi birlikte, çok farklı kavram ve yöntemleri –görünüşe bakılırsa, farklı bir realite görüşünü– kullanan, *başka bir* genel kuantum teorisini tanımlıyorlardı.

Yeni ortaya çıkan rakip teori atomdaki elektronları bir dalga olarak tanımladı. Bu, şüphesiz elektronlar bağlamında olmasa da fizikçilerin gözlerinde canlandırmaya alışkın oldukları bir kavramdı. Tuhaf bir biçimde, farklılıklara rağmen, Heisenberg'in teorisi gibi, bu da Bohr'un atomunu açıklıyordu. Yunanlılardan bu yana, bilim insanları atomu tanımlayan bir teori olmadan eldeki fikirlerle idare etmek zorunda kalmışlardı. Şimdi görünüşe bakılırsa ellerinde iki tane teori vardı ve bunlar birbiriyle bağdaşmaz görünüyorlardı; bir tanesi doğayı madde dalgaları ve enerjiden ibaret olarak görürken, diğeri de doğayı bir şeylerden ibaret gibi görmenin anlamsız olduğunda ısrar ediyor, sadece veriler arasındaki matematiksel bağlantıları göz önüne almamız gerektiğini belirtiyordu.

Yeni kuantum teorisi Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger'in (1887–1961) eseriydi ve tarz olarak Heisenberg'in teorisinden, bu iki adamın kendileri ve çığır açan buluşlarını yaptıkları yerler kadar farklıydı. Heisenberg çalışmasını şişmiş sinüslerle kayalık bir adada tek başına kapandığı yerde yaptığı halde, Schrödinger kendi çalışmasını Alplerdeki tatil kasabası Arosa'da metresiyle birlikte geçirdiği bir Noel tatili sırasında yapmıştı. Matematikçi bir arkadaşı şöyle diyordu: "Büyük eserini, ileri yaşlarında tecrübe ettiği bir erotik patlama sırasında yarattı." Matematikçinin "ileri" kelimesiyle kastettiği Schrödinger'in otuz sekiz yaşında olmasıydı.

Belki de matematikçinin Schrödinger'in ileri yaşı hakkında anlatmak istediği bir şey vardı. Sık sık, genç fizikçilerin yeni fikirleri kabul ettiklerini, orta ve ileri yaşta olanların da sanki değişmekte olan bir dünyada değişimleri benimsemek

zor geliyormuş gibi geleneksel yöntemlere özlem duyduklarını gördük. Schrödinger'in çalışmasının ise aslında başka bir örnek olduğunu görürüz çünkü yeni teorisini oluşturmasının nedeni Heisenberg'inkinin aksine geleneksel fiziğe benzeyen bir kuantum teorisine sahip olmak arzusuydu: Schrödinger bilindik olanı altüst etmeye çalışmıyor, sürdürmek için mücadele ediyordu.

Çok daha genç Heisenberg'in aksine, Schrödinger atomdaki elektronların hareketini *zihninde canlandırdı*. Her ne kadar kendisine ait egzotik "madde dalgaları", elektrona Bohr'un yörüngelerinin yaptığı gibi doğrudan Newtoncu özellikler kazandırmasa da, ilk başlarda kimsenin tam olarak nasıl yorumlayacağını bilmediği kendisine ait yeni kuantum "dalga teorisi" Heisenberg teorisinin gerektirdiği nahoş realite görüşünden kaçınma vaadini sunuyordu.

Bu, fizikçilerin takdir ettiği bir alternatifti. Schrödinger'den önce, kuantum mekaniği kabul görmekte yavaş kalmıştı. Sonsuz sayıda matris denklemi gerektiren Heisenberg'in alışılmadık matematiği korkunç derecede karmaşık görünüyordu ve fizikçiler görselleştirebilecekleri değişkenlerden vazgeçerek sembolik dizileri kullanmakta zorluk çekiyorlardı. Öte yandan Schrödinger'in teorisinin kullanımı kolaydı ve bu fizikçilerin üniversitede okurken ses dalgaları ve su dalgaları bağlamında halihazırda eğitimini almış olduklarına benzer bir denkleme dayanıyordu. Klasik fizikçilerin ekmek kapısı olan bu metodoloji kuantum fiziğine geçişi nispeten kolaylaştırıyordu. Bunun kadar önemli olan başka bir nokta da, Schrödinger'in yörüngeler gibi Newton kavramlarını halen kullanmamasına rağmen, atomu görselleştirmenin bir yolunu bularak kuantum teorisini –ve Heisenberg'in uğruna mücadele etmekte olduğu şeyin antitezini– daha makul kılmış olmasıydı.

Hatta Einstein bile Schrödinger'in teorisini sevdi; en azından ilk başlarda. Madde dalgaları fikrini kendi de düşünmüş ve geçmişte bu Avusturyalıyla birlikte çalışmıştı. Nisan 1926'da Schrödinger'e, "Çalışmanızın fikri gerçek dehadan kaynaklanıyor!" diye yazdı. On gün sonra ona tekrar yazdı: "Heisenberg-Born yönteminin yanıltıcı olduğuna kanaat getirdiğim gibi, sizin de kuantum durumunun açık ve kesin ifadesiyle kati bir ilerleme kaydettiğinize kanaat getirdim." Mayıs başında yine Schrödinger'in çalışması hakkında hararetli bir yazdı yazdı.

Gelgelelim o ay Schrödinger başka bir bomba patlattı: Elde ettiği sonuç karşısında kendi de şaşıran Schrödinger kendi teorisi ile Heisenberg'in teorisinin matematiksel olarak eşdeğer olduğunu gösteren bir çalışma yayımladı. İkisi de doğruydu. Yani, iki teori farklı kavramsal çerçeveler –doğa "başlığı altında" olagelen şeylere dair farklı görüşler (aslında Heisenberg başlığın altına bakmayı bile reddetmişti)– kullanmalarına rağmen bunların dildeki önemsiz farklılıklar olduğu ortaya çıktı: İki teorinin *gözlemlediklerimiz* hakkında söyledikleri aynıydı.

Yirmi yıl sonra işler daha da karıştı (veya ilginçleşti). Richard Feynman, matematiği ve kavramsal çerçevesi hem Heisenberg'inkinden hem de Schrödinger'inkinden oldukça farklı fakat matematiksel yönden önceki teorilere eşdeğer –aynı fizik ilkelerine işaret eden ve özdeş tahminlerde bulunan– üçüncü bir kuantum teorisi formülasyonu oluşturdu.

Wallace Stevens şöyle yazıyordu: "Üç zihinden ibarettim / İçinde üç karatavuk olan / Bir ağaç gibi." Ancak fiziğe terc̈üme edildiğinde bu durum tuhaf görünebilir. Eğer fizik bir "hakikati" öne sürüyorsa, tek bir "doğru" teoriden fazlası olabilir mi? Evet, fizikte bile işleri gözden geçirmenin birçok yolu olabilir. Fizikçileri zihinsel tasvirlerini, somut bir realiteden çok matematikten oluşturmaya yönelten, kelimenin tam an-

lamıyla "görülemeyen" atom, elektron veya Higgs parçacığı gibi şeyleri "gözden geçirdiğimiz" modern fizikte bu özellikle doğrudur.

Fizikte bir kişi bir teoriyi bir kavram setiyle ifade ederken başka biri aynı fenomeni açıklayan benzer bir teoriyi farklı bir kavram setiyle ifade edebilir. Bu uygulamayı siyasetteki sağcı solcu kavgalarına benzer çekişmelerin üzerine çıkaran şey ise fizikte bir görüşün geçerli sayılması için deney testini geçmesinin gerekmesidir ve bu da birbiri ardına gelen teorilerin aynı sonuçlara ulaşması gerektiği anlamına gelir. Bu siyasi felsefelerin nadiren yaptıkları bir şeydir.

Bu da bizi teorilerin keşif mi yoksa icat mı edildikleri meselesine geri getirir. Felsefi bir soru olan dışsal bir nesnel gerçekliğin var olup olmadığı sorusuna girmeden, kuantum teorisini oluşturma sürecinin fizikçilerin doğayı araştırırken birçok ilkesine rastlamaları yönünden bir *keşif*, bilim insanlarının, hepsi de aynı işi yapan birtakım farklı kavramsal çerçeveleri tasarlayıp oluşturmaları yönünden de *icat* olduğu söylenebilir. Tıpkı maddenin bir dalga veya parçacık olarak davranabilmesi gibi, bunu tanımlayan teorinin de görünüşe göre iki çelişkili özelliği var gibidir.

Schrödinger kendi teorisiyle Heisenberg'in teorisinin eşdeğer olduğunu gösteren çalışmasını yayımladığında, kimse henüz onun formülasyonunu uygun biçimde yorumlayamamıştı. Gene de onun kanıtı, gelecekteki çalışmaların onun yaklaşımının Heisenberg'in teori versiyonunda zaten bariz olan felsefi meseleleri öne sürdüğünü göstereceğini netleştirdi. Böylece bu çalışmadan sonra, Einstein bir daha asla yazılarında kuantum teorisini onaylayacak cinsten sözler sarf etmedi.

Çok geçmeden Schrödinger kendisi bile kuantum teorisine karşı çıktı. "Ne gibi sonuçlar ortaya çıkaracağını bilse" çalış-

malarını yayımlamayabileceğini söyledi. Görünüşte zararsız teorisini Heisenberg'in sindirilmesi zor alternatifini hükümsüz kılma gayretiyle yaratmıştı, fakat eşdeğer olmaları kendi çalışmasının sakıncalı sonuçlarını anlamamış olduğu anlamına geliyordu. Sonunda, tek yaptığı ateşi beslemek ve kabul etmemeyi tercih ettiği yeni kuantum fikirlerini daha da ilerletmek olmuştu.

Schrödinger eşdeğer çalışmasındaki sıradışı duygusal bir dipnotta şöyle yazdı: "Bana çok zor ve görselleştirmeden yoksun gelen," Heisenberg'in yöntemleri nedeniyle, "hem cesareti kırılmış, hem de geri püskürtülmüş" hissettiğini yazdı. Bu ani değişiklik karşılıklıydı. Schrödinger'in teorisini sunduğu çalışmaları okuduktan sonra Heisenberg Pauli'ye şöyle yazdı: "Schrödinger'in teorisinin fiziksel kısmı üzerinde kafa yordukça onu daha itici bulmaya başladım. ... Schrödinger'in teorisinin görselleştirilebilirliği hakkında yazdıkları saçmalıktan ibaret."

Rekabetin tek taraflı olduğu ortaya çıktı, çünkü Schrödinger'in yöntemi hızla çoğu fizikçi için ve çoğu problemi çözdüğü için tercih edilen bir formalizm örneği olarak sonuçta galip çıktı. Kuantum teorisi üzerinde çalışan bilim insanlarının sayısı hızla artarken Heisenberg'in formülasyonunu kullananların sayısı azaldı.

Heisenberg'in teorisini geliştirmesine yardım etmiş olan Born bile Schrödinger'in yöntemini benimsedi ve hatta Heisenberg'in arkadaşı Pauli bile Schrödinger'in denklemini kullanarak hidrojen spektrumunu elde etmenin bu kadar kolay olmasına hayran kaldı. Bunların hiçbiri Heisenberg'in hoşuna gitmedi. O sıralarda Bohr teoriler arasındaki ilişkiyi daha iyi kavramaya odaklanmıştı. Sonunda İngiliz fizikçi Paul Dirac teoriler arasındaki derin bağlantının eksiksiz bir açımlamasını

yaptı ve hatta ilgili meselelere bağlı olarak, aralarında hareket etmelerine olanak sağlayan kendi melez formalizmini –günümüzde desteklenen formalizmi– bile icat etti. 1960 itibarıyla, kuantum teorisinin uygulamalarına dayalı 100000'den fazla çalışma yapılmıştı.

***

Kuantum teorisindeki tüm ilerlemelere rağmen, daima onun özünde yatacak olan Heisenberg'in yaklaşımıdır, çünkü Heisenberg gidişizi veya yörüngesi olan klasik parçacık tanımını bertaraf etme dürtüsünden ilham almıştı ve 1927'de nihayet bu savaşta zaferi garantileyen çalışmayı yayımladı. Kesin olarak, hangi formalizm örneğini kullanırsanız kullanın, bunun bilimsel bir ilke meselesi –günümüzde belirsizlik ilkesi olarak bildiğimiz şey– olduğunu, Newton'un yaptığı gibi hareketi tanımlamanın anlamsız olduğunu gösterdi. Newton'un gerçeklik kavramı makroskobik düzeylerde geçerli *görünebilmesine* rağmen, makroskobik cisimleri oluşturan atom ve moleküllerin bulunduğu daha temel seviyede, evren çok farklı bir yasa setiyle yönetilir.

Belirsizlik ilkesi, konum ve hız gibi bazı gözlemlenebilir çiftler hakkında belirli bir zamanda bilebileceklerimizi sınırlar.* Bu ölçüm teknolojisindeki bir kısıtlamadan veya insanın becerisinin sınırlı olmasından kaynaklanmaz, daha çok doğanın dayattığı bir kısıtlamadır. Kuantum teorisi *cisimlerin* konum ve hız gibi *belirli özellikleri olmadığını* ve dahası, bunları ölçmeye çalışırsanız, birini ne kadar hassas ölçerseniz diğerini o kadar az hassasiyetle ölçebileceğinizi söyler.

Teknik açıdan, belirsizlik ilkesi konum ile kütle çarpı hıza eşit olan *momentum* bilgimizi sınırlar, fakat amacımız açısından bu ayrım önemli değildir.

Günlük yaşamımızda, kuşkusuz konum ve hızı istediğimiz kadar hassasiyetle ölçebiliriz. Bu durum belirsizlik ilkesiyle çelişiyor gibi görünür fakat kuantum teorisinin matematiğini gözden geçirdiğinizde, gündelik hayatımızda rol alan cisimlerin kütleleri çok büyük olduğu için belirsizlik ilkesinin günlük yaşam fenomenleriyle ilgili olmadığını görürsünüz. İşte bu yüzden Newton fiziği bu kadar uzun süredir çok işe yaramıştır. Ancak fizikçiler atom ölçeğindeki fenomenlerle uğraşmaya başladıklarında Newton'un vaat ettiklerinin sınırları belirginleşir.

Örneğin, elektronun ağırlığının futbol topunun ağırlığı kadar olduğunu varsayın. Bu takdirde, bir elektronun konumunu herhangi bir yönde bir milimetre içinde olacak şekilde kesin olarak belirtirseniz, yine de hızını, saatteki bir kilometrenin milyarda birinin milyarda birinin milyarda birinden daha büyük bir hassasiyetle ölçebilirsiniz. Günlük yaşamımızda böyle bir hesaplamayı kullanabileceğimiz bir şey için bu kesinlikle yeterlidir. Ancak gerçek elektron bir futbol topundan çok daha hafif olduğu için, yapılacak hesaplama ayrı bir hikâyedir. Eğer gerçek bir elektronun konumunu yaklaşık olarak bir atomun büyüklüğüne karşılık gelen bir hassasiyetle ölçerseniz, belirsizlik ilkesi elektronun hızının saatte artı eksi bin kilometre civarından daha hassasiyetle belirlenemeyeceğini söyler; bu da hareketsiz duran bir elektron ile bir jumbo jetten daha hızlı hareket eden elektronun hızı arasındaki farktır. Böylece burada Heisenberg kendini temize çıkarmış olur: sonuç olarak doğa kesin elektron yollarını belirleyen gözlemlenemez atom yörüngeleri olmasını yasaklamıştır.

Kuantum teorisi daha iyi anlaşıldıkça, kuantum dünyasında hiçbir kesinlik olmadığı, yalnızca olasılıklar olduğu belli oldu: "Evet, bu olacak," yoktur, "Elbette, bunlardan biri olabilir," vardır. Newtoncu dünya görüşünde, bugünkü evren

kendisinin gelecekteki herhangi bir halinin veya geçmişteki belli bir halinin izini taşıyor gibi görünür ve yeterli zekâya sahip biri Newton'un yasalarını kullanarak onu görebilir. Eğer dünyanın iç kısımları hakkında yeterli verimiz varsa depremleri tahmin edebiliriz; havayla ilgili her fiziksel detayı bilirsek, prensipte kesin olarak yarın –veya yüzyıl sonra– yağmur yağıp yağmayacağını söyleyebiliriz.

Bu Newton "belirlenimciliği" Newton biliminin özünde yatar: Bir olay bir başka olaya, o da bir diğerine sebep olur ve bunların hepsi matematiğin yardımıyla tahmin edilebilir. Ekonomistlerden sosyal bilimcilere kadar herkese "fizikçilerin elindekine biz de sahip olmak istiyoruz" ilhamını veren bu baş döndürücü cinsten belirlilik Newton'un keşfinin bir parçasıydı. Fakat kuantum teorisi bize bunun özünde yatan şeyin şu olduğunu söyler: Her şeyin atom ve parçacıklardan oluşmuş olduğu atom ve parçacıkların temel seviyesinde dünya belirli değildir, evrenin şimdiki hali gelecekteki –veya geçmişteki– olayları belirlemez, ancak birçok alternatif gelecekten –veya geçmişten– birinin meydana gelme olasılığını belirler. Kuantum teorisinin bize anlattığı kozmos dev bir bingo oyunu gibidir. Einstein, Born'a yazdığı ve ünlü sözünü sarf ettiği mektupta bu fikirlere tepkisini dile getiriyordu: "[Kuantum] teorisi çok şey ortaya çıkarıyor fakat İhtiyarın gizemine bizi pek yaklaştırmıyor. Ne olursa olsun *Onun* zar atmadığı kanısındayım."

Einstein'ın Tanrı kavramını "İhtiyar" sözcüğüyle dile getirmesi enteresandır. Einstein örneğin İncil'de dile gelen geleneksel kişileşmiş Tanrı'ya inanmıyordu. Einstein için "Tanrı" yaşamlarımızın mahrem detaylarında yer alan bir oyuncu değildi, kozmosun yasalarının güzellik ve mantıksal basitliğini temsil ediyordu. Böylece Einstein İhtiyarın zar atmadığını söylerken, doğanın muhteşem düzeninde rastlantısallık için bir rol kabul edemeyeceğini söylemek istiyordu.

Babam fizikçi de değildi, zar da atmazdı ve Polonya'da yaşarken sadece birkaç yüz kilometre ötesinde fizikte kaydedilen büyük gelişmelerden de haberdar değildi. Ancak ona kuantum belirsizliğini açıkladığımda Einstein'la kıyaslandığında çok daha az zorlandı. Babama göre, evreni anlama serüveni teleskop veya mikroskopla yapılan gözlemlere değil, daha çok insanlık haline odaklanıyordu. Böylece Aristoteles'in doğal ve şiddet içeren değişim arasındaki ayrımı kendi yaşantısından anladığı gibi, yine geçmişte yaşadıkları kuantum teorisindeki rastlantısallığı kabullenmesini kolaylaştırdı. Babamın başından geçen o olayda, Naziler kasabanın pazar yerinde, binlerce Yahudi'yi sıraya sokuyormuş. O sırada babam korumakla görevlendirilmiş olduğu kaçak bir yeraltı lideriyle birlikte bir umumi tuvalete saklanmış. Fakat ne babam ne de kaçak kokuya dayanabildiklerinden sonunda ortaya çıkmışlar. Kaçak oradan fırlayıp kaçmış ve bir daha da onu gören olmamış. Babamı ise sıranın sonuna doğru götürmüşler.

Sıra yavaş hareket ettiğinden babam herkesin kamyonlara bindirildiğini görebiliyormuş. Sıra babamın önündeki üçüncü kişiye gelince SS subayı kamyona adam bindirme işini durdurmuş. Kendisine 3000 Yahudi lazım olduğunu söylemiş. Sırada da görünüşe göre 3004 kişi varmış. Nereye gidiyorlarsa artık onsuz gideceklermiş. Babam daha sonra gittikleri yerin yöre mezarlığı olduğunu, herkese büyük bir toplu mezar kazmaları söylendikten sonra vurularak öldürüldüklerini ve mezara gömüldüklerini öğrenmiş. Babam Alman kesinliğinin Nazi zulmüne baskın çıktığı bir ölüm piyangosunda 3004 rakamını çekmişti. Bu babamın kavramakta zorlandığı bir rasgelelik vakasıydı. Kuantum teorisinin rasgeleliği ise tam tersine kolaydı.

Yaşamlarımız gibi, bilimsel bir teori de temel ilkelere dayanabilir veya kum üzerine inşa edilebilir. Fiziksel dünyaya dair

sınırsız bir umut besleyen Einstein, kuantum teorisinin, uzun vadede çöküşüne götürecek zayıf bir temel olan kum üzerine inşa edildiğinin ortaya çıkacağını düşünüyordu. Belirsizlik ilkesi ortaya çıktığında, bunun temel bir doğa yasası değil, kuantum mekaniğinin bir sınırlaması –bu teorinin sağlam zemine dayanmadığının bir göstergesi– olduğunu öne sürdü.

Cisimlerin konum ve hız gibi niceliklerinin kesin değerleri *olduğuna* fakat kuantum teorisinin bunların üstesinden gelemediğine inanıyordu. Kuantum mekaniğinin başarısı inkâr edilemez olduğu halde, nesnel gerçekliği eski konumuna getiren daha derin bir teorinin tamamlanmamış somut bir örneği olması gerektiğini söyledi. Einstein dışında çok az insan bu inancı paylaşmasına rağmen bu yıllarca kimsenin göz ardı edemeyeceği bir olasılıktı ve Einstein ölene kadar bir gün haklı çıkacağını düşündü. Gelgelelim son yıllarda, İrlandalı kuramsal fizikçi John Bell'in (1928–1990) zekice çalışmalarına dayanan sofistike deneyler bu olasılığı *bertaraf etmiştir*. Kuantum belirsizliği artık kalıcıdır.

Born, "Einstein'ın hükmü, sert bir darbe gibi geldi," diyordu. Born, Heisenberg'le birlikte kuantum teorisinin olasılık yorumuna önemli katkılarda bulunmuştu ve daha pozitif bir tepki beklemişti. Einstein'a tapıyordu ve sanki çok saygı duyulan bir lider tarafından yüzüstü bırakılmış gibi bir kayıp hissi yaşadı. Diğerleri de benzer şekilde hissettiler ve hatta Einstein'ın fikirlerini reddederken neredeyse ağlamaklı oldular. Ancak belirttiği gibi "yalnız başına küçük şarkısını" söyleyen ve "dışardan bakıldığında oldukça tuhaf" görünen Einstein kısa sürede kuantum teorisine olan itirazında, kendini neredeyse yapayalnız buldu. 1949'da, Born'un çalışmalarını reddettiği ilk mektubundan aşağı yukarı yirmi yıl sonra ve ölümünden altı yıl önce, Born'a şöyle yazdı: "Beni yılların etkisiyle fosilleşmiş bir şey, kör ve sağır biri olarak görüyorlar.

Bu benim mizacıma çok uygun düştüğü için bu rolü o kadar da antipatik bulmuyorum."

***

Kuantum teorisi çağlar üzerinden yaptığımız yolculuğumuzda karşılaştığımız seçkin entelektüel topluluklarının beyin gücünü aşmış veya en azından onlar kadar olan bilimsel beyin gücünün Orta Avrupa'da yoğunlaşmasıyla oluşturuldu. Yenilik, doğru fiziksel ve sosyal çevreyle başlar, bu yüzden uzak diyarlarda bulunanların çok az katkıda bulunmaları tesadüf değildir: Atomla ilintili yeni fenomenleri birbiri ardına ortaya çıkaran teknik gelişmelerin teşvik ettiği kuramsal fizikçiler evrenin bazı özelliklerine ilişkin insanlık tarihinde ilk kez ortaya konan görüş ve gözlemleri belli bir zaman ve mekânda değiştokuş eden topluluğun parçası olma şansını yakalamışlardı. Avrupa'da, doğanın yeni âleminin ana hatları görünene kadar gökyüzünü aydınlatan imgelem patlamalarının art arda yaşandığı sihirli bir zamandı.

Kuantum mekaniği birkaç ülkede çalışan, fikirlerini paylaşıp tartışan fakat hepsi de aynı amaca olan tutku ve bağlılıklarında müttefik olan birçok bilim insanının emek ve dehasından doğdu. Ancak bu büyük dimağların hem ittifakları hem de çatışmaları çok geçmeden, kıtalarını ele geçirmek üzere olan kaos ve vahşetin gölgesinde kalacaktı. Kuantum fiziğinin yıldızları kötü karıştırıldıkları için uçan oyun kartları gibi dağıldılar.

Sonun başlangıcı Ocak 1933'te, Almanya başkanı Feldmareşal Paul von Hindenburg'un, Adolf Hitler'i Almanya'nın şansölyesi olarak atamasıyla geldi. Hemen ertesi gece, –Heisenberg, Born ve Jordan'ın Heisenberg'in mekaniği üzerinde birlikte çalıştıkları– büyük üniversite şehri Göttingen'de üniformalı Naziler meşale ve gamalı haç sallayarak, vatan şarkıları söyleyerek, Yahudilere sataşarak caddelerde yürüyüş

yaptılar. Aylar içinde Naziler ülkenin dört bir yanında kitap yakma törenleri düzenlediler ve üniversitelerin Ari ırkından olmayan akademisyenlerden temizlenmesini istediler. Ansızın, en saygın Alman entelektüellerinden birçoğu ya evlerini terk etmek ya da Polonya'daki terzi babam gibi bir seçeneği olmayanlar ülkelerinde kalıp büyümekte olan Nazi tehdidiyle yüzleşmek zorunda kaldılar. Beş yıl içinde aşağı yukarı iki bin üst düzey bilim insanının, ya soyları ya da siyasi inançları yüzünden kaçmış oldukları tahmin ediliyor.

Ancak Hitler'in yükselişiyle ilgili, Heisenberg'in büyük bir sevinçle şöyle söylediği aktarılır: "Şimdi artık en azından bir düzenimiz var, huzursuzluğa son verildi ve Almanya'yı yöneten güçlü bir idaremiz var ki bu Avrupa'nın yararına olacak." Heisenberg ergenlik çağlarından bu yana Alman toplumunun gidişatından memnun değildi. Milliyetçi bir gençlik grubuna aktif olarak katılmıştı. Bu grubun bakir doğaya yapılan doğa yürüyüşlerinde, kamp ateşi etrafında, Almanya'nın ahlaki çöküşünü ve ortak bir amaç ve gelenekten yoksun olmasını yeren tartışmalar yapılıyordu. Heisenberg bir bilim insanı olarak siyasetten uzak durmayı hedeflese de Hitler'i Almanya'yı Birinci Dünya Savaşı öncesi muhteşemliğine geri döndürebilecek güçlü bir adam olarak görmüş gibiydi.

Gelgelelim Heisenberg'in savunduğu ve gerçekte icat edilmesine yardım ettiği yeni fiziğin Hitler'in canını sıkacağı kesindi. On dokuzuncu yüzyılda, Alman fiziği üstünlüğünü ve prestijini ağırlıklı olarak verilerin toplanması ve analiziyle tesis etmişti. Kuşkusuz matematik hipotezleri kuruldu ve analiz edildi fakat bu genel olarak fizikçinin odak noktası değildi. Ancak yirminci yüzyılın ilk yıllarında bir bilim dalı olarak serpilmekte olan kuramsal fizik, görmüş olduğumuz gibi, çok şaşırtıcı başarılar elde etti. Gelgelelim Naziler kuramsal fiziği aşırı derecede spekülatif ve matematiksel yönden kavranması

zor diye önemsemediler. Çok nefret ettikleri "dejenere" sanat gibi, iğrenç derecede gerçeküstü ve soyut gördüler. En kötüsü de, bunların çoğunun Yahudi kökenli bilim insanlarının (Einstein, Born, Bohr, Pauli) çalışmaları olmasıydı.

Naziler yeni teorileri de –izafiyet ve kuantum teorisi– dejenere olarak isimlendirerek bunların üniversitelerde öğretilmelerini yasakladılar. Heisenberg bile üzüldü çünkü Yahudi fizikçilerle "Yahudi fiziği" üzerinde çalışmıştı. Saldırılar devletine sadık Heisenberg'i kızdırdı, Heisenberg yabancı ülkelerden gelen sayısız prestijli pozisyon teklifine rağmen Almanya'da kalmış ve Üçüncü Reich'ın istemiş olduğu her şeyi yapmıştı.

Heisenberg, Schutzstaffel'in (SS) başı ve toplama kamplarının inşasından sorumlu olacak olan Heinrich Himmler'e doğrudan başvurarak problemlerini çözmeye çalıştı. Annesi ile Himmler'in annesi yıllardan beri birbirlerini tanıyorlardı ve Heisenberg bu bağlantıyı Himmler'e bir mektup ulaştırmak için kullandı. Himmler buna sekiz ay sürecek ve Heisenberg'e yıllarca kâbuslar yaşatacak yoğun bir soruşturmayla karşılık verdi, fakat soruşturma sonunda Himmler'in şu sözleriyle sona erdi: "Heisenberg'in düzgün biri olduğuna inanıyorum ve biz yeni bir nesli eğitebilecek olan bu nispeten genç adamı kaybetmeyi ya da susturmayı göze alamayız." Heisenberg de buna karşılık Yahudi fiziğinin Yahudi yaratıcılarını tanımamayı ve isimlerini herkesin önünde anmamayı kabul etti.

Kuantumun diğer önde gelen öncüleri arasında yer alan Rutherford o sıralar Cambridge'deydi. Cambridge'de akademik mültecilerin kaçmasına yardım etmeyi amaçlayan bir organizasyonun kurulmasına yardım etti ve başkanı oldu. Daha sonra 1937'de altmış altı yaşındayken düğümlü fıtık ameliyatını geciktirdiği için hayatını kaybetti. Cambridge'de Lukas

profesörü* olan Dirac bir süre İngiliz atom bombası projesiyle ilgili meseleler üzerinde çalıştı ve daha sonra Manhattan Projesi üzerinde çalışmak üzere davet edildi fakat etik nedenlerden dolayı bu teklifi reddetti. Son yıllarını Tallahassee'deki Florida Devlet Üniversitesi'nde geçiren Dirac 1984'te seksen iki yaşındayken orada hayatını kaybetti. O sıralarda Zürih'te profesör olan Pauli, Rutherford gibi uluslararası bir mülteci projesinin başındaydı, fakat savaş patlak verdiğinde İsviçre vatandaşlığından çıkarılınca Birleşik Devletler'e kaçtı ve orada yaşadığı sırada, savaşın sona ermesinden kısa süre sonra Nobel Ödülü'nü aldı. İleriki yıllarda mistisizm ve psikolojiye, özellikle rüyalara olan ilgisi giderek daha çok arttı ve Zürih'teki C.G. Jung Enstitüsü'nün kurucu üyesi oldu. 1958'de, bir Zürih hastanesinde, elli sekiz yaşındayken pankreas kanserinden öldü.

Schrödinger, Pauli gibi Avusturyalıydı fakat Hitler başa geçtiği sırada Berlin'de yaşıyordu. Hitler söz konusu olduğunda, birçok şeyde olduğu gibi, Schrödinger'in Heisenberg'in antitezi olduğu görüldü: O sözünü sakınmayan bir Nazi karşıtıydı ve çok geçmeden Almanya'dan ayrılarak Oxford'da bir pozisyon elde etti. Bundan kısa süre sonra Dirac'la birlikte Nobel Ödülü'nü aldı. Alman fiziğini bir arada tutmaya çalışan Heisenberg Schrödinger'in ayrılmasına içerledi, "çünkü o ne Yahudi'ydi ne de başka bir şekilde tehlike altındaydı".

Schrödinger'in Oxford'daki çalışma hayatı uzun sürmedi. Sorun, hem eşi hem de daha çok ikinci eşi gibi gördüğü metresiyle birlikte yaşamasıydı. Biyografi yazarı Walter Moore'un Oxford'da yazdığı gibi, "Eşler talihsiz dişi takıntılar gibi görü-

---

Bu, daha önce Newton ile Babbage'ın işgal ettiği ve daha sonra da Hawking'in işgal edeceği makamdı.

lüyordu. ... Oxford'da bir eşinizin olması acınacak bir durumdu; iki eşinizin olması ise ağza alınamayacak kadar kötüydü".

Schrödinger sonunda Dublin'e yerleşti. 1961'de yetmiş üç yaşındayken tüberkülozdan öldü. İlk olarak bu hastalığa 1918'de, Birinci Dünya Savaşı'nda savaşırken yakalanmıştı ve kendi kuantum versiyonunu geliştirmiş olduğu, Alplerdeki Arosa tatil beldesinin en sevdiği yer olmasının nedeni de o zamandan beri çektiği solunum rahatsızlıklarıydı.

Hitler iktidara geldiğinde Einstein ve Born Almanya'da yaşıyorlardı ve Yahudi kökenleri yüzünden zamanında göç etmeleri bir ölüm kalım meselesiydi. O sıralar Berlin'de profesör olan Einstein, Hitler göreve atandığı sırada tesadüfen Birleşik Devletler'deki Caltech'i ziyaret etmekteydi. Almanya'ya dönmemeye karar verdi ve bir daha da asla oraya ayak basmadı. Kişisel mallarına ve mülküne el koyan Naziler izafiyet teorisi hakkındaki çalışmalarını yaktılar ve başına beş bin dolarlık bir ödül koydular. Fakat o hazırlıksız yakalanmamıştı: California'ya doğru yola çıkarlarken Einstein eşine evlerine iyice bir bakmasını istemiş, "Bu evi bir daha göremeyeceksin," demişti. Karısı onun o sırada saçmaladığını düşünmüştü.

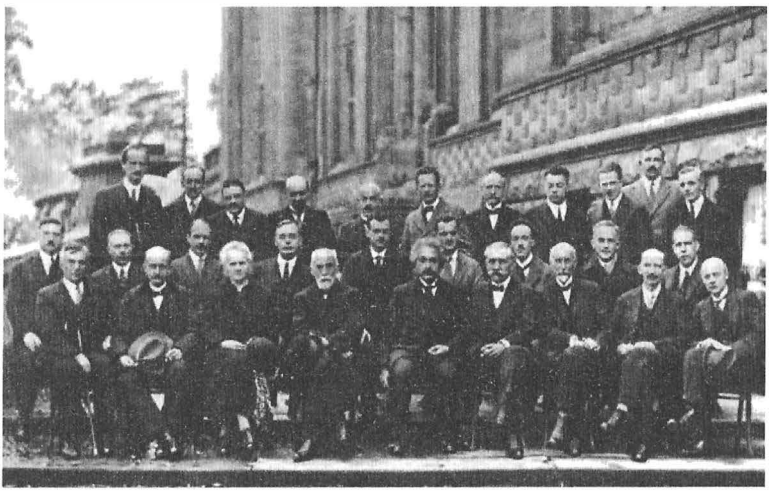
Einstein 1940'ta Amerikan vatandaşı oldu fakat İsviçre vatandaşlığını da korudu. 1955'te öldüğünde on iki yakın arkadaşının toplanmış olduğu bir krematoryuma getirildi. Kısa bir anma töreninden sonra naaşı yakıldı ve külleri gizli bir yere saçıldı. Fakat Princeton Hastanesi'ndeki bir patolog beynini çıkarmış olduğu için o zamandan bu yana aralıklarla beyni incelenmiştir. Beyninden geriye kalanlar günümüzde Maryland Silver Spring'deki Birleşik Devletler Ordusu Ulusal Sağlık ve Tıp Müzesi'nde bulunuyor.

Öğretmenlik yapması yasaklanan ve çocuklarının sürekli taciz edilmesinden endişelenen Born da derhal Almanya'dan

ayrılmanın yollarını araştırmaya başladı. Heisenberg Born'un Ari olmayanların çalışma kısıtlamasından hariç bırakılması için çok uğraştı fakat Born Pauli'nin mülteci organizasyonunun yardımıyla, Temmuz 1933'te Cambridge'de bir iş ayarlayarak ayrıldı ve daha sonra Edinburgh'a taşındı. Heisenberg 1932'de –birlikte yaptıkları çalışma için– Nobel Ödülü'nü kazandığında es geçilen Born 1954'te bu ödülü kazandı. 1970'te öldü. Mezar taşında kuantum teorisinin en ünlü denklemlerinden biri olan "$pq - qp = h/2\pi$," yazılıdır, o ve Dirac'ın birbirlerinden bağımsız olarak keşfettikleri bir ilke olan bu matematiksel ifade Heisenberg'in belirsizlik ilkesinin temeli olacaktı.*

Danimarka'da yaşayan ve günümüzde adı Niels Bohr Enstitüsü olarak geçen kurumu idare eden Bohr bir süreliğine Hitler'in eylemlerinden birazcık daha yalıtılmıştı ve mülteci olan Yahudi bilim insanlarının Birleşik Devletler, Britanya ve İsveç'te iş bulmalarına yardım etti. Fakat 1940'ta Hitler Danimarka'yı işgal etti ve 1943 sonbaharında Kopenhag'daki İsveç büyükelçisi Bohr'u, Danimarka'nın bütün Yahudilerini sürgün etme planının bir parçası olarak hemen tutuklanabileceği konusunda uyardı. Aslında, ilk başta önceki ay tutuklanması planlanıyordu fakat Naziler toplu tutuklamaların en yüksek noktasına kadar beklerlerse daha az hiddete yol açacağını düşündüler. Bu gecikme Bohr'u kurtardı ve eşiyle birlikte İsveç'e kaçtı. Ertesi gün Kral V. Gustav'la görüşen Bohr onu Yahudi mültecilere resmen iltica teklif etmesi için ikna etti.

Kendi doktora tezimin izini Max Born'a kadar sürmekten gurur duyuyorum. Sıra şöyle: Born / J. Robert Oppenheimer (Manhattan Projesi'nin başına geçti) / Willis Lamb (Nobel Ödülü'nü kazandı ve lazeri bulanlardan biri oldu) / Norman Kroll (ışık ve atom teorisine önemli katkılarda bulundu) / Eyvind Wichmann (doktora danışmanım, matematiksel fizikte önemli bir figür).



1927'de Brüksel'deki Beşinci Solvay Uluslararası Elektron ve Foton Konferansı'ndaki kuantum teorisi öncüleri. Arka sıra: Schrödinger (soldan altıncı), Pauli (sekizinci), Heisenberg (dokuzuncu). Orta sıra: Dirac (beşinci), Born (sekizinci), Bohr (dokuzuncu). Ön sıra: Planck (ikinci), Einstein (beşinci).

Gelgelim bizzat Bohr kaçırılma tehdidi altındaydı. İsveç Alman ajanlarıyla kaynıyordu ve her ne kadar gizli bir yerde saklansa da Naziler onun Stockholm'de olduğunu biliyorlardı. Çok geçmeden Winston Churchill Bohr'a, İngilizlerin onu tahliye edecekleri haberini ulaştırdıktan sonra Bohr, Alman avcı uçaklarından kaçabilecek hızlı, yüksekten uçan ve silahsız bir bombardıman uçağı olan de Havilland Mosquito'nun bomba kompartımanında bir şilte içine yerleştirildi. Yolda Bohr oksijensizlikten bayılsa da hayatta kalmayı başardı. Ardından ailesi geldi. Bohr İngiltere'den Birleşik Devletler'e geçti ve orada Manhattan Projesi'nin danışmanı oldu. Savaştan sonra Kopenhag'a döndü ve 1962'de yetmiş yedi yaşındayken öldü.

Büyük kuantum teorisyenlerinden sadece Planck, Heisenberg ve Jordan Almanya'da kaldılar. Jordan büyük deneyselci Geiger gibi Nazi taraftarıydı. Alman ordusunun üç milyon

fırtına birliği askerlerinden biri olan Geiger uzun çizmeli ve kollarında gamalı haçlı armaları olan kahverengi üniformalarını gururla giydi. Çeşitli ileri silah projelerinde Nazi partisinin ilgisini çekmeyi denedi fakat ne tuhaftır ki "Yahudi fiziğiyle" olan bağlantısı nedeniyle göz ardı edildi. Savaştan sonra politikaya atıldı ve Alman parlamentosu Bundestag'da bir koltuk kazandı. 1980'de yetmiş yedi yaşındayken öldü, bu ilk öncüler arasında Nobel Ödülü'nü kazanamayan tek bilim insanıydı.

Planck Nazilere sempati beslemiyordu fakat sessizce bile olsa onlara karşı koymak için pek bir şey yapmadı. Bilakis, Heisenberg gibi onun önceliği de Alman biliminin mümkün olduğunca fazlasını muhafaza ederken, bütün Nazi yasa ve yönetmeliklerine uymak gibi görünüyordu. Mayıs 1933'te Hitler'le bir toplantı yaptı, amacı Hitler'i Alman akademilerinden Yahudileri kovan politikalarından vazgeçirmekti fakat toplantı şüphesiz hiçbir şeyi değiştirmedi. Yıllar sonra Planck'ın yakın olduğu en küçük oğlu Nazi partisini daha cesurca değiştirmeye çalıştı; oğlu Hitler'e 20 Temmuz 1944'te suikast yapmayı planlayan grubun bir üyesiydi. Grubun diğer üyeleriyle birlikte Gestapo tarafından tutuklandı, işkence gördü ve infaz edildi. Bu Planck için trajedilerle dolu bir yaşamın trajik zirvesiydi. Beş çocuğundan üçü genç yaşta hayatlarını kaybetmişti; en büyük oğlu Birinci Dünya Savaşı'nda bir muharebe sırasında öldürülmüş ve iki kızı da doğum yaparken ölmüştü. Bununla birlikte, en sonunda Planck'ın yaşama arzusunu sona erdiren olayın oğlunun Gestapo tarafından infaz edilmesi olduğu söylenir. Planck iki yıl sonra seksen dokuz yaşındayken öldü.

Heisenberg ilk başlarda hevesli olmasına rağmen zamanla Nazilerden soğudu. Buna rağmen Üçüncü Reich'ın dört bir

yanında önemli bilimsel konumlarda bulundu ve görevlerini şikâyet etmeden yerine getirdi. Yahudiler üniversitelerden kovulduklarında, yerlerini doldurabilecek kişileri bularak Alman fiziğini korumak için elinden geleni yaptı. Nazi partisine hiç katılmadı, fakat görevinde kaldı ve rejimle köprüleri atmadı.

Alman atom bombası projesi 1939'da başlatıldığında hemen harekete geçen Heisenberg muazzam bir gayretle kendini işe verdi. Çok geçmeden bir nükleer fisyon zincirleme reaksiyonunun mümkün olabileceğini ve nadir bir izotop olan saf uranyum 235'in iyi bir patlayıcı olacağını gösteren hesaplamaları tamamladı. Almanya'nın savaşın başlarında kaydettiği başarıların onun sonunda yenilmesine yol açmış olma olasılığı tarihin birçok ironisinden biridir: Rejim ilk başlarda bomba projesine yönelik birçok kaynaktan faydalanmadı çünkü savaş çok iyi gidiyordu ve zamanla durum tersine döndüğünde çok geç olmuştu; Naziler bir bomba yapamadan yenilgiye uğradılar.

Savaştan sonra Heisenberg, önde gelen dokuz Alman bilim insanıyla birlikte kısa bir süre İtilaf kuvvetleri tarafından tutuklandı. Salıverilmesinden sonra, tekrar fizikteki temel sorular üzerinde çalışmaya, Alman bilimini yeniden inşa etmeye döndü ve ülkesi dışındaki bilim insanları arasındaki itibarını iyileştirmeye çalıştı. Heisenberg 1 Şubat 1976'da Münih'teki evinde öldüğünde bir zamanlar sahip olduğu itibarını asla geri kazanamamıştı.

Fizik camiasının savaştan sonra Heisenberg'e olan farklı tepkileri belki benim davranışımda da görülebilir. 1973'te öğrenciyken Harvard'da kuantum teorisinin gelişimi üzerine yaptığı bir konuşmaya katılma şansı buldum fakat canım hiç gitmek istemedi. Fakat yıllar sonra yönetici olduğu enstitüde Alexander von Humboldt üyesi olduğumda, sık sık ofisinin

dışında durur ve kuantum mekaniğini icat etmesine yardımcı olan ruh hakkında uzun uzun düşünürdüm.

***

Büyük kuantum öncülerinin geliştirdiği kuantum teorisi makroskobik dünyaya dair genel fizik tanımımızı değiştirmemesine rağmen, toplumda sanayi devriminin yarattığı kadar dev bir değişim yaratarak yaşam tarzımızda devrim yaratmıştır. Kuantum teorisinin yasaları modern toplumu yeniden inşa eden tüm bilgi ve iletişim teknolojilerinin temelini oluşturur: bilgisayar, internet, uydu, cep telefonu ve bütün elektronik aletler. Ancak kuantum teorisinin pratik uygulamaları kadar önemli olan başka bir şey ise bize doğa ve bilim hakkında anlattıklarıdır.

Newtoncu dünya görüşünün zafer gösterisi, doğru matematiksel hesaplarla, insanoğlunun bütün doğal fenomenleri tahmin edip açıklayabileceğini vaat etmiş ve dolayısıyla bilim insanlarının her girişim alanında konularına Newton'un gözüyle bakmak istemelerine esin kaynağı olmuştu. Yirminci yüzyılın ilk yarısının kuantum fizikçileri bu büyük amaçları yok etti ve nihayetinde hem güçlendiren hem de son derece alçak gönüllü kılan bir hakikati açığa çıkardı. Güçlendiren çünkü kuantum teorisi deneyimimizin ötesindeki görünmeyen bir dünyayı anlayıp manipüle edebileceğimizi gösterir. Ve alçak gönüllü kılan çünkü binyıllar boyunca bilim insanları ve filozofların kaydettiği ilerleme anlayış kapasitemizin sonsuz olduğu izlenimini uyandırıyordu, fakat artık doğa, kuantum fizikçilerinin büyük keşifleri vasıtasıyla konuşarak bilebileceklerimiz ve kontrol edebileceklerimizin sınırları olduğunu söylüyor. Üstelik kuantum bize diğer görünmez dünyaların var olabileceğini, evrenin olağanüstü gizemli bir yer olduğunu ve gözlem ufkunun ötesindeki bu titreşimlerin, dü-

şünce ve teoride yeni devrimler gerektiren başka muammalı fenomenler olabileceğini hatırlatır.

Bu sayfalarda, bizlerden hem fiziksel hem de zihinsel olarak çok farklı olan ilk insan türüyle başlayan milyonlarca yıllık bir yolculuğa çıktık. Bu dört milyon yıllık yolculukta bugün içinde bulunduğumuz çağa girmemiz göz açıp kapayıncaya kadar geçen bir süreye karşılık gelir, bu çağda doğayı yasaların idare ettiğini öğrendik. Hatta bu yasaların gündelik hayatımızda deneyimlediğimiz olayları aşan bir etkiye sahip olduğunu da gördük. Yeryüzünde ve gökyüzünde olup bitenlerden daha çok şeyi, Hamlet'in Horatio'ya söylediği gibi, felsefemizde hayal ettiğimizden daha fazla şeyi yönetiyorlardı.

Bilgimiz yakın gelecekte artmaya devam edecek ve bilim yapan insanların sayısındaki üstel büyüme göz önüne alındığında, önümüzdeki yüz yılın son bin yılki kadar büyük gelişmeler getireceğine inanmamız mantıklı olur. Fakat bu kitabı okuyorsanız, insanların çevremizde olup bitenler hakkında sordukları soruların teknik yönü ağır basan sorulardan ibaret olmadığını bilirsiniz; biz insanlar doğada güzellik görür, anlam ararız. Sadece doğanın işleyişini bilmek istemeyiz; bu işleyiş içerisinde nasıl bir yer tuttuğumuzu da anlamak isteriz. Yaşamlarımıza ve sonlu varlığımıza bir bağlam kazandırmak; kendimizi diğer insanlara, onların neşe ve kederine, bu neşe ve kederin minik roller oynadığı muazzam kozmosa bağlı hissetmek isteriz.

Evrendeki yerimizi anlamak ve kabul etmek zor olabilir fakat bu en başından bu yana doğayı inceleyenlerin amaçlarından biri olmuştur. Metafizik, etik ve estetiğin yanı sıra, bilimi de felsefenin bir dalı olarak gören ilk Yunanlardan, doğa araştırmasını Tanrı'nın doğasını anlamanın bir vasıtası olarak üstlenen Boyle ve Newton gibi öncülere dek bu hep böyle algılanmıştır. Benim için, fiziksel dünyaya dair idrakler ile insan

dünyası arasındaki bağlantı bir gün Vancouver'da televizyon dizisi *MacGyver*'ın setinde tüm çıplaklığıyla ortaya çıktı. Çekmekte oldukları bölümü ben yazmıştım ve düşük sıcaklıktaki bir fizik laboratuvarının görünümüne ilişkin sahne donanımı görevlilerine ve set tasarımcılarına bilgi veriyordum. Tam bu gündelik teknik görüşmeler sırasında aniden, ilk kez biz insanların doğadan üstün olmadığımız, çiçekler gibi açıp solduğumuz veya Darwin'in ispinozları gibi doğup öldüğümüz gerçeğiyle yüzleşmek zorunda kaldım.

Her şey prodüksiyon ofisinden sette bana bir telefon bağlanmasıyla başladı. On iki yaşındaki çocukların hepsinin bir cep telefonunun olduğu günümüzden önceki o günlerde, sete telefon gelmesi sıra dışı bir olaydı ve telefon mesajlarını normalde saatler sonra, kâğıt parçalarına çiziktirilmiş halde alırdım. Şöyle mesajlardı bunlar: *Leonard: <okunaksız> seni istiyor <okunaksız>. Acil dedi! Onu ara <okunaksız>*. Bu defa farklıydı. Bu defa bir prodüksiyon asistanı bana bir telefon getirdi.

Telefonun diğer ucunda Chicago Üniversitesi hastanesinden bir doktor vardı. Babamın felç geçirdiğini ve komada olduğunu söyledi; aylar önce geçirdiği aort ameliyatının bir sonucuydu bu. Akşamüstü hastaneye vardığımda, gözleri kapalı, sırtüstü yatmış, huzurlu görünen babama dalgın dalgın baktım. Yanına oturup saçlarını okşadım. Sanki uykudaymış da her an uyanıp bana gülümseyebilir, bana dokunmak için uzanabilir ve kahvaltı için biraz çavdar ekmeği ile salamura ringa balığı isteyip istemediğimi sorabilirmiş gibi cana yakın ve canlı görünüyordu.

Babamla konuştum. Ona onu sevdiğimi söyledim; yıllar sonra, ara sıra uyumakta olan çocuklarıma da aynı şeyi söyledim. Fakat doktor babamın uyumadığını özellikle belirtti. Sesimi duyamayacağını söyledi. Babamın beyin ölçümlerinin

neredeyse ölmüş olduğunu gösterdiğini söyledi. Babamın sıcak vücudu, görünüşe göre, *MacGyver*'ın fizik laboratuvarı gibiydi; dıştan iyi görünen fakat aslında anlamlı bir işlev yerine getiremeyen sadece bir kabuktu. Doktor babamın tansiyonunun ve nefes alıp vermesinin yavaş yavaş azalarak öleceğini söyledi.

Tam o anda bilimden nefret ettim. Bilimin yanlış olduğunun kanıtlanmasını istedim. Bilim insanları ve doktorlar kim oluyorlardı da size bir insanın kaderini söylüyorlardı? Babamın geri gelmesi veya sadece onu sevdiğimi söylemek ve hoşça kal demek için bir günlüğüne, bir saatliğine veya bir dakikalığına geri gelmesi için ne olursa, gerekirse her şeyimi verirdim. Ancak son doktorun tam olarak söylediği gibi geldi.

Sene 1988'di ve babam yetmiş altı yaşındaydı. Ölümünden sonra ailemiz "şiva yaptı", yani geleneksel yedi günlük yas süremizde günde üç kez dua edip evden çıkmadık. Hayatım boyunca oturma odamızda oturup onunla konuşmuştum, fakat şimdi orada otururken o yalnızca bir anıydı ve onunla bir daha asla konuşmayacağımı biliyordum. İnsanın entelektüel yolculuğu sayesinde babamın atomlarının halen var olduklarını ve daima var olacaklarını biliyordum, fakat aynı zamanda atomlarının onunla birlikte ölmeseler de artık dağılacaklarını da biliyordum. Babam olarak bildiğim varlık halindeki teşekkülleri yok olmuştu ve benim ve onu seven başkalarının zihinleri haricinde, bir daha asla var olmayacaktı. Ve biliyordum ki bir süre sonra aynı şey benim de başıma gelecekti.

Fiziksel dünyanın esaslarını kavramak için gösterdiğim çaba sayesinde öğrendiklerimin beni duyarsız yapmadığını, aksine bana kuvvet verdiğini görmem beni şaşırtmıştı. Bunlar kalp kırıklığını aşmama, daha büyük bir şeyin parçası olduğumu düşünmemi sağlayarak kendimi çok yalnız hissetmememe yardımcı oldu. Gözlerimi varlığımızın, her birimize ne

kadar bahşedilmişse kalan yıllarımızın müthiş güzelliğine açmamı sağladı. Babam liseye bile gitme fırsatını hiç bulamadığı halde, fiziksel dünyanın doğasına karşı büyük bir takdir ve merak duymuştu. Gençliğimde bu oturma odası konuşmalarından birinde bir keresinde bir gün bunun hakkında bir kitap yazacağını söylemiştim. Sonunda yıllar sonra, işte bu kitabı yazdım.



Babamın anneme evlenme teklif ettiği gece, New York, 1951

SONSÖZ

Eski bir bilmece vardır: Bir gün bir keşiş güneş doğarken, yüksek bir dağın zirvesinde bulunan bir tapınağa gitmek üzere manastırdan ayrılır. Dağda oldukça dar ve rüzgârlı olan tek bir patika vardır ve bazı bölümleri oldukça dik olduğu için keşiş zaman zaman ağırdan alsa da tapınağa günbatımından hemen önce varır. Ertesi sabah gene gündoğumunda patikadan iner ve gene günbatımında manastırına ulaşır. Soru şudur: Patika üzerinde keşişin iki günde de tam olarak aynı zamanda geçeceği bir nokta var mıdır? Amaç noktayı belirlemek değil, sadece böyle bir nokta olup olmadığını bulmaktır.

Bu bir numaraya, gizli bilgiye veya bir sözcüğün alışılmamış bir yorumuna dayanan bir bilmece değildir. Keşişin yolda her öğle vakti dua ettiği bir sunak yoktur, keşişin iniş veya çıkış hızı hakkında bilmeniz gereken bir şey yoktur, bulmacayı çözmek için tahmin etmeniz gereken başka bir eksik detay yoktur. Hayır, bu bulmacadaki durum oldukça açıktır ve muhtemelen yanıtı belirlemeniz için gereken her şeyi bir okuyuşta anlayabilirsiniz.

Bunu bir süre düşünün, çünkü bu bulmacayı çözmekteki başarınız, bilim insanlarının çağlar boyu yanıtlamak için uğraştıkları birçok soru gibi sabır ve sebatınıza bağlı olabilir.

Fakat daha da önemlisi, bütün iyi bilim insanlarının bildiği gibi, soruyu doğru şekilde sorma, geri adım atıp problemi birazcık farklı bir bakış açısından görme becerinize bağlı olacaktır. Bir kez bunu yaptığınızda, yanıt kolaydır. Zor olan, bu bakış açısını bulabilmektir. İşte bu nedenle Newton'un fiziğinin, Mendeleyev'in periyodik tablosunun ve Einstein'ın izafiyet teorisinin yaratılmaları için idrak kabiliyetleri ve yaratıcılıkları çok fazla olan insanlar gerekiyordu; gene de bunlar günümüzde uygun bir dille açıkladığında fizik ve kimya dalında eğitim gören bir üniversite öğrencisi tarafından anlaşılabilecek şeylerdir. İşte bu yüzden bir nesli hayrete düşüren bir şey ardından gelenler için sıradan bilgi haline gelerek bilim insanlarının daha da büyük yükseklikleri aşmalarına olanak sağlar.

Keşiş bilmecesini çözmek için, bir gün boyunca dağa tırmanan ve ertesi gün inen keşiş resmini zihninizde tekrar oynatmak yerine, bir düşünce deneyi yapalım ve problemi farklı bir biçimde görselleştirelim. İki keşiş olduğunu düşünelim; ikisi de *aynı gün* gündoğumunda yola çıkıyor, ancak biri dağa çıkarken diğeri iniyor. Kuşkusuz ikisi yolda birbirlerinin yanından geçeceklerdir. Birbirlerinin yanından geçecekleri nokta bulmacadaki keşişin iki günde de aynı zamanda geçeceği noktadır. Bu yüzden bulmacanın yanıtı "evet"tir.

Keşişin patikadaki belirli bir noktaya hem inişinde hem çıkışında aynı zamanda ulaşacak olması olasılık dışı bir tesadüf gibi görünebilir. Fakat bir kez zihninizi aynı gün inen ve çıkan iki keşiş hayalini düşünecek şekilde özgürleştirdiğinizde, bunun bir tesadüf değil kaçınılmaz bir şey olduğunu görürsünüz.

Bir bakıma, kavrayışımızın gelişmesi her biri dünyaya birazcık farklı bakabilen birinin oluşturduğu bu tarz hayallerin art arda gelmesiyle mümkün oldu: Galileo'nun hava direncinin olmadığı teorik bir dünyada düşen cisimleri hayal etmesi, Dalton'un, eğer görünmez atomlardan oluşuyorlarsa elementlerin nasıl bileşik oluşturacak şekilde reaksiyon gösterebileceklerini imgelemesi, Heisenberg'in, atom âleminin günlük yaşamımızda deneyimlediklerimize hiç benzemeyen tuhaf yasalar tarafından yönetildiklerini tasavvur etmesi. Fantastik düşünce tayfının bir ucu "uçuk" diğer ucu da "vizyoner" olarak etiketlenir. İşte fikirleri bu aralıktaki çeşitli noktalarda oluşan uzun bir düşünür silsilesinin samimi çabaları sayesinde kozmos hakkındaki kavrayışımız gelişerek günümüzde bulunduğu noktaya ulaşmıştır.

Eğer önceki sayfalarda şu konuların önemini anlatabildiysem amacıma ulaştım demektir: insanın fiziksel dünyaya dair düşüncelerinin kökleri; bu fiziksel dünyayı inceleyenlerin ilgilendikleri soru çeşitleri; teori ve araştırmaların doğası; kültür ve inanç sistemlerinin araştırmaları etkileme şekilleri. Bu zamanımızın birçok sosyal, profesyonel ve ahlaki meselelerini anlamamız açısından önemli bir noktadır. Fakat bu kitabın büyük bir bölümü bilim insanlarının ve diğer yenilikçilerin düşünme şekilleri hakkındadır.

İki bin beş yüz yıl önce, Sokrates, eleştirel ve sistematik bir biçimde düşünmeden yaşayan bir kişiyi, uygun yöntemleri izlemeden işini yapan bir zanaatkâra benzetir. Çanak çömlek yapmak basit görünebilir fakat değildir. Sokrates'in zamanında, kil Atina'nın güneyindeki bir ocaktan elde edilir, özel yapım bir tekerleğin üzerine yerleştirilir, yapılan parçanın ça-

pına tam uygun bir hızda döndürülür, daha sonra süngerle silinir, kazınarak temizlenir, fırçalanır, sırlanır, kurutulur ve bir fırında her seferinde doğru derece ve nemde olmak üzere iki kez pişirilirdi. Bu işlemlerden birinin bile aksaması çanak çömleğin biçiminin bozulmasına, çatlamasına, renginin kaçmasına veya başka bakımlardan kötü görünümlü olmasına yol açardı. Sokrates aynı zamanda güçlü düşünmenin de bir sanat ve iyi yapılmaya değer bir şey olduğuna dikkat çekti. Ne de olsa, hepimiz bunu iyi uygulayamayan insanların, deforme olmuş, kusurlu yaşamlar yarattıklarını biliriz.

Çok azımız atomları veya uzay ve zamanın doğasını inceler, fakat hepimiz içinde yaşadığımız dünya hakkında teoriler oluşturur ve bu teorileri, iş ve özel yaşamımızda ve yatırım biçimimizde, sağlıklı yiyecekleri ve hatta bizi neyin mutlu ettiğini belirlemede bize rehberlik etmeleri için kullanırız. Ayrıca, bilim insanları gibi, yaşamda hepimiz buluş yapmak zorundayız. Bu çok az zaman veya enerjiniz olduğunda ne yemek yapacağınızı belirlemek, notlarınız kaybolduğunda ve bütün bilgisayarlar göçtüğünde bir sunumu doğaçlama yapmak, veya geçmişin zihinsel yükünü ne zaman salıvereceğinizi ve sizi besleyen geleneklere ne zaman tutunacağınızı bilmek gibi yaşamınızı değiştiren bir şey yapmak anlamına gelir.

Yaşamın kendisi, özellikle modern yaşam, biz bilim insanları kendimiz öyle düşünmesek bile, bilim insanlarının karşı karşıya olduklarına benzer entelektüel zorluklar sunar. Dolayısıyla, bu serüvenden derlenebilecek bütün dersler arasında belki de en önemlileri, başarılı bilim insanlarının karakterini, esnek ve geleneksel olmayan düşünme biçimlerini, sabırlı yaklaşımlarını, başkalarının inançlarına biat etmemelerini,

olaylara farklı açılardan bakmaya verdikleri değeri ve sordukları sorulara yanıt bulabileceklerine daima inandıklarını ortaya koyanlardır.

***

Günümüzdeki evren anlayışımız hangi noktada? Yirminci yüzyıl bütün cephelerde muazzam gelişmelere tanık oldu. Fizikçiler atom bilmecesini çözüp kuantum teorisini icat ettiklerinde, bu ilerlemeler diğerlerini de mümkün kıldı, böylece bilimsel keşiflerin temposu daha da arttı.

Kimyagerler elektron mikroskobu, lazer, bilgisayar gibi yeni kuantum teknolojilerinin yardımıyla, kimyasal bağın doğasını ve kimyasal tepkimelerde moleküllerin şeklinin ne rol oynadığını anladılar. Bu esnada, bu tepkimeleri yaratma ve kullanma teknolojisi de patlama yapmıştı. Yüzyılın ortası itibarıyla dünya yeniden oluşturulmuştu. Artık doğadan elde ettiğimiz maddelere bağlı olmayan bizler sıfırdan yeni yapay maddeler oluşturmayı ve yeni kullanımlar için eski malzemelerde değişiklik yapmayı öğrendik. Plastik, naylon, polyester, sertleştirilmiş çelik, vulkanize kauçuk, rafine petrol, kimyasal gübre, dezenfektan, antiseptik, klorlu su... Liste böylece uzayıp gider. Sonuç olarak, yiyecek üretimi arttı, ölüm oranı düştü ve insan ömrü hızla uzadı.

Aynı zamanda, biyologlar hücrenin moleküler bir makine olarak işlev görmesini detaylandırmada, genetik bilgilerin nesiller arasında aktarılışını çözmede ve türümüzün genetik tasarımını tanımlamada büyük ilerleme kaydettiler. Günümüzde gizemli enfeksiyöz etkenleri tanımlamak için vücut sıvılarından elde edilen DNA parçacıklarını analiz edebiliriz.

DNA'nın bazı bölümlerini yenilerini oluşturmak amacıyla mevcut organizmalara ekleyebiliriz. Farelerin beyinlerine optik elyaflar yerleştirip onları sanki robotmuş gibi kontrol edebiliriz. Ve bir bilgisayarın karşısına oturup insan beyinlerinin düşünce oluşturmalarını veya duygu deneyimlemelerini izleyebiliriz. Bazı durumlarda düşüncelerini bile okuyabiliriz.

Ancak bu kadar ilerlemiş olmamıza rağmen, nihai yanıtlara yaklaştığımıza inanmamız neredeyse kesinlikle yanlıştır. Böyle düşünmek tarih boyunca yapılmış bir hata olmuştur. Eski zamanlarda, Babilliler dünyanın deniz tanrıçası Tiamat'ın cesedinden yaratıldığından emindiler. Binlerce yıl sonra, Yunanlar doğa bilgimizde inanılmaz gelişmeler kaydettikten sonra, insanların çoğu dünyamızdaki bütün cisimlerin toprak, hava, ateş ve suyun bir birleşiminden yapıldığından aynı şekilde emindiler. Ve bir iki bin yıl daha geçtikten sonra, Newtoncular atomların hareketinden gezegenlerin yörüngelerine dek meydana gelmiş ve gelecek her şeyin prensipte Newton'un hareket yasalarını kullanarak öngörülebileceğine inanıyorlardı. Bunların hepsi de tutkulu bir biçimde ileri sürülen kanılardı ve hepsi de yanlıştı.

Hangi zamanda yaşarsak yaşayalım, biz insanlar kendimizin bilginin zirvesinde durduğumuza –her ne kadar bizden öncekilerin inançları kusurlu olsa da bizim yanıtlarımızın doğru olduğuna ve asla onlarınki gibi hükümsüz kılınmayacaklarına– inanma eğilimindeyiz. Bilim insanları –en büyükleri bile– bu tür böbürlenmelere başkalarından daha az meyilli değil. 1980'lerde Stephen Hawking'in, fizikçilerin yüzyıl sonu itibarıyla "her şeyin teorisini" elde edeceklerini söylediğine tanık olduk.

Hawking'in o yıllarda öne sürdüğü gibi günümüzde doğa hakkındaki bütün temel soruları yanıtlamanın eşiğinde miyiz? Yoksa doğru olduğunu düşündüğümüz teorilerin yerine kısa süre sonra bambaşka bir şeyin geçeceği on dokuzuncu yüzyıl sonundaki gibi bir durumda mıyız?

Bilimin ufkunda, ikinci senaryonun doğru çıkabileceğini gösteren birkaç buluttan fazlası var. Biyologlar halen yaşamın dünyada ilk kez nasıl ve ne zaman ortaya çıktığını veya dünyamıza benzer diğer gezegenlerde yaşamın ortaya çıkmasının ne kadar olası olduğunu bilmiyorlar. Eşeyli üremenin evrimsel gelişimine güç sağlayan seçilim avantajlarını bilmiyorlar. Belki de en önemlisi, beynin zihnin deneyimlerini nasıl ürettiğini bilmemeleridir.

Kimyada da yanıtlanmamış büyük sorular var: su moleküllerinin, bu hayati sıvının sihirli özelliklerini oluşturacak şekilde komşularıyla hidrojen bağları oluşturmasının gizeminden, uzun aminoasit zincirlerinin yaşam için hayati olan spagetti benzeri kusursuz proteinleri oluşturacak şekilde nasıl katlandıklarının gizemine kadar. Buna rağmen en şiddetli tartışmalara yol açma potansiyeline sahip meseleler fizikte bulunur. Ancak fizikte ucu açık soruların, doğanın en temel yönleri hakkında artık bildiğimizi sandığımız her şeyi gözden geçirerek değiştirmemizi sağlama potansiyeli de vardır.

Örneğin, elektromanyetizmayı ve iki nükleer kuvveti birleştiren çok başarılı bir "standart kuvvet ve madde modeli" oluşturmamıza rağmen, neredeyse hiç kimse bu modelin nihai söz olarak kabul edilebileceğine inanmıyor. Ana sakıncalarından biri modelin kütleçekimini hariç tutmasıdır. Başka bir tanesi de birçok ayarlanabilir parametresi –"yanılma

payı"– olmasıdır, bunlar deneysel ölçüm temeline oturtulmuştur fakat hiçbir kapsayıcı teoriyle açıklanamazlar. Bir zamanlar bu zorlukların ikisini de çözme vaadinde bulunuyor görünen sicim teorisindeki –ya da M teorisindeki– gelişmelerin de hızının kesilmiş görünmesi, birçok fizikçinin buna dair beslediği büyük umutların doğruluğunun sorgulanmasına yol açıyor.

Aynı zamanda, en güçlü cihazlarımızla bile görebildiğimiz evrenin orada olanın çok küçük bir bölümü olduğundan şüphe ediyoruz, sanki yaradılışın çoğu en azından bir süreliğine bir gizem olarak kalmaya mahkûm hayaletimsi bir bölgeymiş gibi. Daha doğrusu, duyularımızla ve laboratuvarlarımızdaki araçlarla tespit ettiğimiz sıradan maddeler ve ışık enerjisi evrendeki madde ve enerjinin sadece yüzde 5'ini oluşturuyor gibidir. Geri kalanını görünmeyen, asla tespit edilemeyen "karanlık madde" dediğimiz madde türünün ve yine görünmeyen, asla tespit edilemeyen "karanlık enerji" dediğimiz enerji formunun oluşturduğu düşünülüyor.

Fizikçilerin karanlık maddenin var olduğunu varsaymalarının nedeni gökyüzünde *görebildiğimiz* maddenin, kaynağı bilinmeyen bir kütleçekiminin etkisi altındaymış gibi görünmesidir. Karanlık enerji de aynı şekilde gizemlidir. Bu fikrin popülerlik kazanması 1998'de evrenin giderek artan bir hızla genişlediğinin keşfedilmesinden sonra olmuştur. Bu fenomenler Einstein'ın kütleçekimi –genel izafiyet– teorisiyle açıklanabilir; bu teori, evrenin bir "karşı-kütleçekimi" etkisi oluşturan harici bir enerji formuyla baştan aşağı dolu olma olasılığına yer verir. Ancak bu "karanlık enerjinin" kaynağı ve doğası henüz keşfedilmemiştir.

Karanlık madde ve karanlık enerjinin mevcut teorilerimizle –standart model ve Einstein'ın izafiyet teorisi– uyumlu açıklamalar olduğu ortaya çıkacak mı? Veya Planck sabiti gibi sonunda bizi tümüyle farklı bir evren görüşüne mi yönlendirecekler? Sicim teorisinin doğru olduğu ortaya çıkacak mı, eğer çıkmayacaksa, doğadaki bütün kuvvetlerin "hata payları" olmayan birleşik bir teorisini keşfedebilecek miyiz? Bu soruların yanıtlarını kimse bilmiyor. Sonsuza dek yaşamayı istememin en önemli nedenlerinden biri bu soruların yanıtlarını öğrenmek. Sanırım beni bilim insanı yapan şey de bu.

TEŞEKKÜR

Bu fikirleri nihayet kâğıda döktüğüm yıllarda, bilimin ve bilim tarihinin çeşitli alanlarında eğitim almış olan ve müsveddenin çeşitli taslaklarını okuyup yapıcı eleştirilerini sunan birçok arkadaşımın görüşlerinden yararlanma ayrıcalığına sahip oldum. Özellikle Ralph Adolphs, Todd Brun, Jed Buchwald, Peter Graham, Cynthia Harrington, Stephen Hawking, Mark Hillery, Michelle Jaffe, Tom Lyon, Stanley Oropesa, Alexei Mlodinow, Nicolai Mlodinow, Olivia Mlodinow, Sandy Perliss, Markus Pössel, Beth Rashbaum, Randy Rogel, Fred Rose, Pilar Ryan, Erhard Seiler, Michael Shermer ve Cynthia Taylor'a müteşekkirim. Ayrıca temsilcim ve arkadaşım Susan Ginsburg'a, kitabın içeriği ve yayımlanmasına her bakımdan rehberlik ettiği ve bunlar kadar önemlisi, bu rehberliğin büyük kısmını şahane yemekler eşliğinde yaptığı için minnettarım. Bana muazzam derecede yardım eden başka bir kişi de kitabın gelişimi sırasında değerli eleştiriler ve önerilerde bulunan sabırlı editörüm Edward Kastenmeier'di. Ayrıca Penguin Random House'tan Dan Frank, Emily Gigliorano ve Annie Nichol'a ve Writer's House'tan Stacy Testa'ya yardımları ve tavsiyeleri için minnettarım. Ve son olarak, her gün yirmi dört saat göreve hazır olan diğer editörüm eşim Donna Scott'a çok teşekkür borçluyum. Hiç bıkmadan taslakları birbiri ardına okudu, her paragrafı inceledi ve genellikle de şarap eşliğinde, fakat (neredeyse) hiç sabırsızlık göstermeden

den, derin ve değerli öneri ve fikirlerini sundu ve çokça teşvik etti. Bu kitap babamla bilim hakkında konuşmaya başladığım çocukluğumdan bu yana zihnimde mayalandı. Babam anlattıklarımla her zaman ilgilendi ve bana hayatta kalmasını sağlayan kendi bilgeliğini aktardı. Eğer bu kitabı görecek kadar yaşasaydı çok değer vereceğini düşünmek isterim.

NOTLAR

1. Öğrenme Güdümüz

s. 15 icat edilen iki tekerlekli at arabası: Alvin Toffler, *Future Shock* (New York: Random House, 1970), 26.

s. 15 halen posta güvercini kullanıyordu: "Kronoloji: Reuters, Güvercinlerden Çoklu Ortam Birleşmesine," *Reuters*, 19 Şubat, 2008, erişim 27 Ekim, 2014, http://www.reuters.com/article/2008/02/19/us-reuters-thomson-chronology-idUSL1849100620080219.

s. 16 "Günümüz dünyası: Toffler, *Future Shock*, 13.

s. 19 "öznel ve psikolojik olarak koşullandırılmıştır": Albert Einstein, *Einstein's Essays in Science* (New York: Wisdom Library, 1934), 112.

2. Merak

s. 22 sıçan benzeri yaratıklardan: Maureen A. O'Leary ve diğerleri., "Plasentalı Memeli Ata ve Plasentalıların Post–K-Pg Işınımı," *Science* 339 (8 Şubat, 2013):662–67.

s. 24 "yaşamın tümü evrilerek belirli bir noktaya geldi: Julian Jaynes, *The Origin of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind* (Boston: Houghton Mifflin, 1976), 9.

s 25 insana benzer ilk canlılardan biri: Lucy ve önemi için bkz. Donald C. Johanson, *Lucy's Legacy* (New York: Three Rivers Press, 2009). Ayrıca bkz. Douglas S. Massey, "İnsan Toplumunun Kısa Bir Tarihi: Sosyal Yaşamda Duyguların Kökeni ve Rolü," *American Sociological Review* 67 (2002): 1–29.

s. 26 Lucy'nin çenesiyle birlikte büyük dişleri: B. A. Wood, "Australopithecusların Evrimi," *The Cambridge Encyclopedia of Human Evo-*

lution, ed. Stephen Jones, Robert D. Martin ve David R. Pilbeam (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1994), 239.

s. 26 omurga ve dizlerinin yapısı: Carol. V. Ward ve diğerleri., "Australopithecus afarensis'in Ayağındaki Komple Dördüncü Ayaktarağı ve Ayak Tabanı Kemerleri," *Science* 331 (11 Şubat, 2011): 750–53.

s. 26 Bu şekilde Lucy'nin evine ulaşmak için: 4×10^6 yıl önce = 2×10^5 nesil; 2×10^5 ev × Her ev için 30 metre genişliğinde yer ÷ mil başına 1500 metre = 650 km.

s. 27 Yarı yolda, Lucy'den 100.000: James E. McClellan III ve Harold Dorn, *Science and Technology in World History*, 2. baskı. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), 6–7.

s. 28 Beyin büyüklüğü bir türün bireyleri arasında: Javier DeFelipe, "Beynin Evrimi, Kortikal Devrelerin Beşeri Doğası ve Entelektüel Yaratıcılık," *Frontiers in Neuroanatomy* 5 (Mayıs 2011): 1–17.

s. 28 Hünerli Adam da dik duruyordu: Stanley H. Ambrose, "Paleolitik Teknoloji ve Beşeri Evrim," *Science* 291 (2 Mart, 2001): 1748–53.

s. 30 taş kesiciler kullandıklarını gösteriyor: "İnsan Olmak Ne Anlama Gelir?" Smithsonian Doğal Tarih Müzesi, erişim 27 Ekim, 2014, www. humanorigins.si.edu.

s. 30 yiyecek temin etme mücadelelerinde: Johann De Smedt ve diğerleri., "İnsan Beyni Neden Şempanze Beyninin Büyük Hali Değil," *Human Characteristics: Evolutionary Perspectives on Human Mind and Kind*, ed. H. Høgh- Olesen, J. Tønnesvang, ve P. Bertelsen (Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars, 2009) içinde, 168–81.

s. 31 cüce şempanzeler ... öğrenemiyor: Ambrose, "Paleolitik Teknoloji ve İnsan Evrimi," 1748–53.

s. 31 Son beyin görüntüleme çalışmaları: R. Peeters ve diğerleri, "İnsan ve Maymunlarda Alet Kullanımının Temsili: Ortak ve Kişiye Özel İnsani Özellikler," *Journal of Neuroscience* 29 (16 Eylül, 2009): 11523–39; Scott H. Johnson-Frey,"İnsanlarda Karmaşık Alet Kullanımının Nöral Temelleri," *TRENDS in Cognitive Sciences* 8 (Şubat 2004): 71–78.

s. 31 Bu ağı hasar görmüş olan: Richard P. Cooper, "Düşünsel İşlev Yitiminde Alet Kullanımı ve İlgili Hatalar: Hasta Hata Profillerinin Niceliksel Simülasyonu," *Cortex* 43 (2007): 319; Johnson-Frey, "Nöral Tabanlar," 71–78.

s. 32 *Homo erectus*, yani "Dik Duran Adam"dı: Johanson, *Lucy's Legacy*, 192–93.

s. 34 birkaç yüz kişinin soyundan: *Age.*, 267.

s. 35 biraz anlaşmazlık vardır: András Takács- Sánta, "Biyosferin Beşeri Dönüşümünün Tarihinde Temel Geçişler," *Human Ecology Review* 11 (2004): 51–77. Bazı araştırmacılar modern insan davranışlarının ilk olarak Afrika'da ortaya çıktığına ve daha sonra Avrupa'ya "Afrika'dan ikinci" bir göçle getirildiğine inanırlar. Bkz., örneğin, David Lewis-Williams ve David Pearce, *Inside the Neolithic Mind* (Londra: Thames ve Hudson, 2005), 18; Johanson, *Lucy's Legacy*, 257–62.

s. 35 en pahalı ikinci organdır: Robin I. M. Dunbar ve Suzanne Shultz, "Sosyal Beyinde Evrim," *Science* 317 (7 Eylül, 2007): 1344–47.

s. 35 Ancak doğa bizi ... en sağlam tür yapmamayı seçti: Christopher Boesch ve Michael Tomasello, "Şempanze ve İnsan Kültürleri," *Current Anthropology* 39 (1998): 591–614.

s. 36 bazen kutuları üst üste yığarken: Lewis Wolpert, "Nedensel İnanç ve Teknolojinin Kökenleri," *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 361 (2003): 1709–19.

s. 37 blokları kontrol ettiler: Daniel J. Povinelli ve Sarah Dunphy-Lelii, "Şempanzeler Açıklama Arar mı? Öncel Kıyaslamalı Araştırmalar," *Canadian Journal of Experimental Psychology* 55 (2001): 185–93.

s. 37 bütün *neden* sorularını not etti: Frank Lorimer, *The Growth of Reason* (Londra: K. Paul, 1929); alıntı: Arthur Koestler, *The Act of Creation* (Londra: Penguin,1964), 616.

s. 37 benzer bir yükselen tonlama: Dwight L. Bolinger, ed., *Intonation: Selected Readings.* (Harmondsworth, U.K.: Penguin, 1972), 314; Alan Cruttenden, *Intonation* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1986), 169–17.

s. 38 yatay yolun yarısına kadar: Laura Kotovsky ve Renee Baillargeon, "Küçük Bebeklerde Çarpışma Olayları Hakkında Kalibrasyon Temelli Akıl Yürütme," *Cognition* 67 (1998): 313–51.

3. Kültür

s. 43 İki buçuk kilometrekarelik bir araziden: James E. McClellan III ve Harold Dorn, *Science and Technology in World History*, 2. baskı. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), 9–12.

s. 43 Örneğin tahta, kerpiç ve taştan evler inşa ettiler: Bu gelişmelerin birçoğunun daha eski göçebe gruplar arasında öncüleri vardı fakat teknolojiler gelişmedi çünkü ürünler gezgin yaşam tarzına uymuyordu. Bkz. McClellan ve Dorn, *Science and Technology*, 20–21.

s. 44 omurga sorunları ... gibi sıkıntıları daha çok çektikleri: "Yiyecek aramadan Çiftçiliğe: Neolitik Devrimi Açıklamak," *Journal of Economic Surveys* 19 (2005): 562–86; Elif Batuman, "Sığınak," *New Yorker*, 19 Aralık, 2011, 72–83.

s. 44 "maddi bolluk": Marshall Sahlins, *Stone Age Economics* (New York: Aldine Atherton, 1972), 1–39.

s. 45 Afrika'daki San halkı: *bkz. age.*, 21–22.

s. 46 Göbekli Tepe: Andrew Curry, "Ritüelin Köklerini Araştırmak," *Science* 319 (18 Ocak, 2008): 278–80; Andrew Curry, "Göbekli Tepe: Dünyanın İlk Tapınağı?" *Smithsonian Magazine*, Kasım 2008, erişim 7 Kasım, 2014, http://www.smithsonianmag.com/history- archaeology/gobekli-tepe.html; Charles C. Mann, "Dinin Doğumu," *National Geographic*, Haziran 2011, 34–59; Batuman, "Tapınak."

s. 47 "Onu ilk gördüğüm anda": Batuman, "Tapınak."

s. 48 gruba dayanan dini ritüellerin ortaya çıkışı: Michael Balter, "Neden Yerleşik Hayat? Toplulukların Gizemi," *Science* 20 (Kasım 1998): 1442–46.

s. 49 "Göbekli Tepe'nin karmaşık Neolitik toplumların: Curry, "Göbekli Tepe."

s. 49 Neolitik insanlar önce küçük köyler: McClellan ve Dorn, *Science and Technology*,17–22.

s. 50 Çatalhöyük: Balter, "Neden Yerleşik Hayat?" 1442–46.

s. 50 Köyle şehir arasındaki fark: Marc Van De Mieroop, *A History of the Ancient Near East* (Malden, Mass.: Blackwell, 2007), 21. Ayrıca bkz. Balter,"Neden Yerleşik Hayat?" 1442–46.

s. 51 Geniş aileler çoğu kez: Balter, "Neden Yerleşik Hayat,"1442–46; David Lewis- Williams ve David Pearce, *Inside the Neolithic Mind* (Londra: Thames and Hudson, 2005), 77–7 8.

s. 52 yerleşim sakinleri bir mezarı açar: Ian Hodder, "Çatalhöyük'teki Kadın ve Erkekler," *Scientific American*, Ocak 2004, 81.

s. 52 İnsanlar artık hayvanlarla ortaklık kuran değil: Ian Hodder, "Ortadoğu Neolitiği Bağlamında Çatalhöyük," *Annual Review of Anthropology* 36 (2007): 105–20.

s. 52 Bu yeni yaklaşım önünde sonunda: "Tarımın Kökeni ve Erken Holosen İklim Düzelmesine Bağlı Bitki ve Hayvan Evcilleştirilmesi," *Current Science* 87 (Temmuz 10, 2004); Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, 11.

s. 54 bir dizi çalışma ortaya çıkardık: L. D. Mlodinow ve N. Papanicolaou, "SO (2, 1) Kuantum Mekaniğindeki Cebir ve Büyük N Genişlemesi," *Annals of Physics* 128 (1980): 314–34; L. D. Mlodinow ve N. Papanicolaou, "Genelleştirilmiş Helyum Hamiltonian Sınıfı için Sahte Dönü Yapısı ve Büyük N Genişlemesi," *Annals of Physics* 131 (1981): 1–35; Carl Bender, L. D. Mlodinow ve N. Papanicolaou, "Üniform bir Manyetik Alanda Hidrojen Atomunun Yarı Klasik Yörüngeden Sapma Teorisi," *Physical Review A* 25 (1982): 1305–14.

s. 54 "boyutsal ölçekleme": Jean Durup, "1986 Nobel Kimya Ödülü Üzerine," *Laser Chemistry* 7 (1987): 239–59. Ayrıca bakınız D. J. Doren ve D. R. Herschbach, "Boyutsal Tekilliklerden Hassas Yarıklasik Elektronik Yapı," *Chemical Physics Letters* 118 (1985): 115–19; J. G. Loeser ve D. R. Herschbach, "İki Elektronlu Atomlar için Boyutsal Korelasyon Enerjisi Enterpolasyonu," *Journal of Physical Chemistry* 89 (1985): 3444–47.

s. 55 Aslında Watt ... kendi buhar makinesi fikrini üretmiştir: Andrew Carnegie, *James Watt* (New York: Doubleday, 1933), 45–64.

s. 56 "Olgunlaşmamış şairler taklit eder: T. S. Eliot, *The Sacred Wood and Major Early Essays* (New York: Dover Publications, 1997), 72. İlk olarak 1920'de yayımlandı.

s. 56 insanların ... evrimsel yönden adapte olduklarını: Gergely Csibra ve György Gergely, "Sosyal Öğrenme ve Biliş: Pedagoji Vakası," *Processes sin Brain and Cognitive Development*, ed. Y. Munakata ve M. H. Johnsonn (Oxford: Oxford University Press, 2006): 249–74.

s. 56 farklı şempanze gruplarını inceleyen araştırmacılar: Christophe Boesch, "Maddi Kültürden Sembolik Kültürlere: Primatlarda Kültür," *The Oxford Handbook of Culture and Psychology*, ed. Juan Valsiner (Oxford: Oxford University Press, 2012), 677–92.

Bakınız ayrıca Sharon Begley, "Kültür Kulübü," *Newsweek*, 26 Mart, 2001, 48–50.

s. 57 belgelenmiş en iyi örnek: Boesch, "Maddi Kültürden Sembolik Kültürlere." Ayrıca bakınız Begley, "Kültür Kulübü"; Bennett G. Galef Jr., "Hayvanlarda Gelenek: Alan Gözlemleri ve Laboratuar Analizleri," *Interpretation and Explanation in the Study of Animal Behavior*, ed. Marc Bekoff ve Dale Jamieson (Oxford: Westview Basımı, 1990).

s. 57 birçok canlı türüne ... ait kültür kanıtları: Boesch, "Maddi Kültürden Sembolik Kültürlere." Ayrıca bkz. Begley, "Kültür Kulübü."

s. 58 "Şempanzeler başka şempanzelere ... gösterebilir: Heather Pringle, "Yaratıcılığın kökenleri," *Scientific American*, Mart 2013, 37–43.

s. 58 "kültürel yükselme": Michael Tomasello, *The Cultural Origins of Human Cognition* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2001), 5–6, 36–41.

s. 58 Arkeologlar bazen: Fiona Coward ve Matt Grove, "Aletlerin Ötesinde: Sosyal Buluşlar ve İnsansı Evrim," *PaleoAnthropology* (özel baskı, 2011): 111–29.

s. 59 Bell Laboratuvarlarında: Jon Gertner, *The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Knowledge* (New York: Penguin, 2012), 41–42.

s. 59 "Mesele ne kadar zeki olduğunuz değil ...": Pringle, "Yaratıcılığın Kökenleri," 37–43.

4. Uygarlık

s. 63 devlerin omzuna çıkmış cüceler: Robert Burton, *The Anatomy of Melancholy* (1621); George Herbert, *Jacula Prudentum* (1651); William Hicks, *Revelation Revealed* (1659); Shnayer Z. Leiman, "Devlerin Omzundaki Cüceler," *Tradition*, Bahar 1993. Bu ifadenin kullanımı aslında on ikinci yüzyıla dek uzanıyor gibidir.

s. 65 Bu esneme payına rağmen: Marc Van De Mieroop, *A History of the Ancient Near East* (Malden, Mass.: Blackwell, 2007), 21–23.

s. 65 büyük surlarla çevrili Uruk: *Age.*, 12–13, 23.

s. 66 yerleşim büyüklüğünün yaklaşık on kat arttığını: Bazı bilginler nüfusu 200.000 kadar büyük bir rakam tahmin ediyorlar. Örneğin bakınız James E. McClellan III ve Harold Dorn, *Science and*

Technology in World History, 2. baskı. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), 33.

s. 67 uzmanlık gerektiren mesleklerin ortaya çıkışının: Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, 24–29.

s. 67 Ekmek fırıncıların ürünü: McClellan ve Dorn, *Science and Technology in World History*, 41–42.

s. 67 Ayrıca kemiklerin durumu: David W. Anthony, *The Horse, the Wheel, and Language: How Bronze-Age Riders from the Eurasian Steppes Shaped the Modern World* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2010), 61.

s. 69 Bir de polise ihtiyaç vardı: Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, 26.

s. 70 Şehir sakinleri tanrılarının: Marc Van De Mieroop, *The Ancient Mesopotamian City* (Oxford: Oxford University Press, 1997), 46–48.

s. 70 "Malları şehrin tanrısı alır ve ...": Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, 24, 27.

s. 72 basit talep, emir, uyarı ve tanımlamaların ötesine geçme: Elizabeth Hess, *Nim Chimpsky* (New York: Bantam Books, 2008), 240–41.

s. 72 "Bir maymunun dil becerisine sahip olduğunun ...": Susana Duncan, "Nim Chimpsky ve Nasıl Büyüdüğü," *New York*, 3 Aralık, 1979, 84. Ayrıca bakınız Hess, *Nim Chimpsky*, 22.

s. 73 beş yüz yerli kabilesinin: T. K. Derry ve Trevor I. Williams, *A Short History of Technology* (Oxford: Oxford University Press: 1961), 214–15.

s. 73 "Lisanı olmayan bir kabile hiç keşfedilmemiştir: Steven Pinker, *The Language Instinct: How the Mind Creates Language* (New York: Harper Perennial, 1995), 26.

s. 73 ne kadar zor bir iş olduğunu gösterir: Georges Jean, *Writing: The Story of Alphabets and Scripts* (New York: Henry N. Abrams, 1992), 69.

s. 73 tek bağımsız sistem olduğundan *eminiz*: Jared Diamond, *Guns, Germs and Steel* (New York: W. W. Norton, 1997), 60, 218. Yeni dünyaya ilişkin, bakınız María del Carmen Rodríguez Martinez ve diğerleri, "Yeni Dünyadaki En Eski Yazılar," *Science* 313 (15 Eylül, 2006): 1610–14; John Noble Wilford, "Yazı Batı Yarıkürenin

En Eskisi Olabilir," *New York Times*, 15 Eylül, 2006. Bunlar Meksika, Veracruz'daki Olmec kalıntılarında yakın zamanda bulunan, şu ana dek bilinmeyen bir yazı sistemi olan bir parçayı tasvir eder. Parçanın stili ve diğer tarihleri, bu çok önemli gelişmeyi, Meksika ve Orta Amerika'yı Olmec uygarlığına sıkı sıkı bağlayan özellikleriyle birlikte, Yeni Dünya'daki en eski yazı olarak MÖ birinci binyılın başlarına yerleştirir.

s. 75 Thomas Edison ... icat ettiğinde: Patrick Feaster, "Konuşma Akustiği ve Klavyeli Telefon: Edison'un Fonograf İlkesinin Keşfini Yeniden Düşünmek," *ARSC Journal* 38, no. 1 (Bahar 2007): 10–43; Diamond, *Guns, Germs and Steel*, 243.

s. 76 bir tapınaktaki dini topluluk on sekiz fırıncı: Jean, *Writing: The Story of Alphabets*, 12–13.

s. 76 Kalan yüzde 15'in çoğu da: Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, 30–31.

s. 76 Örneğin insan, hayvan ve kurutulmuş balık: *Age.*, 30; McClellan ve Dorn, *Science and Technology in World History*, 49.

s. 77 Ayrıca bileşik işaretler de vardı: Jean, *Writing: The Story of Alphabets*, 14.

s. 77 bir el ve bir ağzı gösteren resimyazı işaretlerinin: Derry ve Williams, *A Short History of Technology*, 215.

s. 78 "tablet evleri": Stephen Bertman, *Handbook to Life in Ancient Mesopotamia* (New York: Facts on File, 2003), 148, 301.

s. 79 tablet evleri de ... çalışma alanlarını genişletebildiler: McClellan ve Dorn, *Science and Technology in World History*, 47; Albertine Gaur, *A History of Writing* (New York: Charles Scribner's Sons, 1984), 150.

s. 79 MÖ 2000 civarında: Şebnem Arsu, "Dünyadaki En Eski Sülale," *New York Times*, 14 Şubat, 2006, 1.

s. 80 MÖ 1200 itibarıyla, Fenike yazısı: Andrew Robinson, *The Story of Writing* (Londra: Thames and Hudson, 1995), 162–67.

s. 80 Ve zamanla Yunanistan'dan bütün Avrupa'ya yayıldı: Derry ve Williams, *A Short History of Technology*, 216.

s. 81 "... şeytanla bir anlaşma ..." : Aziz Augustine, *De Genesi ad Litteram* (*The Literal Meaning of Genesis*), MS 415'te tamamlandı.

s. 81 Mezopotamya'nın ilk şehirlerinde: Morris Kline, *Mathematics in Western Culture* (Oxford: Oxford University Press, 1952), 11.

s. 82 Görünüşe bakılırsa bebekler de: Ann Wakeley vd. "Bebekler Toplama Çıkarma Yapabilir mi?" *Child Development* 71 (Kasım–Aralık 2000): 1525–34.

s. 84 İlk aritmetik kısaltmaları: Morris Kline, *Mathematical Thought from the Ancient to Modern Times*, cilt 1 (Oxford: Oxford University Press, 1972), 184–86, 259–60.

s. 84 Her yıl, tarlaları sel bastıktan sonra: Kline, *Mathematical Thought*, 19–21.

s. 85 on beş metrelik bir kirişi: Roger Newton, *From Clockwork to Crapshoot* (Cambridge, Mass.: Belknap Press - Harvard University Press, 2007), 6.

s. 86 Yasa fikri din ile birlikte ortaya çıkmıştır: Edgar Zilsel, "Fiziksel Yasa Kavramının Başlangıcı" *The Philosophical Review* 3, no. 51 (Mayıs 1942): 247.

s. 86 Erken Mezopotamya halkları: Robert Wright, *The Evolution of God* (New York: Little, Brown, 2009), 71–89.

s. 87 daha yüksek bir gücün ilk örneğiydi: Joseph Needham, "Çin'de ve Batı'da İnsan Yasaları ve Doğa Yasaları, Kısım I," *Journal of the History of Ideas* 12 (Ocak 1951): 18.

s. 87 aşkın bir tanrının: Wright, *Evolution of God*, 87–88.

s. 88 Örneğin şöyle emirler içeriyordu: "Hammurabi Kanunları, MÖ 1780 civarı," Internet Kadim Tarih Kaynak Kitabı, Fordham Üniversitesi, Mart 1998, erişim 27 Ekim, 2014, http://www.fordham.edu/halsall/ancient/hamcode.asp; "Hammurabi Kanunları, Babil Kralı," Yakındoğu Eski Yapıtlar Departmanı: Mezopotamya, Louvre, erişim 27 Ekim, 2014, http://www.louvre.fr/en / oeuvre-notices/law-code-hammurabi-king-babylon; Mary Warner Marien ve William Fleming, *Fleming's Arts and Ideas* (Belmont, Calif.: Thomson Wadsworth, 2005), 8.

s. 88 dünyayı yönlendiren bu yasalar: Needham, "İnsan Yasaları ve Doğa Yasaları," 3–30.

s. 89 birbirlerine ceza ödemek zorunda kalmasınlar diye: Zilsel, "Fiziksel Yasa Kavramının Başlangıcı" 249.

s. 89 güneşin kendisi için konan yasaları çiğnemeyeceğini: Agy.

s. 89 Kepler ara sıra matematik yasaları ile ilgili: Agy., 265–67.

s. 89 insanın doğayı toplum yapısına göre yorumlama: Agy., 279.

s. 91 bu kocaman dünya vardı: Albert Einstein, *Autobiographical Notes* (Chicago: Open Court Press, 1979), 3–5.

5. Akıl

s. 94 İskender'in Mezopotamya'yı fethetmesiyle birlikte: Daniel C. Snell, *Life in the Ancient Near East* (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1997), 140–41.

s. 95 Yunan eğitiminin başlıca öğesi: A. A. Long, "Erken Yunan Felsefesinin Alanı," *The Cambridge Companion to Early Greek Philosophy*, ed. A. A. Long (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1999).

s. 96 kaotik bir dünya ile karşılaşmayı bekliyor": Albert Einstein'dan Maurice Solovine'e, 30 Mart, 1952, *Letters to Solovine* (New York: Philosophical Library, 1987),117.

s. 97 "Evrenin en anlaşılmaz tarafı anlaşılabilir olmasıdır": Albert Einstein, "Fizik ve Realite" *Ideas and Opinions*, çev. Sonja Bargmann (New York: Bonanza, 1954), 292.

s. 97 bağlar, incirlikler ve zeytin ağaçlarıyla çevrili: Will Durant, *The Life of Greece* (New York: Simon ve Schuster, 1939), 134–40; James E. McClellan III ve Harold Dorn, *Science and Technology in World History*, 2. baskı. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), 56–59.

s. 98 Yunan aydınlanmasının öncüleri de: Adelaide Glynn Dunham, *The History of Miletus: Down to the Anabasis of Alexander* (Londra: University of London Press, 1915).

s. 101 Geometrik doğruları ... kanıtlayan ilk kişiydi: Durant, *The Life of Greece*, 136–37.

s. 102 sabırlı ol ve soruları sevmeye çalış: Rainer Maria Rilke, *Letters to a Young Poet* (1929; NewYork: Dover, 2002), 21.

s. 104 Antikçağda Pisagor adı: Durant, *The Life of Greece*, 161–66; Peter Gorman, *Pythagoras: A Life* (Londra: Routledge and Kegan Paul, 1979).

s. 106 sayılara verdiği paye: Carl Huffman, "Pisagor," Stanford Felsefe Ansiklopedisi, Sonbahar 2011, erişim 28 Ekim, 2014, http://plato.stanford.edu/entries/pythagoras.

s. 109 Aristoteles'in dünya teorisinde: McClellan ve Dorn, *Science and Technology*, 73–76.

s. 112 profesyonel bir öğretmen gibi yazan: Daniel Boorstin, *The Seekers* (New York: Vintage, 1998), 54.

s. 113 "sağduyunun tiranlığı": *Age.*, 316.

s. 113 "Herkesin inandığı doğrudur": *Age.*, 55.

s. 113 evrenin yapısından da kaynaklanır: *Age.*

s. 115 çok şikâyet ediyordu: *Age.*, 48.

s. 119 benimki ilk, dolayısıyla küçük bir adım: Bakınız George J. Romanes, "Doğa bilimci olarak Aristo," *Science* 17 (6 Mart, 1891): 128–33.

s. 120 Bir yurttaşa uygun olan şeyler: Boorstin, *The Seekers*, 47.

s. 120 Kararı için ulvi bir neden gösterdi: "Aristoteles," The Internet Encyclopedia of Philosophy, erişim 7 Kasım, 2014, http://www.iep.utm.edu.

6. Yeni Bir Akıl Yürütme Yolu

s. 127 Cicero'nun bir sözü: Morris Kline, *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*, cilt. 1 (Oxford: Oxford University Press, 1972), 179.

s. 128 Şehirler küçüldü, feodal sistem ortaya çıktı: Kline, *Mathematical Thought*, 204; J. D. Bernal, *Science in History*, cilt 1 (Cambridge, Mass.: MIT Basımı, 1971), 254.

s. 128 ortaçağda birkaç yüzyıllık bir dönemde: Kline, *Mathematical Thought*, 211.

s. 128 on üçüncü ve on dördüncü yüzyıllarda: David C. Lindberg, *The Beginnings of Western Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, 600 B.C. to 1450 A.D.* (Chicago: Chicago University Press, 1992), 180–81.

s. 129 öğretimin tümü ... dine odaklanmak zorundaydı: Toby E. Huff, *The Rise of Early Modern Science: Islam, China, and the West* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1993), 74.

s. 129 Ayrıca karşılıklı eleştiri olmadan: *Age.*, 77, 89. Huff ve George Saliba İslam biliminin kökeni ve doğası konusunda hemfikir değildir, özellikle de bu alanda verimli ve uyarıcı bir tartışmaya yol açmış olan astronominin rolü hakkında. Saliba'nın argümanı hakkında daha fazla bilgi için bakınız ona ait *Islamic Science and the Making of the European Renaissance* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 2007).

s. 130 başka bir büyük uygarlık olan Çin'de: Durum hakkında daha fazla bilgi için, bakınız Huff, *Rise of Early Modern Science*, 276–78.

s. 130 Hindistan'da da kast sistemine odaklanan: Bernal, *Science in History*, 334.

s. 130 Avrupa'da bilimin canlanışı: Lindberg, *Beginnings of Western Science*, 203–5.

s. 131 bilgiye ... verilen yeni değer: J. H. Parry, *Age of Reconnaissance: Discovery, Exploration, and Settlement, 1450–1650* (Berkeley: California University Press, 1982). Özellikle bkz. kısım 1.

s. 131 yeni bir kurumun –üniversitenin– gelişimiydi: Huff, *Rise of Early Modern Science*, 187.

s. 132 Eğitimdeki devrimi körükleyen faktörler: Lindberg, *Beginnings of Western Science*, 206–8.

s. 132 bir araya gelen bilginler etkileşimde bulunarak: Huff, *Rise of Early Modern Science*, 92.

s. 134 Heykel Vatikan'ın bahçelerinde bulunsa bile: John Searle, *Mind, Language, and Society: Philosophy in the Real World* (New York: Basic Books, 1999), 35.

s. 134 kedi avlamak zorunda kalmıyoruz: On dördüncü yüzyıl koşulları hakkında daha fazla bilgi için, bakınız Robert S. Gottfried, *The Black Death* (New York: Free Press, 1985), 29.

s. 137 Kimsenin zamanın nasıl hassas bir şekilde: Zaman kavramının tarihinin daha kapsamlı ve ilginç bir incelemesi için, bakınız David Landes, *Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World* (Cambridge, Mass.: Belknap Press - Harvard University Press, 1983).

s. 138 "Merton kuralını": Lindberg, *Beginnings of Western Science*, 303–4.

s. 139 kural entelektüel dünyada çok ilgi çekti: Clifford Truesdell, *Essays in the History of Mechanics* (New York: Springer-Verlag, 1968).

s. 139 Matematikte zorlanıyorum diye üzülme: Albert Einstein 7 Ocak, 1943 tarihli bir mektupta, alıntı: Helen Dukas ve Banesh Hoffman, *Albert Einstein: The Human Side; New Glimpses from His Archives* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1979), 8.

s. 139 [Doğanın] kitabı ... öğrenmeden anlaşılamaz: Galileo Galilei, *Discoveries and Opinions of Galileo* (New York: Doubleday, 1957), 237–38.

s. 141 Fry'ın onlara sunduğu hazineye neden hemen: Henry Petroski, *The Evolution of Useful Things* (New (New York: Knopf, 1992), 84–86.

s. 142 Teknolojik buluşlarının teorik bilimle ilgisi çok azdı: James E. McClellan III ve Harold Dorn, *Science and Technology in World History*, 2nd ed. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), 180–82.

s. 143 kitap dizgisi yapılıp basıma hazırlandıktan sonra: Elizabeth Eisenstein, *The Printing Press as an Agent of Change* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1980), 46.

s. 143 Birkaç yıl içinde: Louis Karpinski, *The History of Arithmetic* (New York: Russell and Russell, 1965), 68–71; Philip Gaskell, *A New Introduction to Bibliography* (Oxford, U.K.: Clarendon Basımı, 1972), 251–65.

s. 144 Avrupa toplumu geliştikçe: Bernal, *Science in History*, 334–35.

s. 145 Vincenzo soylu bir aileden geliyordu: Galileo'nun yaşamına dair yazdıklarım ağırlıklı olarak J. L. Heilbron'un, *Galileo* (Oxford: Oxford University Press, 2010), ve Stillman Drake'in, *Galileo at Work* adlı eserinden alındı. (Chicago: Chicago University Press, 1978).

s. 147 Çok ufak tefek olup olmadığını: Heilbron, *Galileo*, 61.

s. 148 Galileo Padua'ya geldiği sırada: Galileo birçok düş kırıklığı yüzünden acı çekiyor olabilirdi. William A. Wallace *Galileo, the Jesuits, and the Medieval Aristotle* adlı eserinde (Burlington, Vt.: Variorum, 1991) Galileo'un görevi için hazırlanırken materyalinin çoğunu aslında 1588 ve 1590 arasında Colegio Romano'da Cizvitler tarafından verilen derslerden aldığını iddia eder. Wallace'ın ayrıca Mordechai Feingold'un derlemesi *Jesuit Science and the Republic of Letters*'da (Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002) "Galileo'nun Cizvit Bağlantıları ve Onların Galileo'nun Bilimi Üzerine Etkileri" adında bir bölümü vardır.

s. 148 kendisini şaşırtan bir sonuç aldığında: Bernal, *Science in History*, 429.

s. 149 bir nesne daha yüksekten atılırsa: G. B. Riccioli, *Almagestum novum astronomiam* (1652), vol. 2, 384; Christopher Graney, "Bir Düşüşün Anatomisi: Giovanni Battista Riccioli ve G'nin Öyküsü," *Physics Today* (Eylül 2012): 36.

s. 150 "Bu zorluklardan kurtulmalıyız": Laura Fermi ve Gilberto Bernardini, *Galileo and the Scientific Revolution* (New York: Basic Books, 1961), 125.

s. 153 Newton'un başka birini övdüğü: Richard Westfall, *Force in Newton's Physics* (New York: MacDonald, 1971), 1–4. Gerçekte Paris'te Oresme'nin öğretmeni olan Jean Buridan, her ne kadar hiç Galileo kadar açık olmasa da, Merton bilginlerinin çerçevesi içinde benzer bir yasa bildirmişti. Bakınız John Freely, *Before Galileo: The Birth of Modern Science in Medieval Europe* (New York: Overlook Duckworth, 2012), 162–63.

s. 154 bağdaşmaz elementlerin olanaksız bir karışımı": Westfall, *Force in Newton's Physics*, 41–42.

s. 154 Güneş merkezli evren fikri: Bernal, *Science in History*, 406–10; McClellan ve Dorn, *Science and Technology*, 208–14.

s. 154 "Sarunın buna inanmak... daha kolay": Bernal, *Science in History*, 408.

s. 156 "biri dışbükey diğeri içbükey olan": Daniel Boorstin, *The Discoverers* (New York: Vintage, 1983), 314.

s. 157 "engebeli, inişli çıkışlı, çukur ve uzantılarla dolu ...": Freely, *Before Galileo*, 272.

s. 160 Ziyaret berabere bitmiş gibiydi: Heilbron, *Galileo*, 217–20; Drake, *Galileo at Work*, 252–56.

s. 161 "dünya merkezli görüşü savunan filozofları ...": Heilbron, *Galileo*, 311.

s. 161 karşı çıktıkları ... dininden dönmüş biriydi: William A. Wallace, "Gallieo'un Cizvit Bağlantıları ve Bunların Galileo'nun Bilimi Üzerindeki Etkileri," Mordechai Feingold, ed., *Jesuit Science and the Republic of Letters* (Cambridge, Mass.: MIT Basımı, 2002), 99–112.

s. 162 "Ben, Galileo, merhum Vincenzo Galilei'in oğlu ...": Károly Simonyi, *A Cultural History of Physics* (Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2012), 198–99.

s. 163 "Her şeyi iğrenç buluyorum": Heilbron, *Galileo*, 356.

s. 164 "[böyle adamlara] mozoleler yaptırmak uygun değildir ...": *Age.*

s. 164 "Bu ilahi adam sadece Floransa'yı etkilemekle kalmamış ...": Drake, *Galileo at Work*, 436.

7. Mekanik Evren

s. 165 "Doğa Yasalarının ve Doğanın Tanrısının": Laplace, *Théorie Analytique des Probabilities* (Paris: Ve. Courcier, 1812).

s. 167 Fakat Newtoncu bir kültürde yetiştirilmemiş olsak: on yedinci yüzyıl İngiltere'sindeki çalkantı bağlamında Sir Isaac Newton'u anlamak, bakınız Christopher Hill, *The World Turned Upside Down: Radical Ideas During the English Revolution* (New York: Penguin History, 1984), 290–97.

s. 167 "Dünyaya nasıl göründüğümü bilmiyorum ...": Richard S. Westfall, *Never at Rest* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1980), 863. Bu Newton'un güvenilir bir biyografisidir ve ben de buna göre onu esas aldım.

s. 169 bilimsel bir kariyere yönelme eğilimlerinin: Ming-Te Wang vd., "Beceri Noksanlığı Değil Daha Fazla Tercih: Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematikte Meslek Tercihinde Bireysel ve Cinsiyet Farklılıkları," *Psychological Science* 24 (Mayıs 2013): 770–75.

s. 170 "İnsanları sanat ve bilime yönlendiren en güçlü güdülerden biri ...": Albert Einstein, "Araştırma İlkeleri," Fizik Camiasına Hitaben, Berlin, Albert Einstein'ın, *Essays in Science* adlı eserinde (New York: Philosophical Library, 1934), 2.

s. 171 "nihayetinde akranlarımızı değerlendirdiğimiz kriterlere indirgenemeyeceği": Westfall, *Never at Rest*, ix.

s. 171 Newton Tanrı'nın hem sözleri hem de çalışmalarıyla: W. H. Newton-Smith, "Bilim, Akılcılık ve Newton," Marcia Sweet Stayer'ın, ed., *Newton's Dream* adlı eserinde (Montreal: McGill University Press, 1988), 31.

s. 172 "annesi ve babası Smith'i ... tehdit ettiğini": Westfall, *Never at Rest*, 53.

s. 174 "koyun gütmek ve gübre küremekle": *Age.*, 65.

s. 176 yepyeni bir bilimsel geleneğin temelini oluşturan *Age.*, 155.

s. 182 "Hayır, teorin *yeteri kadar* çılgınca değil!": William H. Cropper, *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking* (New York: Oxford University Press, 2004), 252.

s. 182 Trinity College seçimi Newton için: Westfall, *Never at Rest*, 70–71, 176–79.

s. 183 Isaac Barrow yerine Newton'un geçmesini sağladı: Richard Westfall, *The Life of Isaac Newton* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1993), 71, 77–81.

s. 184 Newton ışığı tüm yönleriyle saldırganca irdeledi: Bakınız bölüm "Özel Bir Bilgin & Kamu Hizmetkârı", "Aslanın Ayak İzlerinde:

Isaac Newton İş Başında," Cambridge Üniversitesi Kütüphanesi Newton Sergisi, erişim 28 Ekim, 2014, www.lib.cam .ac.uk/exhibitions/Footprints_of_the_Lion/private_scholar.html.

s. 186 Hatta Newton kütleçekimi yasasını bulduktan sonra: W. H. Newton-Smith, "Bilim, Akılcılık ve Newton," *Newton's Dream*, ed. Marcia Sweet Stayer (Montreal: McGill University Press, 1988), 31–33.

s. 186 Ayrıca dünyanın sonunun İncil'e dayanan tahmini tarihini: Richard S. Westfall, *Never at Rest*, 321–24, 816–17.

s. 188 "Bir doğa diğerinden hoşlanır ...": Paul Strathern, *Mendeleyev's Dream* (New York: Berkley Books, 2000), 32.

s. 188 uçucu yeşil aslanı çöz ve damıt ...": Westfall, *Never at Rest*, 368.

s. 188 bu baskıyı hissettim: Hayatımdaki bu dönem hakkında bir anı yazdım: bakınız Leonard Mlodinow, *Feynman's Rainbow: A Search for Beauty in Physics and in Life* (New York: Vintage, 2011).

s. 190 Bir "iyi" bir de "kötü Newton" yoktu: Newton-Smith, "Bilim, Akılcılık ve Newton," 32–33.

s. 190 "Newton 1684'te ölseydi ..." : Westfall, *Never at Rest*, 407.

s. 193 "Şimdi bu konu üstünde çalışıyorum": *Age.*, 405.

s. 197 bu çok önemli fikir: Richard Westfall, *Force in Newton's Physics* (New York: MacDonald, 1971), 463.

s. 198 Newton ayın uzaklığı ve dünyanın yarıçapına ilişkin verileri kullanarak: normal feet'in 1,0568 katı olan "Paris feet"iyle ölçüldüğü şekilde.

s. 198 üç binde birden daha yüksek bir oranda: Robert S. Westfall, "Newton ve Hata Payı," *Science* 179 (23 Şubat, 1973): 751–58.

s. 202 Eğer ağzınızdan hava çıkararak hapşırırsanız: Murray Allen ve diğerleri, "Günlük Yaşamın İvmeleri," *Spine* (Kasım 1994): 1285–90.

s. 204 "Doğanın araştırılmasında ... fazla başarı kaydedilmedi": Francis Bacon, *The New Organon: The First Book, The Works of Francis Bacon*, ed. James Spedding ve Robert Leslie Ellis (Londra: Longman, 1857–70), erişim 7 Kasım, 2014, http://www.bartleby.com/242/.

s. 204 "Eğer kuvvet yasaları, belirli bir andaki tüm ...": R. J. Boscovich, *Theiria Philosophiae Naturalis* (Venedik, 1763), *A Theory of Natural Philosophy* olarak yeniden basıldı. (Chicago: Open Court Press, 1922), 281.

s. 205 "tasavvur edilebilecek en mükemmel mekaniği": Westfall, *Life of Isaac Newton*, 193.

s. 206 Asabi Newton belli zamanlarda dünyada ilahi bilgiyi: Michael White, *Rivals: Conflict as the Fuel of Science* (London: Vintage, 2002), 40–45.

s. 206 Newton'un eleştirilere tepkisi: *Age*.

s. 207 "Bu ilkeleri, okült nitelikler olarak değil ...": Westfall, *Never at Rest*, 645.

s. 208 Society'yi demir yumrukla yöneten Newton: Daniel Boorstin, *The Discoverers* (New York: Vintage, 1983), 411.

s. 208 "Sör Isaac Newton'un ölümü dolayısıyla başkanlık makamının boşalması ...": Westfall, *Never at Rest*, 870.

s. 209 normal seviyenin dört katı kurşun, arsenik ve antimona: John Emsley, *The Elements of Murder: A History of Poison* (Oxford: Oxford University Press, 2006), 14.

s. 209 İtalya'daki Katolik astronomlar bile: J. L. Heilbron, *Galileo* (Oxford: Oxford University Press, 2010), 360.

s. 210 "Burada şövalye Isaac Newton gömülüdür ...": "Sir Isaac Newton," Westminster Abbey, erişim 28 Ekim, 2014, www.westminster-abbey.org/our-history/people/sir-isaac-newton.

8. Maddeyi Oluşturanlar

s. 215 Yahudilerin yeraltı örgütünde: Joseph Tenenbaum, *The Story of a People* (New York: Philosophical Library, 1952), 195.

s. 216 Fakat 1786'da, Scheele kırk üç yaşındayken: Paul Strathern, *Mendeleyev's Dream* (New York: Berkley Books, 2000), 195–98.

s. 216 "her çeşit tornavida": Babamla kayda aldığım bir görüşmeden, 1980 civarı. Onunla saatler süren görüşmeler yaptım ve bunları burada anlattığım öykülerin kaynağı olarak kullandım.

s. 217 "başka cisimlerin ayrışmasıyla ortaya çıkan ...": J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, 3. baskı. (Londra: Macmillan, 1957), 14.

s. 218 Tahta yanarken asıl yayılan şeyler: Rick Curkeet, "Ahşabın Yanmasının Temel Prensipleri," EPA Workshop, 2 Mart, 2011, erişim 28 Ekim, 2014, www.epa.gov/burnwise/workshop2011/Wood-Combustion-Curkeet.pdf.

s. 221 dünyanın ilk araştırma enstitüsüydü: Robert Barnes, "Esin Perilerinin Kümesinde Manastıra Kapanmış Kitap Kurtları: Antik

İskenderiye Kütüphanesi," Roy MacLeod, ed., *The Library at Alexandria: Centre of Learning in the Ancient World* (New York: I. B. Tauris, 2005), 73.

s. 225 "Benim kıçım bütün üniversiteler ile bütün eski yazarların toplamından daha yeteneklidir": Henry M. Pachter, *Magic into Science: The Story of Paracelsus* (New York: Henry Schuman, 1951), 167.

s. 227 Birinci Cork Kontu'nun oğlu Robert Boyle: Boyle'un kusursuz biyografisi Louis Trenchard More, *The Life and Works of the Honorable Robert Boyle* (Londra: Oxford University Press, 1944). Ayrıca bakınız William H. Brock, *The Norton History of Chemistry* (New York: W. W. Norton, 1992), 54–74.

s. 228 bilime âşık oldu: More, *Life and Works*, 45, 48.

s. 230 Boyle'un gözlemlerine göre, bir kütüğü yaktığınızda: Brock, *Norton History of Chemistry*, 56–58.

s. 231 Zavallı Hooke: J. D. Bernal, *Science in History*, cilt. 2 (Cambridge, Mass.: MIT Basımı, 1971), 462.

s. 232 yeni laboratuvar gereçleri icat edildiğinde: T. V. Venkateswaran, "Oksijenin Keşfi: Modern Kimyanın Doğumu," *Science Reporter* 48 (Nisan 2011): 34–39.

s. 233 Bu ihtilaf yüzünden: Isabel Rivers ve David L. Wykes, edl., *Joseph Priestley, Scientist, Philosopher, and Theologian* (Oxford: Oxford University Press, 2008), 33.

s. 233 Immanuel Kant'ın sözleriyle, bu terim: Charles W. J. Withers, *Placing the Enlightenment: Thinking Geographically About the Age of Reason* (Chicago: Chicago University Press, 2007), 2–6.

s. 235 "Bu havanın yüce bir doğası var": J. Priestley, "Farklı Hava Türleri Üzerine Gözlemler," *Philosophical Transactions of the Royal Society* 62 (1772): 147–264.

s. 236 Fransız Antoine Lavoisier'ye (1743–1794) kaldı: Lavoisier'nin yaşamı için, bakınız Arthur Donovan, *Antoine Lavoisier* (Oxford: Blackwell, 1993).

s. 237 "doğada, cisim parçacıklarını [yani atomları] ...": Isaac Newton, *Opticks*, ed. Bernard Cohen (Londra, 1730; New York: Dover, 1952), 394. Newton *Opticks*'i ilk olarak 1704'te yayımladı fakat konu üzerine nihai düşünceleri 1730'da çıkan ve en son bizzat Newton'un kendisinin düzelttiği dördüncü baskıda sunuldu.

s. 237 "Sadece birkaç olgu üstüne kurulmuş Donovan, *Antoine Lavoisier*, 47–49.

s. 239 "... deneylerle dokunmuş bir kumaştı": *Age.*, 139. Ayrıca bakınız Strathern, *Mendeleyev's Dream*, 225–41.

s. 241 "Cumhuriyetin bilim insanlarına ihtiyacı yok": Douglas McKie, *Antoine Lavoisier* (Philadelphia: J. J. Lippincott, 1935), 297–98.

s. 242 "insanların saygısını hak ettiğini": J. E. Gilpin, "Lavoisier Statue in Paris," *American Chemical Journal* 25 (1901): 435.

s. 243 Heykeltıraş Louis-Ernest Barrias: William D. Williams, "Gustavus Hinrichs ve Lavoisier Anıtı," *Bulletin of the History of Chemistry* 23 (1999): 47–49; R. Oesper, "Lavoisier'in Bir Zamanlar Ünlü Heykeli," *Journal of Chemistry Education* 22 (1945): Ekim sayfası; Brock, *Norton History of Chemistry*, 123–24.

s. 243 Nazi işgali sırasında yerinden söküldü: Joe Jackson, *A World on Fire* (New York: Viking, 2007), 335; "Paris'te Lavoisier Heykeli," *Nature* 153 (Mart 1944): 311.

s. 243 Gariplik bununla sınırlı kalmadı: "Ünlü Büstteki 100 Yıl Keşfedilmemiş Hata," *Bulletin of Photography* 13 (1913): 759; ve Marco Beretta, *Imaging a Career in Science: The Iconography of Antoine Laurent Lavoisier* (Sagamore Beach, Mass.: Science Histories Publications, 2001), 18–24.

s. 245 John Dalton: Frank Greenaway, *John Dalton and the Atom* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1966); Brock, *Norton History of Chemistry*, 128–60.

s. 249 "Zaman içinde, sürdürülebilir ilgi ve çabayla ...": A. L. Duckworth vd., "Metanet: Uzun Dönemli Hedefler İçin Sebat ve Tutku," *Journal of Personality and Social Psychology* 92 (2007): 1087–101; Lauren Eskreis-Winkler vd., "Metanet Etkisi: Ordu, İşyeri, Okul ve Evlilikte Muhafazayı Öngörmek," *Frontiers in Psychology* 5 (Şubat 2014): 1–12.

s. 249 Dmitriy Mendeleyev: Bakınız Strathern, *Mendeleyev's Dream*; Brock, *Norton History of Chemistry*, 311–54.

s. 251 Bankograf: Kenneth N. Gilpin, "Luther Simjian Öldü; 92'den Fazla Patent Aldı," *New York Times*, 2 Kasım, 1997; "Makine Bankaya Yatırılan Parayı Kabul Eder," *New York Times*, 12 Nisan, 1961, 57.

s. 257 Mendeleyev tablosunu ilk olarak 1869'da: Dmitriy Mendeleyev, "Über die beziehungen der eigenschaften zu den atom gewichten der elemente," *Zeitschrift für Chemie* 12 (1869): 405–6.

9. Canlı Dünya

s. 259 "jilet kadar keskinleşene" dek bileyip: *The Epic History of Biology* (Cambridge, Mass.: Perseus, 1993), 126.

s. 260 otuz trilyon hücreden ibaret: E. Bianconi ve diğerleri., "İnsan Vücudundaki Hücrelerin Sayısının Tahmini," *Annals of Human Biology* 40 (Kasım–Aralık 2013): 463–71.

s. 260 on milyon tür: Lee Sweetlove, "Dünya Üzerindeki Tür Sayısı 8,7 Milyon," *Nature*, 23 Ağustos, 2011.

s. 260 on böcek kırıntısına kadar: "yiyecek Kusur Eylem Seviyeleri" Kusur Seviyeleri Elkitabı, U.S. Gıda ve İlaç Yönetimi, erişim 28 Ekim, 2014, http://www.fda.gov/food/guidanceregulation/guidancedocumentsregulatory information/ucm056174.htm.

s. 260 bir porsiyon brokoli: *Age*.

s. 261 ön kolumuzda yaşayan kırk dört mikroskobik organizma cinsi: "Mikrobiyom: Vücudunuz Hücrelerin 10 Katı Bakteriye Ev Sahipliği Yapar," *Discover*, tarih belirtilmemiş, erişim 28 Ekim, 2014, http://discovermagazine.com/galleries/zen-photo/m/microbiome.

s. 262 Aristoteles hevesli bir biyologdu: Aristoteles'in biyoloji çalışmaları için, bakınız Joseph Singer, *A History of Biology to About the Year 1900* (New York: Abelard-Schuman, 1959); Lois Magner, *A History of the Life Sciences*, 3. baskı. (New York: Marcel Dekker, 2002).

s. 264 insanlar bir tür yaşam kuvveti: Paulin J. Hountondji, *African Philosophy*, 2. baskı. (Bloomington: Indiana University Press, 1996), 16.

s. 266 "Bu boruyla baktığımda ...": Daniel Boorstin, *The Discoverers* (New York: Vintage, 1983), 327.

s. 267 En büyük savunuculardan biri: Magner, *History of the Life Sciences*, 144.

s. 268 "hayatım boyunca okuduğum en ustaca yazılmış eser": Ruth Moore, *The Coil of Life* (New York: Knopf, 1961), 77.

s. 268 sahnede alay edilen deneylerin: Tita Chico, "Gimcrack'in Mirası: Seks, Zenginlik ve Deneysel Felsefe Tiyatrosu," *Comparative Drama* 42 (Bahar 2008): 29–49.

s. 268 Hooke'un iddialarına inananlardan biri de: Leeuwenhoek'in mikroskop üzerine çalışmaları için: bakınız Moore, *Coil of Life*.

s. 269 "... fersah fersah geçen mikroskoplar ...": Boorstin, *The Discoverers*, 329–30.

s. 270 "Bunlar yalnızca dürtü ve merakım sonucu ...": Moore, *Coil of Life*, 79.

s. 271 "... küçük yılan balıkları ve solucanlar ...": Boorstin, *The Discoverers*, 330–31.

s. 271 "... sürekli hareket eden iki küçük boynuzu var": Moore, *Coil of Life*, 81.

s. 272 Mikroskoplarından çok azı bozulmadan günümüze ulaştı: Adriana Stuijt, "Dünyanın İlk Mikroskobu Açık Artırmayla 312.000 Pounda Satıldı," *Digital Journal*, 8 Nisan, 2009, erişim 7 Kasım, 2014, http://www.digitaljournal.com/article/270683; Gary J. Laughlin, "Editorial: Rare Leeuwenhoek Bids for History," *The Microscope* 57 (2009): ii.

s. 272 en önemli ileti dizisi: Moore, *Coil of Life*, 87.

s. 273 "Antonie van Leeuwenhoek doğa felsefesinde gerçek olanın ...": "Antonie van Leeuwenhoek (1632–1723)," California Üniversitesi Paleontoloji Müzesi, erişim 28 Ekim, 2014, http://www.ucmp.berkeley.edu/history/leeuwenhoek.html.

s. 273 Newton'u da Charles Darwin'di: Darwin'in yaşamı için, büyük ölçüde şunlardan yararlandım: Ronald W. Clark, *The Survival of Charles Darwin: A Biography of a Man and an Idea* (New York: Random House, 1984); Adrian Desmond, James Moore ve Janet Browne, *Charles Darwin* (Oxford: Oxford University Press, 2007); ve Peter J. Bowler, *Charles Darwin: The Man and His Influence* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990).

s. 273 "... geçerlilik kazandıracak bir şey vuku bulsaydı bu talihsizlik olurdu": "Charles Darwin," Westminster Abbey, erişim 28 Ekim, 2014, http://www.westminster-abbey.org/our-history/people/charles-darwin.

s. 274 "Güvercinler herkesin ilgisini çeker": Clark, *Survival of Charles Darwin*, 115.

s. 274 "Halkın ne düşüneceğini Tanrı bilir": *Age.*, 119.

s. 276 "olgular ve anlamlarına karşı büyük bir merak": *Age.*, 15.

s. 276 "... nadir bulunan iki böcek gördüm ...": *Age.*, 8.

s. 276 "kabuklu deniz hayvanlarından ...": Charles Darwin'den W. D. Fox'a, Ekim 1852, Darwin Yazışma Projesi mektup 1489, erişim

28 Ekim, 2014, http://www.darwinproject.ac.uk/letter/entry-1489.

s. 277 "tıp eğitimi almak için üstün bir gayret ...": Clark, *Survival of Charles Darwin*, 10.

s. 277 "Şu Darwin de soru sorulacak adam hani": *Age.*, 15.

s. 279 "Ancak arkama dönebilecek kadar yerim var": *Age.*, 27.

s. 279 keşiflerini sefer sırasında *yapmadı*: Bowler, *Charles Darwin: The Man*, 50, 53–55.

s. 279 "Seninkisi çok gıpta edilecek bir durum ...": Charles Darwin'den W. D. Fox'a, 9–12, Ağustos 1835, Darwin Yazışma Projesi, mektup 282, erişim 28 Ekim, 2014, http://www.darwinproject.ac.uk/letter/entry-282.

s. 281 ispinoz gagalarındaki farklılıkları gözlemlemesinden: Desmond, Moore ve Browne, *Charles Darwin*, 25, 32–34.

s. 283 "Birden bu koşullar altında uygun farklılıkların sürme ...": *Age.*, 42.

s. 285 "Ben ölünce ... bu yüzden çok gözyaşı döktüğümü öğreneceksin": Bowler, *Charles Darwin*, 73.

s. 285 ikinci çocukları Annie'nin on yaşında ölmesi: Adrian J. Desmond, *Darwin* (New York: W. W. Norton, 1994), 375–85.

s. 285 "Evimizin neşesini ve yaşlılığımızın avuntusunu kaybettik: Charles Darwin'in Anne Elizabeth Darwin için anı yazısı, "Anne Elizabeth Darwin'in Ölümü," erişim 28 Ekim, 2014, http://www.darwinproject.ac.uk/death-of-anne-darwin.

s. 286 "bezelye taneleri": Desmond, Moore ve Browne, *Charles Darwin*, 44.

s. 286 "dünyanın en uç sınırı": *Age.*, 47.

s. 287 "en önemli ve son isteği": *Age.*, 48.

s. 287 "Tek bir uzman tarafından kabul edilmesi bile ...": *Age.*, 49.

s. 288 "bilimin temellerini sarsmak ...": Anonim [David Brewster], "Review of *Vestiges of the Natural History of Creation*," *North British Review* 3 (Mayıs–Ağustos 1845): 471.

s. 290 "çirkin kitap": Evelleen Richards, " 'Metaforik Şaşırtmacalar': İngiliz Biyolojisinde Doğanın Romantik Aşaması," *Romanticism and the Sciences*, edl. Andrew Cunningham ve Nicholas Ardine (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990), 137.

s. 293 "[Wallace] bana ilişikteki çalışmayı gönderdi ...": "Darwin'den Lyell'e, 18 Haziran, 1858," *The Life and Letters of Charles Darwin*,

Including an Autobiographical Chapter, ed. Francis Darwin (Londra: John Murray, 1887), http://darwin-online.org.uk/converted/published/1887_Letters_F1452/1887_Letters_F1452.2.html, erişim 28 Ekim, 2014.

s. 294 Thomas Bell'in yorumlarında görülür: Desmond, *Darwin*, 470.

s. 295 "bir çocuk kadar zayıftı": Desmond, Moore ve Browne, *Charles Darwin*, 65.

s. 295 "... bu yaşam görüşünde görkem var ...": Bowler, *Charles Darwin*, 124–25.

s. 296 "Kitabınızı keyiften ziyade ıstırap içinde okudum ...": Clark, *Survival of Charles Darwin*, 138–39.

s. 296 "Darvincilik her yerde doğalcılık ...": Desmond, Moore ve Browne, *Charles Darwin*, 107.

s. 298 Gregor Mendel: Bkz. Magner, *History of the Life Sciences*, 376–95.

s. 299 "Mutlu ve huzurluyum, hiçbir eksiğim yok ...": Darwin'den Alfred Russel Wallace'a, Temmuz 1881, alıntılayan Bowler, *Charles Darwin*, 207.

10. İnsan Deneyiminin Sınırları

s. 305 Atomlar görülemeyecek ... kadar küçüktü: 2013'te, bilim insanları nihayet bir adım atıp tepki veren molekülleri "görebildiler". Bakınız Dimas G. de Oteyza ve diğerleri, "Tek Moleküllü Kimyasal Reaksiyonlarda Eşdeğerli Bağ Yapısının Direkt Görüntülemesi," *Science* 340 (21 Haziran, 2013): 1434–37.

s. 306 "hiçbir doğrulanabilir sonuca gitmeyen varsayımsal tahminlerdir": Niels Blaedel, *Harmony and Unity: The Life of Niels Bohr* (New York: Springer Verlag, 1988), 37.

s. 309 "zihinsel huzursuzluk ve rahatsızlık halini sürdürme istekliliğini": John Dewey, "Düşünce Nedir?" *How We Think* (Lexington, Mass.: Heath, 1910), 13.

s. 310 "fiziğin tamamlanmak üzere olan bir bilgi dalı": Barbara Lovett Cline, *The Men Who Made a New Physics* (Chicago: Chicago University Press, 1965), 34. Ayrıca bkz. J. L. Heilbron, *The Dilemmas of an Upright Man* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1996), 10.

s. 310 Max Planck: Planck hakkındaki materyallerin çoğu Heilbron'dan alınmadır, *Dilemmas of an Upright Man*. Ayrıca bakınız Cline, *The Men Who Made a New Physics*, 31–64.

s. 310 "tartışmaya açık serüvenlere meyilsiz": Heilbron, *Dilemmas of an Upright Man*, 3.

s. 310 "Matematiğin katılığı ile doğa yasalarının çokluğu arasında ...": *Age.*, 10.

s. 310 "Benim düsturum daima şu olmuştur ...": *Age.*, 5.

s. 311 Ancak fenomen atomların istatistiksel analiziyle açıklanabilir: Leonard Mlodinow ve Todd A. Brun, "Zamanın Psikolojik ve Termodinamik Okları Arasındaki İlişki," *Physical Review E* 89 (2014): 052102–10.

s. 311 "Atom teorisinin şimdiye kadar kazandığı ...": Heilbron, *Dilemmas of an Upright Man*, 14.

s. 313 "kimse ... öyle ya da böyle ilgilenmiyordu": *Age.*, 12; Cline, *The Men Who Made a New Physics*, 36.

s. 318 "şimdiye kadar bilinmeyen bazı nedenlerle ...": Richard S. Westfall, *Never at Rest* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1980), 462.

s. 318 "hareket eden parçacıkların küçüklüğü nedeniyle ...": *Age.*

s. 322 "Yeni bir bilimsel gerçek: Genellikle yanlış aktarılan sözlerin orijinali şöyledir: "Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, daß ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß ihre Gegner allmählich aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist." Bu sözler şu eser içinde bulunmaktadır: *Wissenschaftliche Selbstbiographie: Mit einem Bildnis und der von Max von Laue gehaltenen Traueransprache* (Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1948), 22. Çevirisi: *Max Planck, Scientific Autobiography and Other Papers*, çev. F. Gaynor (New York: Philosophical Library, 1949), 33–34.

s. 325 "Elbette, şunun farkındayım ki ...": John D. McGervey, *Introduction to Modern Physics* (New York: Academic Baskı 1971), 70.

s. 325 "Neden bir inancı bırakalım ki? ..." "Kara Kulübe," *North of Boston* (New York: Henry Holt, 1914), 54.

s. 326 "sanki zemin ayaklarımızın altından çekilmiş gibiydi ...": Albert Einstein, *Autobiographical Notes* (1949; New York: Open Court, 1999), 43.

s. 329 "O kusursuz bir öğrenci, bense dağınık ve hayalciydim. ...": Carl Sagan, *Broca's Brain* (New York: Random House, 1974), 25.

s. 330 "Oğlum işsiz olduğu için son derece mutsuz. ...": Abraham Pais, *Subtle Is the Lord: The Science and Life of Albert Einstein* (Oxford: Oxford University Press, 1982), 45.

s. 331 1901 ve 1902'de yazdığı ilk iki araştırması: *Age.*, 17–18.

s. 336 "izafiyet teorisini hiç de devrim olarak görmüyordu": *Age.*, 31.

s. 338 1905'te bir arkadaşına yazdığı mektup: *Age.*, 30–31.

s. 339 "... atomların varlığını olabildiğince garantileyecek bulgulara ulaşmak": Ronald Clark, *Einstein: The Life and Times* (New York: World Publishing, 1971), 52.

s. 342 1913 tarihli bir tavsiye mektubuydu: Pais, *Subtle Is the Lord*, 382–86.

s. 342 "Albert Einstein'a, kuramsal fizikteki hizmetlerinden ...": *Age.*, 386.

s. 342 "tarihe geçecek cinsten bir azımsama ...": *Age.*

s. 344 "Elli sene kafa yordum ...": Jeremy Bernstein, *Albert Einstein and the Frontiers of Physics* (Oxford: Oxford University Press, 1996), 83.

11. Görünmez Dünya

s. 345 "... gençlerin yeni teorileri araştırma heveslerini kırmamalıyız ...": Leonard Mlodinow, *Feynman's Rainbow: A Search for Beauty in Physics and in Life* (New York: Vintage, 2011), 94–95.

s. 347 "Einstein'ın [fotoelektrik etki] denklemi çok başarılı olmasına rağmen ...": Abraham Pais, *Subtle Is the Lord: The Science and Life of Albert Einstein* (Oxford: Oxford University Press, 1982), 383.

s. 348 Niels Bohr lise çağına geldiğinde: Bohr'un yaşamı ve bilimi ve Ernest Rutherford'la ilişkisi üzerine daha fazla bilgi için bakınız Niels Blaedel, *Harmony and Unity: The Life of Niels Bohr* (New York: Springer Verlag, 1988) ve Barbara Lovett Cline, *The Men Who Made a New Physics* (Chicago: Chicago University Press, 1965), 1–30, 88–126.

s. 350 Thomson'un elektronu o kadar tuhaf görünüyordu ki: "Zerrelerden Elektronlara," Amerikan Fizik Enstitüsü, erişim 28 Ekim, 2014, http://www.aip.org / history/electron/jjelectr.htm.

s. 350 1941'de bilim insanları: R. Sherr, K. T. Bainbridge ve H. H. Anderson, "Hızlı Nötronlarla Cıvanın Dönüşümü," *Physical Review* 60 (1941): 473–79.

s. 353 Proton ve çekirdek o zamanlar bilinmiyordu: John L. Heilbron ve Thomas A. Kuhn, "Bohr Atomunun Doğuşu," *Historical Studies in the Physical Sciences*, cilt 1, ed. Russell McCormmach (Philadelphia: Pennsylvania University Press, 1969), 226.

s. 355 "Hayatta başıma gelen en inanılmaz olay. ...": William H. Cropper, *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking* (Oxford: Oxford University Press, 2001), 317.

s. 356 Birinci Dünya Savaşı'nda kendilerini ... buldular: Geiger hakkında daha fazla bilgi için, bakınız Jeremy Bernstein, *Nuclear Weapons: What You Need to Know* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2008), 19–20; ve Diana Preston, *Before the Fallout: From Marie Curie to Hiroshima* (New York: Bloomsbury, 2009), 157–58.

s. 357 Everest Dağı'nın ağırlığının yüz katı kadardır: Aslında, yüz milyar ton olurdu, çünkü Everest yaklaşık bir milyar ton gelir. Bakınız "Nötron Yıldızları," *NASA Mission News*, 23 Ağustos 2007, erişim 27 Ekim, 2014, http://www. nasa.gov/ mission_pages / GLAST/science /neutron_stars_prt.htm.

s. 360 Bohr'un üstlendiği işin bu zorluğu: John D. McGervey, *Introduction to Modern Physics* (New York: Academic Press, 1971), 76.

s. 364 "[o güne kadar yapılmış] en büyük keşiflerden biri": Stanley Jaki, *The Relevance of Physics* (Chicago: Chicago University Press, 1966), 95.

s. 364 "... çok esef vericiydi": Blaedel, *Harmony and Unity*, 60.

s. 364 Lord Rayleigh: Jaki, *Relevance of Physics*, 95.

s. 364 "yetmişini geçmiş olan adamların ...": *Age.*

s. 364 Arthur Eddington: *Age.*, 96.

s. 365 Bohr'un fikirlerinin ... doğruluğuna ikna eden gelişmeler: Blaedel, *Harmony and Unity*, 78–80; Jagdish Mehra ve Helmut Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory*, cilt 1 (New York: Springer Verlag, 1982), 196, 355.

s. 366 Bunun üzerine, hiçbir fizikçi: Blaedel, *Harmony and Unity*, 79–80.

12. Kuantum Devrimi

s. 367 "Kuantum teorisi hakkında umutsuzca kafa yoruyor William H. Cropper, *Great Physicists: The Life and Times of Leading*

Physicists from Galileo to Hawking (Oxford: Oxford University Press, 2001), 252.

s. 367 "... keşke komedyen ya da ona benzer bir şey olsaydım ...": *Age.*

s. 369 Heisenberg'in çok zeki –ve rekabetçi– bir çocuk olduğu hemen anlaşıldı: Heisenberg'in son biyografisi David C. Cassidy, *Uncertainty: The Life and Times of Werner Heisenberg* (New York: W. H. Freeman, 1992).

s. 370 "Bu durumda, matematik için tamamen kayıp sayılırsınız": *Age.*, 99–100.

s. 371 "Bir şeyler biliyor olabilirsin ...": *Age.*, 100.

s. 371 Bohr atomunun ... bir varyantı oluşturulabilir miydi?: Olivier Darrigol, *From c-Numbers to q-Numbers: The Classical Analogy in the History of Quantum Theory* (Berkeley: California University Press, 1992), 218–24, 257, 259; Cassidy, *Uncertainty*, 184–90.

s. 372 "Kariyerim boyunca dokuz binden fazla atış kaçırdım. ...": "Başarısızlık," televizyon reklamı, 1997, erişim 27 Ekim, 2014, https://www.youtube.com/watch?v=45m MioJ5szc.

s. 373 Örneğin, Abraham Lincoln: Charleston, Illinois'de Lincoln-Douglas Tartışması, 18 Eylül, 1858, erişim 7 Kasım, 2014, http://www.nps .gov/liho/historyculture/debate4.htm.

s. 373 çünkü beyaz üstünlüğünün: Abraham Lincoln, Peoria, Illinois'de hitabet, 16 Ekim, 1854; bakınız Roy P. Basler, ed., *The Collected Works of Abraham Lincoln*, cilt 2 (New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1953–55), 256, 266.

s. 375 Max Born buna ... "kuantum mekaniği" adını verdi: William A. Fedak ve Jeffrey J. Prentis, "'Kuantum Mekaniği' Üzerine 1925 Born ve Jordan'ın Çalışması," *American Journal of Physics* 77 (Şubat 2009): 128–39.

s. 377 kendisi de buna "çok tuhaf" dedi: Niels Blaedel, *Harmony and Unity: The Life of Niels Bohr* (New York: Springer Verlag, 1988), 111.

s. 378 "Artık şuna kanaat getirdim ...": Max Born, *My Life and Views* (New York: Charles Scribner's Sons, 1968), 48.

s. 379 hemen Einstein'a yazdı: Mara Beller, *Quantum Dialogue: The Making of a Revolution* (Chicago: Chicago University Press, 1999), 22.

s. 379 Bohr ve Heisenberg gibi: Cassidy, *Uncertainty*, 198.

s. 379 "Fizikçilerin realitenin dolaylı bir tanımıyla ...": Abraham Pais, *Subtle Is the Lord: The Science and Life of Albert Einstein* (Oxford: Oxford University Press, 1982), 463.

s. 380 "Benim çalışmalarım şu sıralar ...": Cassidy, *Uncertainty*, 203.

s. 380 Pauli tedirgin oldu: Charles P. Enz, *No Time to Be Brief* (Oxford: Oxford University Press, 2010), 134.

s. 382 "Heisenberg'in son çalışmaları sayesinde ...": Blaedel, *Harmony and Unity*, 111–12.

s. 383 "Büyük eserini ... yarattı": Walter Moore, *A Life of Erwin Schrödinger* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1994), 138.

s. 385 "çalışmanızın fikri gerçek dehadan kaynaklanıyor!": *Age.*, 149.

s. 385 "... ilerleme kaydettiğinize kanaat getirdim": *Age.*

s. 385 "Üç zihinden ibarettim ...": Wallace Stevens, "Bir Karatavuğu İncelemenin On Üç Yolu," *Collected Poems* (1954; New York: Vintage, 1982), 92.

s. 386 "Ne gibi sonuçlar ortaya çıkaracağını bilse": Pais, *Subtle Is the Lord*, 442.

s. 387 "hem cesareti kırılmış ...": Cassidy, *Uncertainty*, 215.

s. 387 "Schrödinger'in teorisinin fiziksel kısmı üzerinde ...": *Age.*

s. 388 100.000'den fazla çalışma: Moore, *Life of Erwin Schrödinger*, 145.

s. 390 "... İhtiyarın gizemine bizi pek yaklaştırmıyor. ...": Albert Einstein'dan Max Born'a, 4 Aralık, 1926, bkz. *The Born-Einstein Letters*, ed. M. Born (New York: Walker, 1971), 90.

s. 392 "Einstein'ın hükmü, sert bir darbe gibi geldi": Pais, *Subtle Is the Lord*, 443.

s. 392 "yalnız başına küçük şarkısını": *Age.*, 31.

s. 392 "Beni yılların etkisiyle fosilleşmiş bir şey ...": *Age.*, 462.

s. 394 "Şimdi artık en azından bir düzenimiz var ...": Graham Farmelo, *The Strangest Man: The Hidden Life of Paul Dirac, Mystic of the Atom* (New York: Basic Books, 2009), 219–20.

s. 395 "Heisenberg'in düzgün biri olduğuna inanıyorum ...": Cassidy, *Uncertainty*, 393.

s. 396 Heisenberg Schrödinger'in ayrılmasına içerledi: *Age.*, 310.

s. 396 Biyografi yazarı Walter Moore'un: Moore, *Life of Erwin Schrödinger*, 213–14.

s. 397 "Bu evi bir daha göremeyeceksin": Philipp Frank, *Einstein: His Life and Times* (Cambridge, Mass.: Da Capo Press, 2002), 226.

s. 397 Beyninden geriye kalanlar: Michael Balter, "Einstein's Brain Was Unusual in Several Respects, Rarely Seen Photos Show," *Washington Post*, 26 Kasım, 2012.

s. 400 kahverengi üniformasını gururla giydi: Farmelo, *The Strangest Man*, 219.

s. 400 Heisenberg gibi onun önceliği de: Cassidy, *Uncertainty*, 306.

s. 401 Alman atom bombası projesi: Cassidy, *Uncertainty*, 421–29.

Sonsöz

s. 407 Eski bir bilmece vardır: Martin Gardner, "Matematik Oyunları," *Scientific American*, Haziran 1961, 168–70.

s. 409 Sokrates, eleştirel ve sistematik bir biçimde düşünmeden: Alain de Botton, *The Consolations of Philosophy* (New York: Vintage, 2000), 20–23.

DİZİN

–A–

adaptasyon 72

ağırlık 27, 28, 32, 36, 66, 81, 105, 135, 149, 151, 200, 203, 205, 240, 245, 246, 247, 248, 254, 255, 256, 257, 259, 273, 353, 357, 365, 366, 389, 394, 431, 444

akıl 11, 16, 22, 27, 35, 36, 67, 71, 88, 93, 94, 97, 106, 137, 142, 153, 161, 165, 167, 171, 186, 190, 201, 210, 237, 241, 242, 265, 289, 290, 295, 321, 355, 366, 428, 433, 434

akıl yürütme 12, 28, 41, 81, 103, 125, 139, 150, 151, 166, 187, 239, 246, 266, 283, 360, 421, 429

alet 29, 30, 31, 32, 33, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 58, 61, 65, 66, 70, 77, 142, 149, 156, 181, 214, 216, 235, 267, 270, 303, 304, 337, 340, 352, 402, 420, 424

Aristoteles 79, 94, 97, 100, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 127, 133, 136, 137, 145, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 157, 158, 159, 160, 165, 175, 176, 197, 205, 210, 211, 214, 217, 218, 221, 222, 223, 227, 230, 232, 262, 264, 266, 267, 285, 304, 306, 326, 335, 391, 428, 429, 431, 438

atalet 153, 166, 195, 199

ateş 13, 33, 87, 88, 109, 110, 118, 119, 215, 218, 221, 222, 223, 227, 230, 231, 232, 234, 236, 285, 316, 352, 355, 369, 387, 394, 412

atom ağırlığı 245, 246, 247, 248, 254, 255, 256, 257, 365, 366

atom bombası 309, 356, 357, 396, 401, 447

atom çekirdeği 255, 318, 357, 358, 359, 360, 361, 363, 365, 378, 444

atom numarası 258, 365, 366

atom yörüngesi 359, 360, 361, 362, 363, 365, 374, 377, 378, 379, 384, 388, 389
Australopithecus afarensis 25, 419, 420
Aydınlanma çağı 233, 299, 303

–B–

Babbage, Charles 281, 396
Babil 64, 82, 83, 85, 87, 88, 94, 104, 131, 188, 412, 427
Bacon, Francis 204, 434
Baskı makinesi 143
Batlamyus 154, 155, 210
Beagle 277, 279, 280, 282
belirlenimcilik 390
Belirsizlik İlkesi 388, 389, 392, 398
bilim devrimi 61, 131, 133, 146, 187, 210, 226, 373
bilimsel bilgi 68
bilinç 49, 96, 97, 133, 190, 340, 346, 373
Bohr atomu 356, 360, 363, 364, 370, 371, 372, 374, 376, 383, 444, 445
Bohr, Niels 18, 182, 335, 347, 348, 349, 351, 352, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 371, 372, 373, 374, 376, 377, 379, 381, 382, 384, 387, 395, 398, 399, 441, 443, 444, 445
Boltzmann, Ludwig 321, 322, 323, 324, 337
Born, Max 367, 368, 371, 375, 378, 379, 380, 385, 387, 390, 392, 393, 395, 397, 398, 399, 445, 446
Boyle, Robert 183, 184, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 252, 403, 436
Brahe, Tycho 191
Bruno, Giordano 162
buluş 18, 55, 57, 58, 59, 64, 75, 78, 79, 80, 84, 85, 99, 102, 114, 140, 142, 195, 251, 252, 303, 315, 332, 348, 349, 372, 383, 410, 424, 431

–C-Ç–

cebir 82, 83, 85, 103, 115, 138, 183, 423
Chomsky, Noam 72
Copernicus, Nicolaus 100, 133, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 209, 226, 228, 258, 366
Curie, Pierre 366
Çatalhöyük 50, 51, 52, 66, 98, 99, 219, 422, 423
Çin (antik) 74, 96, 97, 130, 143, 427, 429
çiviyazısı 50, 78, 94

–D–

Dalton, John 245, 246, 247, 248, 252, 305, 337, 409, 437

Darwin, Charles 18, 155, 263, 267, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 336, 404, 439, 440, 441
Descartes, René 63, 176
determinizm *bkz.* belirlenimcilik
diferansiyel hesap 180
din 9, 16, 19, 24, 37, 46, 47, 48, 49, 53, 70, 71, 76, 86, 100, 104, 108, 128, 129, 132, 134, 144, 155, 161, 162, 163, 170, 171, 186, 187, 190, 210, 228, 233, 275, 280, 281, 285, 288, 289, 296, 352, 422, 426, 427, 429, 432
Dirac, Paul 371, 387, 396, 398, 399, 446
DNA analizi 34, 72, 298, 303, 411, 412
Doğal Seçilim 263, 275, 283, 284, 291, 292, 293, 295
doğa yasaları 18, 53, 60, 85, 88, 89, 116, 146, 165, 197, 207, 227, 295, 310, 312, 337, 368, 392, 403, 427, 432, 442
dünya merkezli görüş 154, 161, 162, 432

–E–

Edison, Thomas 75, 189, 313, 426
eğitim 11, 79, 95, 105, 108, 129, 130, 132, 142, 145, 188, 223, 228, 234, 249, 269, 276, 277, 281, 309, 314, 329, 330, 332, 384, 408, 417, 428, 430, 440
Einstein, Albert 9, 18, 20, 28, 34, 55, 91, 96, 97, 104, 119, 139, 170, 185, 188, 206, 220, 251, 305, 313, 321, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 351, 352, 359, 360, 361, 362, 364, 365, 366, 370, 371, 373, 379, 381, 385, 386, 390, 391, 392, 395, 397, 399, 408, 414, 415, 419, 427, 428, 430, 433, 442, 443, 445, 446, 447
elektrik 24, 149, 233, 234, 235, 304, 317, 318, 340, 348, 352, 353, 358, 362, 365, 380
elektromanyetizma 126, 251, 288, 318, 332, 333, 341, 413
elektron 298, 304, 306, 340, 341, 342, 349, 350, 351, 353, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 363, 364, 365, 374, 377, 378, 383, 384, 386, 389, 399, 411, 423, 443
element 109, 154, 217, 218, 221, 222, 227, 230, 231, 232, 240, 241, 242, 244, 246, 247, 248, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 263, 332, 349, 350, 361, 362, 365, 366, 409, 432, 435, 437

enerji 35, 36, 142, 174, 187, 200, 259, 264, 276, 304, 316, 317, 322, 323, 326, 336, 339, 341, 342, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 371, 374, 377, 381, 383, 410, 414, 415, 423
evren 13, 15, 53, 60, 64, 76, 89, 90, 91, 94, 95, 97, 103, 106, 113, 116, 117, 125, 133, 154, 155, 157, 160, 165, 167, 171, 174, 201, 211, 213, 227, 262, 271, 282, 283, 305, 308, 329, 333, 359, 361, 388, 389, 390, 391, 393, 402, 403, 411, 414, 415, 428, 429, 432
evrim 15, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 40, 41, 49, 56, 59, 65, 72, 75, 79, 180, 209, 263, 275, 276, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 288, 290, 291, 292, 295, 296, 298, 299, 379, 413, 419, 420, 421, 423, 424

–F–

felsefe 16, 17, 79, 92, 97, 100, 104, 112, 115, 117, 119, 120, 127, 129, 144, 170, 175, 178, 184, 199, 210, 222, 227, 237, 243, 245, 273, 285, 296, 305, 306, 312, 323, 326, 338, 348, 376, 378, 386, 403, 428, 438, 439
Fenike alfabesi 80, 426
Fermi, Enrico 366
Feynman, Richard 169, 188, 345, 346, 356, 371, 385, 434, 443
fisyon 332, 401
fosil 31, 279, 281, 282, 291, 392, 446
foton 13, 24, 185, 339, 340, 341, 342, 343, 346, 347, 349, 351, 352, 361, 367, 371, 399
Fransız Devrimi 165, 233, 241
Frost, Robert 325

–G–

Galen 223
Galileo Galilei 16, 18, 100, 127, 134, 139, 142, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 175, 176, 179, 195, 197, 199, 202, 209, 210, 223, 226, 227, 228, 232, 266, 267, 271, 273, 285, 333, 335, 372, 409, 430, 431, 432, 433, 435, 444, 445
Gamow, George 332
gazlar 23, 39, 149, 202, 216, 218, 219, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 240, 246, 251, 286, 306, 316, 362
genel izafiyet 139, 347, 414
genetik 18, 34, 59, 298, 411
geometri 85, 89, 100, 101, 127, 139, 140, 144, 154, 192, 330, 428

Göbekli Tepe 46, 47, 48, 49, 50, 51, 64, 98, 99, 171, 422
göçebelik 45
güneş merkezli evren 133, 154, 160, 161, 432

–H–

Halley, Edmond 55, 191, 192, 193, 197, 204, 205, 229, 278
Hammurabi Kanunları 87, 88, 89, 427
Hawking, Stephen 2, 125, 169, 183, 248, 249, 396, 412, 413, 417, 433, 444, 445
Heisenberg, Werner 18, 335, 369, 370, 371, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 392, 393, 394, 395, 396, 398, 399, 400, 401, 409, 445, 446, 447
her şeyin teorisi 298, 412
hidrojen 53, 216, 247, 360, 362, 365, 380, 382, 387, 413, 423
Higgs parçacığı 306, 307, 308, 386
hız 15, 18, 19, 23, 24, 30, 33, 40, 66, 93, 94, 110, 115, 116, 118, 119, 132, 138, 139, 141, 142, 149, 150, 151, 152, 153, 166, 178, 179, 180, 181, 194, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 237, 251, 258, 267, 289, 295, 307, 333, 334, 335, 340, 341, 358, 360, 361, 374, 375, 376, 378, 379, 387, 388, 389, 392, 399, 407, 410, 411, 414, 443
Homo erectus 22, 32, 33, 34, 421
Homo türü 31
Hooke, Robert 63, 183, 184, 185, 192, 193, 195, 206, 207, 208, 229, 231, 259, 267, 268, 269, 270, 272, 273, 436, 438
Huxley, T. H. 292

–I-İ–

İncil 46, 186, 275, 278, 279, 285, 286, 390, 434
İngiltere Kilisesi 207, 233
integral hesap 180
İskenderiye 220, 221, 436
ivme 15, 116, 119, 141, 142, 149, 151, 200, 201, 202, 203
İyonya 97, 98, 99, 100, 102, 165
izafiyet teorisi 55, 139, 206, 251, 313, 330, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 347, 363, 370, 379, 395, 397, 408, 414, 415, 443
ışık 20, 24, 25, 47, 79, 101, 102, 111, 126, 137, 140, 144, 158, 167, 183, 184, 185, 200, 206, 209, 210, 211, 218, 238, 251, 255, 303, 304, 313, 317, 319, 320, 322, 323, 326, 333, 334, 335, 338, 339, 340, 341, 342, 343,

344, 346, 353, 360, 361, 362, 364, 371, 374, 376, 377, 398, 414, 433
ışıma 304, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 323, 324, 332, 339, 348, 361, 363, 374
ışın (alfa, beta, gama) 23, 184, 210, 316, 319, 340, 341, 349, 350, 353

–J–

Jaynes, Julian 24, 419
Jeans, James 325, 326
Jobs, Steve 251
Johanson, Donald 25, 26, 419, 421
Jordan, Michael 372
Jordan, Pascual 380, 393, 399, 445

–K–

kalıtım 26, 291, 298
kan 44, 146, 188, 236, 271, 276, 340, 369
Kant, Immanuel 233, 436
kaos 77, 86, 95, 97, 216, 268, 368, 393
karanlık enerji 414, 415
karanlık madde 414, 415
Karşılıklılık ilkesi 106, 376
Katolik Kilisesi 120, 154, 162, 262
Kepler, Johannes 89, 155, 156, 176, 191, 192, 193, 195, 197, 226, 427
kızılötesi 319
klasik fizik, *bkz.* Newton fiziği
kozmos 17, 41, 49, 95, 97, 106, 121, 157, 170, 227, 327, 390, 403, 409
kuantum fiziği 18, 213, 298, 372, 384, 393
kuantum mekaniği 343, 375, 384, 392, 393, 402, 423, 445
kuantum teorisi 237, 305, 309, 312, 313, 323, 326, 327, 328, 332, 335, 336, 338, 343, 346, 356, 361, 365, 367, 368, 370, 372, 375, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 395, 398, 399, 401, 402, 411, 444
kültür 16, 20, 24, 29, 35, 40, 41, 45, 49, 51, 56, 57, 58, 59, 73, 79, 90, 94, 95, 96, 99, 128, 134, 137, 142, 144, 165, 167, 180, 193, 210, 215, 217, 219, 220, 221, 233, 326, 335, 373, 409, 421, 423, 424, 433
Kültür Devrimi 46
kuramsal fizik 188, 237, 308, 333, 342, 345, 363, 364, 378, 392, 393, 394, 443
kütleçekimi teorisi 176, 206, 359, 414
kütle korunumu yasası 240, 242
kuvvet 12, 13, 21, 35, 36, 69, 95, 97, 111, 115, 116, 118, 119, 125, 128, 152, 153, 154, 177, 181,

192, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 204, 206, 211, 217, 222, 237, 246, 264, 268, 303, 317, 318, 331, 337, 343, 345, 348, 352, 358, 359, 401, 405, 413, 415, 434, 438

–L–

Lavoisier, Antoine 18, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 247, 252, 273, 436, 437
Leakey, Louis 30, 454
Leeuwenhoek, Antonie van 268, 269, 270, 271, 272, 273, 438, 439
Leibniz, Gottfried Wilhelm 205, 207, 224
Leonardo da Vinci 144, 145
Lucy (*Australopithecus afarensis*) 25, 26, 27, 28, 30, 419, 420, 421

–M–

Maxwell, James Clerk 317, 318, 333, 334, 338, 341, 348, 359
medrese 129
Mendeleyev, Dmitri 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 313, 332, 337, 365, 366, 408, 434, 435, 437
Mendel, Gregor 298, 441
metafizik 112, 127, 154, 227, 283, 312, 326, 327, 328, 349, 403
Mezopotamya (antik) 17, 65, 68, 69, 70, 71, 73, 78, 79, 81, 82, 84, 86, 87, 93, 94, 127, 426, 427, 428
Mieroop, Marc Van De 70, 422, 423, 424, 425, 426
Mısır (antik) 17, 74, 78, 84, 85, 98, 99, 100, 101, 104, 188, 219, 220, 221, 222, 263, 264
momentum 199, 200, 202, 376, 388
M teorisi 414
Müslümanlar 128
müzik 14, 75, 105, 117, 145, 239, 309

–N–

National Geographic 46, 422
Nazi Partisi 400, 401
nedensellik 96, 305, 328
Neolitik 42, 46, 49, 50, 51, 53, 63, 72, 421, 422, 423
Neolitik devrim 42, 43, 44, 45, 59, 60, 72, 422
Newtoncu dünya görüşü 326, 329, 335, 336, 348, 389, 402
Newton fiziği 116, 133, 165, 178, 237, 304, 319, 320, 336, 337, 348, 360, 376, 389, 408, 432, 434
Newton, Isaac 16, 18, 34, 40, 55, 63, 85, 92, 109, 113, 116, 118, 119, 127, 133, 153, 154, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183,

184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 214, 217, 223, 224, 226, 227, 229, 231, 233, 237, 245, 246, 248, 270, 273, 274, 278, 280, 281, 282, 285, 291, 292, 296, 298, 304, 308, 310, 317, 318, 326, 334, 335, 336, 337, 338, 343, 347, 348, 360, 361, 372, 373, 374, 375, 376, 378, 381, 384, 388, 389, 390, 396, 402, 403, 412, 427, 432, 433, 434, 435, 436, 439
Newton yasaları 38, 91, 102, 117, 153, 166, 167, 171, 183, 186, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 211, 217, 252, 278, 304, 317, 318, 334, 347, 348, 349, 366, 375, 390, 412, 434
Nobel, Alfred 366

–O-Ö–

oksijen 218, 233, 236, 240, 242, 246, 247, 254, 399, 436
Oppenheimer, J. Robert 398
optik 128, 157, 167, 183, 185, 206, 227, 267, 304, 341, 412, 436
organizma 252, 260, 261, 263, 264, 271, 284, 412, 438
Oxford Üniversitesi 231, 296, 396, 397, 423, 425, 426, 427, 429, 431, 433, 435, 436, 439, 443, 444, 445, 446
Öklid 2, 85, 101, 145, 146, 168
ölçme 28, 100, 150, 179, 180, 181, 219, 334, 388
özel izafiyet 206, 347

–P–

Paleolitik 42, 49, 420
Paracelsus 186, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 230, 436
Pasteur, Louis 265
Pauli, Wolfgang 182, 367, 368, 379, 380, 387, 395, 396, 398, 399, 446
Pinker, Steven 73, 425
piramitler 46, 50, 85, 88, 100, 275
Pisagor 104, 105, 106, 116, 127, 165, 186, 217, 428
Pisagor teoremi 106, 158
Planck, Max 2, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 332, 338, 339, 342, 348, 349, 361, 362, 364, 365, 381, 399, 400, 441, 442
Planck sabiti 323, 415
Platon 106, 107, 108, 112, 120, 186
Priestley, Joseph 233, 234, 235, 236, 239, 240, 436

–R–

radar 356
radyoaktif elementler 258, 350, 353

resimyazı 77, 78, 79, 80, 143, 426
Rilke, Rainer Maria 102, 428
Rönesans 128, 131, 142, 143, 144, 145, 149, 154
Röntgen, Wilhelm 349, 366
Rutherford, Ernest 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 364, 365, 366, 374, 377, 381, 395, 396, 443

–S-Ş–

sağduyu 112, 113, 114, 139, 149, 428
sanat 9, 14, 16, 23, 32, 35, 50, 56, 61, 67, 81, 82, 94, 127, 128, 129, 131, 144, 148, 150, 154, 170, 220, 222, 224, 235, 243, 270, 309, 314, 346, 351, 372, 373, 395, 410, 433
Sanayi Devrimi 234, 235, 402
Schrödinger, Erwin 383, 384, 385, 386, 387, 396, 397, 399, 446
Serbest düşme 149, 150, 151, 152, 153, 197, 203, 204
Ses hızı 202, 204
Shakespeare, William 81, 145
Sicim teorisi 345, 414, 415
simya 16, 170, 171, 186, 187, 188, 190, 194, 207, 209, 214, 217, 220, 222, 223, 224, 225, 226, 230, 237, 240, 258, 350, 351, 372
siyah cisim ışıması 304, 316, 319, 320, 321, 323, 324, 339, 348, 361
Sokrates 120, 409, 410, 447
spektral çizgiler 362, 367, 376, 377, 380
Sümerler 64, 73, 75, 78, 79, 80, 81
şempanzeler 23, 27, 28, 31, 35, 36, 37, 56, 57, 58, 71, 72, 420, 421, 423, 424

–T–

tanjant 195, 196
Tanrı 13, 14, 60, 68, 70, 80, 86, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 101, 112, 118, 134, 162, 165, 171, 187, 210, 226, 228, 229, 262, 263, 265, 271, 273, 274, 275, 281, 282, 295, 335, 349, 372, 390, 403, 412, 425, 427, 432, 433, 439
tarım 44, 48, 50, 51, 52, 64, 69, 134, 423
teknoloji 2, 15, 16, 18, 19, 32, 55, 56, 64, 71, 73, 75, 85, 97, 130, 142, 143, 172, 214, 218, 219, 232, 251, 262, 269, 298, 303, 329, 337, 356, 378, 388, 402, 411, 420, 421, 422, 431, 433
teleskop 155, 157, 158, 159, 161, 163, 184, 185, 266, 267, 308, 391
televizyon 2, 13, 18, 304, 340, 349, 404, 445
termodinamik 311, 313, 314, 315, 316, 322, 338, 442
Tevrat 88
Thales 100, 101, 102, 103, 104, 106, 111, 115, 127, 217

–U-Ü–

uranyum 349, 401
Uruk 64, 65, 66, 70, 76, 78, 91, 93, 424
uzay-zaman 96, 142, 180, 333, 334, 335, 364, 410
üniversite 2, 12, 17, 38, 47, 48, 71, 112, 131, 132, 133, 139, 142, 145, 146, 147, 159, 168, 169, 174, 177, 182, 183, 194, 207, 215, 221, 225, 227, 229, 233, 239, 250, 253, 261, 269, 276, 295, 309, 313, 314, 317, 326, 327, 329, 330, 332, 345, 348, 352, 354, 356, 363, 364, 368, 369, 384, 393, 394, 395, 396, 401, 404, 408, 427, 430, 434, 436, 439, 454

–W–

Wallace, Alfred Russel 292, 293, 294, 299, 385, 431, 432, 440, 441, 446
Watt, James 55, 423

–X–

X ışını 298, 316, 319

–Y–

Yahudi fiziği 395, 400
Yüksek frekans 319, 320, 336, 341
Yüksek matematik 61, 126, 140, 167, 176, 178, 180, 181, 183, 189, 196, 205
Yunan (antik) 16, 17, 85, 89, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 104, 105, 106, 115, 116, 121, 127, 128, 130, 131, 134, 136, 154, 188, 217, 220, 221, 222, 223, 244, 246, 275, 285, 348, 383, 403, 412, 428
Yunan mitolojisi 95

GÖRSEL MALZEMELERİN KULLANILMASINA İZİN VEREN KİŞİ VE KURUMLAR

11: Maureen A. O'Leary vd., "The Plasentalı Memelilerin Atası ve Plasentalıların Post–K-Pg Işınımı," *Science* 339 (8 Şubat, 2013): 662–7.
16: Nachosen/Wikimedia Commons'ın izniyle.
29: Teomancimit/Wikimedia Commons'ın izniyle.
30: Derya Kadıpaşaoğlu.
53: Birleşik Devletler Donanması İkinci Fotoğrafçısı Arlo K. Abrahamson'un çektiği fotoğraf. Fotoğraf Birleşik Devletler Donanması tarafından ID 030529-N-5362A-001 numarasıyla halka açıldı.
72: © Web Gallery of Art, Emil Krén ve Daniel Marx, Wikimedia Commons'ın izniyle.
92: Merton College Kütüphanesi, iç mekân görünümü, *The Charm of Oxford*, J. Wells (Londra: Simpkin, Marshall, Hamilton, Kent & Co., 1920). fromoldbooks.org'ın izniyle.
96: Derya Kadıpaşaoğlu.
101: PD-art/Wikimedia Commons'ın izniyle.
123: Derya Kadıpaşaoğlu.
136: Derya Kadıpaşaoğlu.
141: Zhaladshar/Wikimedia Commons'ın izniyle.
145: (Sol) Photo Researchers Inc.'in tescilli markası Science Source® izniyle, © 2014 Photo Researchers, Inc. Her hakkı saklıdır.
145: (Sağ) English School/Wikimedia Commons'ın izniyle.
156: Photo Researchers Inc.'in tescilli markası Science Source® izniyle, © 2014 Photo Researchers, Inc. Her hakkı saklıdır.
171: *Popular Science Monthly*, vol. 58/Wikimedia Commons'ın izniyle.
175: Photo Researchers Inc.'in tescilli markası Science Source® izniyle, © 2014 Photo Researchers, Inc. Her hakkı saklıdır.

181: Wikimedia Commons'ın izniyle.
189: Lister E 7, Pl. XXXIV, Bodleian Kütüphaneleri, Oxford Üniversitesi'nin izniyle.
202: Duncharris/Wikimedia Commons'ın izniyle.
210: (Üst) Richard Leakey ve Roger Lewin/Wikimedia Commons'ın izniyle.
210: (Orta) Maull ve Polyblank/Wikimedia Commons'ın izniyle.
210: (Alt) Robert Ashby Collection/Wikimedia Commons'ın izniyle.
218: (Üst) Bilim Müzesi, Londra/Wikimedia Commons'ın izniyle.
218: (Alt) Maximilien Brice (CERN)/Wikimedia Commons'ın izniyle.
224: Wikimedia Commons'ın izniyle.
231: Dibner Library Portrait'in izniyle.
245: F. Schmutzer/Wikimedia Commons'ın izniyle.
251: Photo Researchers Inc.'in tescilli markası Science Source® izniyle, © 2014 Photo Researchers, Inc. Her hakkı saklıdır.
254: Derya Kadıpaşaoğlu.
256: Derya Kadıpaşaoğlu.
271: Derya Kadıpaşaoğlu.
274: Fotoğraf Paul Ehrenfest, Jr., AIP Emilio Segre Visual Archives'in izniyle, Weisskopf Collection.
287: Benjamin Couprie'nin izniyle, Institut International de Physique de Solvay/Wikimedia Common.

Birkaç milyon yıl önce taş aletlerin yardımıyla güç bela hayatını sürdürürken yok olmanın eşiğinden dönen bir canlı türü bugün nasıl olup da atomaltı parçacıklardan galaksilere dek doğanın işleyişlerine dair bu denli büyük bir bilgi birikimine sahip olabildi?

Leonard Mlodinow insanın Afrika savanlarındaki hayatta kalma mücadelesinden yazının icadına ve oradan kuantum fiziğine uzanan macerasını ustaca anlatıyor, bu süreçte rol oynamış belli başlı filozof ve bilginlerin yaşamları, eserleri ve içine doğdukları kültürel koşullar hakkında bilgi veriyor.

Bilimin insanlığın macerası içinde ne tür bir yer tuttuğunu ve günümüzde hangi bilimsel sorunların gündemde olduğunu ele alan *Akıllı Homo Sapiens* bilim meraklısı okurlar için önemli bir kitap.

"Mlodinow bilimi hem anlaşılması kolay hem de eğlenceli kılmakta hiç başarısız olmamıştır."

— Stephen Hawking, *Zamanın Kısa Tarihi* adlı kitabın yazarı

"Türümüzün yolculuğunu anlatan Mlodinow'a kulak verin; dur durak bilmeyen ilerlememizin nasıl da insan beyninin eşsiz bir özelliğine, bir türlü gideremediğimiz bilgi açlığına bağlı olduğunu göreceksiniz."

— David Eagleman, *Incognito: Beynin Gizli Hayatı* adlı kitabın yazarı

internet satış:
saykitap.com

40 TL

ISBN 978-605-02-0685-2

SAY YAYINLARI

sayyayincilik.com
facebook.com/sayyayinlari
twitter.com/sayyayinlari
instagram.com/sayyayincilik