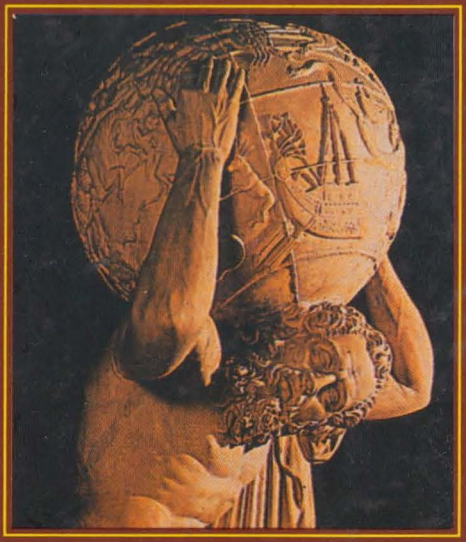
Bilimin Öncüleri

cemal yıldırım



TÜBİTAK

13. Basım

Bilimin Öncüleri • cemal yıldırım

BİLİMİN ÖNCÜLERİ

cemal yıldırım

Bilimin Öncüleri
Cemal Yıldırım

© Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 1995
TÜBİTAK Popüler Bilim Kitaplarının Seçimi ve Değerlendirilmesi TÜBİTAK Yayın Komisyonu Tarafından Yapılmaktadır

ISBN 975 - 403 - 011 - 6

İlk basımı Ocak 1995'te yapılan
Bilimin Öncüleri
bugüne kadar 30.000 adet basılmıştır.

13. Basım Ocak 1999 (2500 adet)

Yayın Koordinatörü: Cemil Koçak
Yayın Yönetmeni: Zafer Karaca
Teknik Yönetmen: Duran Akca
Tasarım: Mehmet Sobacı
Uygulama: Nurcan Öztop

TÜBİTAK
Atatürk Bulvarı No: 221 06100 Kavaklıdere/Ankara
Tel: (312) 427 33 21 Faks: (312) 427 13 36
e-posta: bteknik@tubitak.gov.tr
İnternet: www.biltek.tubitak.gov.tr

Pro-Mat. Basım Yayın A.Ş. - İstanbul

Bilimin Öncüleri

Cemal Yıldırım

TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

İçindekiler

Önsöz
GİRİŞ
Bilim Nedir? Ne Değildir? 3
Bilim Tarihine Kısa Bir Bakış 6
BİLİMSEL DÜŞÜNME YÖNTEMİ
Bilimsel Etkinliğin Niteliği 15
Bilimsel Yöntem 20
Bilimsel Buluşta Yöntem Yok mu? 27
Hipotez-Gözlem İlişkisi 33
Bilimsel Kuram: Yapı ve İşlevi 40
BİLİMİN ÖNCÜLERİ
Archimedes (Arşimed) 47
Euclides (Öklid) 53
Eratosthenes 61
Leonardo da Vinci 66
Nicolaus Copernicus (Kopernik) 72
Francis Bacon 78
Galileo Galilei 84
Johannes Kepler 92
William Harvey 98
Robert Boyle 104
Christiaan Huygens 109
Sir Isaac Newton 115
Antoine Laurent Lavoisier 123
John Dalton 129
Michael Faraday 135
Charles Darwin 142
Johann Gregor Mendel 149
Louis Pasteur 154

James Clerk Maxwell 160
Ivan Pavlov 165
Marie Curie 171
Max Planck 177
Ernest Rutherford 182
Albert Einstein 188
Niels Bohr 199
Werner Heisenberg 205
Sonsöz 216
Kaynaklar 218

Önsöz

Bu kitabın "GİRİŞ" dışındaki bölümleri, TÜBİTAK *Bilim ve Teknik Dergisi*'nde (Eylül 1991 - Aralık 1994) yayımlanan iki dizi yazıyı kapsamaktadır. Ana bölümü oluşturan "BİLİMİN ÖNCÜLERİ" dizisinin sunuş yazısında şu satırlar yer almıştı:

> Yaşadığımız dünyayı doğru değerlendirmenin başta gelen koşulu kuşkusuz bilimi yeterince anlamaktır. Ders kitaplarında öğretilenler, ne yazık ki, çoğu kez bir yığın ezber bilgi olmaktan ileri geçmemekte, araştırma etkinliğini algılamaya elvermemektedir. Oysa bilim deneyimsel bir süreçtir; kafaya doldurulacak bir yığın hazır bilgi değildir. Bilim doğruyu bulma, olup bitenleri açıklama arayışı sürecinde ussal olduğu kadar imgesel ve duygusal tüm yetilerimizi içeren bir etkinliktir. Kişi bu etkinliğe katılabildiği ölçüde bilimi anlama olanağı bulur.
>
> Öncü bilim adamlarını tanıma, özellikle genç kuşakta, bilimsel etkinliğe katılma coşkusuna yol açabilir. Üstelik, ele alacağımız her büyük bilim adamının kişiliğinde hepimiz için özenilecek bir değer, saygın bir örnek vardır.
>
> Okuyucunun o değeri yakalaması, o coşkuyu yaşaması dileğiyle!

Dizinin okuyuculardan gördüğü yakın ilgi dileğimizin bir ölçüde de olsa gerçekleştiği iyimserliğini yaratmıştır. Yeni okuyucularla bu yolda daha büyük mesafe alacağımızı umuyoruz.

Bilim, yolumuzu aydınlatan bir ışıktır. Genç kuşakların geleceğe yönelik yürüyüşlerinde bu ışıklı ama çetin yolu seçeceklerini ummak boş bir hayal değildir. Ne mutlu bu yolculuğa katılmayı göze alanlara!

Bu kitabı okuyuculara ulaştırma külfetini yüklenen TÜBİTAK'a teşekkürlerim sonsuzdur.

Cemal Yıldırım
İda Tepe, Akçay, 1994.

GİRİŞ

Uzun yaşamımda öğrendiğim bir şey var: gerçeklikle ölçüştürüldüğünde tüm bilimimiz ilkel ve çocukça kalmaktadır - ama gene de sahip olduğumuz en değerli şeydir, bilim!

Albert Einstein

Bilim Nedir, Ne Değildir?

Bilim basit bir tanımla açıklanmaya elveren tekdüze bir etkinlik değildir; olgu-kuram bağlamında çok yönlü, karmaşık bir olaydır. Bilimin, ussal ve nesnel boyutları yanında, değer yargısı, yaratıcı imgelem, hatta düpedüz duygusallık içeren boyutları da vardır. Çoğu kez bilim bir bilgi birikimi ya da düzenli güvenilir bilgi olarak tanımlanır. Bu yüzeysel bir anlayıştır. Bilime bir yanıyla düzenli, güvenilir bilgi olarak bakılabilir, kuşkusuz. Ama, "bilim" dediğimiz etkinliğin asıl özelliğini ürettiği bilgiden çok bilgi üretme yönteminde aramalıyız. Bilim özünde bir arayıştır; gerçeği bulmaya, olgusal dünyayı açıklamaya yönelik bilişsel bir arayış! Okuyucu elindeki kitapta yer alan bilimin öncülerinin hemen tümünün çalışmasında bu anlayışın yansıdığını görecektir.

Bilim teoloji ya da herhangi bir ideoloji türünden "yanılmaz" dogmalar içeren bir öğreti değildir; tutarlılık ölçütüne bağlı bir sınama-yanılma, yanılgıyı ayıklama sürecidir. Olgusal yoklanmaya, ussal eleştiriye kapalı hiçbir ilke ya da varsayıma bilimde yer yoktur. Bilim bir inanç dizgesi olmadığı gibi, sanat gibi spontane bir yaratıcılık da değildir. Gelişmesi bir yanıyla devrimsel atılıma, kavramsal açılıma dayanan bilim birikimseldir; özellikle güvenilir gözlem ve deney sonuçları belli dönem ya da yaklaşım biçimlerine

göreceli değildir. Her kuşak problemlere çözüm arayışında, dahası kendine özgü yeni atılımlarında bile, daha önce kazanılan deneyim ve bilgi birikimini göz önünde tutmak zorundadır.

Bilimin yenilenmeye açık dinamik yapısı önemli bir özelliğidir, kuşkusuz; ama bir ölçüde de tutucu olduğu söylenebilir. Pek çoğumuz için alışık olduğumuz bir inançtan, koşullandığımız bir ideolojiden kopmamız ne denli zorsa, bilimde de yerleşik bir varsayım ya da kuramı (bu kuram kimi yeni gözlem verilerini açıklama işlevinde yetersiz kalsa da) değiştirmek o denli güçtür.

Güçtür, ama, bilim tarihinde örnekleri az olan bir olay da değildir. Bilim bir yanıyla normlara bağlı kurumsal bir etkinliktir, kuşkusuz; bilim adamları çoğunluk çalışmalarını bu normlar çerçevesinde sürdürürler. Ne var ki, öncü bilim adamlarının performansına baktığımızda, yerleşik normları aşan, dahası onlara kimi kez ters düşen atılımlara tanık olmaktayız. Bilim tarihinde "devrim" diye geçen büyük dönüşümlerin kişide üstün yetenek, derin sezgi ve geniş imgelem gücü gibi özelliklerin yanı sıra yüreklilik isteyen *bireysel* atılımların ürünü olduğu söylenebilir. Aslında bilimsel gelişme karmaşık bir süreçtir: ne salt bireysel atılımlara ya da kendi iç dinamizmine, ne de salt sosyal ya da ekonomik koşulların etkisine indirgenebilir. Bilimsel gelişmeyi tek boyutlu bir yaklaşımla açıklayamayız. Tüm kültürel etkinlikler gibi bilim de üstün yetenekli kişilerin gerçeğe yönelik arayışlarına elveren bir ortamın ürünüdür.

Değindiğimiz bu özellikler ileriki sayfalarda daha da belirginlik kazanacaktır. Şimdi değine-

ceğimiz bir nokta da yaygın bir anlayışa ilişkindir. Buna göre, bilim çeşitli araç ve düzeneklerle yaşamımıza giderek daha fazla giren teknolojiden başka bir şey değildir. Kökü daha eskilere uzanan başka bir görüşe göre de bilim fildişi kulesine ya da laboratuvarına kapanmış kimi "garip" kişilere özgü bir bakıma gizemli bir düşün etkinliğidir. Hemen söyleyelim: Teknoloji, bilimin pratik uygulaması olmakla birlikte, bilim değildir. Aynı şekilde, tüm soyut kavramsal yapısına, günlük yaşam pratiğinden uzak tutumuna karşın bilime temelde sağduyunun daha düzenli ve tutarlı bir uzantısı diye bakılabilir. Ne olağanüstü yetenekli küçük bir kesime özgü, ne de ortalama kavrayış gücümüzü aşan gizemli bir etkinliktir. Bilimi ayrıca astroloji, parapsikoloji, frenoloji türünden uğraşlarla da karıştırmamak gerekir. Bu tür uğraşlar ne amaçları ne de yöntemleri açısından bilim sayılabilir. Amaçları gerçeği tanımak, güvenilir bilgi üretmek değil, insanları birtakım "uydurma" açıklamalarla, oyalamak, aldatmaktır. "Sahte bilim" denen bu uğraşların olgusal yoklanmaya elveren, ussal eleştiriye açık hiçbir sonucu gösterilemez[1].

Bilimin kimliğini ortaya koymak için herşeyden önce tarihsel kökenine ve gelişim sürecine bakmak gerekir. Bu bakış bize aynı zamanda ele aldığımız bilimin öncülerini doğru değerlendirmede geçerli bir perspektif sağlayacaktır.

Bilim Tarihine Kısa Bir Bakış

Modern bilimin doğuşu insanlık tarihinin belki de en önemli olayıdır. Bir kez bilim bir araştırma yöntemi olarak insan düşüncesine güçlü bir nitelik kazandırmıştır. Sonra, ortaya koyduğu sonuçlar, ilk uygarlıklara yol açan icat ve buluşlar ölçüsünde önemlidir. Bilimin doğuşuna ve gelişimine yol açan koşulların ne olduğu bugün de tartışılan bir konudur. Kimi bilim tarihçileri bilimi, kökü ilk uygarlıklara uzanan bir deneyim ve bilgi birikimi olarak algılamaktadır. Kimisi ise bilimi belli kültürel koşullarda ortaya çıkan kimi üstün yetenekli seçkinlerin öğrenme ve araştırma tutkusunun ürünü saymaktadır. Öte yandan Karl Marx ve onu izleyen düşünürler de soruna daha değişik bir açıdan yaklaşmışlardır. Onlara göre, bilimin gelişmesinde temel etken kişilere özgü öğrenme, araştırma merakı değil, toplumsal ihtiyaç, ekonomik koşullardır. Marxistler, tüm kültürel etkinlikler gibi bilimin de üretim ve bölüşüme bağımlı bir gelişme olduğu savındadırlar. Bu bağımlılığa kanıt olarak endüstri devriminin modern bilimi öncelemesi olayını göstermektedirler (İleri sürülen tezin örnek olarak alınan olayla kanıtlandığı kesin olmaktan uzaktır. Bir kez endüstri devriminin modern bilimi önceldiği doğru değildir. Sonra sorulabilir: karmaşık ve çok değişkenli bir olay olan bilimsel gelişmeyi "ekonomi" adı altında tek bir nedene indirgemek ne denli geçerli olabilir?).

Bilimin gelişimine ilişkin birbiriyle çelişen görüşlerin tartışmasını bir yana bırakarak, soruna daha yalın bir gözle bakalım.

Tüm canlılar gibi insanın da yaşamını sürdürmesi öncelikle doğal çevresiyle uyum kurmasına bağlı olmuştur. Ne var ki, insan uyum kurmakla kalmamıştır; düşünme, iletişim kurma ve araç yapma gücüyle doğaya egemen olma sürecine girmiştir. İnsanın bu yetilerinin belirgin izleri günümüzün göz kamaştıran bilimsel ve teknolojik başarılarından tarihin derinliğinde kalan Eski Taş Dönemindeki icatlara kadar uzanmaktadır. Kazılar o döneme ait ağaç, kemik ve çakmak taşından yapılmış balta, bıçak, iğne, mızrak gibi araçlar ortaya çıkarmıştır. Sonra gelen Neolitik dönemde avcılıktan tarıma geçen insanın çanak çömlek türünden yeni araçlara el attığı, dahası, "dokuma makinesi" diyebileceğimiz basit bir araçla giyim eşyası üretimine geçtiği görülmektedir. Çağımızdan yaklaşık yedibinyıl öncesine gelindiğinde büyük bir adım daha atılarak metal işleme dönemi başlar: bakır, teneke ve bunların alaşımı bronz ortaya çıkar. İnsan hiç bir başarısıyla yetinmemiş, her dönemde yeni arayışlar içine girmiştir. Uygarlık bu sonu gelmez arayışların biriken ürünüdür.

Bilim tarihinden ilk uygarlıkların Dicle-Fırat, Nil ve Indus gibi büvük nehirlerin vadilerinde ortaya çıktığını öğreniyoruz. Saban, tekerlekli araba, gemi ve sulama kanalları bu vadilerde yaşayan insanların buluşlarıdır. Hayvanların iş gücünden yararlandıkları da bilinmektedir. Üretimleri yalnız toprağı işleyenlerin değil, rahip ve soylulardan oluşan bir seçkin sınıfın geçi-

mi içinde yeterliydi. Astronomi ve matematiğin gelişmesinde, boş zamanlarını öğrenmeye adayan bu kesimin işlevi büyük olmuştur. Tarımsal bolluk demircilik, çömlekçilik ve başka zanaatların da gelişmesine olanak sağlamıştı. Ateşte kum, soda ve kireç taşı yakılarak cam üretilmekteydi.

İ.Ö. 3000 yıllarında "Mezopotamya" diye bilinen Dicle-Fırat vadisinde oluşan Sümer uygarlığı yumuşak kil üzerinde yazı yazma tekniğini geliştirmişti. Mısırlıların yöntemi daha ileri bir düzeydeydi: kayıtlarını bitkilerden elde ettikleri bir tür kağıt üzerinde mürekkeple tutuyorlardı. İki uygarlıkta da alış-veriş işleri basit hesaplama becerilerinin gelişmesine yol açmıştı. Özellikle arazi ölçümünde kullandıkları geometri oldukça ileri bir düzeydeydi. pi sayısını, dik açılı üçgenlerin özelliklerini biliyorlardı. Astronomide gözleme dayalı kimi ilk bilgileri, bu arada, dairenin 360^{0}'ye, bir günün 24 saate, bir saatin 60 dakikaya, bir dakikanın 60 saniyeye bölünmesini Sümer uygarlığının mirasçısı Babillilere borçluyuz.

Babil ve Mısır'da havanın mevsimler boyu açık gitmesi insanların gökyüzünü incelemelerini kolaylaştırmaktaydı. Astronominin bu yörelerde ilk gelişen bilim olması bir bakıma doğaldı. Babilliler özenle topladıkları gözlemleri, birtakım öndeyilere elveren bir dizgeye dönüştürmeyi başarmışlardı. Göksel nesnelerin konum ve devinimlerindeki belirgin düzenlilik gözlem çalışmalarına büyük bir kolaylık sağlamaktaydı. Öyle ki, Babilliler bu incelemelerine dayanarak tarım için yararlı bir takvim bile geliştir-

mişlerdi. Ölçümlerinde son derece dikkatliydiler. Yılın uzunluğunu yaklaşık 4 dakikalık bir hatayla saptayabilmişlerdi. Ay ve güneş tutulmalarına ilişkin tahminleri de oldukça sağlamdı. Babillilerin aritmetik ve astronomide, Mısırlıların da daha çok geometride attıkları adımlar sonraki dönemlerin bilimsel gelişmeleri için önemli bir başlangıç olmuştur. Ne var ki, bu başlangıç gözlem ve ölçme verileriyle çoğunluk sınırlı kalmış, açıklayıcı kuramlara yönelme Grek dönemini beklemiştir.

I.O. 600 yıllarında parlak aşamasına ulaşan Grek uygarlığının en çarpıcı özelliği düşüncede tartışmaya görecel de olsa olanak tanıyan bir toplum yapısına sahip olmasıydı. Grek düşünür ve filozofları fikirlerini herkese açık meydanlarda ileri sürüp tartışabiliyorlardı. Düşünme, eleştiri ve iletişime açık öyle bir ortamın tüm kültürel etkinlikler gibi bilim içinde ne denli önemli olduğu açıktır.

Grek toplumu teknolojiye yönelik değildi; küçümsenen el işleri neredeyse tümüyle kölelere yüklenmişti. Seçkin kesim zamanını felsefe, sanat ve politika etkinliklerine katılmakla doldurıyordu. Bilim, felsefe kapsamında bir etkinlikti. Amaç dünyayı anlamak, evrende olup bitenleri bir kaç temel ilke çerçevesinde açıklamaktı. Doğa güçlerini denetim altına almak, öylece insan yaşamına teknik kolaylıklar sağlamak Antik Yunanlıların uzak durduğu bir tutumdu.

Grek düşünürleri için bilim doğruluğu söz götürmez belli ilkelere dayanan metafizik türünden bir sistemdi. Bu sistemde gözlem ya da deneyin belirgin bir yeri yoktu. Bu anlayışın çarpı-

cı örneklerini Thales, Anaximenes, Empedocles, Democritus gibi bilime yönelik filozofların öğretilerinde bulmaktayız. Örneğin, evrenin temel niteliğini Thales suda, Anaximenes havada bulmaktaydı. Empedocles tüm varlıkları "dört element" dediği toprak, su, hava ve ateşe indirgiyordu. Democritus için ise, evrende herşey "atom" denilen görünmez küçüklükte, bölünmez birimlerden oluşmuştu.

Bu spekülasyonların yanı sıra daha büyük bir atılımın matematikte ortaya konduğunu görüyoruz. Babilliler ile Mısırlıların çoğunluk empirik düzeyde kalan bilgi birikimini, başta Pythagoras ve onu izleyen matematikçiler mantıksal ispat yöntemine dayanan teorik bir sisteme dönüştürmeyi başırırlar. Buna göre, geometrinin ölçme yöntemiyle doğrulanmış tüm önermeleri, "aksiyom" ya da "postulat" denen az sayıda ilkeden mantıksal olarak çıkarsanarak ispat edilebilmekteydi. Euclides'in İ.Ö. 300 yıllarında yazdığı *Geometrinin Elementleri*, "aksiyomatik" dediğimiz bu sistemi ortaya koyan, yüzyılımıza gelinceye dek ders kitabı olarak okutulan ölmez bir yapıttır. Aksiyomatik sistem yüzyıllar boyu tüm düşün alanlarında özenilen yetkin bir örnek olmuştur. Antik Yunanlıların geometride sergiledikleri bu başarının bir ölçüde de olsa astronomideki çalışmalarına da yansıdığı söylenebilir.

Grek filozofları arasında bilime en yatkın olanı Aristoteles'ti. Aristoteles'in önemli çalışması biyoloji alanında olmakla birlikte, astronomi ve fizikteki etkisi 17. yüzyıla gelinceye dek sürer. Onun da bilim anlayışı temelde kendisini önce-

leyenlerden pek farklı değildi: doğada olup biten herşey doğruluğu apaçık belli ilkelerle açıklanabilmeliydi. Örneğin, yıldızlarla gezegenlerin devinimlerinin çembersel olması bu ilkelerden biriydi. Ona göre, göksel nesneler ayrıcalıklı konumlarıyla yersel nesnelerden farklı nitelikteydi. Onun, bilimin gelişmesini olumsuz yönde etkileyen bir başka ilkesi de "teleolojik" diye bilinen ereksel öğretisiydi. Aristoteles, yalnız canlıların büyüme ve davranışlarını değil, fiziksel nesnelerin devinimini de bu öğreti çerçevesinde açıklamayı öngörüyordu. Buna göre evrende tüm olup bitenler belli bir hedefe, bir amaca yöneliktir; gerçeklik belli bir amacı yansıtmaktadır. Bilimin işlevi olguları yönelik oldukları amaç çerçevesinde açıklamaktır.

Klasik çağın iki dönem içerdiği söylenebilir: Aristoteles'le sona eren ilk dönemi Helenistik dönem izler. Bu yeni dönemde entellektüel etkinliklerin merkezi Atina'dan İskenderiye'ye geçmiştir. Euclides, Archimedes, Aristarchus, Eratosthenes, Hero İskenderiye'de yetişen bilginler arasında baştda gelen adlardır. Astronominin büyük adı Ptolemy de ünlü yapıtı *Almagest*'i İskenderiye'de yazmıştı.

Helenistik dönem felsefeden çok bilim ve teknolojinin ön planda yer aldığı dönemdir. Bilimsel yöntem açısından önemli ilk büyük adımın bu dönemde atıldığı söylenebilir. Bu adım gözlemsel verilerle ussal düşünmenin birleşmesidir. Archimedes'in kaldıraç yasası ve hidrostatiği gibi Ptolemi astronomisi de bu birleşimin ürünüdür. Ne var ki, bu dönem Roma yönetiminde atılım gücünü yitirmeye yüztutar,

çok geçmeden diğer yaratıcı etkinliklerle birlikte bilim de Ortaçağ karanlığına gömülür.

Bu gerilemede başlıca iki etkenin rolünden söz edilebilir. Etkenlerden biri Roma yönetiminde eğitimin bilimsel ilgiyi beslemek yerine "hamaset" edebiyatına ağırlık vermesidir. İkinci etken İskenderiye'nin zamanla dinsel çatışmaların içine düşmesi, bağnaz güçlerin eline geçmesidir.

Gerçi, Hıristiyan dünyası Ortaçağ karanlığında iken bilim meşalesi sönmemiş, başka ellerde taşınmaktaydı. Islâm dünyası özellikle tıp, kimya ve matematik alanlarında önemli çalışmalar içine girmişti. Ancak 12. yüzyıla kadar süren bu parlak dönem de sonunda kararmaya yüztutar, dinsel bağnazlığın egemenliğine girer. Kaldı ki, Arapların genelde bilimde özgün atılımlara girmekten çok klasik çağ kaynaklarını aktarma ve yorumlama tutumu içinde kaldığı söylenebilir.

Ortaçağ'da bilim kilisenin tekelinde, teolojinin buyruğuna girmişti. Bu ortamda daha sonra ortaya çıkan skolastik felsefe her ne kadar Aristoteles mantığı çerçevesinde ussal bir dizge idiyse de, temelde, teolojik içerikli bir metafizik olmaktan başka bir şey değildi. Nitekim bu düşüncenin zamanla özgür arayışlara kapalı; olgusal dünyayı anlamaya değil, dinsel dogmaları ispatlamaya yönelik kısır bir geleneğe dönüştüğünü biliyoruz. 16. ve 17. yüzyıllarda bilimsel atılımları ölüm cezasıyla sindirmeye yönelen engizisyon bu geleneğin bir aracıydı.

Bilimde ilk canlanma Rönesansla birlikte Batı Avrupa'da bazı öğretim merkezlernin oluşmasıyla başlar. Bu merkezler çok geçmeden

Paris, Oxford, Cambridge ve Padua Üniversitelerine dönüşür. Matbaanın ortaya çıkışı ve çeviri yoluyla klasik çağ kaynaklarına dönüş, düşün ortamına büyük bir canlılık getirmişti. Ne var ki, Aristoteles öğretilerinin olumsuz etkilerinin kırıldığı henüz söylenemezdi. Yüzyıllar boyu yetkin bir düşünce dizgesi olarak benimsenmiş bir öğretiye karşı çıkmak kolay değildi.

Bilimin gerçek anlamda yeni bir gelişim sürecine girmesi, yerleşik pek çok önyargıyla birlikte neredeyse kutsal bir dokunulmazlığa bürünen Aristotales yetkesinin sarsılmasını beklemiştir. Bu devrimi Kopernik, Kepler ve Galileo gibi modern bilimin büyük öncüleri gerçekleştirir. Okuyucu, bilimde Rönesanstan günümüze değin süren atılımların ana çizgilerini ileriki sayfalarda öncü bilim adamlarının portrelerinde bulacaktır[2].

Notlar:

(1) Kalın çizgilerle belirttiğimiz bu noktalar, "Bilimsel Düşünme Yöntemi" başlıklı II. Bölümde daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

(2) Daha kapsamlı açıklama için bkz. C. Yıldırım, *Bilim Tarihi*, 3. Basım, Remzi Kitabevi, İstanbul, 1992.

BİLİMSEL DÜŞÜNME YÖNTEMİ

Her gözlemin işlevi bir görüş ya da beklentiyi yoklamaktır. Bu nokta nasıl gözden kaçar, anlayamıyorum?

Charles Darwin

Bilimsel Etkinliğin Niteliği

Bilime, "doğayı, özellikle doğaya ilişkin kuram ya da beklentilerimizi, sürekli sorgulama etkinliği" diyebiliriz. İnsan için yaşam çevresini, giderek tüm evreni anlamak köklü bir ihtiyaçtır. Bu ihtiyaç bilim öncesi dönemlerde günlük gözlemlerle, basit tahminlerle ya da kişinin kültürel ortamından edindiği hazır bilgi ve önyargılarla karşılanıyordu. Günümüzde bile insanların büyük çoğunluğu benzer davranış içindedir. Bilgi birikimimizin önemli bir bölümünü sağduyu düzeyinde kalan bu yaklaşıma borçluyuz.

Bilgi arayışı, günlük sorunların dürtüsünden çok, kimi bireylerin olup bitenleri salt öğrenme, anlama ve açıklama merakından kaynaklanan bir arayıştır. Olup bitenler beklentilerimize uygun sürdükçe bir sorun yoktur. Ama kişi beklenmedik bir olay ya da durumla karşılaştığında ister istemez bir bocalama içine girer; açıklama arayışı kaçınılmaz olur. Soruna ilk aşamada getirilen çözüm çoğu kez bir tahmin olmaktan ileri geçmez; öyle ki, yeni gözlem veya deneyim sonuçlarıyla yoklandığında tahmin doğru da çıkabilir, yanlış da! Doğruysa sorun çözülmüştür; yanlışsa, çözüm arayışı sürer, yeni tahminler yürütülür.

"Sınama-yanılma" diye bilinen bu süreç, günlük yaşam etkinlikleri çerçevesinde kaldığı

sürece, bilim değildir. Bu yaklaşım içinde kişi etkinlendiği olaylara ilişkin bilgi edinir; beklenmedik durumları açıklamaya, sorunlarını çözmeye çalışır. Eğitim, öğretim ve diğer kültürel etkinlikleri, bir bakıma, bireyleri problemlerini çözme ve dünyayı anlama uğraşlarında gerekli bilgi, beceri ve yöntemlerle donatma araçları olarak düşünebiliriz.

Problem çözme yaşamın önemli bir boyutunu oluşturur. Bilim, teknoloji, sanat, politika, vb. problem çözme etkinliğinin değişik biçimleridir. Hangi düzeyde ya da alanda olursa olsun, kişi için beklentisine ters düşen, açıklama gerektiren her durum bir problemdir. Şu kadar ki, kişinin karşılaştığı durumlara duyarlılığı ilgisine, bilgi ve deneyim birikimine göreceldir. Çoğu kişi, beklentilerine ters de düşse, olup bitenleri ya önemsemediği, ya yeterince kavrayamadığı, ya da, çözümünü güç bulduğu için göz ardı etme yoluna gider. Ama duyarlık gösterdiği probleme doyurucu çözüm buluncaya dek uğraş veren kişileri de biliyoruz. Çözüm arayışı, günlük kişisel sorunları aştığı, doğada olup bitenleri salt anlamaya yönelik düzenli ve eleştirel bir nitelik kazandığı ölçüde bilime dönüşür. Einstein'ın, "Tüm bilim, günlük düşünmenin işlenmiş bir uzantısıdır," sözü belirtmeye çalıştığımız ilişkiyi vurgulamaktadır.

Oyleyse bilimsel etkinliğe, örneklerini yaygın olarak günlük düşünmede de bulduğumuz problem çözme uğraşının daha düzenli, tutarlı ve sorumlu bir türü gözüyle bakabiliriz. Problem çözme, temelde, beklentilerimizle gözlemlerimiz arasında bir uyum kurma sürecidir. Bu süreçte,

beklentive ters düsen gözlemsel veriler acıklık kazanır: sonunda. uvum. beklentinin tümüvle ya da bir ölçüde değişikliğe uğramasıyla kurulur. Ancak. gözlemlerimiz ne denli güvenilir olursa olsun. verlesik bir beklentinin sarsılması kolay değildir. Çoğu kez bilinç-altı tutulan beklenti ya da varsavımlardan. olgulara doğrudan ters de düsseler, kopamayız. Kültürel koşullanmaları kırmak sıradan bir iş değildir. Bunun icin yaratıcı zekânın yanı sıra atılgan bir kişilik gerekir. Gerçek anlamda problem cözme. olgulara olduğu kadar. olgulara ters düşen beklentileri. kültürel normları. dahası doğru savılan bilimsel kuramları irdelevebilmeyi gerektirir.

Bilimin amacı evreni anlamaktır. Bilim adamı arastırma alanında bu amaca. olgusal dünvanın yapı ve işleyişine ilişkin oluşturulmuş, ya da doğrudan kendisinin olusturduğu. doğruluğu gözlem veva denev sonuçlarıvla voklanabilir kuram ve hipotezlerle ulaşmaya çalışır. Bu anlamda bilimi, olgu-kuram ilişkisi çerçevesinde bir problem çözme yöntemi diye de niteleyebiliriz. Ancak bu niteleme oldukca yeni bir anlayışı vansıtmaktadır. Daha yaygın görüşe göre bilim, nitelediğimiz anlamda vöntemiyle değil, ulaştığı sonuclarıvla nitelenmelidir. Buna göre bilimin basta gelen özelliği düzenli ve güvenilir bilgi olmasıdır. Ne var ki. ders kitaplarında da coğu kez gecen bu tanımı, hic değilse iki bakımdan veterli savamayız: (1) Düzenli ve güvenilir nitelemesi bilim dısı kimi seylere de uvgulanablir. Örneğin. bir kataloğu. bir telefon rehberini. bir mutfak el kitabını da övle nitelevebiliriz. (2) Bilimin bugün eriştiği aşamada düzenli ve güveni-

lir saydığımız bilgilerin, daha ileri bir aşamada öyle olmadığını görmemiz olanak dışı değildir. Bilim tarihinde buna pek çok örnek gösterilebilir. O halde, bilimi tanımlarken, bilgi kadar, belki de daha fazla, bilgiyi üretme yöntemine ağırlık vermek gerekir.

Aslında bilimi tanımlamada başvurulan bu iki kavramın (bilgi ile yöntemin) görecel önemi sürgit tartışma konusu olmuştur. Kimi düşünürler için önemli olan ulaşılan bilgidir[2]; kimileri için ise bilimin asıl özelliğini sağladığı bilgide değil, bilgiyi elde etme yönteminde aramak gerekir. Örneğin, aşağıdaki alıntıda bilgin-filozof Karl Pearson'ın ikinci görüşü vurguladığını görmekteyiz:

> Okuyucu belki de benim gereğinden çok yönteme ağırlık verdiğimi düşünebilir. Ama unutmamak gerekir ki, bilimsel yöntemin başta gelen özelliği, özümsenerek düşünme alışkanlığına dönüştüğünde, evrene bakış açımızı değiştirmesi, olup biten herşeyi konu almasıdır. Bilimin etkinlik alanı sınırsızdır, işleyeceği olgu sonsuzdur. Doğada olup biten herşey, toplumsal yaşamın her cephesi, geçmişte ve şimdi oluşan tüm gelişmeler bilimin inceleme alanı içindedir. Ancak bilimlerin ortak özelliği araştırma konularında değil, konularına yaklaşımlarında izledikleri yöntemdir. Ne türden olursa olsun olguları düzenli betimleyen, aralarındaki ilişkileri belirleyip açıklayan kişi bilim adamıdır; çünkü onun yaptığı bilimsel yöntemi uygulamaktır[3].

Pearson'ın yöntem anlayışına tümüyle katılmamakla birlikte, bilimin araştırma yöntemiyle kimlik kazandığı görüşünü paylaşıyoruz. Ger-

çekten bilimi diğer entellektüel çalışmalardan (örneğin, felsefe, teoloji, yazın, vb.) ayıran başlıca özelliği olguları betimleme ve açıklama yönteminde kendini açığa vurmaktadır. Öyleyse, "bilim nedir?" sorusunu doğru yanıtlamak için öncelikle bilimsel yöntemin anatomisini ana çizgileriyle belirtmek gerekir (Bunu bir sonraki yazımıza bırakıyoruz!).

Notlar:

(1) Albert Einstein, "Physics and Reality" *Journal of the Franklin Institute,* 221 s. 349, 1936.

(2) Bilimin yöntem boyutunu gözden kaçıran anlayışa, bilim felsefesine uzak duran kimi bilim adamlarının yanı sıra bilim tarihçileri arasında da rastlamaktayız. Örneğin, TV2'nin "Bilim ve Teknoloji" programında, "Bilim Nedir?" sorusunu, tanınmış bilim tarihçimiz Prof. Aydın Sayılı duraksamaksızın, "Bilim güvenilir, sağlam bilgidir," diye yanıtlamıştı.

(3) K. Pearson, *The Grammar of Science,* s. 6, 13, 15.

Bilimsel Yöntem

Bilimi anlama konusunda, ünlü bilim tarihçisi George Sarton'un şu sözleri ne denli vurgulansa yeridir:

> Sıradan bir kimsenin yeni bulunan bir hormonu ya da evrene ilişkin en son kuramı bilmesi o kadar gerekli değildir. Onun için ve hepimiz için asıl gerekli olan bilimin amac ve yöntemini olası açıklıkla anlamaktır. Bu anlayışı sağlama, yalnız üniversitelerimize değil, her düzeydeki tüm okullarımıza düşen bir görevdir[1].

Gerçekten, yaşadığımız çağı anlamak en başta bilimi anlamakla olasıdır. Bilimi anlamak ise, onu diğer entellektüel çalışmalardan ayıran yöntemini tanımamıza bağlıdır. Öyleyse bilime kimliğini veren yöntemin ayırıcı özelliği nedir? Modern bilimin başlangıç döneminden günümüze değin pek çok düşünürü uğraştıran bu soruya verilen değişik yanıtları burada tek tek gözden geçirmeye olanak yoktur. Bunlar arasında önemli gördüğümüz iki görüşe değinmekle yetineceğiz. Kökü daha eskilere uzanan ilk görüş, bilimin gözlem ve deney boyutunu önplana almakta; bilimsel yöntemi, olguları saptama, düzenleme ve öylece edinilen bilgileri genelleme diye nitelemektedir. Bilimin kuramsal boyutunu önplana alan ikinci görüş ise bilimi bir açıklama, bir kavramsal problem çözme yöntemi olarak nitelemektedir.

Bilimin oldukça yaygın olan, ders kitaplarına da geçen şu tanımı ilk görüşü yansıtmaktadır:

> Bilim adamları olup bitenleri dikkatle gözlemleyerek topladıkları olguları sınıflar, bildikleri diğer olguların ışığında yorumlarlar. Sonra, bulgularını açıklamak için kuramlar oluştururlar. En sonunda, yeni gözlem verilerine başvurarak kuram ya da genellemelerini test ederler. Test edilen kuram olgulara uygun düşerse, doğru kabul edilir; ters düşerse, düzeltilir ya da açıklayıcı yeni bir kuram oluşturulur[4].

Bu görüşe göre bilimsel yöntem dört aşamalı bir süreçtir. İlk aşamada, gözlem ya da deney yolundan olgular belirlenir. Ikinci aşamada, toplanan olgular sınıflanarak düzenlenir. Üçüncü aşamada, olgulara dayanan genellemeleri açıklamaya yönelik kuramlar oluşturulur. Son aşamada, yeni gözlemlere giderek kuramların doğruluğu yoklanır.

Sağduyuya da çok yakın olan bu görüş aslında bilimsel yöntemi doğru yansıtmaktan uzak düşmektedir. Hemen belirtmeli ki, bilim adamları araştırmalarında işe olgu toplamakla başlamazlar, başlayamazlar da. Çünkü öyle bir girişim boşuna bir çaba olur. En yakın çevremizde bile olup biten olgular sayı ve çeşit olarak sonsuz denecek kadar çoktur. Bilim adamı bunların hangilerini ve kaç tanesini toplayacak ya da toplamakla yetinecektir? Üstelik olgu toplamanın, pul kolleksiyonuna benzer bir uğraş olma ötesinde bir anlamı var mı? Darwin'in bu noktaya ilişkin belirlemesi ilginçtir:

> Gözlemlerimizin, bir kuram ya da hipotezi doğrulama ya da yanlışlama dışında hiç bir anlamı

yoktur. Bu noktanın gözden kaçması anlaşılır bir olay değildir[1].

Bu şu demektir: bilimsel araştırma olgu toplamakla değil, doğruluğu yoklanan bir görüş, hipotez veya kuramın açıklama konusu bir problemle başlar.

Bilimsel yöntemi, olguları toplama, gözlemden genellemelere gitme olarak niteleyen indüktif görüş, 17. yüzyıla gelinceye dek düşünce üzerinde egemenliğini sürdüren Ortaçağ skolastik felsefesine bir tepki olarak ortaya çıkmıştır. Skolastisizm, olguları belirlemeye değil, belli dogmaları ispata yönelik, olgusal bilimlerin gelişmesine olanak vermeyen bir metafizikti. Bilime, doğruluğu apaçık ilkelerden salt ussal çıkarımla gerçeğe ulaşma işlemi diye bakılıyordu. Buna göre, gözlemlerimiz bize ancak çoğu kez yanıltıcı olan görüntülerin bilgisini verebilirdi. Oysa gerçek bilgi "evrensel doğrular"dan kalkan "dedüktif" dediğimiz ussal çıkarımla ulaşılan sonuçlardı. Skolastisizmi olgusal dünyaya kapalı, kısır bir görüş sayan; bilimin ancak gözlem veya deneye dayanan indüktif yöntemle ilerleyebileceğini savunan Francis Bacon, biribiriyle bağdaşmaz bulduğu iki görüşü şöyle belirtmişti:

> Doğruyu aramanın ve bulmanın yalnızca iki yolu vardır. Biri doğrudan en genel aksiyomlara uçar, sonra doğruluğu söz götürmez sayılan bu ilkelerden alt-düzey genellemelere iner. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de moda olan yöntem budur. Diğeri duyu verilerinden, tikel olguların gözleminden yola çıkar, düzenli adımlarla üst-düzey genellemelere ulaşır. Doğru olan yöntem budur, ama henüz yeterince denendiği söylenemez[4].

Bilimin gelişmesi, Rönesans'la başlayan, insanda dünyaya açılma, dünyayı tanıma merakının uyanmasını beklemiştir. Bacon skolastik yönteme karşı çıkmakla bilimsel yönteme yol açmıştır, kuşkusuz. Ancak onun yöntem anlayışı bugünkü ölçütlere vurulduğunda oldukça yüzeysel ve yetersiz kalmaktadır. Bir kez biraz önce de belirttiğimiz gibi bilim salt olgu toplama, düzenleme ve sonuçları genelleme etkinliği değildir. Sonra, Bacon ve onu izleyen empirist düşünürler, bilimde açıklayıcı kuramların, bu arada matematiğin, vazgeçilmez işlevini yeterince kavrayamamışlardır. Bugün ulaştığımız yöntem anlayışı, Bacon'un "doğru" diye önerdiği indüktif yöntemi aşan boyutlar içermektedir. Nedir bu boyutlar?

Bilindiği gibi indüksiyon sınırlı gözlemlere dayanan bir genelleme yöntemidir (Örneğin, çevremdeki çocukların yaramazlığına bakarak, tüm çocukların yaramaz olduğu sonucuna gitmem, indüktif bir genellemedir). Özellikle bilimin başlangıç döneminde gözleme dayanan kimi bilimsel yasalara (örneğin, güneş sistemine ilişkin Kepler yasalarıyla Boyl'un gazlar yasası vb.) bu yöntemle ulaşıldığı söylenebilir. Ancak bilim bu türden genellemelerin yanı sıra, değişik olgularla bu genellemeleri de açıklayan kuram ve hipotezler içerir. Dahası kuramsal kavram ve genellemelere gitmeksizin bilimde ne köklü ilerlemeye, ne de, gerçek anlamda açıklama ve öndeyilere olanak vardır. Fizikte Newton mekaniği, Einstein'ın özel ve genel görecel kuramları, günümüzde büyük atılım içinde olan kuantum mekaniği, değişik olgu kümelerini

matematiksel denklemlerle dile getiren ve açıklayan büyük devrimlerdir. Bu türden kuramsal dizgelere indüktif yöntemle ulaşmaya olanak yoktur.

Günümüzde ulaşılan anlayış çerçevesinde, bilimsel yöntemi kalın çizgilerle "bulma" ve "doğrulama" diye iki bağlamda ele alabiliriz. Bulma bağlamında, inceleme konusu olguları açıklayan, yeni olguları öndemeye olanak veren hipotez veya kuramlar oluşturulur. Doğrulama bağlamında, oluşturulan hipotez ve kuramlar test edilir. Bir hipotez veya kuramın doğruluk testi, kuralları belli dedüktif (ya da matematiksel) çıkarıma dayanır. Şöyle ki, kuramın içerdiği mantıksal sonuçlar deney sonuçlarıyla karşılaştırılır: deneysel sonuçlara ters düşmeyen kuram doğru sayılarak korunur; ters düşen kuram ayıklanır, yerine konacak yeni kuram arayışı sürdürülür.

Akla hemen şu soru gelmektedir: yeni bir hipotez ya da kuram oluşturmanın yöntemi nedir? Doğrulama bağlamında olduğu gibi bulma bağlamında da kuralları belli mantıksal bir çıkarımdan söz edilebilir mi? Hemen söyleyelim: edilemez! Edilemez çünkü, bugüne dek sürdürülen tüm çabalara karşın bir buluş mantığı ortaya konamamıştır.

Uzun süre yaygın olan bir görüşe göre, bilimde kuram oluşturma indüktif düşünmeye, kuram doğrulama dedüktif düşünmeye dayanır. İlk bakışta akla yakın gelen bu ayırımın gerçeği yansıttığını söylemek güçtür. Daha önce de belirttiğimiz üzere, gözleme dayalı genellemelerle sınırlı kalan indüktif düşünme bizi kuramsal

kavram ve ilkelere götürecek nitelikte bir düşünme biçimi değildir. Öte yandan, kuram oluşturmanın dedüktif türden bir çıkarıma dayanmadığı da bilinmektedir. Dedüktif düşünmenin işlevi kuram oluşturma değil, kuramı olgusal yoklamaya elverecek şekilde çözümlemektir. Peki, ne indüktif, ne dedüktif düşünmeye dayanmayan kuram oluşturma nasıl bir süreçtir?

Bu soruya kesin bir yanıt verilememiştir. Bir çok düşünür kuram oluşturmayı mantık kurallarına indirgenemeyen psikolojik bir olay saymakta, sanat yapıtı gibi bilimsel bir kuramın da yaratıcı imgelem, hayal gücü ya da bilinç-altı bir atılımın ürünü olabileceğini ileri sürmektedir. Nitekim, Galileo, Newton, Darwin ve Einstein gibi seçkin bilim adamlarının bile kuramlarına nasıl ulaştıklarına ilişkin verdikleri açıklamaların çoğunluk doyurucu olmaktan uzak kaldığı görülmektedir. Yaratma hiç bir alanda mekanik bir olay değildir. Ne var ki, her kuramın belli bir soruna çözüm arayışının ürünü olduğu göz önüne alındığında, buluş sürecinin öyle gizemli, açıklanamaz bir olay olduğu da söylenemez. Kuramsal bir buluş, her şeyden önce, bilim adamında üstün yeteneğin yanı sıra anlamlı deneyim, bilgi birikimi, eldeki soruna ilişkin derin duyarlık gerektirir. Kuşkusuz, kimi buluşların bir ölçüde de olsa şans ya da tesadüf eseri olduğu bile söylenebilir. ancak Pasteur'ün de belirttiği gibi, "bilimsel buluşta şans ya da tesadüfün rolü buna hazır bir kafa için vardır."

Sonuç: Verdiğimiz açıklamanın ışığında, bilimsel araştırmayı başlıca üç süreç çerçevesinde toplayabiliriz:

(1) Her araştırma bir problemden, bir açıklama ihtiyacından kaynaklanır. Bilimin bazı evrelerinde, yürürlükteki kuramın ilişkin olduğu olgusal verilerin tümünü açıklamada yetersiz kalması bunalıma yol açar, soruna duyarlı bilim adamlarını çözüm arayışına iter

(2) Bu arayış daha yeterli yeni kuramlar oluşturuluncaya dek sürer.

(3) Getirilen her çözüm denemeye açık bir öneridir; doğru olup olmadığı olgulara gidilerek yoklanır.

Çoğu kez iç içe olan bu süreçler sırasıyla gözlem, yaratıcı imgelem ve mantıksal (ya da matematiksel) çıkarım diyebileceğimiz işlemler içerir. Bilim, ne gözlem düzeyinde kalan ne de herhangi bir aşamasında olgusal dünyadan kopan bir etkinliktir; tersine, olgu dünyası ile kuram arasında gidip gelen bir açıklama ve öndeme yöntemidir.

Bilimin kimlik özelliği problem çözme yöntemi olmasındadır.

Notlar

(1) G. Sarton, *The School Review*, Vol. 70, No. 1, s. 19, 1962.

(2) J.B. Conant, *Modern Science and Modern Man*, s. 36.

(3) Bkz. Cohen ve Nagel, *An Introduction to Logic and Scientific Method*, s. 197.

(4) F. Bacon, *Novum Organum*, Aphorism XIX.

Bilimsel Buluşta Yöntem Yok mu?

Bilime yöntemi açısından baktığımızda, bilimsel etkinliğin biribirini tamamlayan iki evreden oluştuğuna önceki yazılarımızda değinmiştik. Bu evreleri kısaca[1], Hipotez veya kuram türünden açıklayıcı ilkelerin ortaya konduğu evre[2], İleri sürülen ilkelerin gözlem veya deney verileriyle yoklandığı evre diye belirleyebiliriz. "Hipotez-Gözlem İlişkisi" başlıklı yazımızda, açıklayıcı bir ilke ya da genellemenin olgusal olarak nasıl yoklandığını, bilim tarihinden aldığımız bir örnek üzerindeki çözümlememizle göstermeğe çalışıyoruz (bkz. bundan sonraki yazı). Bu yazıda bilim adamının kuramsal bir ilkeye ulaşmada belli bir yöntem izleyip izlemediğini irdeleyeceğiz.

İrdelememize Einstein'ın ilginç bir belirlemesiyle başlayalım:

> Bilim adamı önce problemine çözüm getiren ilkeleri bulmalı, sonra bu ilkelerden olgusal olarak yoklanabilir sonuçlar çıkarmalıdır. Bu iki etkinlikten ikincisi için okul öğrenimi ona gereken kafa donatımını sağlamıştır; öyleki, birinci evre aşılmışsa (yani açıklayıcı ilke bulunmuşsa), yeterli uğraş ve zekâ gücünün onu aradığı başarıya ulaştıracağı söylenebilir. Ne var ki, birinci evredeki etkinlik değişik nitelikte bir sorundur. Kuram oluşturmada bizi başarılı kılacak ne bilinen bir yöntem vardır; ne de, öğrenimle kazanılacak özel bir kafa donatımından söz edilebilir[1].

Gerçekten, Einstein'ın yanı sıra daha bir çok bilim adamının, bilimde kuramsal buluşun belli bir yöntem ya da kurala bağlı olmadığını belirttiğini görmekteyiz. Dahası, bu görüşün etkisinde, bilimsel buluşun çoğu kez sezgi, içe-doğuş türünden öznel bir süreç olduğu; mantıksal düşünmeye değil, yaratıcı hayal gücüne, belki de düpedüz şans ya da rastlantıya dayandığı vurgulanmıştır. Örneğin, Röntgen'in x-ışınlarını, Kekule'nin "benzene" halkalarını buluşlarında şansın payı bilinmektedir. Hatta, bir kuramın oluşmasında bile şansın rolünden söz edenlere raslamaktayız. Buna çarpıcı örnek olarak evrim kuramı gösterilir. Darwin'in kendisi kuramının temel düşüncesine, vakit geçirmek için bir rastlantıyla eline aldığı Malthus'un *Nüfus Üzerine İnceleme* adlı kitabını okuduğu sırada ulaştığını söylemiştir.

Öte yandan, bilimsel buluşun en soyut düzeyde bile kendine özgü bir mantığa dayandığı, en azından, ussal bir düşünme biçimi sergilediği görüşünde olan düşünürler de vardır. Biz ilk bakışta biribirine ters düşen bu iki görüşü tartışmak yerine, soruna bilim tarihinden seçtiğimiz basit bir örnek üzerinde yürüteceğimiz çözümlemeyle açıklık getirmeye çalışacağız.

Seçtiğimiz örnek ışığın yayılmasına ilişkindir.

Işık, bilindiği gibi, insanoğlunun sürgit ilgisini çeken, çoğunluk hayranlık duyduğumuz bir olaydır. Antik çağın pek çok düşünürü (bu arada özellikle Aristoteles) için ışığın devinim hızı sonsuzdu. Aslında başka türlü düşünmeye de pek olanak yoktu; kişinin gün ışığında gözünü açmasıyla nesneleri görmesi bir olur. Üstelik, 17. yüzyıl sonlarına gelinceye dek, ışığın hızını

ölçmeye elveren ne bir araç vardı, ne de bir yöntem biliniyordu. Işığın hızının sonlu olabileceğini ilk kez 11. yüzyılda İbni Sina ileri sürer. Bu savın deneysel olarak yoklanması gereğini ise ilk kez Galileo belirtir; bununla kalmaz, ellerinde fener iki kişinin biribirinden birkaç mil uzak iki tepeye çıkarak deneyi gerçekleştirebileceğinden söz eder. Galileo, hareket eden diğer nesneler (örneğin, ses, hava vb.) gibi ışığın da sonlu bir hızla yayıldığı inancındaydı. Ne var ki, elinde somut bir kanıt yoktu. O zaman bile ışığın her uzaklığı bir anda aldığı öylesine yaygın ve sağduyuya yatkın bir düşünceydi ki, Galileo'nun önerisi bilim çevrelerinde olumlu bir yankı yaratmadan kalmıştı. Bilim adamları daha çok onun geliştirdiği teleskopla göksel cisimlerin konum ve devinimlerini incelemekle vakitlerini dolduruyorlardı. Astronomlar özellikle Jupiter'in uydularıyla ilgilenmekteydi. Bunlardan biri çalışmasını örnek aldığımız Danimarkalı Ole Römer idi.

Römer 1675'de Jupiter'in birinci uydusunun devinimini izliyordu. Uydunun gezegenin arkasına geçişiyle doğuşu arasında geçen süreyi ölçmekte olan Römer, beklentisinin tersine, sürenin yıl boyunca değiştiğini saptar. Öyleki, altıay aralıkla yapılan iki ölçüm 22 dakikalık gibi önemli bir fark gösteriyordu. Açıklanmaya muhtaç bir gözlemdi bu! Diğer astronomların önemsemediği ya da duyarsız kaldığı bu beklenmeyen sonucu Römer kendine iş edindi; sonunda soruna açıklama getirmekle kalmadı, ışığın da ses gibi belli bir hızla ilerlediği hipotezine olgusal kanıt sağladı.

Römer çözümüne nasıl ulaştı?

Gezegenlerin güneş çevresindeki dolanımlarında kimi kez biribirlerine yaklaştığı, kimi kez ise biribirlerinden uzaklaştığı o sıra bilinen bir olaydı. Gezegenimizle Jupiter de aynı ilişki içindeydi, kuşkusuz. Peki, bilinen bu olayla, Jupiter çevresinde uydunun batışı ile doğuşu arasındaki süre değişikliğinin ilgisi ne olabilirdi? Biribirinden bağımsız görünen bu iki olay arasındaki bağıntıyı sezmek Römer'e aradığı ipucunu sağlar. Şöyle ki, uydunun doğuşunun gecikmesi iki gezegenin biribirinden uzaklaştığı; tersine, uydunun daha erken doğuşu, iki gezegenin biribirine yaklaştığı dönemlere rastlamaktaydı. Bu da şu demekti: ışığın bize ulaşması aradaki mesafeye göre değişmekteydi.

Şimdi, Römer'in görünürde bağımsız iki olgu arasında bulduğu ilişkiye sezgi ya da olağanüstü hayal gücüyle ulaştığı söylenebilir, kuşkusuz. Ama duruma daha yakından bakıldığında bu buluşun "nesnel" diyebileceğimiz kimi öğeleri de içerdiğini söyleyebiliriz. Bilimsel buluşların bir bakıma ortak özelliklerini oluşturan bu öğeleri kısaca şöyle belirtebiliriz:

Vurgulanması gereken ilk nokta, Römer'in araştırmacı olarak belli bir alanda gözlem etkinliği içinde olmasıdır. Bir araştırma sürecinde gözlem sonuçları beklentiye uygun düştüğü sürece ortada bir sorun yoktur. Sorun, Römer'in karşılaştığı gibi, beklentiye ters düşen bir gözlemle başlar ve ancak buna duyarlı bir yaklaşım içinde olmakla fark edilir. Römer öyle bir duyarlık içinde olmasıydı, bir açıklama arayışına koyulamazdı.

Değineceğimiz ikinci nokta, soruna duyarlılığın tümüyle olmasa bile büyük ölçüde kişisel bir özellik olduğudur. Tutumda esneklik son derece önemlidir. Jupiter'in uyduları üzerindeki gözlemler, Galileo'nun o uyduların varlığını ortaya çıkarmasından beri sürmekteydi. Römer gibi daha bir çok astronom işin içindeydi; ama onun dışında hiç biri gözlem sonuçlarının bir sorun içerdiğinin farkına varmamıştı.

Son bir nokta: Eldeki soruna çözüm bulma bilim adamında sezgi, hayal gücü ya da yaratıcı zekâ dediğimiz kişisel özelliklerin yanı sıra konuya ilişkin bilgi ve deneyim birikimi de gerektirir. Beklenmeyen bir olguya ya da gözlem sonucuna duyarlık gösteren Römer, Jupiter ile kendi gezegenimizin güneş çevresindeki devinimlerinde kimi kez biribirine yaklaştığı, kimi kez ise biribirinden uzaklaştığı olgusunu bilmekteydi. Bu bilgiden yoksun olsaydı, sorunu açıklayan hipotezini yani iki olgu arasındaki ilişkiyi algılamasına olanak bulamazdı. Römer'in başarısı, yineleyelim, hem soruna duyarlı olmasına, hem de ilk bakışta biribirinden bağımsız görünen iki olgu arasında soruna açıklama sağlayan ilişkiyi kurabilmesine dayanmaktadır. Burada akla gelen can alıcı soru şudur: araştırmacı pek çok olgusal değişkeni içeren bir alanda aradığı açıklamayı veren ilişkiyi nasıl kurmakta, ilişkinin dayandığı olguları nasıl seçmektedir?

Bu sorunun tek bir yanıtı yoktur. Çoğu kez verilen yanıt bilim adamının buluşunu "deha" denen üstün zekâsına borçlu olduğudur. Ancak bu yanıtın tüm durumlar için geçerli olduğu kolayca söylenemez. Bilim tarihinde deha ürünü buluşların yanı sıra dirençli ve yoğun çabanın ürünü diyebileceği-

miz buluşlara da pek çok örnek gösterilebilir. Ünlü piyes yazarı Bernard Shaw'un belirttiği gibi, sanat dünyasında bile başarının kaynağı %10 esin, %90 terlemedir. Kaldı ki, buluşlarına üstün zekâ performansı ile değil, sıradan bir yöntem olan sınama yanılmayla ya da bir benzerlikten yararlanarak ulaşan bilim adamları vardır. Nitekim Torricelli hava basıncı hipotezine deniz ile hava arasında sezinlediği benzerlikten yararlanarak ulaşmıştı. Sınama - yanılma yöntemine dayanan buluşlara özellikle tıp alanında pek çok örnek gösterilebilir.

Yukardaki soruya yanıtımız ne olursa olsun, gözden kaçmaması gereken nokta, bilim adamının açıklama arayışında sorunu ve soruna ilişkin olguları yakından tanıması, önemli olanı önemsiz ayrıntılardan ayırabilme yeteneğidir. Buna deha diyebileceğimiz gibi dirençli çaba, güçlü motivasyon da diyebiliriz. Bilimsel buluş, dar anlamda kuralları belli mantıksal bir süreç değildir, elbet; ama yalnızca esin ya da deha ürünü gizemli bir süreç de değildir.

Bilimsel buluş sürecine açıklık getirmek için bu yazıda verdiğimiz çözümleme oldukça basit, kapsam yönünden sınırlı bir örneğe dayanmaktadır. Üst-düzey kuramsal açıklamalar (örneğin, Kopernik sistemi, Newton mekaniği, Einstein'ın görecelik kuramları vb.) için daha ayrıntılı çözümlemelere ihtiyaç vardır. Okuyucu isterse, bu amaçla yazarın *Bilim Felsefesi* adlı yapıtına başvurabilir[3].

Notlar

(1) A. Einstein, *Essays in Science*, s. 7.

(2) N.R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Chapter IV.

(3) C. Yıldırım, *Bilim Felsefesi*, 3. Basım, Remzi Kitabevi, 1991.

Hipotez - Gözlem İlişkisi

Bundan önceki iki yazıda bilimin ne tür bir etkinlik olduğunu, bilimsel yöntemin yapısal özelliklerini ana çizgileriyle belirtmeye çalışmış, başlıca dört noktayı vurgulamıştık:

Bilimin evrende olup bitenleri anlama merakından, bir ölçüde de doğa güçlerini denetim altına alma gereksiniminden kaynaklanan bir araştırma etkinliği olduğu;

Her araştırmanın temelde bir problem çözme, eldeki sorunu açıklama uğraşı olduğu;

Çoğu kez yerleşik beklenti veya varsayımımıza ters düşen (ya da yürürlükteki kuramla açıklanamayan) yeni bir gözlemle, beklenmeyen bir durumla ortaya çıkan problemin, probleme duyarlı bilim adamını çözüm arayışına ittiği;

Problem çözmenin, "sınama - yanılmayı ayıklama" denen bir yönteme dayandığı.

Bu yazıda, oldukça genel düzeyde dile getirilen yukardaki belirlemelere somut bir içerik kazandırmak üzere, özellikle bilimsel yöntemin işleyişini tüm canlılığıyla gösteren, bilim tarihinden aldığımız bir örnek üzerinde duracağız. Ama önce "varsayım", "hipotez", ve "kuram" terimlerinin anlamlarına açıklık getirmek yararlı olacaktır.

Varsayım, irdelemeksizin doğru saydığımız, çoğu kez belirtik olmayan beklenti anlamına gelir. Hemen tüm davranış ve etkinliklerimizin varsayımlarımızı yansıttığı söylenebilir. Örneğin,

yere bastığımda boşluğa düşmeyeceğim; yediğim ekmeğin besleyici, içtiğim suyun kandırıcı olduğu; sokakta rastladığım tanımadığım birine "günaydın" dediğimde onun Türkçe bildiği birer varsayımdır. Bilimin de, her olgunun bir nedeni olduğu, doğanın kaprisli değil belli bir düzene bağlı davrandığı gibi birtakım varsayımlar içerdiğini söyleyebiliriz.

Teori karşılığında kullandığımız "kuram", inceleme konusu bir olgu kümesini açıklamaya, kimi olgu ya da olgusal ilişkileri öndemeye yönelik, birden fazla üst-düzey genelleme içeren bir dizge demektir. Örneğin, Newton'un klasik mekaniği,Darwin'in evrim, Einstein'ın görecel kuramları bu türden geniş kapsamlı dizgelerdir. Bir genellemeye kuramsal nitelik kazandıran şey, içerdiği terimlerin soyut kavramlara ilişkin olmasıdır. "Gravitasyon", "foton", "elektron", "zekâ" türünden terimleri içeren önermeleri gözlem verileriyle doğrudan yoklayamayız.

Gözlemsel olarak henüz denenmemiş, bir tek genellemeyle dile gelen kuramlara "hipotez" diyoruz. Olgusal bir ilişkiyi dile getiren bir hipotez, yeterince kanıtlandığında "bilimsel yasa" kimliği kazanır. Örneğin, fizikte yerçekimi yasası başlangıçta bu türden bir hipotezdi.

Şimdi örneğimize dönebiliriz. Seçtiğimiz örnek, bilimsel açıklaması 17. yüzyılda verilen fiziksel bir olaya ilişkindir.

Bir fıçıdan sıvı almak için biri dibine yakın, diğeri üstünde iki deliğin olması gereği çağlar boyu bilinmekteydi. Gene hemen herkes, içine su doldurulan bir tüpün üst ucu parmakla kapatıldığında alt ucundan suyun akmayacağını bili-

yordu. Günlük deneyimlere dayanan bu tür gözlemleri, bu arada özellikle, basit emme tulumbaların suyu kuyu düzeyinden ancak 10 m kadar yukarı çekebildiği olayını açıklamaya yönelik görüşler arasında Aristoteles'den kaynaklanan bir ilke vardı. "Doğa boşluktan tiksinir" diye bilinen bu ilke 17. yüzyıla gelinceye dek, filozofun diğer öğretileri gibi, doğruluğu tartışılmaz bir dogma niteliğindeydi. Gerçi artizanlar söz konusu olayın hava ile ilişkisinin farkındaydılar; ne var ki, skolastik "bilgin"lerin gözünde gerçek bilgi uygulamada değil, Aristoteles'in kitaplarındaydı.

"Doğa boşluktan tiksinir" genel ilkesine ilk kuşku Galileo'da kendini gösterir. ortaçağ metafiziğine başkaldıran, engizisyonca yargılanan Galileo'nun kuşkusu başlıca iki noktada toplanıyordu: (1) "Doğa boşluktan tiksinir" ilkesi olgusal içerikten yoksun gizemli bir ilkeydi. (2) Emme tulumbaların suyu, boşluğa karşın, 10 m'den daha yukarı çekememesi ilkeyi doğrulayan değil, tam tersine, yanlışlayan bir olaydı.

Aristoteles açıklamasını reddeden Galileo'nun olaya kendisinin nasıl bir açıklama getirdiği belli değildir. Ancak problemi ölümünden iki yıl sonra öğrencisi Torricelli'nin çözdüğünü biliyoruz. Getirilen çözüm, deniz - atmosfer analojisine ilişkin bir hipoteze dayanıyordu. Şöyle ki, dünya "hava denizi" ile sarılıydı. Suyun ağırlığı nedeniyle içindeki nesneler üzerinde basınç etkisi bilinen bir olaydı. Aynı şekilde havanın da içindeki nesneler üzerinde basınç etkisi olmalıydı. Tulumbanın suyu yukarı çekebilme mesafesi hava basınç gücüyle sınırlıydı. Öyleki,

10 m'lik su sütunu, atmosferin kuyu yüzeyi üzerindeki gücünü yansıtan bir ölçü olarak alınabilirdi.

Torricelli, "hava denizi" dediği hipotezini olgusal olarak yoklamaktan geri kalmaz. Hipotezinden çıkarsadığı ilk öndeyi şuydu: 10 m'lik su sütunu atmosfer basıncına bağlıysa, sudan 14 kez daha ağır olan cıvanın 10/14 m'lik bir sütun oluşturması gerikir. Torricelli yaklaşık bir parmak genişliğinde ve 1 m uzunluğunda cıva ile dolu, bir ucu kapalı bir cam tüp üzerinde basit bir deneyle öndeyisini doğrular. Şöyle ki, hava kabarcığına yer vermeyecek şekilde açık ucu parmakla kapatıp tüpü ters çevirerek içi cıva dolu kaba daldırır. Parmağını çektiğinde tüpteki cıva beklediği gibi tüpün üst ucunda bir boşluk bırakarak düşer, yaklaşık 75 cm'lik bir yükseklikte kalır.

Bu basit deney "hava denizi" hipotezine olgusal destek sağlamakla kalmaz, onunla birlikte "barometre" dediğimiz bir aracın icadına yol açar; dahası tüpte oluşan boşlukla o zamana değin mutlak doğru kabul edilen "doğa boşluktan tiksinir" ilkesini de tümüyle çökertir.

"Hava denizi" hipotezi, başka deneylere de konu olur. Ünlü matematikçi Pascal, tüpte 75 cm'lik cıva sütunu açık kapta cıva üzerindeki hava basıncıyla dengeleniyorsa, hava basıncının düşük olduğu yüksekliklerde cıva sütunun da düşmesi gerekir, diye düşünür. Bir deneyci olan Perier, tanınmış matematikçinin öndeyisini deneysel olarak yoklamaya koyulur. Perier asistanları ile birlikte cıva dolu iki kap ve iki cam tüple Puy-de Dôme dağına gider. dağın eteğinde

iki tüpteki cıva yüksekliği aynı düzeydedir. Deney takımlarından biri yaklaşık 1500 m yüksekliğindeki dağın tepesine çıkarılır. Cıva sütununun beklendiği gibi yaklaşık 7,5 cm düştüğü saptanır; oysa o sırada dağın eteğinde tutulan tüpte herhangi bir düşüş gözlenmez. Dahası tırmanış sırasında cıvanın sürekli düştüğü, inişte ise sürekli yükseldiği görülür.

Deneyler burada bitmez; Torriçelli'nin hava basıncı kavramını içeren hipotezi İtalya ve Fransa'dan sonra Almanya ve İngiltere'de de deneylere konu olur. Bunlardan yalnızca iki tanesine değinmekle yetineceğiz.

Deneylerden birini vakum (boşluk) pompasını icat eden Alman Otto von Guericke'e, diğerini benzer bir pompa ile değişik bir deney yapan Robert Boyle'a borçluyuz.

Guericke hava basıncı üzerinde bir süre "bocalama" diyebileceğimiz kimi çalışmalarından sonra 1854'de, "Magdeburg yarımküreleri" diye bilinen unutulmaz deneyini seçkin bir topluluk önünde sergiler. Deney çarpıcı oduğu kadar basitti: Kenarları biribirine tam oturan bronzdan iki yarım küre birleştirilir: böylece oluşan kürenin havası vakum pompayla boşaltıldığında yarım küreler birbiriyle adeta kenetlenir, öyle ki, dört at bir yönde, dört at ters yönde koşulduğu halde yarım küreler biribirinde ayrılmaz. Ama küreye muslukla hava salındığında yarım kürelerin kendiliğinden ayrılıp düştüğü görülür.

Büyük yankı uyandıran bu deney üzerine Boyle Torricelli hipotezini yeni bir deneyle yoklamaya koyulur. Torricelli, cıva dolu bir kaba açık ucu daldırılan tüpteki yaklaşık 75 cm'lik cı-

va sütununu kaptaki cıva üzerindeki hava basıncına bağlamıştı. Boyle, Guericke'nin vakum pompasını kimi düzenlemelerle kap üzerindeki havayı boşaltmaya elverişli bir hale getirir ve dener. Sonucu kendi ağzından dinleyelim: "Deneyin gerektirdiği tüm düzenlemeyi tamamladıktan sonra pompayı çalıştırdım; boşalan hava ile birlikte tüpteki cıva beklentime uygun olarak düşmeye başladı, sonunda kaptaki cıva düzeyine indi. Havayı yeniden içeri verdiğimde tüpte cıva eski düzeyini buluncaya dek yükseldi."

Örneğimizdeki deneylerin tüm basitliğine karşın bilimsel yöntemi temel özellikleriyle ortaya koyduğu söylenebilir. Bu özellikleri başlıca iki noktada toplayabiliriz: (1) Probleme çözüm vaat eden hipotez oluşturmak; (2) Hipotezi olgulara giderek yoklamak. Hipotezin yoklanması biri "mantıksal", diğeri "olgusal" diyebileceğimiz iki boyut içerir. Hipotezden doğrudan test edilebilir öndeyiler çıkarsama mantıksal, öndeyileri gözlem veya deney sonuçlarıyla karşılaştırma olgusal işlemdir. Torricelli'den Boyle'a uzanan çalışmaların hipotez yoklama sürecini yeterince aydınlattığını sanıyoruz.

Hipotez oluşturmaya gelince, bu aydınlatılması pek kolay olmayan bir sorundur. Hipotez bir bulgu değil, deyim yerinde ise bir icattır; kuralları verilemeyen, bilim adamında gereken bilgi birikiminin yanı sıra yaratıcı hayal gücü, derin sezgi ve duyarlık isteyen ussal bir icat! Gerçi, Torricelli'nin hipotezine analojiden yararlanarak ulaştığını söylüyoruz; ancak analoji kurmak mekanik bir işlem değildir, yaratıcı sezgi gerektirir. Kaldı ki, kimi bağlamlarda yararlı

olan analojinin her bağlamda başvurulabilecek bir düşünme biçimi olduğu söylenemez. Her hipotez kendi bağlamında kendine özgü bir oluşum sergiler.

Son bir nokta: "Hava denizi" hipotezi, yeterince doğrulanmış olduğuna göre artık hipotez değil, doğa yasası kimliği kazanmış güvenilir bir genellemedir. Ne var ki, tüm kanıtlara karşın, genellemenin doğruluğunun kesinleştiği söylenemez. Bugüne değin genellemeye ters düşen herhangi bir gözlemin çıkmamış olması, öyle bir gözlemin ilerde çıkma olasılığını ortadan kaldırmaz. En sağlam görünen kuram ya da yasaların bile yanlışlanma olasılığı vardır. Bilimde ispat yoktur.

Bilimsel Kuram: Yapı ve İşlevi

Bilime, olgusal dünyayı betimleme ve açıklama etkinliği diye bakılabilir. Betimlemek gözlem sonuçlarını önermelerle dile getirmek; açıklamak ise yürürlükteki beklentilere ters düşen gözlem (veya deney) sonuçlarını kimi hipotezlere giderek beklenir kılmaktır. Bilim birtakım olgusal verilerin bir kataloğu değildir; betimlemeyle yetinmez. Amaç olguları açıklamak, o yoldan doğayı anlamaktır. Bunun aracı "hipotez" veya "kuram" dediğimiz kavramsal ilke ya da dizgelerdir. Bu yazıda kuramın yapı ve işlevini belirtmeye çalışacağız. Ama önce, çoğu kez anlamları karıştırılan kuram ile hipotez kavramlarına açıklık getirelim. İki kavram arasında belirtilmesi gereken bir fark kapsamlarına ilişkindir: kurama kapsamı geniş bir hipotez, hipoteze kapsamı dar bir kuram diyebiliriz. Hipotez genellikle bir tek önermede dile getirilir; açıkladığı olgu alanı sınırlıdır. Kuram ise kimi yasa, ilke veya açıklayıcı genellemeler içeren karmaşık bir dizgedir; açıkladığı olgu alanı geniş ve çeşitlidir. Bir başka fark doğrulanmış olma derecesine ilişkindir. Bir hipotez yeterince doğrulandığında, kapsamına göre, ya yasa ya da kuram niteliği kazanır. Aslında her kuram başlangıçta bir hipotezdir; kapsamlı her hipotez bir kuram adayıdır, yeter ki, açıklamaya yönelik olduğu olgu alanı tek tür olgularla sınırlı kalmasın! Örneğin, kla-

sik mekanikte yerçekimi başlangıçta hipotez niteliğinde bir ilkeydi. Zamanla çok sayıda ve çeşitte olgusal verilerle kanıtlanan bu ilkeye artık hipotez değil "yerçekimi kuramı" ya da "yerçekimi yasası" denmektedir. Ancak kapsam genişliği göz önünde tutulduğunda ilkeyi yasa değil kuram saymak belki daha doğru olur. Gerçekten, yerçekimi ilkesi, yerkürenin yakınındaki nesneler üzerindeki etkisini açıklamakla kalmamakta, tüm göksel nesnelerin biribiri üzerindeki etkilerini de açıklamaktadır.

Her bilim dalında bir boyutu olgusal veriler oluşturuyorsa, ona koşut ikinci boyutu kuramsal kavram ve ilkeler oluşturur. Kuramın temel işlevi olguların bir tür özetini vermek değil, onları açıklamak, yeni öndeyilere giderek zenginleştirmektir. Kuramın betimleyici önerme veya genellemeleri aşan bir yapısı vardır. Betimleyici genellemeler olgusal ilişkileri dile getirir, ama açıklamaz. Boyle'un gazlar yasası, hatta Kepler'in gezegenlerin devinimine ilişkin yasaları bu türden gözleme dayalı alt-düzey genellemelerdir. Bir gaz kitlesinin oylumunun (hacminin), sıcaklık sabit tutulduğunda, üzerindeki basınçla ters orantılı olarak değişmesi bize yalnızca bir ilişkiyi göstermekte, yoksa o ilişkinin nedensel açıklamasını vermemektedir. O ve benzeri ilişkilerin nedensel açıklamasını gazların kinetik kuramında bulmaktayız. Kuram (teori) doğrudan gözlem verilerini belirlemeyen, ama alt-düzey genellemelerde belirlenen gözlem verilerine ışık tutan, olgusal ilişkilere anlam kazandıran soyut kavramlar içerir. Fizikte varsayılan kimi soyut nesneler (örneğin, elektron, proton, elektro-manye-

tik alan, vb.) pek çok olguya açıklama sağlayan gözlem-dışı kavramlardır. Aynı şekilde psikolojide id, ego, super-ego, zekâ kimi insan davranışlarını (örneğin, ruhsal bunalım, kâbuslu rüya, dil sürçmesi, saldırganlık, içe kapanıklık, yaratıcılık, vb.) açıklamaya yönelik benzer türden soyut kavramlardır. Kuram, bu tür doğrudan gözlemsel olmayan kavramlardan kurulu birtakım üst-düzey genelleme veya ilkelerden oluşan bir dizgedir. Basit bir örnek olarak gazların kinetik teorisine bakalım. Buna göre: (a) bir gaz kitlesi, "molekül" denen uzayda sürekli ve gelişigüzel devinim halindeki parçacıklardan oluşmuştur; (b) devinimlerinde rastladıkça biribiriyle çarpışan, içinde bulundukları kabın iç yüzeyine çarpan moleküllerin son derece elastik, pürüzsüz bir yapıları vardır; (c) moleküllerin kinetik enerjisi gazın sıcaklığına bağlıdır; (d) gazın içinde bulunduğu kabın duvarları üzerindeki basıncı molükellerin duvarlara çarpmasıyla oluşur. Bu varsayımları içeren gazların kinetik teorisi, basınç ve sıcaklığın değişmesine bağlı olarak oluşan oylum (hacim) değişikliklerine ilişkin gaz yasalarını açıklamaktadır (Bunlardan birine, Boyle'un yasasına yukarda değinmiştik: basınç x oylum = sabit. Diğeri Charles'ın yasası diye bilinmektedir: basıncı sabit tutulan bir gaz kitlesinin oylumu mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır).

Görüldüğü gibi, örnek aldığımız kuram "molekül", "kinetik enerji" türünden gözlem-dışı soyut nesne ya da kavramlar içeren birtakım üst-düzey genellemelerden (bunlara varsayım ya da ilke de denebilir) oluşmakta; gazların gözlemsel davranışlarına ilişkin alt-düzey genellemelerde (Boy-

le'un ve Charles'ın yasaları) geçen"basınç", "sıcaklık", "oylum" gibi terimler ise gözlemsel büyüklükleri adlandırmaktadır. Sözü geçen iki yasayı da, daha sonra oluşturulan gazların kinetik kuramından matematiksel olarak çıkarsama olanağı vardır. Benzer bir durumu, Galileo'nun nesnelerin serbest düşme yasası ile Kepler'in gene gözlemsel genelleme niteliğindeki yasalarının, Newton'un bunları açıklayıcı yerçekimi (gravity) kuramı ile olan ilişkisinde bulmaktayız.

Bir olguyu ya da olgular kümesini betimlemek salt gözlem çerçevsinde kalan bir işlemdir; oysa açıklamada gözlemi aşan nesne veya kavramlara başvurmak çoğu kez kaçınılmazdır. Bu farkı günlük yaşamdan bir örnekle gösterelim: Gözlemlerimizden, kimi nesnelerin suda yüzdüğünü, kimi nesnelerin ise battığını biliyoruz. Bu olguyu betimlemek için suda hangi nesnelerin yüzdüğünü, hangilerinin battığını saptamak, yüzenlerin ne ölçüde su dışında, ne ölçüde su içinde kaldıklarını ölçerek belirlemek yeterli olabilir. Ancak, öyle de olsa, bu bilgiler olgunun nedensel açıklamasını vermez. Örneğin, tahta parçalarının yüzdüğünü, demir parçalarının ise battığını hep biliriz. Ama, "niçin bu böyledir?" sorusunu, "özgül ağırlık" diye bilinen soyut bir kavrama başvurarak yanıtlayabiliriz ancak.

Gerçi, bilimde olgusal düzeydeki ilişkileri saptama, genellemelerle dile getirme dışında "açıklama" diye bir şeyden söz edilemeyeceğini geçmişte kimi bilginlerin (örneğin, Kirchoff, Pearson ve Mach) ileri sürdüğünü biliyoruz. Bunlara göre açıklama yetkin bir betimlemeden başka bir şey değildir. Bilim adamı, "niçin" veya "ne-

den" sorusuna değil, yalnızca "ne" veya "nasıl" sorusuna yanıt arar. Günümüzde bile izlerine rastlanan bu görüş, kanımızca, "niçin" sorusuna Ortaçağ skolastik geleneğinden kaynaklanan metafiziksel bir anlam yükleme yanılgısını yansıtmaktadır. Örneğin, deprem, gök gürültüsü, çığ vb. olgulara yönelik "neden" sorusu yaşanan olayın amacına ilişkin bir soruydu. Yanıtı da hazırdı: Tanrı'nın kullarına uyarısı! Oysa bilimde aynı soru depreme, gök gürültüsüne ya da çığa yol açan ilk koşullara ilişkindir; açıklama olgunun amacına değil, oluşum nedenine yöneliktir.

Açıklama kuramın ilk önemli işlevi. Kuramın ikinci önemli işlevi henüz gözlemlenmemiş olguları öndemek, olgu alanını genişletmektir. Öndeyi ayrıca kuramın olgusal olarak yoklanması bakımından önemlidir. Alternatif kuramlar arasındaki tercihin de büyük ölçüde öndeyi gücüne bakılarak yapıldığı söylenebilir. Bilimde tutulan kuram, açıklama gücünün yanı sıra, öndeyileriyle yeni ve değişik olguların gözlemine yol açan, dolayısıyla doğruluğu daha çok yoklanabilen kuramdır. Belirtilmesi gereken bir nokta daha var: Açıklama bizi doğayı anlama, öndeyi ise doğayı denetim altına alma gücüyle donatmaktadır. Bilim olguları önceden belirleme gücünden yoksun olsaydı, bilme ve anlama merakımızı doyurma işleviyle sınırlı kalırdı. Oysa insanoğlunun teknolojide ulaştığı göz kamaştırıcı (bir bakıma da tehlike dolu) başarıları büyük ölçüde bilimsel kuramların öndeyi işlevine borçluyuz.

Sonuç: Bilim olgusal dünyayı anlamaya yönelik soyut kavramsal bir çalışmadır. Bilimde basit gözlemlerden, ince deneylerden en karmaşık

açıklama ve öndeyilere dek tüm etkinlikler bir kuramın ışığında anlamlıdır ancak. İyi bir kuram açıklama ve öndeyi gücü yüksek, eleştiriye açık, kendi içinde ve bilimin doğrulanmış diğer ilkeleriyle tutarlı kavramsal bir dizgedir. Bilim adamları sürgit daha doyurucu, daha kapsamlı kuramlar arayışı içindedir; araştırma uğraşı öyle bir arayışı yansıttığı ölçüde bilimde devrimsel atılımlar olanak kazanır. Newton'un klasik mekaniği, Maxwell'in elektro-manyetik teorisi, Darwin'in evrim kuramı, Einstein'ın görecelik kuramları, yüzyılımızda pek çok seçkin bilim adamının ortak katkısıyla oluşan kuantum mekaniği bu bitmeyen arayışın başlıca ürünleridir.

Unutmayalım ki, evreni, evren içindeki konumumuzu anlamak bilimsel kuramların en azından ana çizgileriyle kavranmasıyla olasıdır.

BİLİMİN ÖNCÜLERİ

Bilim tarihi bilgeliğin ve hümanizmin kaynağıdır:
bize düşüncemizi sorgulamayı,
kendini beğenmişlikten kurtulmayı,
boş umutlara kapılmamayı,
başarı yolunda uğraş vererek
sessizce ilerlemeyi öğretir.

George Sarton

Archimedes (Arşimet)
(M.Ö. 287 - 212)

Seçkin bilim adamları çoğunluk kimi çarpıcı imajlarla hafızalarda yer etmiştir: Engizisyon önünde sorgulanan Galileo; dalından kopan elmanın yere düşmesiyle, ayın dünya çevresindeki devinimini birleştiren Newton; gemi üzerinde beş yıl süren doğa incelemesi gezisine çıkan Darwin; Bern patent ofisinde sıradan bir görevliyken, $E = mc^2$ denklemini oluşturan Einstein; banyodan kendini sokağa atıp "Buldum, buldum!" diyerek sokakta çıplak koşan Archimedes.

Archimedes neyi bulmuştu? Neyin coşkusu içindeydi?

Bu soruyu yanıtlamaya geçmeden kısaca Archimedes'i, yaşadığı dönemi tanıyalım.

Grek kökenli bir aileden gelen Archimedes, Sicilya'nın Siraküz kentinde doğdu. Babası tanınmış bir astronomdu. Öğrenimini, dönemin bilim merkezi olan İskenderiye'de tamamladı; Euclid geometrisi onu nerdeyse büyülemişti. Siraküz'e döndükten sonra tüm yaşamını matematik ve bilimsel çalışmalara verdi.

Archimedes'in dikkat çeken bir özelliği çok yanlı bir araştırmacı olmasıydı: ilgi alanı kuramsal matematikten uygulamalı fizik ve savaş mühendisliğine uzanan çeşitli alanları kapsıyordu. Bilimsel kişiliğinde göz alıcı teknisyen bece-

risiyle üstün matematik yeteneğinin birleştiğini görmekteyiz. Ama ilgi odağında öncelikle koni kesitleri, hidrostatik ve dengeye ilişkin kuramsal sorunlar yer alıyordu. Problem çözme büyük tutkusuydu. Söylentiye göre, kumsalda bir geometri problemi üzerinde uğraşırken kendisine yaklaşan Romalı askerlerin farkına varmaz, saldırıya uğrayarak yaşamını yitirir.

Sorumuza dönelim: Archimedes neyin heyecanıyla kendini sokağa atmıştı? Ayrıntıya girmeden yanıtı bir cümlede verelim: fizikte şimdi "Archimedes ilkesi" diye bilinen bir doğa yasasını bulmanın heyecanıyla!

Hikâyeyi hemen herkes bilir: Siraküz'ün despot kralı Hiero, ülümsüz Tanrılar tapınağına konmak üzere kentin tanınmış kuyumcusuna som altından bir taç yapması emrini verir. Kuyumcu, kralın sağladığı altın ağırlığındaki tacı zamanında tamamlar, teslim eder. Ne var ki, kimi söylentiler kralı, tacın yapısına gümüş karıştırıldığı kuşkusuna düşürür. Kral gerçeği öğrenmek ister.

Daha o zaman her maddenin kendine özgü bir ağırlığı olduğu, örneğin, bir altın parçasının aynı büyüklükteki gümüş parçasından daha ağır çektiği biliniyordu. Ne ki, kralın elinde aynı biçim ve büyüklükte saf altından başka bir taç yoktu ki, ağırlık mukayesesi yapabilsin. Bilinen tek seçenek tacı eritip küp biçiminde dökmek, aynı büyüklükteki küp altınla terazide tartmaktı. Ama bu çözüm, uzun emek ve ince bir ustalıkla işlenmiş olan tacı yok etmek demekti. Sorun, tacı bozmaksızın kullanılan altın miktarını belirleyebilmekti. Buyurgan kral çaresizdi; ama

aptal değildi. Sonunda bilime başvurma gereğini anlar, sorunun çözümünü Archimedes'den ister.

Hikâyede, Archimedes'in çözüm arayışında düşünsel düzeyde nasıl bir uğraş verdiğinden söz edilmiyor; sadece, banyo küvetine ayak attığında çözümün bir anda aklına nasıl geldiği vurgulanıyor. Archimedes küvete ayak atınca su düzeyinin yükseldiğini fark eder, oturunca suyun taştığını görür ve hemen suya daldırılan bir nesnenin oylumunun, yapısal biçimi ne olursa olsun, taşırdığı suyun oylumu ile belirlenebileceğini anlar. Öyleyse yapacağı şey basitti: suyla dolu bir kaba tacı daldırmak, oylumu taşan suyun oylumuna denk altın parçasıyla tacı tartmak! Deney tacın saf altın olmadığını ortaya çıkarır; kurnaz usta suçunu yaşamıyla öder sonunda.

Hikâye bu. Gelelim olayın bizi ilgilendiren yönüne.

İlk bakışta, pratik düzeyde sıradan görünen bu buluş, aslında, bilimsel yöntemin işleyişini gösteren ilginç bir örnektir. Araştırmacı çözüm isteyen bir sorunla karşı karşıyadır. Sorun, ne salt mantıksal düşünmeyle çözümü verilebilecek matematiksel türden, ne de klasik Grek filozoflarının yönelik olduğu metafiziksel türden bir sorundu. Sorun, çözümü gözlem ve gözleme dayanan düşünce (hipotez) gerektiren bir sorundu. Tacın som altından olup olmadığı sorusuyla küvetteki su düzeyinin değişmesi gözleminin ilişkisi ne olabilirdi? Küvete girildiğinde su düzeyinin değiştiğni fark etmek bir gözlemdir. Olasıdır ki, Archimedes'den önce de pek çok

kimsenin gözünden kaçmamıştır bu olay. Ama Archimedes'e gelinceye dek hiç kimsenin gözlem konusu bu olayla herhangi bir nesnenin maddesel niteliği arasında ilişki kurduğunu bilmiyoruz. Bir araştırmacıya üstün bilim adamı kimliği kazandıran şey (buna ister sezgi, ister yaratıcı zekâ, ister deha diyelim) işte sıradan kimselere kapalı kalan bu türden bir ilişkiyi kurabilmektir.

Archimedes'in aynı soruna ilişkin bir başka gözlemi daha vardır: küvete oturduğunda, su düzeyindeki yükselmenin yanı sıra gövde ağırlığında hissettiği hafifleme. Bu ikinci gözlem onu, sonucu bakımından çok daha önemli yeni bir ilişki kurmaya götürür: hafiflemenin taşan suyun ağırlığına eşit olması. Bu demektir ki, sudan daha yoğun bir nesne, suya daldırıldığında, taşırdığı suyun ağırlığınca ağırlığından yitirir. "Archimedes ilkesi" denen bu ilişki hidrostatik diye bilinen fizik dalının temel taşıdır. Ne ki, iş bu kadarla kalmaz: Archimedes hidrostatiğin temelini attığı gibi fiziğin ana dalı mekaniğin de temelini atar.

Kaldıraç, pratik yararı çok eskiden bilinen, çeşitli uygulama alanları olan bir ilkeye dayanır. Helenist dönemden 2000 yıl öncesine uzanan Asur ve Mısır uygarlıklarına ait pek çok yapı ve yontularda ilkenin örneklendiği görülmektedir. Archimedes'in yaptığı ilkeyi teorik yönden temellendirmek olmuştur. Geçmişten gelen uygulama ve gözlem birikimi ilkeyi doğrulayıcı nitelikteydi kuşkusuz; ama bu Archimedes için yeterli değildi. Archimedes, "Eşit olmayan iki ağırlık, destek noktasından bu ağırlıklarla ters

orantılı mesafelerde dengelenir," diye dile getirdiği ilkeyi bir yasa (ya da teorem) olarak ispatlama yoluna gider. Bilindiği gibi o çağda bir bilimin yetkinlik ölçütü önermelerinin aksiyom ve teorem olarak dedüktif bir dizgede düzenlenebilmesiydi. Bunun bilinen en çarpıcı örneğini Euclid geometrisi ortaya koymuştu. Euclid'i örnek alan Archimedes benzer başarıyı önce hidrostatikte, sonra mekanikte gösterir. Matematikte bir teoremin ispatında olduğu gibi, kaldıraç ilkesinin ispatında da doğruluğu ya apaçık sayılan ya da gözlemsel olarak kanıtlanmış bir kaç temel önermeye (aksiyoma) ihtiyaç vardı. Nitekim Archimedes ispatında şu iki önermeyi öncül olarak almıştır:

(1) Destek noktasından eşit uzaklıkta bulunan eşit ağırlıklar dengede kalır.

(2) Destek noktasından eşit olmayan uzaklıklardaki eşit ağırlıklar dengeyi bozar; daha uzakta olan ağır basar.

Archimedes, bu iki önermenin kaldıraç ilkesini (ya da bu ilkeye eşdeğer olan çekim merkez ilkesini) içerdiğini sezmiş, sezgisini mantıksal yoldan kanıtlamak istemişti. Böylece geometri dışı bir çalışma alanında, hem ideal gördüğü geometrik modeli gerçekleştirmiş, hem de öncül olarak aldığı iki önermeye dayanarak kaldıraç ilkesini ispatlamış oluyordu.

Archimedes kuşkusuz antik dünyanın ilk ve en büyük bilim adamıydı. Bugün dünyamıza gözlerini açsa, ne bilimimiz, ne de bilime dayalı teknolojimiz onu fazla şaşırtmayacaktır, herhalde! Onun çoğu kez gözden kaçan ama belki de en büyük başarısı araştırma etkinliğinde göz-

lem ile ussal çıkarımı birleştirmesi, modern anlamda bilimsel yöntemin ilk özgün örneğini ortaya koymuş olmasıdır. Archimedes'in yaşadığı dönemin ne denli ilerisinde olduğunu gösteren bir kanıtı da Rönesans'ın eşsiz dehası Leonardo da Vinci'nin ona gösterdiği özel ilgide bulmaktayız. Leonardo, Archimedes'in bıraktığı yazılı metinleri elde etmek için inanılmaz bir çaba içine girmiş, kimi çalışmalarında onu örnek almıştı. Mekanik alandaki tüm buluş ve icatlarına karşın, Archimedes'in asıl ilgi odağı geometri idi. Öyle ki, bir silindirin oylumunun, içine yerleştirilen bir kürenin oylumuna olan oranı üzerindeki buluşunu en büyük başarısı sayıyordu. Övündüğü bir başka buluşu da, giderek artan sayıda kenarlı düzgün poligon kullanarak dairenin çevresiyle çapının oranının $3\frac{10}{71}$ den büyük $3\frac{1}{7}$ den küçük olduğunu saptamasıydı. Romalıları, Siraküz'ü işgalden üç yıl alıkoyan savaş araçlarının yanı sıra, icat ettiği diğer mekanik aygıt ve oyuncaklar kendi gözünde yalnızca boş zamanlarını dolduran eğlendirici işlerdi.

Problem çözme coşkusunu, banyodan sokağa fırlayarak "Buldum, buldum!" seslenmesiyle açığa vuran Archimedes, bilimde atılım gücünü, "Bana bir dayanak gösterin, tüm dünyayı yerinden oynatayım!" çağrısında dile getirmişti.

Öklid (Euclides)

Rönesans sonrası Avrupa'da, Kopernik'le başlayan, Kepler, Galileo ve Newton'la 17. yüzyılda doruğuna ulaşan bilimsel devrim, kökleri Helenistik döneme uzanan bir olaydır. O dönemin seçkin bilginlerinden Aristarkus, güneş-merkezli astronomi düşüncesinde Kopernik'i öncelemişti; Arşimet yaklaşık iki bin yıl sonra gelen Galileo'ya esin kaynağı olmuştu; Öklid çağlar boyu yalnız matematik dünyasının değil, matematikle yakından ilgilenen hemen herkesin gözünde özenilen, yetkin bir örnekti. Öklid, M.Ö. 300 sıralarında yazdığı 13 ciltlik yapıtıyla ünlüdür. Bu yapıt, geometriyi (dolayısıyla matematiği) ispat bağlamında aksiyomatik bir dizge olarak işleyen, ilk kapsamlı çalışmadır. 19. yüzyıl sonlarına gelinceye kadar alanında tek ders kitabı olarak akademik çevrelerde okunan, okutulan Elementler'in, kimi yetersizliklerine karşın, değerini bugün de sürdürdüğü söylenebilir.

Egeli matematikçi Öklid'in kişisel yaşamı, aile çevresi, matematik dışı uğraş veya meraklarına ilişkin hemen hiçbir şey bilinmemektedir. Bilinen tek şey; İskenderiye Kraliyet Enstitüsü'nde dönemin en saygın öğretmeni; alanında yüzyıllar boyu eşsiz kalan bir ders kitabının yazarı olmasıdır. Eğitimini Atina'da Platon'un ünlü akademisinde tamamladığı sanılmaktadır. O akademi ki giriş kapısında, "Geometriyi bilme-

yen hiç kimse bu kapıdan içeri alınmaz!" levhası asılıydı.

Öklid'in bilimsel kişiliği, unutulmayan iki sözünde yansımaktadır: Dönemin kralı I. Ptolemy, okumada güçlük çektiği Elementler'in yazarına, "Geometriyi kestirmeden öğrenmenin yolu yok mu?" diye sorduğunda, Öklid "Özür dilerim, ama geometriye giden bir kral yolu yoktur" der. Bir gün dersini bitirdiğinde öğrencilerinden biri yaklaşır, "Hocam, verdiğiniz ispatlar çok güzel; ama pratikte bunlar neye yarar?" diye sorduğunda, Öklid kapıda bekleyen kölesini çağırır, "Bu delikanlıya 5-10 kuruş ver, vaktinin boşa gitmediğini görsün!" demekle yetinir.

Öklid haklı olarak "geometrinin babası" diye bilinir; ama geometri onunla başlamış değildir. Tarihçi Herodotus (M.Ö. 500) geometrinin başlangıcını, Nil vadisinde yıllık su taşmalarından sonra arazi sınırlarını belirlemekle görevli kadastrocuların çalışmalarında bulmuştu. Geometri "yer" ve "ölçme" anlamına gelen "geo" ve "metrein" sözcüklerinden oluşan bir terimdir. Mısır'ın yanı sıra Babil, Hint ve Çin gibi eski uygarlıklarda da gelişen geometri o dönemlerde büyük ölçüde, el yordamı, ölçme, analoji ve sezgiye dayanan bir yığın işlem ve bulgudan ibaret çalışmalardı. Üstelik ortaya konan bilgiler çoğunlukla kesin olmaktan uzak, tahmin çerçevesinde kalan sonuçlardı. Örneğin, Babilliler dairenin çemberini çapının üç katı olarak biliyorlardı. Bu öylesine yerleşik bir bilgiydi ki; pi'nin değerinin 3 değil, 22/7 olarak ileri sürenlere, bir tür şarlatan gözüyle bakılıyordu. Mısırlılar bu konuda daha duyarlıydılar: M.Ö. 1800 yıllarına

ait Rhind papürüslerinde onların pi'yi yaklaşık 3.1604 olarak belirledikleri görülmektedir; ama Mısırlıların bile her zaman doğru sonuçlar ortaya koyduğu söylenemez. Nitekim, kesik kare piramidin oylumunu (hacmini) hesaplamada doğru formülü bulan Mısırlılar, dikdörtgen için doğru olan bir alan formülünün, tüm dörtgenler için geçerli olduğunu sanıyorlardı.

Aritmetik ve cebir alanında Babilliler, Mısırlılardan daha ilerde idiler. Geometride de önemli buluşları vardı. Örneğin, "Pythagoras Teoremi" dediğimiz, bir dik açılı üçgende dik kenarlarla hipotenüs arasındaki bağıntıya ilişkin önerme "bir dik üçgenin dik kenar karelerinin toplamı, hipotenüsün karesine eşittir" buluşlarından biriydi. Ne var ki, doğru da olsa bu bilgiler ampirik nitelikteydi; mantıksal ispat aşamasına geçilememişti henüz. Ege'li Filazof Thales'in (M.Ö. 624-546), geometrik önermelerin dedüktif yöntemle ispatı gereğini ısrarla vurguladığı, bu yolda ilk adımları attığı bilinmektedir. Mısır gezisinde tanıştığı geometriyi, dağınıklıktan kurtarıp, tutarlı, sağlam bir temele oturtmak istiyordu. İspatladığı önermeler arasında; ikizkenar üçgenlerde taban açılarının eşitliği; kesişen iki doğrunun oluşturduğu karşıt açıların biribirine eşitliği vb. ilişkiler vardı.

Klasik çağın "Yedi Bilgesi"nden biri olan Thales'in açtığı bu yolda, Pythagoras ve onu izleyenlerin elinde, matematik büyük ilerlemeler kaydetti, sonuçta Elementler'de işlenildiği gibi, oldukça soyut mantıksal bir dizgeye ulaştı. Pythagoras, matematikçiliğinin yanı sıra, sayı mistisizmini içeren gizliliğe bağlı bir tarikatın önde-

riydi. Buna göre; sayısallık evrensel uyum ve düzenin asal niteliğiydi; ruhun yücelip tanrısal kata erişmesi ancak müzik ve matematikle olasıydı.

Buluş ve ispatlarıyla matematiğe önemli katkılar yapan Pythagorasçılar, sonunda inançlarıyla ters düşen bir buluşla açmaza düştüler. Bu buluş, karenin kenarı ile köşegenin ölçüştürülemeyeceğine ilişkindi. $\sqrt{2}$ gibi, bayağı kesir şeklinde yazılamayan sayılar, onların gözünde gizli tutulması gereken bir skandaldı. Rasyonel olmayan sayılarla temsile elveren büyüklükler nasıl olabilirdi? (Pythagorasçıların tüm çabalarına karşın üstesinden gelemedikleri bu sıkıntıyı, daha sonra tanınmış bilgin Eudoxus oluşturduğu, irrasyonel büyüklükler için de geçerli olan, Orantılar Kuramı'yla giderir).

Öklid, Pythagoras geleneğine bağlı bir ortamda yetişmişti. Platon gibi, onun için de önemli olan soyut düşünceler, düşünceler arasındaki mantıksal bağıntılardı. Duyumlarımızla içine düştüğümüz yanlışlıklardan, ancak matematiğin sağladığı evrensel ilkeler ve salt ussal yöntemlerle kurtulabilirdik. Kaleme aldığı Elementler, kendisini önceleyen Thales, Pythagoras, Eudoxus gibi, bilgin-matematikçilerin çalışmaları üstüne kurulmuştu. Geometri bir önermeler koleksiyonu olmaktan çıkmış, sıkı mantıksal çıkarım ve bağıntılara dayanan bir dizgeye dönüşmüştü. Artık önermelerin doğruluk değeri, gözlem veya ölçme verileriyle değil, ussal ölçütlerle denetlenmekteydi. Bu yaklaşımda pratik kaygılar ve uygulamalar arka plana itilmişti.

Kuşkusuz bu, Öklid geometrisinin pratik problem çözümüne elvermediği demek değildi. Tam tersine, değişik mühendislik alanlarında pek çok problemin, bu geometrinin yöntemiyle çözümlendiği; ama Elementler'in, eğreti olarak değindiği bazı örnekler dışında, uygulamalara yer vermediği de bilinmektedir.Öklid'in pratik kaygılardan uzak olan bu tutumunun matematik dünyasındaki izleri, bugün de rastladığımız bir geleneğe dönüşmüştür.

Gerçekten, özellikle seçkin matematikçilerin gözünde, matematik şu ya da bu işe yaradığı için değil, yalın gerçeğe yönelik, sanat gibi güzelliği ve değeri kendi içinde soyut bir düşün uğraşı olduğu için önemlidir.

Matematiğin tümüyle ussal bir etkinlik olduğu doğru değildir. Buluş bağlamında tüm diğer bilimler gibi matematik de, sınama-yanılma, tahmin, sezgi, içedoğuş türünden öğeler içermektedir. Yeni bir bağıntıyı sezinleme, değişik bir kavram veya yöntemi ortaya koyma, temelde mantıksal olmaktan çok psikolojik bir olaydır. Matematiğin ussallığı, doğrulama bağlamında belirgindir. Teoremlerin ispatı, büyük ölçüde kuralları belli, ussal bir işlemdir; ama sorulabilir: Öklid neden, geometrinin ölçme sonuçlarıyla doğrulanmış önermeleriyle yetinmemiş, bunları ispatlayarak, mantıksal bir dizgede toplama yoluna gitmiştir?

Öklid'i bu girişiminde güdümleyen motiflerin ne olduğunu söylemeye olanak yoktur; ancak, Helenistik çağın düşün ortamı göz önüne alındığında, başlıca dört noktanın öngörüldüğü söylenebilir:

1) İşlenen konuda çoğu kez belirsiz kalan anlam ve ilişkilere açıklık getirmek;

2) Ispatta başvurulan öncülleri (varsayım, aksiyom veya postulatları) ve çıkarım kurallarını belirtik kılmak;

3) Ulaşılan sonuçların doğruluğuna mantıksal geçerlik kazandırmak (Başka bir deyişle, teoremlerin öncüllere görecel zorunluluğunu, yani öncülleri doğru kabul ettiğimizde teoremi yanlış sayamayacağımızı göstermek);

4) Geometriyi, ampirik genellemeler düzeyini aşan soyut-simgesel bir dizge düzeyine çıkarmak (Bir örnekle açıklayalım: Mısırlılar ile Babilliler kenarları 3, 4, 5 birim uzunluğunda olan bir üçgenin, dik üçgen olduğunu deneysel olarak biliyorlardı; ama bu ilişkinin 3, 4, 5 uzunluklarına özgü olmadığını, başka uzunluklar için de geçerli olabileceğini gösteren veriler ortaya çıkıncaya dek kestirmeleri güçtü; buna ihtiyaçları da yoktu. Oyle kuramsal bir açılma için pratik kaygılar ötesinde, salt entellektüel motifli bir arayış içinde olmak gerekir. Nitekim, Egeli bilginler somut örnekler üzerinde ölçmeye dayanan belirlemeler yerine, bilinen ve bilinmeyen tüm örnekler için geçerli soyut genellemeler arayışındaydılar. Onlar, kenar uzunlukları a, b, c diye belirlenen üçgeni ele almakta, üçgenin ancak $a^2 + b^2 = c^2$ eşitliği gerçekleştiğinde dik üçgen olabileceği genellemesine gitmektedirler).

Oklid oluşturduğu dizgede birtakım tanımların yanı sıra, beşi "aksiyom" dediği genel ilkeden, beşi de "postulat" dediği geometriye özgü ilkeden oluşan, on öncüle yer vermiştir (Öncüller, teoremlerin tersine ispatlanmaksızın doğru sa-

vılan önermelerdir). Dizge tüm yetkin görünümüne karşın, aslında çeşitli yönlerden birtakım yetersizlikler içermekteydi. Bir kez verilen tanımların bir bölümü (özellikle, "nokta", "doğru", vb. ilkel terimlere ilişkin tanımlar) gereksizdi. Sonra daha önemlisi, belirlenen öncüller dışında bazı varsayımların, belki de farkında olmaksızın kullanılmış olması, dizgenin tutarlılığı açısından önemli bir kusurdu. Ne var ki, matematiksel yöntemin oluşma içinde olduğu başlangıç döneminde, bir bakıma kaçınılmaz olan bu tür yetersizlikler, giderilemeyecek şeyler değildi. Nitekim, 18. yüzyılda başlayan eleştirel çalışmaların dizgeye daha açık ve tutarlı bir bütünlük sağladığı söylenebilir. Üstelik dizgenin irdelenmesi, beklenmedik bir gelişmeye de yol açmıştır: Öncüllerde bazı değişikliklerle yeni geometrilerin ortaya konması. "Öklid-dışı" diye bilinen bu geometriler, sağduyumuza aykırı da düşseler, kendi içinde tutarlı birer dizgedir. Oklid geometrisi, artık var olan tek geometri değildir. Oyle de olsa, Oklid'in düşünce tarihinde tuttuğu yerin değiştiği söylenemez.

Çağımızın seçkin filozofu Bertrand Russell'ın şu sözlerinde Öklid'in özlü bir değerlendirmesini bulmaktayız: "Elementler'e bugüne değin yazılmış en büyük kitap gözüyle bakılsa yeridir. Bu kitap gerçekten Grek zekâsının en yetkin anıtlarından biridir. Kitabın Greklere özgü kimi yetersizlikleri yok değildir, kuşkusuz: dayandığı yöntem salt dedüktif niteliktedir; üstelik, öncüllerini oluşturan varsayımları yoklama olanağı yoktur. Bunlar kuşku götürmez apaçık doğrular olarak konmuştur. Oysa, 19.

yüzyılda ortaya çıkan Öklid-dışı geometriler, bunların hiç değilse bir bölümünün yanlış olabileceğini, bunun da ancak gözleme başvurularak belirlenebileceğini göstermiştir."

Gene Genel Rölativite Kuramı'nda Öklid geometrisini değil, Riemann geometrisini kullanan Einstein'ın, Elementler'e ilişkin yargısı son derece çarpıcıdır: "Gençliğinde bu kitabın büyüsüne kapılmamış bir kimse, kuramsal bilimde önemli bir atılım yapabileceği hayaline boşuna kapılmasın!"

Eratosthenes
(M.Ö. 273-192)

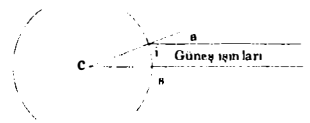
Bilim tarihinde Helenistik dönem (M.Ö. 300 - M.S. 100), özellikle ilk aşamasında, bilimsel yöntemin gerçek anlamda işlerlik kazandığı yaratıcı bir ortamdır. Daha önceki bilimsel çalışmalar ya Mısır ve Mezopotamya'da olduğu gibi daha çok pratik amaçlara yönelik gözlem ve ölçme düzeyinde kalan bir etkinlikti, ya da, Antik Grek döneminde olduğu gibi gözlemden çok kuramsal düşünmeye ağırlık veren, varlığın doğasını anlamaya yönelik metafiziksel türden bir uğraştı. Thales'den Aristoteles'e uzanan üçyüz yıllık düşünsel arayışın başlıca hedefi gerçekliğin asal niteliğini belirlemekti. Grek düşünürleri arasında olgusal araştırmaya belki de en yatkın olan Aristoteles bile, temelde, kimi metafiziksel ilkelere dayanan bütüncül bir açıklama arayışı içindeydi. Ussal düşünme ile gözlemsel verilerin etkileşimini içeren bilimsel yöntemin ilk yetkin örneğini Helenistik dönemin başta Archimedes (Arşimet) olmak üzere sayılı seçkin bilginlerinin çalışmalarında bulmaktayız.

Arşimet, bundan önceki yazıda ayrıntılı olarak belirttiğimiz gibi buluşlarıyla klasik çağın bilimde en büyük öncüsüdür. Çağdaşı Aristarkus, Kopernik'ten 1700 yıl önce, güneş-merkezli sistem hipotezini ilk ortaya süren büyük bir astronomdu. Onun öngördüğü sistem çerçevesinde

güneş ile yıldızların gökyüzünde sabit konumlarda olduğu, arzın ise güneş çevresinde çembersel bir yörünge çizerek devindiği, dahası kendi ekseni çevresinde de günlük dönüş içinde olduğu türünden, dönemin yerleşik anlayışına ters düşen savlar ortaya koymuştu. Ayrıca, yazdığı bir kitapta Güneş ile Ay'ın oylumlarını, dünyadan uzaklıklarını hesaplamaya, ulaştığı sonuçları geometri yöntemiyle ispatlamaya çalıştığı görülmektedir.

Eratosthenes'e gelince, bu çok yönlü bilgin için hiç kuşkusuz dönemin Arşimet'ten sonra en büyük öncüsü diyebiliriz. Geniş bilgisi, pek çok konularda yazdığı kitaplarıyla daha yaşam döneminde ün kazanan Erastothenes, İskenderiye büyük kütüphanesinin yöneticisiydi. Arzın küresel olduğunu ileri süren, güneşin dünyadan uzaklığını 92 milyon mil olarak hesaplayan (doğrusu 93 milyon mildir), Eratosthenes, özellikle coğrafya alanındaki çalışmalarıyla tanınmaktaydı. Ama onu bilim tarihinde unutulmazlar arasına sokan asıl başarısı, arzın çevrel çemberinin uzunluğunu belirleme çalışmasıdır. Deniz ve kara ulaşımının bir kaç bin millik açılmayla sınırlı kaldığı bir dönemde arzın büyüklüğünü belirleme kolayca ulaşılabilecek bir başarı değildi. Daha önce bu yönde uğraş veren pek çok kimse olmuştu; ama hiç biri Eratosthenes'in ulaştığı sonuç ölçüsünde gerçeğe yakın bir sonuç ortaya koyamamıştı. Asıl amacı güneş ile Ay'ın boyutlarını belirlemek, dünyadan uzaklıklarını saptamaktı. Ama bunun için öncelikle arzın büyüklüğünü hesaplaması gerekiyordu. Elde yararlanabileceği hiç bir optik araç yoktu.

Güç kaynağını, uyguladığı yöntem sağlıyordu. Basit bir orantıya dayanan yöntemin kullanımı bazı varsayım, gözlemsel bilgi ve geometrik kurallar gerektiriyordu. Örneğin, arzın küreselliği, daire çemberinin 360 derece olduğu, güneş ışınlarının yer yüzüne paralel düştüğü, vb. Bilindiği gibi, yer yüzeyi düz değil, eğmeçlidir. Bu nedenle gün ortasında güneş değişik enlemlerde bulunan kişilere, ufuktan değişik yüksekliklerde görünür. Bu gözlemi dikkate alan Eratosthenes yaklaşık aynı boylam üzerine düşen iki yer seçer. Bunlardan biri Syene (bugünkü Asvan barajına yakın küçük bir kasaba), diğeri dönemin ünlü bilim merkezi İskenderiye kenti idi. Syene'de yaz ortasında güneş öğle vakti tam tepede bir konumdadır; öyle ki, dik duran bir direk gölge düşüremediği gibi, derin bir kuyu dibinden bakıldığında güneş görülür. İskenderiye'de ise durum değişiktir; Syene'nin yaklaşık 514 mil kuzeyinde bulunan bu kentte güneş ışınları hiç bir zaman dik düşmez. Eratosthemes bu verilere dayanarak aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere. İskenderiye'de güneş ışınlarının, arzın merkezine dik inen bir doğru üzerinde oluşturduğu açıyı (şekilde a ile gösterilen açıyı) ölçer. Adı geçen iki yerin arzın merkezinde oluşturdukları açıya eşit olan ve iki yer arasındaki mesafeyi temsil eden bu açı yaklaşık 7.5 derecedir. Her daire çemberi gibi yer kürenin çevrel çemberinin de 360 derece olduğunu varsayan Eratosthenes basit bir orantı işlemiyle bu çemberin 24.670 mil olduğunu (doğrusu 24.870 mildir) hesaplar. Bu kadarla kalmaz, 60 millik bir hatayla arzın çapını da belirler.



İsazc Güneş ışınları Şekilde z tepe noktasını, c arzın merkezini, i İskenderiye'yi, s Syene'i göstermektedir. a ölçülen ve ics açısına eşit olan açıdır

(Kaynak: A.R. Hall ve M.B. Hall. A Brief History of Science s. 45.)

Teknolojinin henüz bazı basit el araçlarının ötesine geçmediği bir dönemde bu türden sonuçlara ulaşma gerçekten olağanüstü bir zeka ve imgelem gücü demekti.

Eratosthenes'in azımsanamayacak bir başarısı da o zaman bilinen dünyanın haritasını çıkarmasıyla. Harita İngiliz adaları dahil Avrupa, Afrika ve Asya anakaralarını kapsıyordu. Küresel bir yüzeyi düz kağıt üstünde göstermek kolay bir iş değildi. Tıpkı bir portakal kabuğunu masa üzerine dümdüz yerleştirmek gibi. Eratosthenes enlem paralelleriyle boylam meridiyenlerini kullanarak oldukça duyarlı ve güvenilir bir projeksiyonla güçlüğün üstesinden gelmişti. Yaptığı harita yüzyıllarca denizcilikte ve başka alanlarda kullanılır.

Eratosthenes, geliştirdiği bir yöntemle, güneşin öğle vaktindeki yüksekliğine bakarak herhangi bir yerin enlemini hesaplayabiliyordu (Boylamın hesaplanması aradan ikibin yıllık bir sürenin geçmesini beklemiştir). Onun ilginç bir savı da fiziksel coğrafya ile ilgilidir. Hint ve Atlas okyanuslarındaki gel-git devinimleri arasındaki yakın benzerliği göz önüne alarak, iki okyanusun aslında birleşik olduğunu, üç anakaranın (Avrupa, Asya ve Afrika) da bir ada oluşturduğunu ileri sürer. Dahası, kimi kaynaklara göre, Eratosthenes daha ileri giderek Atlantik ötesi yeni bir anakaranın varlığından bile

söz etmiştir. Ona göre, okyanusun öte yakasında bilinen dünyayı dengeleyen bir başka dünyanın varlığı büyük bir olasılıktı.

Roma yönetiminde zamanla İskenderiye'deki parlak bilim meşalesi sönmeye yüz tutar. O dönemin bilim öncülerinin son temsilcisi Hero'nun matematik, fizik ve teknolojideki başarılarını, kendisinden 300 yıl önce yaşamış Eratosthenes'e borçlu olduğunu söylemiş olması büyük bilginin bilim dünyasındaki kalıcı etkisini yansıtmaktadır.

Eratosthenes 81 yaşında öldüğünde en küçük bir mal varlığı yoktu; ama bıraktığı dünya doğduğundaki dünyadan bilgi birikimi ve araştırma yöntemi bakımından çok daha zengindi.

Leonardo da Vinci
(1452-1519)

Eşsiz ressam, seçkin yontucu ve filozof, yaşadığı dönemin en büyük mucit ve deneyci bilimadamı. ... İşte insanlığı sanata, bilgiye ve doğaya açan Rönesans'ın simgesi Leonardo da Vinci!

"Mona Lisa" ve "Son Yemek" tablolarının yaratıcısı Leonardo'nun sanat dünyasındaki yüce konumu hemen herkesçe bilinen bir gerçek. Ama bilimadamlığı kimliği için aynı şey söylenemez. Bir kez, yüzyılımıza gelinceye dek bu kimlik sanatçı kişiliğinin gölgesinde ya gözden kaçmış, ya da, önemsenmediği için unutulmuştur. Sonra, bu unutulmuşlukta Leonardo'nun kendi sıra dışı tutumunun da payı vardır. Bilimsel çalışmalarını yayımlamaktan özenle kaçındığı gibi, tuttuğu notları düpedüz okumaya elvermeyen kendine özgü bir yöntemle kaleme almıştı (400 yıl mahzende kalan, çizimleriyle birlikte yaklaşık 5000 sayfa tutan bu notlar sağdan sola doğru yazıldığı için ancak aynada yansıtılarak okunabilmiştir).

Leonardo, yaşam boyu biriken gözlemsel bulgularını; botanik, jeoloji, coğrafya, anatomi ve fizyoloji alanlarındaki inceleme sonuçlarını; mimarlık, şehir planlama, su ve kanalizasyon projelerini; savaş teknolojisine ilişkin buluş ve icatlarını bu notlarda saklı tutmuştu. Notların yüzyılımızın başında gün ışığına çıkarılmasıyla dev

sanatçının aynı zamanda, ilgi alanı son derece geniş büyük bir bilimadamı olduğu kesinlik kazanır. Notlar sonraki yüzyıllarda ortaya çıkan bilimsel buluş ve atılımların pek çoğunun ipuçlarını içermekteydi.

Leonardo mesleğinde cerbezeliğiyle tanınan hukukçu bir baba ile köylü bir hizmetçi kızın evlilik dışı çocuğu olarak dünyaya gelmişti. Doğar doğmaz dede evine uzaklaştırılan bebek anasını hiç görmemenin acısıyla büyür. Babasının ilk yıllardan başlayarak eğitimiyle yakından ilgilenmesi çocuk için belki de tek teselli kaynağı olur. Okul yıllarında en çok matematik problemlerini çözmede gösterdiği üstün yetenekle dikkatleri çeken çocuk, bir yandan da yaptığı güzel resimlerle çevresinden hayranlık topluyordu. Onaltı yaşına geldiğinde dönemin tanınmış artisti Andrea del Verrochio'nun yanına çırak olarak girer. Ustasının gözetiminde coşkuyla işe koyulan delikanlı çok geçmeden ağaç, mermer, kil ve metal işlemede büyük beceri kazanır. Olağanüstü yeteneklerini gören usta çırağının Latin ve Grek klasikleriyle felsefe, matematik ve anatomi üzerinde öğrenimini sürdürmesine yardımcı olur. Öyle çok boyutlu bir öğrenim, Verrochio'ya göre, gerçek bir sanatçı için vazgeçilmez bir gereksinimdi.

Çıraklık dönemini yirmialtı yaşında noktalayan Leonardo başvurusu üzerine Artistler Loncası'na kabul edilir. Artık, kendi yönünü çizme, geleceğini kurma özgürlüğüne kavuşmuş demekti. Büyüleyici resim ve yontularının yanı sıra ortaya koyduğu mühendislik projeleriyle Dük'lerin ilgisini kazanan genç adam, yaşamını

sırasıyla Floransa, Milano, Roma saraylarında sürdürme olanağı bulur; son üç yılını ise Fransa'da Kral Francois I'in koruyuculuğunda geçirir.

Leonardo çok yönlü etkinlikler içinde sürekli uğraş veren bir kişiydi, ancak yeterince dirençli değildi. Çoğu kez, coşkuyla üstlendiği bir çalışmayı bitirmeden, daha çekici bulduğu başka bir işe yönelir, yeni serüvenler arkasında koşardı. Asıl tutkusu sanattı kuşkusuz. Sanat dışı çalışmalarında özellikle esemenli ve dağınıktı. Projelerinin pek çoğu kağıt üzerinde kalmış, ya da, tam sonuçlandırılmadan bir kenara itilmişti. Projeleri arasında çok önemsediği, deneysel olarak gerçekleştirmeye çalıştığı uçak, helikopter, paraşüt türünden araçlar, çeşitli silah modelleri vardı. Anatomi konusundaki incelemeleri hiç kuşkusuz dönemin en değerli bilimsel çalışması diye nitelenebilir. Hayvan ve insan cesetleri üzerindeki teşrih çalışmaları, sayısı 750'yi bulan ayrıntılı çizimleri ona anatomi tarihinde üstün bir yer sağlamıştır.

Fizyolojinin gelişmesine yaptığı katkıları arasında en başta kanın işlev ve devinimine ilişkin çalışması gelir. Kalbin kaslarını ayrıntılarıyla incelediği özellikle kapakçıkların işlevini iyi kavradığı çizimlerinden anlaşılmaktadır. Kanın tüm organizmaya yayılarak doku ve organları nasıl beslediğini, çökeltileri nasıl temizlediğini açıklamaya çalışır. Organizmadaki kan devinimini suyun doğadaki devinimine benzetir: Bulutlardan yağışla inen su deniz ve göllerde toplanır, sonra buharlaşarak yeniden bulutları oluşturur. Bu benzetişte, Harvey'in 100 yıl son-

ra olgusal olarak doğruladığı "kan dolaşımı" hipotezini bulabiliriz.

Astronomiye gelince, Leonardo'nun bu alanda Kopernik'i öncelediği söylenebilir. Kilisenin o sıra gösterdiği hoş görüden de yararlanarak, yerkürenin güneş çevresinde bir gezegen olduğunu ileri sürebilmişti. Oysa yerleşik öğretiye göre dünyamız evrenin merkezinde sabitti. Göksel nesneler ise kutsal nitelikleriyle apayrı bir ortamda devinmekteydiler.

Leonardo'nun fizikte, özellikle mekanik dalında, ulaştığı bazı sonuçlarla Galileo ile Newton'u da önceledi bilinmektedir. "Canlılar dışında algıladığımız hiç bir nesne kendiliğinden devinime geçmez," diyen Leonardo, "her nesnenin devindiği yönde ağırlığı olduğunu, serbest düşen bir cismin düşmede geçen zamanla orantılı olarak ivme kazandığını" ileri sürmekle de kalmaz; daha ileri giderek, egemen Aristoteles öğrentisinin tam tersine, kuvveti devinimin değil, hız veya yön değiştirmenin nedeni olarak gösterir. Bu savın daha sonra mekaniğin devinim yasalarından biri olarak dile getirildiğini biliyoruz.

Aristoteles'in öğretilerine uzak duran Leonardo'nun Arşimet'e çok yakın ilgi göstermesi ilginçtir. Arşimet'in yapıtları o sıra henüz basılmamıştı. Ellerde dolaşan bir kaç el yazması kopya da, okunur gibi değildi. Bu kaynakları çok önemseyen Leonardo'nun okunaklı iyi nüsha elde etmek için başvurmadığı kimse, çalmadığı kapı kalmaz. Amacı klasik çağın öncü bilimadamının kaldıraç ve hidrostatik konularındaki buluşlarını bilim dünyasına tanıtmak, "Arşimet" adını layık olduğu yere yükseltmekti.

Su ve havada dalgasal devinim, ses oluşumu vb. olgularla da ilgilenen Leonardo, ışığın da dalgasal nitelikte devinme olasılığından söz etmişti. Onun ilginç bir gözlemi de, yarım ay'ın karanlık bölümünün belirsiz de olsa görünmesine ilişkindir. "Eski ay, yeni ay'ın kucağında" diye betimlediği bu olayı, dünyamızın yansıttığı ışıkla açıklar.

Leonardo'ya jeolojinin öncüsü gözüyle de bakılabilir. Dağ yamaçlarında topladığı fosillerin bir bölümünün deniz yaratıklarına ait olduğunu söyler; yerküre kabuğunun zamanla değişikliklere uğradığı, yeni tepe ve vadilerin oluştuğu gibi noktalara değinir. Üstelik bu tür oluşumların salt doğal nedenlere bağlı olduğunu vurgulamaktan da geri kalmaz.

Simya, astroloji ve büyü türünden uygalamaları aldatmaca bulduğunu açıkça söyleyen Leonardo, doğayı neden-sonuç ilişkisi içinde düzenli, nesnel bir gerçeklik olarak algılıyordu. Dinsel inançlara saygılıydı, ama onun için bilim teolojik baskıdan uzak, özgür bir arayış olduğu ölçüde amacına ulaşabilirdi. Leonardo'nun bilimsel yöntem anlayışı neredeyse çağdaş anlayışla eşdeğer düzeydedir. Bu anlayışta "olgusal veri - açıklayıcı kuram etkileşimi" temel öğedir. Leonardo'nun sezgisel de olsa bunun ayırdında olması oldukça şaşırtıcı; çünkü, bu noktanın açıklık kazanması çağımız bilim felsefesini beklemiştir. Leonardo bilimde deney gibi matematiğin de önemini kavrayan bir düşünürdü. Ona göre insanoğlu sürgit kesinlik arayışı içinde olmuştur. Ancak, kesinlik göreceldir; olduğu kadarıyla, doğal bilimlerde değil, soyut zihinsel

kavramlarla sınırlı kalan matematikte bulunabilirdi. İşe gözlemle başlayan bilimadamı ise, ulaştığı açıklamaları gözlem ya da deneye başvurarak doğrulamakla yetinmeliydi. Vurguladığı bir nokta da, teori ile uygulamanın elele gitmesi gereğiydi: Uygulamaya elvermeyen teoriyi anlamsız, teoriye dayanmayan uygulamayı kısır sayıyordu. Doğaya tüm saplantılardan arınmış bir kafayla, bir çocuğun her şeyi kucaklayan açık yüreğiyle yaklaşmayı öğütlüyordu.

Onun gözünde sanat, felsefe ve bilim kültürün bütünlüğünde birleşen, etkileşim içinde gelişen çalışmalardı. Sanatı salt yaratıcı imgelemin, felsefeyi soyut düşüncenin , bilimi deneyin ürünü sayıp birbirinden ayrı tutmak yanlıştı. Leonardo değişik ölçülerde de olsa hepsinde yaratıcı imgelemin, soyut düşüncenin ve olgusal deneyimin payı var demekteydi.

Tüm ilgi alanlarında evrensel bir deha, yetkin bir örnek sergileyen Leonardo, son günlerinde, zengin yaşam öyküsünü basit bir tümcede dile getirmişti: "Nasıl yaşamam gerektiğini anlamaya başladığımda, nasıl ölmekte olduğumu gördüm."

Öldüğünde 67 yaşındaydı, ama bedensel olarak tükenmişti. Güçlü bir beynin amansız sürükleyişi içinde, durmadan bulmak ve yaratmak savaşımı veren bu insanın yaşamı acı dolu güzelliğiyle gerçek bir dramdı.

Nicolaus Copernicus (Kopernik) (1473 - 1543)

Düşünce tarihinde etkisi yönünden Copernicus devrimiyle boy ölçüşebilecek pek az dönüşüm vardır. Son dörtyüz yılda tanık olduğumuz bilimsel gelişmenin astronomide yer alan bu devrimle başladığı söylenebilir.

Dinsel bağnazlıkla özgür düşünce hemen her dönemde çatışma içinde olmuştur. Ortaçağ düşünce geleneğini kıran ilk bilimsel atılımın astronomide ortaya çıkması bir bakıma doğaldı. Birkez, astronomide hiç bir alanda olmayan bir bilgi birikimi vardı. Babillilerin göksel nesnelerin devinimlerine ilişkin gözlemlerini, kuramsal düzeyde işleyen eski Yunanlıların astronomide büyük ilerleme kaydettikleri bilinmektedir. 17. yüzyıla gelinceyedek egemenliğini sürdüren Ptolemy (Batlamyus) sistemi bu birikimin ürünüdür. Sonra, Rönesans'la birlikte, astronomide ivedi çözüm gerektiren pratik sorunlar ağırlık kazanmıştı. Bu sorunlardan biri denizde boylam hesaplanmasına ilişkindi. Bu ise, öncelikle, güneşin izler göründüğü yolun doğru belirlenmesini gerektiriyordu. Çözümü aranan bir diğer sorun takvime ilişkindi. M.Ö. 46'da oluşturulan yürürlükteki takvim yetersizdi. Örneğin, o takvime göre, bir yıl 365 günden oluşuyordu (Oysa, şimdi bildiğimiz gibi yılın süresi bundan 11 dakika 14 saniye daha kısadır).

Ne var ki, bu türden nedenler, doğruluğu söz götürmez sayılan Ptolemy teorisinde köklü bir değişiklik için yeterli olamazdı. Astronomlar çoğunluk kimi düzeltmelerle yer-merkezli sistemin korunabileceği inancındaydılar. Nitekim, klasik dönemden beri kimi bilginlerce önerilen güneş-merkezli sistem onların gözünde saçma olmaktan ileri bir anlam taşımıyordu. Yerleşik sistem nerdeyse bağnaz bir inanca dönüşmüştü. Öyle ki, ortaçağ sonlarına doğru Oresme ve daha sonra Cusalı Nicolas gibi bilginlerin yöneltikleri ciddi eleştireler hiç bir etki uyandırmadan kalır. Yeni arayışların başladığı Rönesans'ta bile sistemin sarsılması kolay olmaz.

Copernicus'un daha öğrencilik yıllarında Ptolemy teorisine karşı içine düştüğü kuşku ve doyumsuzlukta kendisini önceleyen eleştiricilerin, özellikle hocası Novara'nın etkisi büyük olmuştur. Bologna üniversitesinde astronomi profesörü olan Novara, kilisenin o sıra içinde olduğu görecel hoşgörüden de yararlanarak, Ptolemy sistemine sert eleştiriler yöneltmekteydi.

Biraz önce de değindiğimiz gibi, Ptolemy sisteminin göksel olguları açıklamaya yönelik salt bir teori olmaktan ileri bir niteliği, dinsel ya da ideolojik bir bağısıklığı vardı. Sistem ortaçağ skolastik felsefesiyle bütünleşmiş, nerdeyse resmi bir kimlik kazanmıştı. Eleştirilerin, ne denli yerinde ve tutarlı olursa olsun, önemli bir etki yaratması beklenemezdi. Sistemin sarsılması Rönesans'ın getirdiği yeni anlayışı, farklı kültür ortamını bekler. Rönesans sanatta parlak bir atılım olduğu kadar, sonunda din, bilim, politika ve ekonomide de geleneksel katı tutumları

kıran, dünyaya yeni bir bakış açısı getiren uzun süreli bir dönüşümdür. Copernicus'un şansı, üstün zekâ ve güçlü öğrenme tutkusunun yanı sıra, her alanda yeni arayışların başladığı öyle bir dönemde dünyaya gelmiş olmasıdır.

Copernicus kimdi ve ne yaptı? Yalnız bilimde değil, insanlığın dünya görüşünde de büyük bir devrime yol açan çalışmasının kapsam ve niteliği neydi?

Nicolaus Copernicus Polonya'nın Torun kentinde üst-yaşam düzeyinde bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. On yaşında iken babasını yitirdi; bir bilgin-papaz olan amcasının koruyuculuğu altında büyüdü; aldığı eğitim daha çok teolojiye yönelikti. Ancak, Copernicus'un ilgi alanı belli bir konuyla sınırlanamayacak kadar genişti. Ülkesinde Cracow üniversitesini bitirdikten sonra İtalya'ya gider; Bologna, Padua ve Ferrara gibi dönemin seçkin üniversitelerinde astronomi, matematik, hukuk ve tıp dallarında altı yıl süren öğretim görür. Bir süre Roma'da matematik profesörlüğü yaptıktan sonra ülkesine döner, kilisede üst-düzey bir görev üstlenir. Ayrıca, çeşitli devlet hizmetlerini sürdüren Copernicus bir ara ülkesini dış ilişkilerde diplomat olarak da temsil eder. Ne ki, onun asıl ilgi alanı astronomi idi. Aralıksız otuz yıl süren bir çalışmanın ürünü baş yapıtı *Göksel Kürelerin Dönüşleri Üzerine* arkadaşlarının ısrarı üzerine yayıma girer. Kitabının ilk nüshası Copernicus'a yaşamının son günlerinde hasta yatağında ulaşır.

Sorumuza dönelim: Copernicus devrimi nedir, niçin önemlidir?

Copernicus işe koyulduğunda ortaçağ dünya görüşüne karşı çıkma gibi bir niyeti yoktu. Aldığı eğitim temelde o görüşe dayanıyordu. Onun yapmak istediği çeşitli yönlerden yetersiz bulduğu Ptolemy astronomisini matematiksel olarak daha basit, kendi içinde uyumlu ve açıklama gücü daha yüksek bir sisteme dönüştürmekti. Ptolemy teorisine göre, gökyüzü yıldızların "çakılı" olduğu dönen bir küreydi; dünya bu kürenin merkezinde sabit bir konuma sahipti; çevresinde ay, güneş ve gezegenleri taşıyan iç-içe bir dizi kristal küre vardı. "Tanrısal bir düzen" diye imgelenen bu sistem, ayrıca insana evrenin merkezinde olma onur ve gururunu sağlamaktaydı. Ne var ki, salt bilimsel açıdan bakıldığında sistem gereksiz yere karmaşık olduktan başka tutarsızdı. Sistemde birbirini tutmayan bir takım varsayımlar, ayaküstü gereksinmelere göre oluşturulan açıklamalar vardı. Benzetme yerindeyse, baş, gövde, el ve ayak gibi her parçası başka bir yerden derlenmiş bir heykelin acayip görüntüsünü sergiliyordu.

Copernicus astronomiyi basitleştirme ve tutarlı kılma girişiminde, kökü klasik çağa uzanan bir hipoteze başvurur (M.Ö. 3. yüzyılda Aristarcus adında bir bilgin, şimdi "güneş sistemi" dediğimiz sistemin merkezinde dünyanın değil, güneşin yer aldığını ileri sürmüş, ancak bağnaz çevrelerin tepkisiyle susturulmuştu). Doğrusu, yalnız yerleşik öğretiye değil sağduyuya da ters düşen bu hipotezin bilim tarihindeki devrimsel sonucunu Copernicus'un öngördüğü kolayca söylenemez. Büyük olasılıkla, Aristarcus hipotezi onun onun gözünde göksel sisteme

geometrik uyum sağlayan bir basitleştirme aracıydı. Nitekim, kitabının önsözünde önerilen yeni sistemin bilimsel doğruluğu değil, salt matematiksel geçerliği vurgulanıyordu.

Gerçekten, Copernicus teorisinin, dünyanın sistemdeki yeni konumu dışında köklü bir değişiklik içerdiği kolayca söylenemez. Bir kez sayılarını azaltmakla birlikte göksel kürelere ilişkin varsıyımdan vazgeçilmemiştir. Sonra, gezegenlerin devinimlerinde düzgün çembersel yörüngeler izlediği görüşü korunmuştur. Üstelik yeni teori de gözlemsel verilerle uyum bakımından kimi güçlüklerle karşı karşıyaydı. Belki de biraz da bu nedenle 16. yüzyılın sonlarına gelinceye dek teori beklenen ilgiyi görmez; Ptolemy sistemi yürürlükte kalır.

Bilindiği gibi, Copernicus teorisi iki temel varsayım içermektedir: (1) Gezegenleri taşıyan göksel küreler dünyanın değil, güneşin çevresinde dönmektedir; (2) Dünya merkezde sabit değil, kendi ekseni çevresinde günlük, güneşin çevresinde yıllık dönüşler içindedir. Copernicus'u bu varsayımlara en başta gözlemsel verilerin yönelttiği kuşku götürmez. Bunun çarpıcı bir kanıtını şu sözlerinde bulmaktayız:

> Kanımca, ileri sürdüğüm ilkeler soruna büyük bir basitlik getirmektedir. Ptolemy sisteminde olduğu gibi dünyayı merkezde sabit varsayma çok sayıda küre varsayımına yol açmış, bu da sorunu içinden çıkılmaz karışıklığa sokmuştur. Önerdiğim sistem ise, gereksiz ya da boş varsayımlara gitmeksizin, bir çok gözlem verisini tek nedenle açıklamaya elveren, gerçeği her yanıyla yansıtan bir sistemdir.

Bu ussal yaklaşım Copernicus'un çok iyi bilinen cephesi. Onun çoğu kez gözden kaçan bir başka cephesi daha var! Aşağıdaki alıntıda Copernicus'un evreni "ilkel" diyebileceğimiz büyülü bir dille betimleme yoluna gittiğini görmekteyiz:

> Evrenin ortasında güneş taht kurmuştur. Bu görkemli tapınakta, çevresindeki herşeyi bir anda aydınlatan "güneş" dediğimiz nur kütlesi için daha saygın bir konum düşünülebilir miydi? Güneşi evrenin Lambası, Bilge yöneticisi diye övenler olmuştur: Hermes Trismegutus'un gözünde O ışıldayan Tanrı, Sophocles'in Elektra'sı için herşeyi gören yüce varlıktır. Güneş gerçekten tahtına kurulmuş Sultan gibi, çevresinde dolaşan gezegenleri çocukları gibi yönetir.

Copernicus'un bu duygusal yanıyla bir tür gizemcilik olan, teologların da paylaştığı bir felsefenin (Yeni-Platonculuk) etkisinde olduğu söylenebilir. Ama öylede olsa kilisenin resmi öğretiye ters düşen bir görüşü hoş karşılaması beklenemezdi. Ne ki, Bruno ve Galileo'ya gelinceye dek katolik kilisesi belirgin bir tepki göstermez. Oysa protestan liderler daha baştan Copernicus'u kınama yoluna gitmişlerdi. "Bu budala" diyordu Luther, "astronomi bilimini altüst etme sevdasındadır. Oysa kutsal kitap arzın değil, güneşin döndüğünü bize bildirmiştir. ... Bir yeni yetme astroloğa halk kulak versin, olacak iş mi?"

Copernicus mistik eğilimlerine karşın bir astrolog değil, gerçek bir astronomdu. Tarih onu 17. yüzyıl bilimsel devrimine yol açan araştırma tutkusu ve atılımcı kişiliğiyle bize tanıtmaktadır.

Francis Bacon
(1561 - 1626)

Bilime katkıları gözönüne alındığında bilimin öncülerin kabaca üç grupta toplanabilir. "Kabaca" diyoruz, çünkü bilimadamlarının en azından bir bölümü için böyle bir sınıflama yapay olmaktan ileri geçmez.

(1) Çalışmaları deneysel ağırlıklı olanlar (Faraday, Marie Curie, Rutherford, vb.);

(2) Kuramsal düzeyde devrim niteliğini taşıyan atılımlarıyla tanınanlar (Newton, Darwin, Maxwell, Einstein, vb.);

(3) Çalışmalarında pratik sorunların çözümüne ağırlık verenler (Archimedes, Pasteur, vb.).

Katkısı bu üç tür çalışmadan hiç birine girmeyen, ama bilimsel yöntem anlayışını, bilimin uygar yaşam için önemini, uygulamaya yönelik bilginin güç ve değerini işleyen yapıtları; "kısır" diye nitelediği skolastik düşünce geleneğine karşı yüreklice ortaya koyduğu tepkisiyle bilim tarihine yön çizen bir öncü vardır: Francis Bacon.

Bacon, dar anlamda bir bilimadamı olmaktan çok, kendisine özgü yaklaşımıyla bir bilim yorumcusu, öngördüğü bilgi dünyasını kurma misyonuyla tabuları kırma savaşımı veren bir düşünürdü. İçine doğduğu dünya, çelişkilerle dolu bir dönemden geçmekteydi: bir yanda insanoğlunun yeni keşiflerle bilinmeyene açıldığı, bilgi arayışına girdiği; öte yanda büyü, fal türünden aldatıcı

uygulamaların yaygınlık kazandığı, kilise buyruğuna ters düşünenlerin yakıldığı bir dönem! Rönesansla birlikte sanatta belirginlik kazanan coşkulu atılım, 16. yüzyılda doğayı anlama, olup bitenleri açıklama arayışına dönüşmüştür. Bacon'un bu dönüşümü yorumlama ve yönlendirme tutkusu, aydınlanma çağını henüz yakalayamamış toplumlar için bugün de geçerli bir örnektir.

Bacon, İngiliz Kraliyet Sarayı çevresinde, üstdüzey yönetici bir ailenin çocuğu olarak büyümüştü. Amcası dönemin en etkili politikacısıydı. Daha küçük yaşlarındayken Francis, güzel ve ciddi konuşmalarıyla Kraliçe Elizabeth'in ilgisini çekti. Kraliçe, ziyaretçi ve misafirlerine, saçlarını okşamaktan hoşlandığı bu çocuğu, "Saray'ın Minik Lordu" diye tanıtırdı. Çok yönlü bir eğitimle yetişen delikanlı, 18 yaşına geldiğinde diplomatlar arasına katılmaya, elçilerle birlikte Avrupa başkentlerine gidip gelmeye başladı. Ne var ki, bu parlak başlangıç uzun sürmedi. Babasının erken ölümü, yarattığı politik skandal nedeniyle ağabeyinin ölüm cezasına çarptırılması, aileyi çökertti. Annesinin geçim sorumluluğunu üstlenen Francis, bir yandan aile borçlarını ödeme uğraşı verirken, bir yandan da kendi geleceğini kurma çabasını elden bırakmıyordu. Başta Kraliçe olmak üzere, hiç kimse yüzüne bakmıyordu artık! Ama hüsrana dönüşen yaşamında onu ayakta tutan ve yaşam boyu sürecek bir inancı vardı: Uygar geleceğe giden yolda aydın kesime bilimin önemini kavratmak, bilimsel araştırmaya kurumsal bir kimlik kazandırmak! "İlgi alanımda yalnızca bilgi, bilgiye yönelik araştırma vardır," diyordu Bacon.

Deneyimci (ampirik) felsefenin öncüsü olan Bacon, temelde somut sorunlara ağırlık veren pragmatist bir düşünürdü. İnsanlığın mutlu ve aydınlık geleceğine ilişkin, biraz ütopik ve iyimser bir beklentisi vardı. Ona göre, bu geleceğin başlıca güç kaynağı güvenilir bilgiydi. İlerlemeyi tıkayan tek engel, "idolamentis" dediği yerleşik tabulardı. Öncelikle aklı teolojinin tutsaklığından kurtarmak, kapıları deneysel araştırmalara açmak gerekiyordu. Bacon, militan bir tutum içindeydi; yaşamını, tasımsal argümanlarını laf cambazlığı saydığı skolastik "bilginlerin" yetkisini kırmaya adamıştı.

Bacon'un önerdiği bilim, seçkin kişilerin bireysel etkinliği olmaktan çok, örgün, kurumsal nitelikte bir girişimdi. Bunun için tüm dillerde yazılmış değerli kitapları da içine alan zengin bir kitaplık, geniş botanik ve hayvanat bahçeleri, görkemli bir müze ve her türlü deneye yeterli büyük bir laboratuvar kurulmalıydı. Doğanın gizlerinin çözülmesi ve özlenen uygar dünyanın kurulması, ancak bu kuruluşlardan oluşan kompleks bir bilim merkeziyle gerçekleştirilebilirdi. Bacon, seçkin bilimadamlarını bünyesinde toplayan Kraliyet Bilim Akademisi'ni (The Royal Society) de bu amaçla kurmuştu.

Bacon, bilimin önemini vurgulamakla kalmamış, bilimsel yöntemi açıklama işini de üstlenmişti. Doğayı tanımak, doğa güçlerini denetim altına alma yolunda istenen sonucu verecek yöntemi belirlemek, başlıca amaçlarından biriydi. Ona göre gözlem ve deney, bilimsel araştırmanın asal özellikleriydi. Olgusal verileri toplayarak bunları belli bir düzen içinde işlemek dı-

şında, doğayı tanımanın bir yolu yoktu. Skolastik yaklaşımda olduğu gibi, doğruluğu sorgulanmaz birtakım peşin ilkelerden tümdengelimle olguları açıklamaya çalışmak kısır bir çabaydı. Doğru olan yöntem, gözlem veya deneyle olguları saptamak, toplanan verilerden indüksiyonla genellemelere gitmek, ulaşılan genellemelerden en kapsamlı olanları aksiyom (öncül ilke) olarak seçmekti. Tümdengelim (dedüksiyon), ancak bu aşamadan sonra yararlı olabilirdi.

Bacon, yöntem anlayışını ilginç bir benzetmeyle ortaya şu şekilde koymuştur: "Bilimadamı ne ağını içinden çekerek ören örümcek gibi, ne de çevreden topladığıyla yetinen karınca gibi davranmalıdır. Bilimadamı topladığını işleyen, düzenleyen bal arısı gibi yapıcı bir etkinlik içinde olmalıdır." Bacon'un, olgusal içerikten yoksun dedüktif çıkarımı yararsız saymakta haksız olduğu söylenemez. Gerçekten de Aristoteles'in tasımsal mantık yöntemiyle bilimde bir adım bile ileri gidilemeyeceği bilinmeliydi artık. Ama Bacon'un önerdiği tümevarım yönteminin de yeterli olduğunu söylemek güçtür. Tümevarımla yapılan genellemeler, olguları açıklayıcı değil, betimleyicidir. Örneğin, tüm bakır tellerin iletken olduğu genellemesi, bakır telin neden iletken olduğunu açıklamamakta, yalnızca gözlemlenen bakır tellerin ortak bir özelliğini belirtmekle kalmaktadır. Betimleyici genellemelerin bilimde önemli yer tuttuğu elbette yadsınamaz. Ancak bilimin, olguları betimlemenin ötesinde daha önemli işlevi, olguları veya olgusal ilişkileri açıklamaktır. Boyle'un yasasını alalım. Sabit sıcaklıkta, gazların hacimleri ile basınçlarının

ters orantılı olduğu genellemesi, gözlemsel bir ilişkiyi dile getirmekle kalmaktadır. Bu ilişki ise ancak daha sonra, "gazların kinetik teorisi" olarak bilinen kuramsal ilkeyle açıklanabilmiştir. Bacon, gözleme dayanan genellemeler gibi açıklayıcı ilkelere de tümevarımla ulaşılabileceği yanılgısı içindeydi. Oysa, hipotez ya da kuram oluşturmanın bilinen bir yöntemi yoktur. Bu bağlamda, bilimadamının deneyim, sezgi veya yaratıcı hayal gücünden sözedilebilir; ama indüktif, dedüktif ya da başka türden bilinen bir yöntemden kolayca söz edilemez, herhalde.

Bacon'un bilimsel yöntem anlayışındaki bir yetersizlik de, matematiğin bilimdeki işlevini kavrayamamış olmasıdır. İleri sürülen bir hipotez ya da kuramın olgusal olarak yoklanması, öncelikle o hipotez ya da kuramdan "öndeyi" denen test edilebilir önermelerin çıkarımını gerektirir. Bu ise uzun süreçli mantıksal bir işlem olup çoğu kez ancak matematiğin tümdengelim tekniğiyle olasıdır. Ayrıca matematik, bilim için etkili bir dildir; özellikle fizikteki, yasa ve ilkelerin matematiksel denklemlerle dile getirilmesi, çıkarım işlemlerini kolaylaştırmanın yanısıra bilime daha güvenilir ve açık bir ifade gücü de sağlamaktadır.

Bacon, deneysel bilimin inançlı bir savunucusu, bilimsel yöntem bilincini ön plana çıkaran bir öncüydü. Ne var ki, onun kendi yaşam dönemindeki bilimsel çalışmaları yeterince izlediği söylenemez. Kepler'in ortaya koyduğu doğrulayıcı sonuçlara karşın, Kopernik dizgesini içine sindirememesi, üzerinde durulacak bir noktadır. Çağdaşı Galile'nin, deneyle matematiği bir-

leştirerek bilimsel yönteme kazandırdığı yeni kimliğin farkına varmamış olması da ilginçtir. Aynı şekilde, modern anatominin öncüsü Vesalius'un çalışmasına gereken ilgiyi göstermediği gibi, kendi hekimi Harvey'in, kan dolaşımına ilişkin buluşlarını da bir bakıma görmezlikten gelmiştir.

Değindiğimiz tüm yetersizliklerine karşın, Bacon'un bilimsel gelişme için gerekli ortamın hazırlanmasında oynadığı büyük rolün önemi tartışılamaz. Unutmamak gerekir ki, Bacon bir bilim adamı olmaktan çok, bilimi bağnazlığın tekelinden kurtarma savaşı veren bir düşünürdü. Bilimin daha sonraki gelişmeleri üzerindeki etkisi, bu gelişmelerin uygar yaşama yönelik kazanımlarına ilişkin öngörüleri gözönüne alınacak olursa, Bacon daima övgüyle anılacaktır.

Bacon, "bilgi kudrettir," demiştir. Ancak yüzyılımıza gelinceye dek yalnız o değil hiç kimse, bilgelikle birleşmeyen bilginin, aynı zamanda bir yıkım aracı olarak da kullanılabileceğini düşünebilmiş değildir.

Galileo Galilei
(1564 - 1642)

Modern bilimin oluşumunda ilk atılımlar astronomide kendini gösterdi; ama daha kapsamlı devrim 17. yüzyılda gerçekleşti. Temeli Galileo'nun dinamik konusundaki çalışmalarıyla atılan bu devrim, Newton mekaniğiyle yetkinliğe ulaştı. Fiziğin "babası" diye anılan Galileo, aynı zamanda, güneş-merkezli sistem için sürdürdüğü mücadele ile düşünce özgürlüğüne öncülük etmiştir. Onun düşüncemize büyük bir katkısı da, deney sonuçları ile matematiği birleştirmesi, öylece bilimsel yöntemi bugünkü anlamda işlemiş olmasıdır. Şu sözleri ilginçtir:

> Felsefe (bilim demek istiyor) gözlerimiz önünde açık duran "evren" dediğimiz o görkemli kitapta yazılıdır. Ancak yazıldığı dili ve alfabesini öğrenmedikçe bu kitabı okuyamayız. Kitabın yazıldığı dil, matematiğin dilidir; harfleri üçgen, daire ve diğer geometrik şekillerdir. Bu dil ve harfler olmaksızın, kitabın bir tek sözcüğünü anlamaya olanak yoktur.

Rönesans'ın büyük sanatçısı Michelangelo'nun öldüğü yıl dünyaya gelen, Newton'un doğduğu yıl dünyadan ayrılan Galileo, Francis Bacon, Descartes, Kepler ve Shakespeare gibi ünlülerle çağdaştı. Temelde Ortaçağ bağnazlığına bir "isyan" diye niteleyebileceğimiz Rönensans'ın son döneminde yaşayan Galileo, yeni

arayış ve atılımlarıyla kendisini önceleyen Leonardo da Vinci ve Copernicus türünden evrensel bir yetenek, yeniçağın unutulmaz bir mimarıdır.

İtalya'nın eğik kulesi ile ünlü Pisa kentinde dünyaya gelen Galileo Galilei öğrenimine bir manastırda başladı. Babası kentin soylularındandı, ancak geliri sosyal konumuna koşut değildi; aile geçimini üstü-örtük biçimde müzik ve matematik çalışmalarıyla sağlıyordu.

Galileo'nun üstün yetenekleri daha küçük yaşında belirginlik kazanmıştı. Sanata büyük bir yatkınlığı vardı: ut ve org çalmanın yanı sıra güzel resim çalışmalarıyla da dikkati çekiyordu. Ayrıca oyuncak türünden araç yapımında üstün el becerisine sahipti. O dönemde Pisa, kendi ölçüsünde bir sanat ve öğrenim merkeziydi. Galileo tüm yeteneklerine gelişme olanağı veren canlı bir ortamda büyüdü. Babasının yönlendirmesiyle üniversite öğrenimine tıp fakültesinde başladı, ama hekimlik onu çekmiyordu. Fiziğe, bu arada Archimedes'in çalışmalarına özel bir ilgisi vardı. Bir raslantı olarak geometri üzerine dinlediği bir konferans önüne yeni, kendisini büyüleyen bir dünya açar; tıp derslerini bir yana iterek önce kapı aralıklarından, sonra kayıtlı öğrencisi olarak matematik derslerini izlemeye koyulur. Ne var ki, bir süre sonra ailesinin geçim sıkıntısı nedeniyle üniversiteden ayrılmak zorunda kalır; geçimini özel dersler vererek kazanmaya başlar. Çok geçmeden kimi buluş ve çalışmalarıyla adını duyuran Galileo, öğrenimini yarıda kestiği üniversitesine matematik okutmanı olarak çağrılır.

Galileo başına buyruk bir kişidir. Meslek yaşamının daha başında bir yandan bilimsel çalışmalarıyla ün kazanırken, öte yandan Aristoteles geleneğine açtığı "savaş" nedeniyle çok geçmeden dışlanan biri olur. Üniversiteler bilimde Aristoteles düşüncesinin birer kalesiydi. Galileo'nun pervasız eleştirileri, açık sözlülüğü, dahası çevresini küçümseyici tutumu kolayca bağışlanamazdı. Pisa'da tutunması güçleşince patronu Dük'ün aracılığıyla Padua Üniversitesine matematik profesörü olarak geçmeyi başarır.

Galileo'nun başlıca ve en özgün çalışması fizikte "dinamik" diye bilinen nesnelerin devinimlerine ilişkin etkinliğidir. Bu çalışmanın bir sonucu eylemsizlik ilkesi, diğer bir sonucu serbest düşme yasasıdır. "Statik" denilen dengesel ilişkiler Archimedes'in buluşlarıyla açıklık kazanmıştı. Oysa devinim konusu Galileo'ya gelinceyedek yanlış anlaşılmıştı. Örneğin, devinim içinde olan bir nesnenin kendi haline bırakıldığında duracağı, devinimini ancak bir dış gücün itmesi ya da çekmesiyle sürdürebileceği sanılıyordu. Galileo ise bu sanıya ters düşen bir düşünce oluşturmuştu: devinen bir nesne, dış etkenlerden serbest kaldığında, devinimini tekdüze bir hızla sürdürür. Buna göre, dış etkenler devinimin değil, devinimin değişmesinin nedenidir. "İvme" denen bu değişiklik devinimin hızında ya da yönünde olabilir.

Nesnelerin deviniminde dış güçlerin etkisinin hızda değil ivmede kendini gösterdiği düşüncesi Galileo'ya, serbest düşmeye ilişkin deneylerini açıklama olanağını da sağlar. Yerleşik öğretiye göre, bir nesnenin düşme hızı ağırlığıyla orantı-

lıydı. Örneğin, aynı yükseklikten bırakılan biri beş, diğeri bir kg ağırlığındaki iki nesneden birincisi yere ikincisinin aldığı sürenin 1/5 inde ulaşmalıydı. Söylentiye bakılırsa, Galileo herkesin inandığı bu düşüncenin yanlışlığını, Pisa Kule'sinden değişik ağırlıklarda kurşun parçalarını atarak seyircilerine, bu arada özellikle derslerine gitmekte olan profesörlere ispatlamaya çalışmıştı.

Serbest düşme yasası oldukça basit bir denklemle şöyle dile gelmektedir: $s = 1/2\ gt^2$. Buna göre, serbest (ya da boşlukta) düşen bir nesnenin aldığı mesafe, düşme süresinin karesiyle doğru orantılıdır. Bu ilişki ağırlıkları veya maddesel nitelikleri ne olursa olsun tüm nesneler için geçerlidir.

Devinime ilişkin eylemsizlik ilkesiyle serbest düşme yasasının kuramsal öneminin yanı sıra uygulamadaki önemi de çok geçmeden anlaşılır. Galileo, koruyucusu Tuscany Dükü'nün isteği üzerine top mermilerinin izlediği yolu incelemeye koyulur. Yatay olarak atılan bir merminin bir süre yatay gittikten sonra birden dikey düşüşe geçtiği sanılıyordu. Galileo yatay hızın (hava direnmesi bir yana) değişmeden süreceğini eylemsizlik ilkesiyle ortaya koymuştu. Ancak buna, düşme yasası gereğince giderek artan düşme hızının da eklenmesi gerektiğini görmekte gecikmez. Eylemsizlik ilkesiyle serbest düşme yasasının ışığında bir merminin izlediği yol kolayca belirlenebilir: önce devinimin yatay olduğu düşünülürse, mermi ilk saniyede aldığı yol kadar ikinci saniyede de yol alır; sonra devinimin dikey düşüş olduğu düşünülürse, mermi

düşme süresiyle orantılı bir hızla düşer. Basit bir hesaplamayla, bileşik devinimin parabola biçiminde bir yol çizdiği gösterilebilir. Burada, dinamikte son derece önemli bir ilkenin uygulamadaki ilk örneğini bulmaktayız. "Paralel kenar yasası" diye bilinen bu ilkeye göre, birden fazla kuvvet aynı zamanda etkili olduğunda, sonuç sanki herbiri sırasıyla etki göstermiş gibi olur. Örneğin, yol almakta olan bir geminin güvertesinde olduğunuzu düşünün: gemi ileri doğru yol alırken siz güvertenin bir yanından karşı yanına yürüyorsunuz. Bu demektir ki, siz hem karşı kenara hem de geminin devinim yönünde ilerlemektesiniz. Denize görecel konumunuzu belirlemek isterseniz, önce gemi ilerlerken durduğunuzu, sonra karşı kenara yürürken geminin durduğunu varsaymanız gerekir.

Bilimsel yaklaşımında Galileo bir yanıyla Kepler'e benzer bir tutum sergilemektedir: ikisinin arayışı da olguların gerisinde matematiksel ilişkiler bulmaya yöneliktir; şu farkla ki, Galileo için aranan ilişkiler mistik değil salt ussal niteliktedir. Onun gözlemden çok, ussal düşünceye verdiği önem şu sözlerinde de dile gelmektedir:

> Aristarchus ile Copernicus'ta beni en çok şaşırtan şey, aklı duyularına egemen kılmaları, inançlarını yüzeysel gözlemlerin değil aklın temeline oturtmalarıdır. (Çünkü, duyu verilerine bakılırsa dünya güneşin çevresinde değil, güneş dünyanın çevresinde dönmektedir!)

Galileo astronom olarak yetişmemişti, ama başı asıl bu alandaki çalışmalarıyla derde girer. Copernicus sistemi onu gençlik yıllarından beri ilgilendirmekteydi. Teleskopun icadı sistemin

doğruluğunu ispatlama fırsatı getirmişti ona. Serbest düşmeye ilişkin deneyleri bağnaz çevreleri öfkelendirmişti, ama engizisyonu fazla rahatsız etmemişti. Bir Hollandalının iki mercekli bir araçla görme gücünü arttırdığını duyar duymaz çalışmaya koyulan Galileo, çok geçmeden, daha güçlü kendi teleskopunu oluşturarak, gökyüzüne çevirir. Gözlemleri arasında en önemlisi Jupiter'in dört gezegeniydi. Her şeyi alt-üst eden öyle bir buluş doğru olamazdı. Çünkü resmi öğretiye göre, sabit yıldızlar dışında yalnızca yedi göksel nesneye (güneş, ay ve beş gezegen) olanak vardı. Galileo bir şarlatan, teleskopu şeytanımsı bir araçtı. Öyle bir araçla gökyüzünü incelemeye kalkmak bile bağışlanmaz bir günahtı. Galileo kendi ülkesinde sinsi bir kampanya ile karşı karşıya gelmişti artık. Ama onu ülkesi dışından duyulan bir ses sevindirmekte gecikmez: bu ses Galileo'nun gözlemlerini benimseyen dönemin ünlü astronomu Kepler'in sesidir.

Galileo teologları öfkelendiren başka gözlemlerini de ortaya koymuştu. Bunlardan biri ay gibi Venüs'ün de evreleri olduğu gözlemiydi. Bir diğeri, ayın hep sanıldığı gibi pürüzsüz, yetkin bir nesne değil, dağ, vadi ve düzlükleriyle dünyaya benzer bir nesne olduğuydu. Teleskop ayrıca güneşte birtakım lekelerin varlığını da göstermekteydi. Bu gözlemler "Tanrısal düzen" diye bakılan gökyüzünün hiç de kusursuz, yetkin bir şey olmadığı demekti. Kilise artık sessiz kalamazdı. Aldığı ilk ivedi önlem, kutsal kitabın kimi tümcelerine dayanarak iki buyruk ortaya koymak oldu:

Birinci buyruk: Güneşin dünyanın çevresinde dönmeyen, merkezde sabit olduğu düşüncesi kutsal öğretiye aykırı, saçma ve yanlış bir savdır.

İkinci buyruk: Dünyanın, merkezde sabit değil, güneş çevresinde bir gezegen olduğu görüşü felsefe açısından saçma ve yanlış, teoloji açısından gerçek inanca ters düşen bir savdır.

İkinci önlem, davranış ve düşüncesi bu buyruklara ters düştüğü gerekçesiyle Galileo'yu yargılamaktır. 1616'da Engizisyon önüne çağrılan Galileo istendiği üzere, Copernicus sistemini artık ne sözlü ne de yazılı hiç bir şekilde savunmayacağını bildirerek bağışlanmasını diler; sonra, aldığı talimat gereğince köşesine çekilerek bir süre suskunluk içine girer. Bir süre, çünkü suskunluk onun yaratılışına aykırı bir davranıştı. Nitekim, dostu Kardinal Barberini'nin Papalık makamına gelmesiyle yüreklenen Galileo yeniden işe koyulur, *Dünya'nın İki Büyük Sistemi Üzerine Diyalog* adlı kitabını yazar. 1632'de yayımlanan kitapta iki sistemin (Ptolemy sistemi ile Copernicus sisteminin) görünürde yansız bir karşılaştırılması yapılmakta, birinden birine üstünlük tanınmamaktadır. Ama bu sadece bir görüntü. Bir yandan güneş-merkezli sistemin doğruluğu birtakım ince tartışmalarla kanıtlanırken, öte yandan resmi görüşle sinsice alay edilir. Etkili bir dille kaleme alınan kitap piyasaya çıkmasıyla beklenmeyen bir ilgi toplar, Avrupa'nın hemen her ülkesinde geniş okuyucu kitlesi bulur. Bu ilgi karşısında iyice köpüren kilise yeniden harekete geçer; Galileo bir kez daha Engizisyon önüne

çıkmaya zorlanır. Yaşlı ve hasta bilgin hücreye atılır, yargı önünde tövbe etmediği takdirde işkence göreceği söylenir. Galileo çaresizdir; eline verilen metni diz çökerek okur:

> Ben Galileo Galilei, geçmişteki tüm yanlış ve aykırı düşüncelerimden dolayı huzurunuzda kendimi lanetliyor, bir daha öyle saçmalıklara düşmeyeceğime, kutsal öğretiye aykırı hiç bir fikir taşımayacağıma yemin ederim.

Otuz yıl önce Bruno'yu yakarak cezalandıran Engizisyon, Galileo'ya daha yumuşak davranır, ev hapsine mahkûm etmekle yetinir. Yaşlı bilgin yaşamının son yıllarında çökmüştür, görme yetisini tümüyle yitirir; ama boş durmaz. Devinim üzerindeki araştırmalarını içeren en büyük yapıtını *(İki Yeni Bilim Üzerine Diyalog)* gizlice hazırlar, dostlarının aracılığıyla Hollanda'da yayımlatır.

Engizisyon Galileo'yu mahkûm eder; ama o mahkûmiyet Galileo'nun değil, dinsel bağnazlığın kendi ölüm fermanı olur. Kilise işlediği ayıbın ezikliğinden bugün bile tam kurtulmuş değildir.

Johannes Kepler
(1571 - 1630)

Newton, "Daha ileriyi görebildiysem, bunu omuzlarından baktığım devlere borçluyum," demişti. Bu devlerden biri Galileo ise diğeri Kepler'dir.

Kepler'e gelinceye dek Copernicus sistemine dayanaksız bir hipotez, ya da, işe yarar matematiksel bir araç gözüyle bakılıyordu. Kepler, sistemin kimi düzeltmelerle bilimsel doğruluğunu kanıtlamakla kalmadı, astronomiye mekanik bir kimlik kazandırdı. Gençlik coşkusuyla işe koyulduğunda amacı mistik inancı doğrultusunda, "göksel alemin müzikal uyumunu" geometrik olarak belirlemekti; çalışmasını noktaladığında, astronomi matematiksel düzenlemenin ötesinde fiziksel bir gerçeklik kazanmıştı. Ders kitaplarında daha çok üç yasasıyla bilinen Kepler, uzay fiziğinde sonraki kimi önemli buluşların ipuçlarını da ortaya koymuştu. Bunların başında eylemsizlik ilkesiyle çekim kavramı gösterilebilir.

Johannes Kepler güney Almanya'da Weil kentinde dünyaya geldi. Dört yaşında geçirdiği ağır çiçek hastalığı görme duyumunu zayıflatmış, ellerinde sakatlığa yol açmıştı. Macera arayan sarhoş bir baba ile akıl dengesi bozuk bir annenin çocuğu olmasına karşın, Kepler'in öğrencilik yılları parlak geçer. Ruhsal güvensizlik

içinde büyüyen Kepler, önce teolojiye yönelir; ancak üniversite öğreniminde bilim ve matematiğin büyüleyici etkisinde kalır; sonunda Copernicus sistemini benimsemekle kalmaz, sistemin doğruluğunu ispatlamak tutkusu içine girer. Daha yirmiüç yaşında iken Graz üniversitesi'nin çağrısını kabul ederek astronomi profesörü, ardından kraliyet matematikçisi görevlerini yüklenir. Ne var ki, rahat bir çalışma ortamı bulduğu Graz'da kalması fazla sürmez; dinsel çekişmede yenik düşen protestan azınlıkla birlikte kenti terk etmek zorunda kalır. Kepler işsiz kalmıştır, ama bu ona meslek yaşamının belki de en büyük şans kapısını açar: ötedenberi çalışmalarına hayranlık duyduğu Danimarka'lı ünlü astronom Tycho Brahe'nin asistanı olur. Gerçi kişilik yönünden ustası ile uyum kurması kolay olmayacaktı; üstelik Tycho tanrısal düzene aykırı saydığı güneş-merkezli sisteme karşıydı. Ona göre gezegenler güneşin, güneş de dünyanın çevresinde dönmekteydi. Ne ki, çok geçmeden usta yaşamını yitirir (1601); gözlemeviyle birlikte yılların yoğun emeğiyle toplanmış son derece güvenilir gözlem ve ölçme verilerine Kepler sahip çıkar.

Kepler'in resmi görevi astroloji almanakları hazırlamaktı. Zaten yetersiz olan maaşı çoğu kez ödenmiyordu bile. Soyluların yıldız falına bakarak geçimini sağlıyordu. Astronomlar için ek kazanç kaynağı gözüyle bakıp bir bakıma küçümsediği astrolojiye inanmadığı da kolayca söylenemez.

Yukarda da belirttiğimiz gibi, Kepler'in amacı "göksel mimarlık" dediği düzende aradığı mate-

matik uyumu kurmaktı. Graz'dan ayrılmadan önce yayımlanan *Göksel Gizem* adlı kitabında, gezegenlerin devinimlerini geometrik çizgi ve eğrilerle belirleme yoluna gitmiş, o zaman bilinen altı gezegene ait yörüngelerin, belli bir sıra içinde içiçe yerleştirilen beş düzgün geometrik nesnenin oluşturduğu altı aralığa denk düştüğünü ispata çalışmıştı ("Yetkin nesne" denen bu çok yüzlü cisimler şunlardır: (1) dört eşkenar üçgen yüzlü (piramit), (2) altı kare yüzlü (küp), (3) sekiz eşkenar üçgen yüzlü, (4) oniki eşkenar beşgen yüzlü, (5) yirmi eşkenar üçgen yüzlü. Bilindiği gibi iki boyutlu düzlemde istenilen sayıda çokgen şekil çizilebilir; oysa üç boyutlu uzayda yalnızca sıraladığımız bu beş çok yüzlü düzgün nesne oluşturulabilir). Antik çağdan beri bilinen bu beş nesnenin gizemli bir niteliği olduğu inancı pek de yersiz değildi. Gerçekten, yetkin simetrik olan bu nesnelerin her biri tüm köşelerinin dokunduğu bir küre içine yerleştirilebilir. Aynı şekilde, her biri tüm yüzlerinin orta noktasına dokunan bir daireyi çevreleyebilir. Örneğin, Satürn yörüngesini içeren küreye bir küp yerleştirilecek olsa Jüpiter'in küresi bu küpün içine; ya da, Jüpiter'in küresine bir piramit (dört eşkenar üçgen yüzlü nesne) yerleştirilecek olsa Mars'ın küresi bu piramitin içine tıpatıp uyacaktır. Aynı düzenleme geriye kalan gezegen yörüngeleriyle çok yüzlü düzgün nesnelerle de gerçekleşmektedir. Kepler en büyük coşkusunu bu düzenlemeye yönelik araştırmasında yaşamıştır.

Düzgün geometrik nesnelerle gezegen yörüngeleri arasında varsayılan ilişki olgusal temel-

den yoksundu kuşkusuz; ama, gezegenlere ait yörünge büyüklükleri arasında bir tür korelasyon olduğu düşüncesinde bir gerçek payı vardı. Nitekim Kepler'in yirmi yıl sonra formüle ettiği üçüncü yasası bu düşünceden kaynaklanmıştır.

Tycho'nun gözlemevine yerleşen kepler, gençliğinin çoğu akıl-dışı saplantılarından tümüyle kurtulmazsa da, giderek daha olgun, olgusal verilere daha bağlı bir kimlik kazanır. Tycho'nun ona verdiği görev gezegen yörüngelerini belirlemeye yönelikti; incelemeye koyulduğu ilk yörünge de beklentiye en çok aykırı düşen Mars'ın gözlemlenen yörüngesiydi. Kepler, yoğun bir uğraşa karşın yıllarca, gözlem verileriyle uyum kurmaya çalıştığı çembersel yörünge arasındaki farkı gideremedi. Bu demekti ki, çembersel yörünge beklentisinde bir yanlışlık olmalıydı. Ne var ki, göksel düzeyde yetkinlik arayışı içinde olan Kepler bu olasılığı bir türlü içine sindiremiyordu. Çembersel olmayan bir yörünge (ki, Kepler için bu bir "pislik"ti) nasıl düşünülebilirdi? Ama olgular da bir yana itilemezdi!

Bu tür açmazların etkisinde Kepler zamanla astronomide geometrik uyum arayışından fiziksel etki arayışına girer. Copernicus için güneşin merkez konumu salt matematiksel bir belirlemeydi; oysa Kepler buna fiziksel bir gerçeklik tanıma gereğini duymaya başlar. Tüm gezegen yörünge düzlemlerinin güneşin merkezinden geçmesi olayı, bu yönelişi doğrulayıcı netilikteydi. Mars'ın yörüngesi üzerindeki çalışması bir olguyu daha gün ışığına çıkarmıştı: gezegenin yörüngesi üzerindeki hızının değişik noktalarda değişik olduğu gerçeği. Öyle ki, gezegenin güne-

şe yaklaştığında hızı artmakta, uzaklaştığında hızı azalmaktaydı. Kepler bu ilişkiyi ikinci yasasında şöyle dile getirir: güneş ile gezegen arasındaki yarıçap vektörü yörünge düzleminde eşit zamanlarda eşit alanlar süpürür. Yaptığı tüm ölçmelerin doğruladığı bu ilişki de çembersel yörünge beklentisiyle bağdaşmamaktaydı. Kepler ister istemez başka bir yörünge biçimine yönelmek zorundaydı. Gözlemler yörüngenin elips biçiminde olduğunu ortaya koyuyordu. Mars'ın yörüngesine ilişkin bu buluşunu Kepler daha sonra birinci yasası olarak tüm gezegenler için genelleme yoluna gider: Her gezegen, bir odağında güneşin yer aldığı bir elips çizerek devinir.

Kepler ilk iki yasasını, 1609'da yayımlanan *Yeni Astronomi* adlı kitabında ortaya koymuştu. Üçüncü yasasını aradan dokuz yıl geçtikten sonra oluşturur: Bir gezegenin yörüngesini tamamlamada geçirdiği sürenin karesi, güneşe olan ortalama uzaklığının küpüyle orantılıdır. Buna göre, gezegenin periyoduk süresini T ile, yörüngesinin ortalama yarı çapını r ile gösterirsek, r^3 / T^2 oranı tüm gezegenler için aynıdır. "Harmonik yasa" diye bilinen bu ilişki, yörüngelerini tamamlama süresi bakımından gezegenlerin mukayesesine olanak vermektedir. Daha da önemlisi, ilişkinin ilerde Newton'un formüle ettiği yerçekimi yasasına sağladığı ipucudur. Oysa Kepler bu son buluşuna, gençlik yıllarından beri arayışı içinde olduğu "küreler uyumunun" formülü gözüyle bakıyordu. Uyumsuz bir evrenin onun için bir anlamı yoktu. Güneş gezegenleri yönetme gücüne sahipse, göksel devi-

nimlerin r^3 / T^2 formülünde dile gelen türden bir ilişki içermesi gerekirdi.

Kepler'in gerçeği bulma yolunda verdiği çabanın bir benzerini bilim tarihinde göstermek güçtür. Şu sözlerinde derin araştırma tutkusu az da olsa yansımaktadır: "Çalışmamın karmaşık görünen sonuçlarını izlemede zorlanıyorsanız, bana kızmayınız; çektiğim sıkıntılar için bana acıyınız. Sunduğum her sonuca yüzlerce kez yinelediğim sınama ve hesaplamalarla ulaştım. Sadece Mars'ın yörüngesini belirlemem beş yılımı aldı."

Copernicus gibi Kepler de Pythagoras'dan kaynaklanan sayı mistisizminin etkisindeydi. Evrenin geometrik bir düzenlemeyle kurulduğu inancını hiç bir zaman yitirmedi. Onun gözünde güneş tanrısal bir güçtü. Güneş sisteminde yalnızca altı gezegenin bulunmasına (Uranüs, Neptün ve Pluto henüz bilinmiyordu) koşut olarak geometride yalnızca beş düzgün çok yüzlü nesneye olanak olması raslantı değil, merak konusu bir gizemdi. Astronominin temelini oluşturan üç yasası bu gizemin büyüsünde ömür boyu sürdürdüğü çalışmanın bir bakıma yan ürünüdür. Kepler'in kendisi gibi dönemin bilim çevrelerinin de (bu arada Galileo'nun) bu yasaları yeterince önemsediği söylenemez. Newton'un bir başarısı da, Kepler'in kitaplarında adeta gömülü kalan bu yasaların gerçek önemini kavramış olmasıdır.

Kepler asıl hayal ettiği şeyi (göksel kürelerin müzikal uyumunu) belki gerçekleştiremedi; ama gerçekleştirdiği şey ona bilim tarihinde "Astronominin Prensi" unvanını kazandırmaya yetti

William Harvey
(1578-1657)

Astronomide Kopernik'in, fizikte Galileo'nun başlattığı devrimci atılımı tıpta Harvey gerçekleştirir. Kan dolaşımı üzerindeki çalışmasıyla bilim tarihine geçen Harvey, yalnız bu çalışmasıyla değil, tıp alanında yerleşik önyargıları kırmakta gösterdiği dirençle de öncü kişiliğini kanıtlamıştır. Özel yaşamı renksiz ve tekdüze geçen Harvey'in bilim adamı olarak büyüklüğünü iki özelliğinde bulmaktayız: (1) Gerçeğin, kökeni hangi otoriteye dayanırsa dayansın önyargılarda değil, nesnel gözlem verilerinde olduğu inancı; (2) Dini inançlardan kaynaklanmış bile olsa her türlü bağnazlığa karşı durma cesareti.

Yaşadığı dönemde büyücülük, resmi yasağa karşın, halk kesiminde yaygın bir uygulamaydı. O sırada yıkıma yol açan büyük bir deniz fırtınasından hükümet büyücüleri sorumlu tutmuştu. Bu gerekçe ile yakalanan bir grup savunmasız zavallı insanı ölüm cezasından Kral'ın başhekimi Harvey kurtarır. Harvey'in, doğal yıkımlarla"büyücülük" denen pratiğin bir ilişkisi olmadığına başta Kral olmak üzere yetkilileri inandırması kolay olmamıştı, kuşkusuz.

İngiltere'de küçük bir kasabada 1 Nisan günü dünyaya gelen William çocukluğu boyunca arkadaşlarının, "Nisan Balığı" sataşmalarına hedef olmuştu. Varlıklı babası aynı zamanda ken-

tin belediye başkanıydı. William on beş yaşına geldiğinde üniversiteye girmeye hazırdı; sıkı bir sınavdan geçerek Cambridge'e girmeyi başarır. Bilimin diğer kollarında olduğu gibi tıpta da gözlem ve deneyin ağırlık kazanmaya başladığı dönemdi bu! Öyle ki, üniversite'ye ilk kez, ölüm cezasına çarptırılan iki suçlunun cesetleri üzerinde inceleme yapma izni verilmişti. William'ın tıp alanında yaşam boyu yoğunlaşan ilgisi, işte teşrih masasındaki bu incelemeye katılmasıyla başlar.

Ortaçağ boyunca astronomi ile tıp ön planda tutulan başlıca iki çalışmaydı. Astronominin büyük otoritesi Ptolemy, Aristoteles'çi düşüncenin dokunulmaz simgesiydi.

Tıp'ta ise öğretisi tartışmasız kabul edilen otorite Bergama'lı Galen (M.S. 131-201) idi. Roma İmparatoru Marcus Auerius'un hekimi olan Galen, özellikle anatomi alanındaki çalışmalarıyla ünlüydü. O zaman insan cesedi üzerinde incelemeye izin yoktu. Galen ister istemez çalışmalarında domuz, köpek, maymun gibi hayvan ölüleriyle yetinmek zorundaydı. Bu yüzden, incelemeleri sınırlı kalmanın ötesinde birtakım yanlışlıklara düşmekten kurtulamaz. Rönesans döneminde insan cesedi üzerinde inceleme serbest bırakılmıştı. Ancak anatomi profesörleri teşrih işini asistanlarına bıraktıkları için önemli bir ilerleme sağlanamıyor, Galen öğretisi etkisini sürdürüyordu.

Bu geleneği ilk sorgulayan bilim adamı Andreas Vesalius olur. Padua Üniversitesi'nin 23 yaşındaki bu genç profesörü (1514-1561) teşrih çalışmalarını kendisi üstlenir, inceleme yöntem

ve araçlarını geliştirmede önemli adımlar atar. "İnsan Vücut Yapısı Üzerine" adlı yapıtında gözlem ve bulgularını ortaya koyan Vesalius, Galen öğretisinde saptadığı yanlışlıkları belirtmekten de geri kalmaz. Anatomi gözlemsel bir bilim olma yoluna onunla girer. Ne var ki, Vesalius fizyolojideki çalışmalarında aynı başarıyı gösteremez. O da geleneksel öğretiye uyarak vücuda alınan besinin önce karaciğerde "doğal ruh" kazandığı, sonra kalpte yaşamsal ruha, beyinde ise hayvansal ruha dönüştüğü inancındaydı.

Gerçek bir nesne olmaktan çok bir özellik saydığı hayvansal ruhu, sinir sistemi aracılığıyla, bedensel devinim ve davranışları düzenleyen bir güç olarak algılıyordu. "Metafiziksel" diyebileceğimiz bu tür saplantılarına karşın, Vesalius'un bir gözleminin bugün de geçerliğini koruduğu söylenebilir: "Beynin yapısına gelince, şimdiye dek incelediğim maymun, köpek, kedi vb. dört ayaklı hayvanların nerdeyse ayrıntılarda bile insanla benzerlik içinde olduğunu gördüm."

Harvey, Cambridge'de başladığı tıp öğrenimini, Vesalius ve Galileo'nun adlarıyla ün kazanan Padua Üniversitesi'nde sürdürür. Ama genç bilim adamı aradığını bulamaz: Vesalius'un açtığı çığır ölümünden sonra terk edilmiş, Galen öğretisi yeniden egemenliğini kurmuştu. Hayal kırıklığına uğrayan Harvey duruma katlanır, diplomasını alıncaya dek tepkisini ortaya koymaz. Ülkesine döndüğünde, öğrenimine ara verdiği üniversitesi onu öğretim görevlisi olarak kabul eder. Esmer ve çelimsiz Harvey büyük bir

istençle koyulduğu çalışmasında sergilediği başarı ve üstün yeteneğiyle çok geçmeden öncü konumuna gelir. Aynı zamanda Saray'ın başhekimidir. Kral Birinci Charles'ın Cromwel karşısında yenilgiye uğrayıp idam edilmesine karşın, Harvey saygınlığını yitirmez, araştırmalarını daha yoğun bir çabayla sürdürür. Şimdi sorulabilir: William Harvey'i bilimin öncüleri arasına yücelten başarısı neydi?

Bu soruya vereceğimiz yanıt iki nokta içermektedir. İlk nokta Harvey'in titiz ve sabırlı bir gözlemci olarak verdiği örnektir. Kalbin yapı ve işleyişine ilişkin yerleşik öğreti önyargıya dayanan hatalarla yüklüydü. Örneğin, damarlardaki kanın maviye çalması, arterlerdeki kanın ise açık kırmızı olması iki ayrı sistem olarak algılanmıştı. Ancak kanın bir sistemden diğerine nasıl geçtiği bir sorundu. Galen ve onu izleyenler geçişi, septum'un (kalbi ortadan ikiye bölen dikey duvarın) ince gözenekli bir doku olduğu varsayımıyla açıklamışlardı. Oysa septum hiç bir sızıntıya elvermeyen katı bir yapıya sahiptir. Düzeltilmesi gereken bir başka hata da, kanın akışını sağlamak için kalple birlikte arterlerin de genleştiği inancıydı. Değineceğimiz ikinci nokta, Harvey'in inceleme yöntemidir. Hayvanları canlı olarak incelemeyi ilk kez Harvey denemiştir. Göğüslerini açarak kalbin atışını doğrudan gözlemliyordu. Kalp değişimli olarak atan ve duran bir işleyiş içindeydi. Eline aldığında kalbin gene nöbetleşe sertleşip gevşediğini duyumsuyor; sertleştiğinde organın kasılıp solgunlaştığını, gevşediğinde genişleyip kırmızılaştığını görüyordu. Gözlemleri sonunda onu şöyle bir

yargıya ulaştırır: Kalp "içi boşluk" pompa gibi çalışan bir kastır; öyle ki, eyleme geçtiğinde iç boşluğu daralmakta ve kan dışa yönelik akışa geçmektedir; gevşediğinde ise tam tersine kan genişleyen iç boşluğa dönmektedir.

Kalbin kasılmasıyla atar damarların kan taşıma dışında nabız atışı da verdiğini belirleyen Harvey, taşınan kanın miktarını da saptama yoluna gider. Kalbin her atışında yaklaşık 30 gram kan pompaladığını hesaplar (Bu, dakikada 72 vuruş olduğuna göre bir dakikada yaklaşık 5 litre, bir günde 6200 litre demektir).

Şaşırtıcı bulduğu bu olguyu Harvey açıklamadan duramazdı. Bu kadar çok kanın pompalanması ancak çevrimsel bir akışla olasıydı. Öyleyse, kan dolaşımı hipotezi açıklayıcı tek seçenekti onun için. Bu açıklamada kalbin çalışması, her türlü gizemli güçlerden uzak, salt mekanik bir işleyiş olarak algılanmıştır (Kan dolaşımı hipotezinin olgusal olarak doğrulanması mikroskopun icadını bekler. İtalyan bilgini Malpighi 1661'de mikroskopla kurbağa akciğerinde, atar damarlarla toplar damarların, kılcal damarlar aracılığıyla biribirine bağlı olduğunu saptar).

Harvey incelemelerini daha ileri götürerek, damarların kanın akışına tek yönlü geçit verdiğini belirler. Bu geçitler "çek-valf" işlevi gören kanatlarla donatılmıştır. Kanatlar atar damarlarda kanın vücuda akışını, toplar damarlarda kalbe dönüşünü sağlamaktadır.

Harvey kan dolaşımına ilişkin buluşunu 1628'de Latince yazdığı küçük bir kitapta (Hayvanlarda Kalp ve Kan Devinimine İlişkin Anatomik Bir Tez) ortaya koymuştu. 1651'de yayım-

lanan ikinci kitabı embriyoloji konusunda Antik Çağ'dan o güne uzanan yaklaşık iki bin yıllık dönemde yapılan en önemli incelemeyi içeriyordu.

Gerçeği önyargılarda değil, nesnel gözlem verilerinde arayan, kutsal da sayılsa dogmalara boyun eğmeyen Harvey, bilimdeki başarılarının yanı sıra özgür araştırma geleneğinin kurulmasında ödün vermez kişiliğiyle de bilim tarihinde saygın yerini almıştır.

Robert Boyle
(1627-1691)

Modern kimyanın kurucuları olarak genellikle Priestley, Lavoisier ve Dalton bilinir; ama onları önceleyen ilk büyük adımı Boyle'un attığı gözden kaçmamalıdır. Boyle'un içine doğduğu dünya büyücülüğün, falcılığın, batıl inançların kol gezdiği bir dünyaydı. Bıraktığı dünya, olgusal deneye, ussal ve eleştirel düşünmeye, doğal güçleri anlama ve denetlemeye yönelen bir dünya olmuştu. Öldüğünde çağdaşları onu, "Gerçeği soluyan Robert Boyle" diye anmışlardı.

Boyle, pek çok maddenin, kendi içinde değişmeyen birtakım basit elementlerin bileşiği olduğu düşüncesini işleyerek yüzyılların öğretisi simyayı geçersiz kılar. Simyacılar, özellikle Ortaçağ boyunca, "iksir" denen gizemli bir sıvıyla yaşamı ölümsüzleştirme, bayağı madenleri altına dönüştürme yolunda yoğun uğraş içindeydiler. Onlara göre, bir madde nitelik bakımından istenen başka bir maddeye çevrilebilirdi.

Boyle'un yaşadığı dönemde elementlerin sayısı bilinmiyordu, kuşkusuz. Ama Boyle ilk kez, en az iki elementi içinde taşımayan her maddenin bir element sayılabileceği savını ileri sürmekteydi; öyle ki kimyacı, inceleme konusu her maddenin kimliğini, elementlere çözümleme yöntemiyle belirleyebilirdi. Onun buna koşut bir savı da, element ya da bileşik olsun her saf

maddenin kimliğini koruduğuydu: Herhangi bir örneklemin değişik görünmesi temsil ettiği maddenin değiştiğini değil, olsa olsa yabancı bir madde ile katıştığını gösterirdi.

Boyle'un, kimyasal çözümleme yöntemini sağlam bir temele oturttuğu söylenebilir; ama onun ilgi alanı kimya ile sınırlı değildi. Elektrik konusundaki çalışmaları da, bir başlangıç olarak, umut verici bir düzeyde idi. Pozitif ve negatif elektrik yükü ayırımını ona borçluyuz. Ayrıca, sesin tersine ışık gibi elektrik çekiminin de bir boşluktan geçebileceğini ilk gösteren o dur.

Deneysel çalışmalarıyla kısa zamanda tanınan Boyle'un bilimdeki en büyük atılımı hava basıncı üzerindeki çalışması ve bu basınca ilişkin "Boyle Yasası" diye bilinen ilişkiyi bulmasıdır. Daha sonra matematiksel olarak dile getirilen bu ilişki, gazların basınç altında nasıl davrandığını açığa vurmaktadır. İrlanda kökenli Robert Boyle bilimsel yaşamını öğrenim gördüğü İngiltere'de sürdürür. Zengin ve kültür düzeyi yüksek bir ailenin tüm olanaklarıyla büyüyen Robert daha küçük yaşında Latince, Yunanca ve Fransızca öğrenmişti. Onbir yaşına geldiğinde Avrupa'nın başlıca bilim ve kültür merkezlerini gezme ve tanıma olanağı bulur. Ondört yaşında İtalya'ya gider. Canlı ve renkli yaşamıyla bir çok yönden göz kamaştıran bu Akdeniz ülkesinde gezip tozup eğleneceğine, Galileo'nun çalışmalarını incelemeye koyulur. Sonunda öylesine büyülenir ki, İngiltere'ye döndüğünde yaşam planı çizilmiş, hedefi belirlenmiştir, artık! Delikanlı için bundan böyle yaşam bilime verildiği ölçüde anlamlıdır. İlk işi, Oxford Üniversite-

si'nde kimi seçkin öğrencileri çevresinde toplayarak "Görünmez Kolej" dediği bir dernek oluşturmak olur. Derneğin amacı, deneysel bilim etkinliklerini teşvik etmek, bilimsel yönteme tartışarak açıklık getirmekti. Görünmez Kolej çok geçmeden saygınlık kazanır, 1660'da kralın onayı ile belli sayıda seçkin bilim adamına üyelik olanağı tanıyan "Royal Society" adı altında kurumsallaşır.

Boyle'un yetiştiği dönemde tartışılan konuların başında hava basıncı geliyordu. Onyedinci yüzyıl başlarında kullanılmaya başlanan su çekme pompası bir sorun ortaya koymuştu: Suyun kuyudan yaklaşık 10 m'den daha yukarı çekilmesi neden olanaksızdı? Galileo bile bu soruya doğru bir yanıt verememişti. Soruna aranan açıklamayı Galileo'nun öğrencisi Torricelli getirir. Torricelli analojiden yararlanarak havanın da su gibi içindeki nesneler üzerinde basınç etkisi olabileceği düşüncesinden yola çıkar. "Hava Denizi" denen bu hipotezin 10 m'lik su sütunuyla yoklanması pratik olarak kolay değildi. Torricelli deneysel yoklamasını içi cıva dolu 1 m'lik bir tüple gerçekleştirir. Deney basittir: Tüp, açık ucu parmakla kapatılarak ters çevrilip, üstü açık, cıva dolu bir çanağa daldırılınca cıva sütununun tüpün kapalı üst ucunda bir boşluk bırakarak 76.2 cm düzeyine düştüğü görülür (Bilindiği gibi cıva sudan ondört kat daha ağırdır). Torricelli cıvanın bu düzeyde kalmasını, çanak üzerindeki hava basıncı ile açıklar. Bu açıklama daha sonra Fransa'da Blaise Pascal, Almanya'da Otto von Guericke tarafından değişik deneylerle doğrulanır.

Bu deneyleri duyan Boyle de "Hava Denizi" hipotezini deneysel olarak yoklamaya koyulur. O cıva tüpünü üstü açık cıva dolu çanağa değil, havası boşaltılmış kapalı bir kaptaki cıvaya daldırır. Hava basıncı desteğinden yoksun cıva sütunu tümüyle çöker; ancak kaba yeniden hava verildiğinde cıva sütununun yükselerek 76.2 cm'lik düzeyi bulduğu görülür.

Royal Society'nin kurucusu Boyle kendi adıyla anılan bilim yasasıyla da ünlüdür. Bu yasa yukarıda da belirttiğimiz gibi bir gazın oylumu ile üzerindeki basıncın ilişkisini dile getirmektedir. Şöyle ki, sıcaklık sabit tutulduğunda, bir gazın oylumu üzerindeki basınçla ters orantılıdır (Matematiksel olarak: V= sabit bir sayı X 1/P, ya da, PV= sabit bir sayı. V oylumu, P basıncı simgelemektedir). Buna göre, örneğin, bir gazın üzerindeki basınç iki katına çıkarıldığında oylumu yarıya inmekte, tersine, basınç yarıya indirildiğinde oylumu iki katına çıkmaktadır. Gazların pek çoğu bu ilişkiyi tam, küçük bir bölümü ise yaklaşık olarak yansıtmaktadır.

Gazların fiziksel teorisinin gelişmesinde önemli bir adım olan Boyle Yasası, gazların kimyasal yapısını anlamaya da yol açmıştır. Özellikle, molekül ve atomların saptanmasında, bunların oluşturduğu bileşiklerin incelenmesinde yasanın oynadığı rolün önemi yadsınamaz.

Boyle'un çalışması izlenerek, sıcaklık değişikliğinin basınç ve oylum üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Onsekizinci yüzyıl sonlarına doğru, biribirinden bağımsız olarak iki Fransız bilim adamı (Jacques Charles ile Gay-Lussac), ısıtılan bir gazda basıncın sabit tutulması isteniyorsa,

sıcaklığın artışı ile orantılı olarak oylumun artışına olanak verilmesi gerektiğini belirler. "Charles Yasası" diye bilinen bu ilişki, "Sabit basınç altında bir gazın oylumu, mutlak sıcaklığıyla doğru orantılıdır", diye dile getirilebilir: V= sabit bir sayı X T. (T sıcaklığı, V oylumu simgelemektedir.).

Boyle gibi Charles da yasasını deneysel olarak ortaya koymuştu. İki yasanın da matematiksel olarak temellendirilmesi ondokuzuncu yüzyılda oluşturulan gazların kinetik teorisini bekler.

Francıs Bacon'u izleyen Boyle da, uygarlığın geleceği bakımından bilime büyük umutla bağlanmıştı. Yaşadığı dönemi bilime yönlendirme yolundaki çabasının anlamını yansıtan şu sözleri ilginçtir:

İnsanlığın gönenç ve mutluluğu, doğa bilginlerinin düşün yaşamımıza getirdiği yeni anlayışla koşut gidecektir.

İçine doğduğu dünya büyücülüğün, falcılığın, batıl inançların kol gezdiği bir dünyaydı. Bıraktığı dünya, olgusal deneye, ussal ve eleştirel düşünmeye, doğal güçleri anlama ve denetlemeye yönelen bir dünya olmuştu. Öldüğünde çağdaşları onu, "Gerçeği soluyan Robert Boyle" diye anmışlardı.

Christiaan Huygens
(1629-1695)

Yüzyılımızın seçkin bir düşünürü (A.N. Whitehead), 17. yüzyılı "dâhiler yüzyılı" diye nitelemişti. Kepler, Galileo, Newton gibi hepimizin bildiği bu dâhilerden biri de Cristiaan Huygens'ti. Huygens biri pratik, diğeri teorik olmak üzere başlıca iki çalışmasıyla bilimin öncüleri arasında yer almayı başarmıştır.

Hollanda'da dünyaya gelen Christiaan, daha küçük yaşında, matematik ve bilime belirgin bir ilgi duymaktaydı. Aydın kesimde etkili kişiliğiyle tanınan babası, devlet adamlığının yanı sıra müzik ve şiirle de uğraşmaktaydı. Entellektüel bir ortamda yetişen Christiaan, üniversite öğrenimini tamamladıktan kısa bir süre sonra astronomi ve matematik konularında yayımladığı tezlerle bilim çevrelerinin, bu arada dönemin ünlü matematikçi-filozofu René Descartes'ın özel dikkatini çeker.

Huygens bilimsel çalışmalarına astronomide başlar. Teleskop daha yeni kullanılmaya başlanmıştı. Genç bilim adamı, geçimini gözlük camı yapmakla sağlayan filozof Spinoza ile işbirliğine girerek daha güçlü bir teleskop elde eder. Gözlemleri arasında Saturn gezegeninin çevresindeki "hale" de vardı. Onun geniş, düz bir halkaya benzettiği bu hale aslında iri toz parçalarının oluşturduğu üç kuşak içermektedir. Optik

araçlar üzerindeki çalışmasının izlerini günümüzde kullanılan araçların taşıdığı söylenebilir. Ama onu gününde, asıl üne kavuşturan şey, sarkaçlı saati icat etmesiydi. Gerçi Galileo daha önce zamanı belirlemede sarkaçtan yararlanılabileceğini ileri sürmüştü. Ancak yoğun çabalara karşın istenilen sonuca ulaşılamamıştı. Huygens'in 1657'de yaptığı saat oldukça dakikti. Bu icat öncelikle denizcilikteki gereksinim göz önüne alınarak ortaya konmuştu. Ne var ki, beklenen sonuç tam gerçekleşmez. Yerçekiminin sarkaç üzerindeki etkisi gözden kaçmıştı. Bilindiği gibi belli bir yerde sarkacın her salınım süresi aynıdır. Ancak saat arzın merkezinden uzaklaştıkça (örneğin, yüksek bir dağ tepesine çıkarıldığında, ya da, ekvatora yaklaştırıldığında) salınım giderek yavaşlar, saat geri kalır. Bunu daha sonra fark eden Huygens, yitirilen zaman miktarından arzın ekvatordaki şişkinliğinin hesaplanabileceğini bile gösterir.

Bu arada Huygens'in adı sınır ötesi bilim çevrelerinde de duyulmaya başlamıştır. 1663'te Royal Society (İngiliz Kraliyet Bilim Akademisi) onu, üyelik vererek onurlandırır. Huygens törene katılmak için Londra'ya gittiğinde Newton'la tanışır. Newton çalışmalarını takdir ettiği bu yabancı bilim adamını ülkesinde tutmak için girişimlerde bulunur. Ama Huygens'e daha parlak bir öneri XIV. Louis'den gelir. Fransa'nın bilimde üstün bir konuma gelmesini sağlamaya çalışan Kral, Huygens'i bilimsel çalışmalara katılmak üzere Paris'e çağırır. Huygens, üstlendiği görevde, Fransa ile Hollanda arasında bu sırada çıkan savaşa karşın, aralıksız onbeş yıl kalır.

Üzerinde yoğun uğraş verdiği başlıca konu ışığın yapı ve devinim biçimiydi.

Işığın ne olduğu gizemli bir sorun olarak tarih boyunca ilgi çekmiştir. Antik Yunan bilginleri nesnelerin görünebilirliğini gözün yarattığı bir olay sayıyordu. Örneğin, Epicurus görüntünün gözden kaynaklanan resimlerden oluştuğunu ileri sürmüş, Platon ise gözün ve bakılan nesnenin saçtığı ışınların birleşimi olduğunu vurgulamıştı. Daha garip bir açıklamaya göre de, baktığımız nesneyi gözden fırlayan birtakım görünmez incelikte dokunaçlarla görmekteydik.

17. yüzyıla gelinceye dek ışık konusunda önemli bir gelişmeye tanık olmamaktayız; üstelik ışık deviniminin anlık bir olay olduğu görüşü yaygındı. Aslında doğal olan da buydu; çünkü, ışığın belli bir hızla devindiği sağduyuya pek yatkın bir düşünce değildi. Gözümüzü açar açmaz görmüyor muyduk?

Işığın belli bir hızla ilerlediği düşüncesini ilk kez Danimarkalı astronom Römer ortaya koyar. 1675'te Jupiter gezegeninin birinci uydusunu gözlemlemekte olan Römer, uydunun çevresinde döndüğü gezegenin arkasında geçirdiği süreyi saptamak istiyordu. Değişik zamanlarda yaptığı ölçmelerin farklı sonuçlar vermesi şaşırtıcıydı. Römer bu tutarsızlığı açıklamalıydı. Römer, Dünya ile Jüpiter'in güneş çevresindeki dolanımlarında kimi kez birbirlerine yaklaştıklarını, kimi kez uzaklaştıklarını biliyordu. Şaşırtıcı bulduğu olayın, iki gezegenin arasındaki mesafe ile bağıntılı olduğunu görür. Aradaki mesafe kısaldıkça uydunun gezegen arkasında geçirdiği sürenin azaldığını, mesafe uzadıkça sürenin art-

tığını saptayan Römer, bunu, ışığın belli bir hızla ilerlediği hipoteziyle açıklar. Işığın aldığı mesafe kısaldığında uydunun erken doğuşu kaçınılmazdı. Işığın belli bir hızla devindiği düşüncesi ister istemez başka bir soruya yol açmıştı: Işık nasıl devinmektedir? Huygens bu soruyu dalga kuramıyla, Newton parçacık kuramıyla yanıtlar.

Huygens ışığın dalga kuramını Fransızca kaleme aldığı *Traité de la Lumiere* (Işık Üzerine İnceleme) adlı yapıtında ortaya koyar. Onun bu kurama yönelmesinde bir etken ışıkla ses arasında gördüğü benzerlikti. Bir başka etken de bir delikten çıkan ışığın yalnız tam karşısında ulaştığı noktadan değil çevredeki hemen her noktadan görülmesi olayıydı. Bu olay ışığın devinimini anlamak bakımından önemliydi. Huygens'in "esir" kavramı bu işlevi sağlayacaktı. Bir benzetme olarak, demiryolunda biribirine dokunan ama bağlı olmayan bir dizi vagon düşünelim. Şimdi dizinin başındaki vagona lokomotifin hafif bir vuruş yapması nasıl bir sonuç doğurur? Darbeyi dizi boyu ileten vagonların yerlerinde kaldığı, yalnızca son vagonun uzaklaştığı görülür. Nedenini, devinimin "etki - tepki" yasasında dile gelen ilişkide bulabiliriz: Vuruş etkisini bir sonraki vagona ileten her vagon aldığı tepkiyle dizideki yerinde kalır. Bir tepki almayan son vagon ise, aldığı vuruş etkisiyle diziden uzaklaşır. Verdiğimiz bu örnek dalga kuramına önemli bir açıdan ışık tutmaktadır. Huygens, uzayın, "esir" dediği görünmez bir nesneyle dolu olduğunu varsaymaktaydı. Buna göre, ışık bir yerden başka bir yere ilerlerken

tıpkı vagonların ilettiği vuruş etkisiyle devinir, şu farkla ki, ilerleme tek bir yönde değil, esir ortamında tüm yönlerde oluşur. Nasıl ki, demiryolunda ilerleyen şey vagonlar değilse, uzayda da ilerleyen tanecik türünden nesneler değil, devinim dalgasıdır. Huygens dalga kuramıyla ışığın yansıma, kırılma, kutuplaşma gibi davranışlarını da açıkladığı inancındaydı. Ne var ki, dalga kuramı, Newton'un parçacık kuramının gölgesinde, 19. yüzyıla gelinceye dek gözden uzak kalır.

Newton 1672'de Royal Society'ye sunduğu bildirisinde beyaz bir ışık ışınının cam prizmadan geçtiğinde gökkuşağındaki gibi bir renk spektrumu sergilediğini belirterek, bunun ışığın taneciklerden oluştuğu hipoteziyle açıklanabileceğini vurgulamıştı. Rakibi Robert Hooke'un eleştirisi karşısında daha esnek bir tutum içine giren Newton her ne kadar parçacık ve dalga kuramlarının ikisine de yer veren "karma" bir kuramdan söz ederse de sonuç değişmez; bilim çevreleri Newton'un büyüleyici etkisinde parçacık kuramına üstünlük tanır.

19. yüzyılın başlarında durumda beklenmedik bir gelişme olur; dalga kuramı yeniden ön plana çıkar. Işık üzerinde yeni deneylere girişen Thomas Young (1773-1829) elde ettiği verilerin ışığın dalga kuramıyla ancak açıklanabileceğini görür. Kaynağı ve sıcaklığı ne olursa olsun ışık hızının değişmemesi, seçilecek kuramın geçerlik ölçütü olmalıydı. Young'a göre, dalgaların hızının aynı kalmasını bekleyebilirdik; ama taneciker için aynı şey söylenemezdi. Gene, yansıma ve kırılmanın aynı zamanda olması, dalga

açısından bakılınca doğaldı; oysa, taneciklerin bir bölümü yansırken, bir bölümünün kırılması açıklamasız kalan bir olaydı. Öte yandan, Newton, ışığın dalga niteliğinde olması halinde doğrusal bir çizgide ilerlemesine, keskin gölge oluşturmasına olanak bulmamıştı. Young'ın buna yanıtı basitti: Dalga uzunlukları yeterince kısa ise, ışığın hem doğrusal devinimi, hem de keskin gölge oluşumu beklenebilirdi. Ayrıca, Young'ın "karışım" (interference), onu izleyen Fresnel'in "kırınım" (diffraction) denen olgulara getirdikleri açıklamalar dalga kuramını destekleyici nitelikteydi. Daha sonra Maxwell'in dalga kuramını daha kullanışlı bulması da dengenin büsbütün parçacık kuramı aleyhine dönmesine yol açar. Ne var ki, yüzyılımızın başında durum bir kez daha değişir. Planck'ın kuvantum, Einstein'ın foto-elektrik kavramlarıyla ışığın parçacık kuramı yeniden ön plana çıkar.

Bugün ulaşılan düzeyde kuramlardan ne birinin ne ötekinin kesin egemenliğinden söz edilebilir. Bir bakıma Newton'un sözünü ettiği, şimdi kimi bilim adamlarının "wavicle" diye dile getirdikleri "dalga-tanecik" karması ya da ikilemiyle karşı karşıyayız. Geçici de olsa bu "barışıklık" aşamasında egemenlik paylaşılmış görünüyor. Huygens dalga kuramının öncüsü olarak bilim gündeminde yerini korumaktadır.

Sir Isaac Newton
(1642 - 1727)

Bilimin öncülerini tarih sürecinde bir dizi yıldız olarak düşünürsek, dizide konum ve parlaklığıyla hepsini bastıran iki yıldız vardır: Newton ve Einstein. Yaklaşık iki yüz yıl arayla ikisi de fiziğin en temel sorunlarını ele eldılar; ikisinin de getirdiği çözümlerin madde ve enerji dünyasına bakışımızı kökten değiştirdiği söylenebilir. Newton Galileo ile Kepler'in; Einstein, Newton ile Maxwell'in omuzlarında yükselmiştir. Newton çok yanlı bir araştırmacıydı: matematik, mekanik, gravitasyon ve optik alanlarının her birindeki başarısı tek başına bir bilim adamını ölümsüz yapmaya yeterdi. Yüzyılımıza gelinceye dek her alanda bilime model oluşturan fiziksel dünyanın mekanik açıklamasını büyük ölçüde ona borçluyuz.

Isaac Newton İngiltere'de sıradan bir çiftçi ailesinin çocuğu olarak dünyaya geldi. Babası doğumundan önce ölmüştü. Prematür doğan, cılız ve sağlıksız bebek yaşama umudu vermiyordu, ama tüm olumsuzluklara karşın büyümekten geri kalmadı. Çocuk daha küçük yaşlarında ağaçtan mekanik modeller yapmaya koyulmuştu; eline geçirdiği testere, çekiç ve benzer araçlarla ağaçtan yel değirmeni, su saati, güneş saati gibi oyuncaklar yapıyordu. El becerisi dikkat çeken bir incelik sergiliyordu.

Newton'un üstün öğrenme yeteneği amcasının gözünden kaçmaz. Bir din adamı olan amca aydın bir kişiydi; çocuğun çiftçiliğe değil, okumaya yatkın olduğunu fark etmişti. Amcasının sağladığı destekle Newton yörenin seçkin okulu Grantham'a verilir. Ne ki, çocuğun bu okulda göz alıcı bir başarı ortaya koyduğu söylenemez. Bedensel olarak zayıf ve çelimsiz olan Newton, her fırsatta, zorbalık heveslisi kimi okul arkadaşlarınca hırpalanarak horlanır. Newton'un ilerde belirginlik kazanan çekingen, geçimsiz ve kuşkulu kişiliğinin, geçirdiği bu acı deneyimin izlerini yansıttığı söylenebilir. Belki de bu yüzden Newton, bilimsel ilişkilerinde bile yaşam boyu kimi tatsız sürtüşmelere düşmekten kurtulamaz.

Okulu bitirdiğinde, ülkenin en seçkin üniversitesine gitmeye hazırdır. Yine amcasının yardımıyla, 1661'de Cambridge Üniversitesi'nde öğrenime başlar. Matematik ve optik ilgilendiği başlıca iki konudur. Üniversiteyi bitirdiği yıl (1665), ülkeyi silip süpüren bir salgın hastalık nedeniyle bütün okullar kapanır; Newton baba çiftliğine döner. Doğanın dinlendirici kucağında geçen iki yıl, yaşamının en verimli iki yılı olur: gravitasyon (yerçekimi) kuramı, kalkülüs ve ışığın bireşimine ilişkin temel buluşlarına burada ulaşır. Einstein, "Bilim adamı umduğu başarıya otuz yaşından önce ulaşamamışsa, daha sonra bir şey beklemesin!" demişti. Newton yirmibeş yaşına geldiğinde en büyük kuramlarını oluşturmuştu bile.

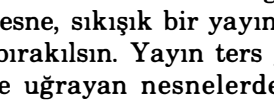
Newton Cambridge Üniversitesi'ne döndüğünde okutman olarak görevlendirilir; ama çok

geçmeden üniversitenin en saygın matematik kürsüsüne, hocası Isaac Barrow'un tavsiyesiyle, profesör olarak atanır. Matematik çalışmalarının yanı sıra optik üzerindeki denemelerini de sürdüren Newton'un kısa sürede bilimsel prestiji yükselir, 1672'de Kraliyet Bilim Akademisine üye seçlir. Kendisine sorulduğunda başarısını iki nedene bağlıyordu: (1) devlerin omuzlarından daha uzaklara bakabilmesi, (2) çözüm arayışında yoğun ve sürekli düşünebilme gücü. Gerçekten işe koyulduğunda çoğu kez günlerce ne yemek ne uyku aklına gelir, kendisini çalışmasında unuturdu.

Biraz önce belirttiğimiz gibi, Newton başlıca kuramlarının ana çizgilerini genç yaşında oluşturmuştu. Ne var ki, ulaştığı sonuçları açıklamada acele etmek şöyle dursun, onu bu yolda yirmi yıl geciktiren bir çekingenlik içindeydi. Dostu Edmund Halley'in (Halley kuyruklu yıldızını bulan astronom) teşvik ve ısrarı olmasaydı, bilim dünyasının en büyük yapıtı sayılan *Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri* (1687'de yayımlanan kitap genellikle "Newton'un *Principia*'sı" diye bilinir) belki de hiç bir zaman yazılmayacaktı. Bu gecikmede bir neden de Robert Hooke adında dönemin tanınmış bilim adamlarından biriyle aralarında süren kavgaydı. Hooke, evrensel çekim yasasında kendisinin de öncelik payı olduğu savındaydı (Newton'un bir başka kavgası Alman filozofu Leibniz ileydi. Matematiğin çok önemli bir dalı olan kalkülüs'ü ilk bulan kimdi? Leibniz'i fikir hırsızlığıyla suçlayan Newton, filozofun resmen kınanmasını istiyordu).

Üç ana bölümden oluşan *Principia*'nın ilk bölümü nesnelerin devinimine ayrılmıştı. Eylemsizlik ilkesi ve serbest düşme yasasıyla temelini Galileo'nun attığı bu konuyu Newton kapsamlı bir kuram çerçevesinde işlemekteydi. Öyle ki, kökü Aristoteles'e ulaşan iki bin yıllık geleneksel düşünce yerini salt mekanik dünya görüşüne, belli sınırlar içinde geçerliğini bugün de koruyan bir paradigmaya bırakmıştır artık.

Galileo'nun deneysel olarak kanıtladığı eylemsizlik ilkesi nitel bir kavramdı; Newton bu kavramı "kütle" dediğimiz nicel bir kavrama dönüştürür, devinimin birinci yasası olarak belirler. Örneğin, şekilde görüldüğü gibi[1],



pürüzsüz bir düzlemde A ve B gibi kütleleri değişik iki nesne, sıkışık bir yayın karşıt uçlarına bastırılıp bırakılsın. Yayın ters yönlerde eşit itme gücüne uğrayan nesnelerden kütlesi daha büyük olan A'nın kayma ivmesi, kütlesi daha küçük olan B'nin kayma ivmesinden daha azdır. Buna göre, m_1 ve m_2 diye belirlenen kütleler, $m_1 / m_2 = a_2 / a_1$ denkleminde gösterildiği üzere a_1 ve a_2 ivmeleriyle tanımlanabilir.

Mekanik kuramın bir başka temel kavramı kuvvettir. Yukardaki deneyde sıkışık yayın iki nesne üzerindeki itme kuvvetinin eşitliğinden söz ettik. $m_1 a_1 = m_2 a_2$ olduğundan kuvvetler de $m_1 a_1$ ve $m_2 a_2$ ile ölçülebilir. Buna göre, m kütlesi üzerinde F gibi bir kuvvet a ivmesine yol açıyorsa, ivmeyle kuvvet arasındaki ilişki şöyle belirlenebilir: F = ma (kuvvet = kütle x ivme). Bu denk-

lem Newton mekaniğinin ikinci devinim yasasını dile getirmektedir.

Mekaniğin üçüncü yasası çoğumuzun günlük deneyimlerinden bildiği bir ilişkiyi içermektedir: her etkiye karşı eşit güçte bir tepki vardır. Örneğin, parmağımızı masaya bastırdığımızda, masanın da parmağımız üzerinde eşit baskısı olur.

Kütle, kuvvet gibi önemli kavramların nicel olarak oluşturulması fiziğin birtakım geleneksel saplantılardan arınmasını sağlayan büyük bir ilerleme olmuştur.

Aristoteles geleneğinde göksel nesnelerin çembersel devinimleri açıklama gerektirmeyen "doğal" bir olaydı.

Dünyanın diğer gezegenlerle birlikte güneş çevresinde döndüğünü ileri süren Copernicus bile çembersel devinim öğretisine karşı çıkmadığı gibi bu devinimi açıklama arayışı içine de girmemiştir. Galileo ile Newton mekaniğinde ise yalnızca aynı doğrultuda tekdüze devinim doğaldır; devinimin yön ya da hız değiştirmesi ancak bir dış kuvvetin etkisiyle olasıdır. Kepler gezegenlerin güneş çevresindeki devinimlerini güneşten kaynaklanan manyetik türden bir kuvvete bağlamış, yerçekimi kavramına ipucu hazırlamıştı.

Newton'un "gravitasyon" dediği kuvvet gezegenlerin eliptik yörüngeleriyle yerküredeki serbest düşmeyi açıklayan evrensel bir güçtür. Buna göre, evrende var olan herhangi iki nesne birbirini kütlelerinin çarpımıyla doğru, aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olarak çeker. İlişkinin matematiksel ifadesi: $F = \frac{Gm_1m_2}{d^2}$ (Denklemde F yerçekimi sabitini, m kütleyi d mesafeyi simgelemektedir).

Newton'un gençliğinde ulaştığı ama yayımlamaktan kaçındığı bu sonuç bir hipotez olarak başkalarınca da tartışılmaktaydı. Nitekim, Kraliyet Bilim Akademisinin üç üyesi (Robert Hooke, Edmund Halley ve Cristopher Wren) eliptik yörüngelerin yerçekimiyle açıklanabileceği savındaydılar, ancak bu savı kendi aralarında kanıtlayamamaktaydılar.

1684'de Halley sorunu Newton'a iletir. Yerçekimi hipotezini yıllarca önce oluşturan Newton, bu arada, hipotezin matematiksel yoldan kanıtlanmasını da gerçekleştirmişti. Böylesine önemli bir çalışmanın yayımlanmadan kalmasını doğru bulmayan Halley, tüm basım masraflarını yüklenerek Newton'u daha fazla zaman yitirmeden kitabını (*Principia*'yı) yazmaya ikna eder. Bilim dünyası hayranlıkla karşıladığı bu ölmez yapıtta, ilk kez, mekaniğin diğer yasalarıyla birlikte yerçekimi kuramının, tüm kanıt ve içeriğiyle, matematiksel olarak işlendiğini bulur. Kitapta, ayrıca, sıvı deviniminden güneş ve gezegenlerin kütlelerinin hesaplanmasına, ay'ın devinimindeki düzensizliklerden denizlerdeki gelgit olaylarına değin pek çok sorunsal konuya açıklık getirilmiştir.

Bir kuramın gücü, kapsadığı olgu alanının genişliğine bağlıdır. Güçlü bir kuram başlangıçta açıkladığı olgularla sınırlı kalmayan, yeni ya da beklenmeyen gözlem verilerine açılabilen kuramdır. Bilim tarihinde bunun belki de en başarılı örneğini Newton mekaniğinin verdiği söylenebilir. Ancak geniş kapsamına karşın bu kuramın bir eksikliği daha baştan belli olmuştu: yerçekimi gücünün uzay boşluğunda

biribirinden milyonlarca mil uzaklıktaki iki nesne arasında bile varsanan etkisi nasıl bir düzeneğe bağlı olabilirdi? "Uzaktan etki" diye bilinen, Newton'un kendisini de rahatsız eden bu sorunun, Einstein'ın genel relativite kuramının sağladığı açıklamaya karşın, bugün bile doyurucu bir açıklığa kavuştuğu kolayca söylenemez.

Principia'nın yazılması yaklaşık iki yıl alır. Polemikten kaçınan Newton, düzeysiz tartışmaları önlemek için Latince kaleme aldığı kitabına yetkin örneğini geometride bulduğumuz aksiyomatik bir biçim verir. Şöyle ki, Newton "öncül" diye aldığı bir kaç temel ilkeden (devinim yasalarıyla yerçekimi kuramından) fizik ve astronominin gözlemsel veya deneysel olarak kanıtlanmış önermelerini (örneğin, Kepler'in üç yasası ile Galileo'nun sarkaç, serbest düşme vb. yasalarını) bir tür "teorem" olarak ispatlama yoluna gider. Newton eşsiz yapıtıyla bilim dünyasını adeta büyüler; deyim yerindeyse, ona yarı-ilâh gözüyle bakılmaya başlanır. Öyle ki, dönemin tanınmış bir matematikçisi, "Acaba O'nun da bizler gibi yeme, içme ve uyuma türünden günlük gereksinmeleri var mıdır?" diye sormaktan kendini alamaz.

Newton, kuşkusuz ne bir ilâh, ne de günlük gereksinmeleri yönünden diğer insanlardan farklıydı. Onu bilim tarihinde yücelten üç özelliği vardı: (1) üstün zekâ ve imge gücü; (2) yoğun çalışma istenci; (3) evreni anlama ve açıklama merakı. Az ya da çok, tüm insanların paylaştığı bu özellikler, Newton'da kendine özgü yaratıcı bir sentez oluşturmuştu.

Büyük bilim adamı ölümünden kısa bir süre önce kendinden şöyle söz etmişti:

Dünyaya nasıl göründüğümü bilmiyorum; ama ben kendimi, henüz keşfedilmemiş gerçeklerle dolu bir okyanusun kıyısında oynayan, düzgün bir çakıl taşı ya da güzel bir deniz kabuğu bulduğunda sevinen bir çocuk gibi görüyorum.

Not:

(1) Bkz. The Major Achievements of Science, s.35-36.

Antoine Laurent Lavoisier
(1743 - 1794)

Lavoisier yaşam döneminde oluşan iki devrimin paylaştığı bir kişidir. Devrimlerden biri, yüzyıllar boyunca "simya" adı altında sürdürülen çalışmaların, bugünkü anlamda, kimya bilimine dönüşmesidir. Lavoisier bu devrimin kahramanıdır. İkinci devrim, "1789 Fransız ihtilalı" diye bilinir. Lavoisier bu devrimin getirdiği terörün kurbanıdır.

Antoine-Laurent Lavoisier Parisli zengin bir ailenin çocuğu olarak dünyaya gelir. Daha küçük yaşında iken annesini yitiren Lavoisier babasının yakın ilgi ve bakımıyla büyür; başlangıçta belki de onun etkisiyle hukukçu olmaya yönelir. Ancak bu arada uyanan deneysel bilim merakı çok geçmeden bir tutkuya dönüşür. Yirmibir yaşına yeni bastığında, Paris'in sokaklarını aydınlatma proje yarışmasında birinciliği alır, Fransız Bilim Akademisi'nce altın madalya ile ödüllendirilir. Yirmibeş yaşına geldiğinde, özellikle kimya alanındaki çalışmaları göz önüne alınarak Akademi'ye üye seçilir. Bu arada hükümetin özel bir komisyonunda görevlendirilen genç bilim adamı, metrik sistemin oluşturulması, Fransa'nın jeolojik haritasının çıkarılması gibi etkinliklerden tarımda verimin yükseltilmesine uzanan pek çok uygulamalı bilim çalışmalarını düzenler. Ayrıca o sırada bir tür ablu-

ka altında olan ülkesinin savunma ihtiyacı barutun üretim sorumluluğunu üstlenir. Genç bilim adamı bu kadarla da yetinmez; ilerde yaşamını yitirmesine yol açan bir işe, ülkenin bozuk vergi sistemini düzeltme işine el atar. Ama tüm bu uğraşlarına karşın Lavoisier kendisini asıl ilgilendiren bilimden kopmamıştır; her fırsatta özel laboratuvarına çekilip deneylerini sürdürmekten geri kalmaz.

Lavoisier bilim dünyasında en başta yanma olayına ilişkin geliştirdiği yeni kuramıyla ün kazanır. Ne ki, kimya devrimini oluşturmada başka önemli çalışmaları da vardır. Ayrıca, deneylerinde, özellikle ölçme işleminde gösterdiği olağanüstü duyarlılık, kendisini izleyen yeni kuşak araştırmacılar için özenilen bir örnek olmuştur. Kimya dil, mantıksal düzen ve kuramsal açıklama yönlerinden bilimsel kimliğini Lavoisier'e borçludur. Tüm bu çalışmalarında ona büyük desteği eşi sağlar: deney şekillerini çizer, yabancı dillerden kaynak çeviriler yapar, makale ve kitaplarını yayıma hazırlar.

Lavoisier araştırmalarına başladığında, kimyada Antik Yunanlıların maddeye ilişkin dört element (toprak, su, ateş ve hava) öğretisinin yanı sıra yanmaya ilişkin flogiston kuramı geçerliydi. Bilindiği gibi, bir tahta ya da bez parçası yandığında duman ve alev çıkar, yanan nesne bir miktar kül bırakarak yok olur. Yürürlükteki kurama göre, yanma, yanan nesnenin "flogiston" denen, ama ne olduğu bilinmeyen, gizemli bir madde çıkarması demekti. Odun kömürü gibi yandığında geriye en az kül bırakan nesneler flogiston bakımından en zengin nesnelerdi. Bi-

lim adamlarının çoğunluk doyurucu bulduğu bu kurama ters düşen kimi gözlemler de yok değildi. Bunlardan biri yanma için havanın gerekliliğiydi. Bir diğeri, kurşun gibi madenlerin, erime derecesinde ısıtıldığında, yüzeylerinde oluşan "calx"ın, madenin eksilen bölümünden daha ağır olmasıydı. Aslında yanma olayını açıklamadaki güçlüğün bir nedeni gazlara ilişkin bilgi eksikliğiydi. 1756'da İskoç kimyageri Joseph Black "sabit gaz" dediği karbon dioksidi (CO_2) buluncaya dek bilinen tek gaz hava idi. İngiliz kimya bilgini Joseph Priestley daha sonra deneysel olarak on kadar yeni gaz keşfeder. Bunlardan biri onun "yetkin gaz" dediği, ilerde Lavoisier'in "oksijen" adını verdiği gazdır. Priestley, oksijeni bulmasına karşın flogiston kuramından kopamaz. Üstün bir deneyci olan bu İngiliz bilim adamı, kuramsal yönden rakibi Lavoisier ile boy ölçüşecek yeterlikte değildi.

Lavoisier yanma olayı ile 1770'lerin başında ilgilenmeye başlamıştı. Kapalı bir kapta fosfor yakınca gazın ağırlığının değişmediğini, oysa kabı açtığında havanın içeri girmesiyle birlikte gazın ağırlığının az da olsa arttığını saptamıştı. Bu gözlemin yürürlükteki kurama uymadığı belliydi, ama daha doyurucu bir açıklaması da yoktu. Lavoisier aradığı açıklamanın ipucunu bir kaç yıl sonra Priestley'le Paris'te buluştuğunda elde eder. Priestley cıva oksit üzerindeki deneylerinden söz ederken bulduğu "yetkin gaz"ın özelliklerini belirtir. Lavoisier yayınlarının hiç birinde Priestley'e hakkı olan önceliği tanımaz; sadece bir kez, "Oksijeni Priestley'le hemen aynı zamanda keşfetmiştik," demekle yetinir.

Doğrusu, oksijenin keşfinde öncelik Lavoisier'in değildi; ama bu gazın gerçek önemini ilk kavrayan bilim adamı oydu. Priestley'in deneylerini kendine özgü dikkat ve özenle tekrarlamaya koyulur. Belli miktarda havaya yer verilen bir kapta cıva ısıtıldığında, cıvanın kırmızı cıva okside dönüşmesiyle ağırlık kazandığı, havanın ise aynı ölçüde ağırlık yitirdiği görülür. Lavoisier deneylerinde bir adım daha ileri gider: cıvadan ayırdığı cıva oksidi (calx'ı) tarttıktan sonra daha fazla ısıtır; kora dönüşen kırmızı oksidin giderek yok olmaya yüz tuttuğunu, geriye belli sayıda cıva taneciğiyle, solunum ve yanma sürecinde atmosferik havadan daha etkili bir miktar "elastik akıcı" kaldığını saptar. Elastik akıcı Priestley'in "yetkin gaz" dediği şeydi. Lavoisier üstelik bu artığın ağırlığı ile cıvanın ilk aşamadaki ısıtılmasından azalan hava ağırlığının da eşit olduğunu belirler. Dahası, cıva oksidin ısı altında cıvaya dönüşmesiyle kaybettiği ağırlık ile çıkan gazın ağırlığı denkti. Bunun anlamı şuydu: yanma, yanan nesnenin flogiston salmasıyla değil, havanın etkili bölümüyle (yani oksijenle) birleşmesiyle gerçekleşmektedir. Başta önemsenmeyen bu kuram, suyun iki gazın birleşmesiyle oluştuğuna ilişkin Cavendish deney sonuçlarını da açıklayınca, bilim çevrelerinin dikkatini çekmede gecikmez. Cavendish deneylerinde, asitlerin metal üzerindeki etkisinden "yanıcı" dediği bir gaz elde etmiş, bunu flogiston sanmıştı. Ancak Priestley'in bir deneyi onu bu yanlış yorumdan kurtarır. Priestley, hidrojen ve oksijen karışımı bir gazı elektrik kıvılcımıyla patlattığında bir miktar çiyin oluştuğu-

nu görmüştü. Aynı deneyi tekrarlayan Cavendish daha ileri giderek patlamada "yanıcı" gazın tümünün, normal havanın ise beşte birinin tüketildiğini, öylece oluşan çiyin ise arı su olduğunu saptar.

Flogiston teorisi yıkılmıştı artık! Yeni teorinin benimsenmesi, kimi bağnaz çevrelerin direnmesine karşın, uzun sürmez. Kimyada geciken atılım sonunda gerçekleşmiş olur.

Lavoisier ulaştığı sonucu Bilim Akademisine bir bildiriyle sunar; ne var ki, tek kelimeyle de olsa Priestley, Cavendish, vb. deneycilerin katkılarından söz etmez.

Lavoisier'in aslında ne yeni kimyasal bir nesne, ne de yeni kimyasal bir olgu keşfettiği söylenebilir. Onun yaptığı, başkalarının bulduğu nesne ve olguları açıklayan, kimyasal bileşime açıklık getiren bir kuram oluşturmak, kimyasal nesneleri adlandırmada yeni ve işler bir sistem kurmaktı. 1789'da yayımlanan *Traité Elementaire de Chimie* adlı yapıtı, kendi alanında, Newton'un *Principia*'sı sayılsa yeridir. Biri modern fiziğin, diğeri modern kimyanın temelini atmıştır.

Lavoisier'i unutulmaz yapan bir özelliği de nesnelerin kimyasal değişimlerini ölçmede gösterdiği olağanüstü duyarlılıktı. Bu özelliği ona "Kütlenin Korunumu Yasası" diye bilinen çok önemli bilimsel bir ilkeyi ortaya koyma olanağı sağlar. Lavoisier kimi kez kendi adıylada anılan bu ilkeyi şöyle dile getirmişti:

> Doğanın tüm işleyişlerinde hiç bir şeyin yoktan var edilmediği, tüm deneysel dönüşümlerde maddenin miktar olarak aynı kaldığı, elementlerin tüm bileşimlerinde nicel ve nitel özelliklerini koruduğu

gerçeğini tartışılmaz bir aksiyom olarak ortaya sürebiliriz.

1794'de solunum üzerinde deneylerini yapmakta olduğu bir sırada, Lavoisier Devrim Mahkemesi önüne çağrılır. İki suçlamaya hedef olmuştur: (1) devrim karşıtı olarak karalanan aristokrasiyle ilişkisi; (2) vergi toplamada yolsuzluk (Lavoisier topladığı vergilerin küçük bir bölümünü laboratuvar deneyleri için harcamıştı).

Lavoisier'i kurtarmak için dostları mahkemeye koşmuştu, ama tanık olarak bile dinlenmemişlerdi. "Yurttaş Lavoisier'in çalışmalarıyla Fransa'ya onur sağlayan büyük bir bilgin olduğunda hepimiz birleşiyor, bağışlanmasını diliyoruz," dilekçesiyle başvuran günün seçkin bilim adamlarına yargıcın verdiği yanıt kesin ve çarpıcıdır: "Cumhuriyet'in bilginlere ihtiyacı yoktur!"

Galileo yaşamının son on yılını Engizisyon'un göz hapsinde geçirmişti. Lavoisier'in sonu daha acıklı olur: elli bir yaşında iken "devrim" adına kafası giyotinle uçurulur.

John Dalton
(1766 - 1844)

İnsanoğlu maddenin temel parçacık fikrine çok eskiden ulaşmıştı. Antik Yunan düşünürleri için toprak, hava, su ve ateş tüm diğer maddeleri oluşturan asal nesnelerdi. Aristoteles bunlara "yetkin göksel nesne" dediği bir beşincisini eklemişti. Atom kavramını ilk kez ortaya atan Democritus ise bir parçacığın belli bir küçüklükle sınırlı kaldığı, daha fazla bölünmeye elvermediği savındaydı. Ona göre, tüm maddeleri oluşturan atomlar tek türden nesnelerdi. Maddelerin görünürdeki farklılığı atomların sadece değişik düzenlenmelerinden ileri gelmekteydi.

Ondokuzuncu yüzyıla gelinceye dek bu düşüncede belli bir ilerleme gözlenmez. İlk kez John Dalton modern atom teorisine yol açan bir atılım içine girer. Atom, molekül, element ve bileşiklere ilişkin kimya alanında günümüze değin süren başlıca gelişmelerin bu atılımdan kaynaklandığı söylenebilir.

Atom kavramına bilimsel kimlik kazandıran Dalton kimdi?

John Dalton, İngiltere'de geçimini el dokumacılığıyla sağlayan yoksul bir köylünün çocuğu olarak dünyaya gelir. Küçük yaşında dinin yanı sıra matematik, fen ve gramer derslerine de programında yer veren bir tarikat okulunda öğrenimine başlar. Özellikle matematikte sergiledi-

ği üstün yetenek ona yerel çevrede ün kazandırır. Oniki yaşına geldiğinde, kendi okulunu açmak için yetkililerden izin alır. Aralıksız onbeş yıl sürdürdüğü öğretmenliği döneminde genç adam yüzlerce köy çocuğunu eğitmekle kalmaz, matematik ve bilime olan merak ve tutkusu doğrultusunda kendini de yetiştirir. Onun ömür boyu süren bir yan tutkusu da hava değişimleri üzerindeki gözlemleriydi. Çeşitli yörelerden topladığı hava örneklerini konu alan çözümlemeleri, havanın hep aynı kompozisyonda olduğunu gösteriyordu.

Dalton'un anlamadığı bir nokta vardı: Gazlar neden tekdüze bir karışım sergiliyordu? Karışımda, örneğin, karbondioksit gibi ağır bir gazın dibe çökmesi niçin gerçekleşmiyordu? Sonra, gazların karışımı yalnızca esinti veya termal akımlara mı bağlıydı, yoksa başka etkenler de var mıydı?

Dalton iyi bir deneyci değildi ama, sorusuna yanıt arayışında laboratuvara girmekten kaçınamazdı. Deneyi basitti: Ağır gazla dolu bir şişeyi masa üzerine yerleştirir, üstüne ağızları birleşecek şekilde hafif gazla dolu bir şişeyi baş aşağı kor. Beklenenin tersine, ağır gaz alt şişede, hafif gaz üst şişede kalmaz; iki gaz çok geçmeden tam bir karışım içine girer.

Dalton bu olguyu, sonradan "basınçların tikel teorisi" diye bilinen bir önermeyle açıklar. Buna göre, bir gazın parçacıkları başka bir gazın parçacıklarına değil, kendi türünden parçacıklara geri itici davranır. Bu açıklama, Dalton'u geçerliği bugün de kabul edilen bir varsayıma götürür: Her gaz kütlesi, biribirine uzak aralıklarda devinen parçacıklardan oluşmuştur.

Bu çalışmalarıyla bilim çevrelerinde adı duyulmaya başlayan Dalton, 1793'te Manchester Üniversitesi'ne öğretim görevlisi olarak çağrılır. Üniversitede matematik ve fen dersleri veren genç bilim adamı, meteorolojik gözlemlerini yayınlaması üzerine, Manchester Yazım ve Bilim Akademisi'ne üye seçilir. Elli yıl süren üyelik döneminde Dalton, Akademiye yüzden fazla bildiri sunar, bilimsel konferanslarda aktif rol alır. Katıldığı son toplantılardan birinde övgü yağmuruna tutulduğunda, "Beni yaptıklarımda başarılı buluyorsanız, beğeninizi büyük ölçüde her zaman dikkat ve özenle sürdürdüğüm çabaya borçluyum," diyerek gençlere bir mesaj ulaştırmak ister (yaklaşık yüzyıl sonra Thomas Edison da kendi başarısını benzer sözcüklerle dile getirmişti: "Deha' dediğimiz şeyin yüzde birini esine, yüzde doksan dokuzunu alın terine borçluyuz").

Dalton'u maddenin atom teorisine yönelten gereksinme atmosfer olaylarına ilişkin açıklama arayışından doğmuştu. Daha önce İrlandalı bilim adamı Robert Boyle de hava kompozisyonu ve hava basıncı üzerinde yoğun araştırmalarda bulunmuştu. Havanın bir kaç değişik gazdan oluştuğu buluşu Boyle'a aittir. Aradan geçen zaman içinde Cavendish, Lavoisier, Priestley gibi seçkin bilim adamları da havanın kompozisyonunda oksijen, nitrojen, karbondioksit ve su buharının yer aldığını saptamışlardı. Ama bunlardan hiçbirinin atom teorisinin sağladığı açıklamaya yöneldiğini görmüyoruz.

Dalton bir bakıma kimyayı ve kimyasal çözümlemeyi tanımlayan ilk kişidir. Ona göre,

kimyanın başlıca işlevi maddesel parçacıkları biribirinden ayırmak ya da biribiriyle birleştirmektir. Onun sözünü ettiği bu parçacıklar maddenin, o zaman bölünmez, parçalanmaz sayılan en ufak öğeleri, yani atomlardı.

Bilindiği üzere, kimya sanayiinde bir bileşiğin istenen miktarda üretimi için her bileşen maddeden ne kadar gerekli olduğunu belirlemek önemlidir. Dalton'a gelinceye dek bu belirleme "el yordamı" dediğimiz sınama-yanılma yöntemine dayanıyordu. Dalton bu işlemin daha güvenilir bir yöntemle yapılmasını sağlamak için bir atomik ağırlıklar tablosu hazırlar. Deneylerinde, bileşen maddelerin ağırlıkları arasında küçük tam sayılarla belirlenebilen basit ilişkilerin olduğunu görmüştü. Gerçi belli bir bileşim için aynı bileşenlerin daima aynı oranda işleme girdiği, öteden beri biliniyordu. Dalton bir adım daha ileri giderek, aynı iki madde birden fazla şekilde birleştirildiğinde, ortaya çıkan değişik sonuçların da biribirleriyle basit sayılarla ifade edilebilen ilişkiler içinde olduğunu gösterir. Örneğin, bataklık gazında bulunan hidrojen, etilen gazında bulunan hidrojenden iki kat daha fazladır. Başka bir örnek: Dört kurşun oksit'te bulunan oksijen miktarı 1, 2, 3, 4 gibi basit orantılar içindedir.

Bu basit tam sayılar, Dalton'u maddesel nesnelerin "atom" denen sayılabilir ama bölünmez birimlerden oluştuğu düşüncesine götürmüştü. Her elementin değişik bir atomu olduğu, kimyasal bileşimlerin değişik atomların katılımıyla gerçekleştiği, bu katılımda atomların herhangi bir değişikliğe uğramadığı gibi noktaları içeren

Dalton'un atom teorisi modern kimyanın temel taşı sayılsa yeridir.

Dalton bu kadarla kalmaz, kimi değişik atomların göreceli ağırlıklarını da belirler. En hafif madde olarak bilinen hidrojenin atomik ağırlığını "1" diye belirler. Ardından, suyun ayrıştırılmasıyla ortaya çıkan her parça hidrojene karşılık sekiz parça oksijen olacağını söyleyerek, oksijen atomlarının hidrojen atomlarından sekiz kat daha ağır olduğunu ileri sürer. Bu yanlıştı kuşkusuz. Dalton suyun H_2O değil, HO olduğunu sanıyordu (Biz şimdi oksijenin atomik ağırlığının hidrojeninkinin sekiz değil 16 katı olduğunu biliyoruz.) Ama bu yanlışlık onun düşünce düzeyindeki büyük atılımın önemini azaltmaz elbette. Unutulmamalıdır ki, atomların nasıl bir araya gelip şimdi "molekül" dediğimiz bileşik atomlar oluşturduğunu gösteren kimyasal simgeler dizgesinde de ilk adımı ona borçluyuz.

Dalton kimi kişilik özellikleriyle de sıra dışı bir kişiydi. Yaşam boyu bekar kalmasına karşın, karşı cinse ilgisiz değildi. 1809'da Londra'yı ziyaretinde kardeşine yazdığı mektuptan şu satırları okuyoruz: "Bond Street defilelerini kaçırmıyorum. Beni sergilenen giysilerden çok güzellerin yüzleri çekiyor. Bazıları öylesine dar giysilerle çıkıyorlar ki, vücut çizgileri tüm inceliklerıyle ortaya dökülüyor. Bazıları da geniş şal veya pelerinleriyle adeta uçuşarak yürüyorlar. Nasıl oluyor bilmiyorum ama güzel kadın ne giyerse giysin fark etmiyor: Giyim kuşam başka, güzellik başka!" Büyük kent yaşamının ilginçliği onun için gelip geçiciydi. Mektubunda

büyüleyici bulduğu Londra'dan şöyle söz eder: "Gerçekten görkemli bir yer, ama ben bu görkemi bir kez seyretmekle yetineceğim. Kendini düşün yaşamına vermiş biri için yaşanılacak belki de en son yer burası. Görülmeye değer, ama işte o kadar!"

Renk körlüğü tıp dilinde "daltonizm" diye geçer. Dalton renk körüydü, zamanının bir bölümünü bu hastalığı incelemekle geçirmişti. Bir ödül töreninde kralın önüne çıkacaktı. Renkli diz bağı, tokalı ayakkabı, elinde kılıç protokol gereğiydi. Oysa bağlı olduğu Quaker tarikatı buna izin vermiyordu. Dalton, çözümü bir süre önce Oxford Üniversitesi'nce kendisine giydirilen onur cübbesine bürünmekte buldu. Cübbenin yakasının kırmızı olması başka bir sorun olabilirdi; ancak, Dalton için yaka kırmızı değil yeşildi.

Dalton'un çalışmalarıyla kimyanın matematiksel bir nitelik kazandığı, bir bakıma fizikle birleştiği söylenebilir. Maddenin elektriksel olduğu düşüncesini de ona borçluyuz. Çağımızda atom enerjisine ilişkin buluşların kökeninde Dalton'un payı büyüktür. Dalton, kendi gününde olduğu gibi günümüzde de süren etkisiyle bilim dünyasında saygın konumunu korumaktadır.

Michael Faraday
(1791 - 1867)

Bilimin öncüleri arasında, modern yaşam koşulları üzerindeki etkisi bakımından, Faraday ile boy ölçüşebilecek bir başka ad kolayca gösterilemez. "Deneysel Bilimin Prensi" Faraday, bir ömüre sığmayacak sayıda önemli pek çok çalışma ortaya koydu: Kimya, elektro-kimya, metalurji alanlarında pratik sonuçlarından bugün de yararlandığımız deneyler yaptı. Maden ocaklarında kullanılan Davy lambasını geliştirmede katkıları oldu. Elektro-kimyadaki deneyleriyle kendi adıyla bilinen elektroliz yasalarına ulaştı. Deneysel olarak, bir maddeden geçen belli miktarda elektrik akımının, o maddenin bileşenlerinde belli miktarda bir çözülüme yol açtığını gösterdi. Bu sonuç ilk elektrik sayaçlarının üretimine olanak verir. Faraday'ın bir başka önemli katkısı da "amper" denilen akım biriminin kesin tanımını vermiş olmasıdır. Elektrolizde geçen "elektrot", "anot", "katot", "elektrolit", "iyon" vb. terimleri de ona borçluyuz.

Faraday'ın yetişme koşullarına baktığımızda başarıları gözümüzde daha da büyümektedir.

Michael Faraday, Londra'da yoksul bir ailenin çocuğu olarak dünyaya gelmişti. Babası demirci, annesi ev hizmetçisiydi. Kısa süren öğreniminde okuma, yazma, bir miktar aritmetik öğrenmekle kalmıştı. Henüz onüç yaşında iken bir

kitapçının yanında çırak olarak çalışmaya başlamıştı. Ancak çok geçmeden kitap ciltleme becerisini kazanır. Bu iş ona yaşamının büyük fırsatını sağlar. Boş bulduğu zamanlarını kitap okumakla, ilgilendiği konularda not almakla dolduran Michael, ustasının sempati ve anlayışından da yararlanarak, eksik kalan eğitimini kendi kendine tamamlama çabası içine girer. Daha sonra yazdığı anılarında, "O sıra okuduklarım arasında ilgimi en çok iki kitap çekmişti," der. "Bunlardan biri elektrik konusunda bana ilk bilgileri sağlayan *Britannica Ansiklopedisi*, diğeri Jane Marcet'in *Kimya Üzerine Söyleşiler* adlı kitabıydı". Bu kaynakların, onun düşünce yapısının kurulmasındaki önemi kesin, çünkü kimya ile elektrik yaşamı boyunca ilgilendiği başlıca iki konu olmuştur.

Faraday ondokuz yaşına geldiğinde, bilim merakı bir tutkuya dönüşmüş, kendi olanakları içinde ciddi deneylere bile koyulmuştu. 1812'de bir müşterinin sağladığı biletle, dönemin seçkin bilim adamı Sir Humphrey Davy'nin Kraliyet Enstitüsünde düzenlenen konferanslarına katılma olanağı bulur. Burada dinledikleriyle öğrenme tutkusu daha derinleşen Faraday'ın bilimden kopması olanaksızdı artık. Konferansta tuttuğu notlarla deneyleri ilişkin şekilleri bir kitapta toplayarak asistanlık için Davy'ye başvurur. Davy'den beklediği yanıtı hemen alamazsa da ciltçilik işinde de daha fazla kalamazdı, artık! Kısa bir süre için de olsa Faraday işsiz kalmıştı, ama umutsuz değildi. Bir süre sonra şans yüzüne güler: Kraliyet enstitüsü'nden uzaklaştırılan bir asistanın yerine bir başkası alınacak-

tır. Davy, daha önceki başvurusunu hatırlayarak, Faraday'ı göreve çağırır. Genç araştırmacı çok geçmeden giriştiği deneyleriyle yeteneğini ispatlar. Daha işe başladığı ilk yıl içinde deney sonuçlarını yayımlamaya, Enstitü'de ders vermeye başlar. Bu arada yeni evlendiği eşine hazırladığı sürpriz de ilginçtir: Bir Noel sabahı Faraday eşini Kraliyet Enstitüsü'ne götürür. Bayan Faraday kendisini bekleyen Noel armağanının merak ve heyecanı içindedir. Ama bulduğu yalnız kendisine değil tüm dünyaya verilen bir armağandır: elektrik akımıyla sürekli mekanik devinim sağlayan basit bir düzenek! Oyuncak trenlerden büyük elektrik lokomotiflerindeki makinalara değin bildiğimiz elektrik motorlarının ortaya konmuş ilk örneği.

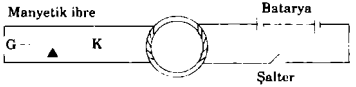
Bilim çevrelerinde pek rastlanmayan bir hızla ün kazanan Faraday, 1823'te Kraliyet Bilim Akademisi üyeliğine seçilir; bir yıl sonra da çalıştığı enstitüde laboratuvar direktörlüğüne atanır.

Faraday enstitünün başına geçtikten sonra da deneylerini sürdürmekten geri kalmaz; "Faraday yasaları" diye bilinen ilişkileri ortaya koyar. Bunlardan en önemlisi, bir maddeden geçen elektrik miktarıyla o maddeden ayrılan bileşenlerin miktarı arasındaki ilişkidir. Bunun ortaya koyduğu bir sonuç atomların yalnızca belli miktarlarda elektrikle bağıntılı olduğu olayıdır ki, bilimsel açıklaması ancak yüzyılımızın başında Rutherford'un atomun yapısını belirlemesiyle verilebilmiştir.

Faraday elektro-kimya alanındaki çalışmasıyla yetinseydi bile bilim tarihinde önemli bir

yeri olacaktı. Ama onu bilimin öncüleri arasına sokan asıl başarısı elektromanyetik konusundaki buluşlarıdır.

19. yüzyılın başlarına gelinceye dek elektriğe gizemli bir olay gözüyle bakılıyordu. Elektrik Benjamin Franklin için bir tür akışkandı. Kimisine göre ise, elektrik pozitif ve negatif olmak üzere iki değişik akışkandı. İlk kez Faraday elektriği bir "kuvvet" diye niteler. Elektrik gibi manyatizma da ilgi çeken, tartışılan bir konuydu; ama ikisi arasındaki ilişki henüz bilinmiyordu. 1820'de Danimarkalı bilim adamı Hans Oersted, elektrik akımı taşıyan bir telin yakınındaki bir pusula ibresini devindirdiğini saptamıştı. Bu gözlem pek çok deneylere, bu arada elektrik akımının manyetik etkilerine ilişkin Amper kuramına yol açar. Ancak bu konudaki asıl açıklama Faraday'ın mıknatısın elektriksel etkisini sezinlemesiyle gerçekleşir. Buna göre, bir tel bobinde oluşan manyetik etki, ikinci bir bobinde elektriksel etki olarak ortaya çıkmalıdır. "Elektromanyetik indüksiyon" denen bu olayı Faraday deneysel olarak 1831'de belirler.



Şekildede görüldüğü üzere, ip ya da kumaş parçasıyla yalıtılmış bir demir halkanın karşıt yanlarına bakır telden iki bobin yerleştirilmiş olsun. Bobinlerden birinin uçları bir batarya ve şaltere, diğerinin uçları ise altında mıknatıslı bir ibre olan kuzey - güney doğrultusundaki bir tele bağlandığında, birinci bobinden elektrik

akımının geçmesiyle mıknatıslı ibrenin devindiği görülür. Bu, bir anlık olan akımın ikinci telde mıknatısın etkisiyle oluştuğu demektir. Oysa akım sürekli olursa ikinci telde öyle bir akım oluşmaz, ancak akım kesildiğinde mıknatıslı ibrenin bu kez ters yönde devindiği görülür. Bu da ikinci bobinde bir anlık ama tersine bir akımın oluştuğu demektir. Birinci bobinden geçen akım demir halkayı mıknatıslamakta, bu ise ikinci bobinde elektrik akımına yol açmaktadır. Aynı ilişkiyi değişik deneylerle de ortaya koyan Faraday, bir başka deneyinde çok büyük bir mıknatısın kutupları arasında bir bakır disk döndürür. Diskin kenarlarıyla dingili arasındaki akımın sürekli olduğu görülür. Bu sonuçta da ilk basit dinamo örneğini bulmaktayız.

Faraday'a bilimde üstün konum sağlayan bir diğer önemli katkısı da bilime *alan* kavramını kazandırmış olmasıdır. Bu kavram yalnız elektromanyetik kuramın değil, Einstein'ın genel görecelik kuramının da içerdiği bir kavramdır. Faraday'ı kavramı belirlemeye yönelten basit deneye bakalım: üzerinde demir kırıntıları olan bir kartı mıknatıs üstünde tutup hafifçe fiskelediğimizde kırıntıların mıknatısın kuzey - güney kutaplarını birleştiren birtakım çizgiler oluşturduğu görülür. Faraday bu çizgilere, "manyetik güç çizgileri" demişti. Bu şekilde oluşan çizgiler, mıknatısı çevreleyen manyetik alanı temsil etmekte, çizgilerin yönü ise manyetik alanın yönünü göstermektedir. Ayrıca, çizgilerin biribirine yakınlığı manyetik alanın güçlü, çizgilerin biribirine uzaklığı manyetik alanın zayıf olduğu demektir. Manyetik güç çizgilerinin bir

devre tarafından kesilmesiyle elektrik akımının indükleneceğini belirten Faraday, uzayda da elektrik yüklü bir nesneyi çevreleyen manyetik güç çizgilerine benzer elektrik güç çizgilerinin olduğu kanısındaydı. Üstelik, elektrik güç çizgisinin bir pozitif yükten ona denk bir negatif yüke uzandığını düşünüyordu. Deneysel olarak da, bir tür elektrik indüklenirken, ona denk bir başka tür elektrik indüklenmesinin kaçınılmaz olduğunu göstermişti. Örneğin, ipekle ovulan kuru bir cam parçası pozitif yük kazanır, elektrik güç çizgileri de camdan eşit negatif yük taşıyan çevresine uzanır.

Faraday bir atılım daha yaparak mıknatısın ışık üzerinde etki oluşturabileceği hipotezini ortaya koymuş, uzun deneylerden sonra ışığın gerçekten etkilendiğini kanıtlamıştı. Bilindiği gibi polarize ışık bir manyetik alan aracılığıyla döndürülebilmektedir. Ancak Faraday'ın belirlediği bu olguyu dönemin fizikçileri bir tür görmezlikten gelmişlerdi.

Faraday buluşlarının pratik sonuçlarıyla pek ilgilenmiyordu. Ama bu onun o sonuçların önemini kavramaktan uzak kaldığı demek değildi. Nitekim dönemin, başbakanı ona dinamonun ne işe yarayabileceğini sorduğunda, "Bilmiyorum, ama hükümetinizin bir gün ondan vergi sağlayabileceğini söyleyebilirim," demişti.

Faraday'ın övgüye değer bir özelliği de bilimi halkın anlayacağı dil ve düzeyde yayma çabasıdır. Kraliyet Enstitüsü'nde halk için düzenlediği yıllık konferans ve dersler bugüne dek sürüp gelmektedir. Faraday büyük ilgi toplayan konferanslarından bir bölümünü

yaşamının son yıllarında *Mumun Kimyasal Tarihi* adı altında bir kitapta toplayarak çocuklar için yayımlama yoluna bile gider.

Faraday'ın matematik bilgisi buluşlarını matematiksel olarak dile getirmek için yeterli değildi; ama nitel de olsa deney sonuçlarını açıklayan bir kuramı vardı. Bu kuramın matematiksel olarak işlenmesi geçen yüzyılın büyük fizik bilgini James Clerk Maxwell'i bekleyecektir.

Charles Darwin
(1809 - 1882)

Düşünce tarihinde pek az bilim adamı Darwin ölçüsünde tepki çekmiştir. Evrim kuramını içine sindiremeyenler onu hiç bir zaman bağışlamamışlardır. Yaşadığı dönemde, "Maymunla akrabalık bağın annen tarafından mı, baban tarafından mı?" diye alaya alınmıştı. Günümüzde ise daha ileri giden, onu bir "şarlatan", dahası bir "şeytan" diye karalamak isteyen çevreler vardır.

Bir bilim adamına gösterilen bu tepkinin nedeni neydi? Darwin kimdir, ne yapmıştı?

Darwin küçük yaşında iken de horlanmıştı, hem de babası tarafından: "Seni, anlaşılan, ava çıkma, köpeklerle eğlenme ve fare yakalama dışında hiç bir şey ilgilendirmiyor. Geleceğin, kendin ve ailen için yüz karası olacaktır!"

Geleceğinin yüz karası olacağı söylenen çocuk, biyolojinin anıt yapıtı *Türlerin Kökeni*'nin yazarı, tüm çağların sayılı bilim adamlarından biri olur.

Varlıklı bir ailenin çocuğu olarak dünyaya gelen Charles Darwin, sekiz yaşına geldiğinde annesini yitirir. Çocuğunun iyi yetişmesi yolunda hiç bir şey esirgemeyen babası başarılı ve saygın bir hekimdi. Dedesi Erasmus Darwin, evrim konusuyla ilgilenen tanınmış bir doğa bilginiydi. Entellektüel bir çevrede büyüyen Charles

okulda parlak bir öğrenci değildi. Öğretmenleri arasında ona "aptal" gözüyle bakanlar bile vardı. Oysa bu bakış, yüzeysel bir izlenimi yansıtmaktaydı; sıkıntı Charles'ın okul programıyla bağdaşmayan kendine özgü ilgilerinden kaynaklanıyordu. Hayvanlara, özellikle böceklere derin bir ilgisi vardı. Daha küçük yaşında onu saran bu ilgi, ilerde belirginlik kazanan üstün gözlemleme yeteneğinin itici gücüydü.

Universitede, ilk iki yılını alan tıp öğrenimi başarısız geçer. Dönemin tartışma konuları arasında onu yalnızca canlıların kökeni sorunu ilgilendirmekteydi. Ama babası umudunu tümüyle yitirmek istemiyordu; hekim olmak istemeyen oğlunu hiç değilse din adamı olmaya ikna eder. Edinburg'dan Cambridge Üniversitesine geçen delikanlı burada da, teoloji öğreniminin yanı sıra böcek toplama etkinliğini sürdürür; oluşturduğu zengin koleksiyonla bilim çevrelerinin beğenisini kazanır. Bu arada botanik ve jeoloji derslerini de izlemekten geri kalmaz. Yirmi iki yaşında üniversiteyi bitirir, ama kilisede görev almaya yönelik değildir. Bir rastlantı, aradığı olanak kapısını ona açar. Güney Amerika kıyılarından başlayarak uzun süreli bir araştırma gezisine çıkmaya hazırlanan kraliyet gemisi Beagle'e doğa araştırmacısı aranmaktaydı. Botanik profesörünün tavsiyesi üzerine Darwin'e, masraflarını kendisinin karşılaması koşuluyla, bu görev verilir. Ancak genç bilim adamının babasının desteğini sağlaması kolay olmaz. 1831'de başlayan geziye Darwin beş yıl süren yoğun ve çetin bir uğraşla, dünyanın henüz bilinmeyen pek çok kıyı ve adalarında türlere iliş-

kin fosil ve örnekler toplar; gözlemsel bilgiler edinir, notlar alır. Doğa onun için tükenmez bir laboratuvardı. Özellikle Gallapagus adalarındaki dev kaplumbağlar ile kuşlar üzerindeki gözlemleri, değişik çevre koşullarında türlerin nasıl oluştuğu konusunda ona önemli ipuçları sağlamıştı. Kimi türlerin çevreyle uyum kurarak sürdürdüğü, kimi türlerin ise değişen koşullarda uyumsuzluğa düşerek yok olduğu izlenimi kaçınılmazdı. Ülkesine döndüğünde Darwin'in yapması gereken şey, topladığı bilgileri işlemek, evrim olgusuna kanıtlara dayalı açıklık getirmekti. Ne var ki, bu kolay olmayacaktı. Bir kez toplanan gözlem verilerinin düzenlenmesi bile yıllar alacak bir işti. Sonra, evrim konusu dikenli bir sorundu; yerleşik önyargılara ters düşmek kolayca göze alınamazdı.

Darwin incelemelerinden türlerin sabit olmadığını, uzun süreli de olsa, çevre koşullarına göre değiştiğini öğrenmişti. Ama "evrim" denen bu değişimin düzeneği neydi? Bu soruya yanıt arayışı içinde olan Darwin'e 1838'de okuduğu bir kitap ışık tutar. Thomas Malthus'un yazdığı *Nüfus Üzerine Deneme* adlı bu kitap ilginç bir tez ortaya koyuyordu: canlılar için yaşam bir var olma ya da yok olma savaşımıdır; çünkü, hemen her çevrede, nüfus artışı beslenme olanaklarını kat kat aşmaktadır. Bu savaşımda güçlüler karşısında zayıf kalanlar yok olup gider; çevresiyle uyumsuzluğa düşenler elenirken, uyum kuranlar çoğalır. 19. yüzyılın acımasız kapitalizminin "laissez faire et laissez passer" (bırakınız yapsınlar, bırakınız geçsinler) sloganında da yansıyan bu düşünce, Darwin'in yirmi yıl sonra

açıkladığı evrim kuramının özünü oluşturur: doğal seleksiyon evrimin itici gücü, ilerlemenin dayandığı düzenekti.

Evrim düşüncesi, insanın kendi varlık kökenini bilme merakını da içermektedir. İlkel topluluklarda bile kendini açığa vuran bu merakın özellikle mitoloji ve dinlerin oluşumundaki rolü yadsınamaz. Ancak bilim öncesi açıklamalar masalımsı birer öğreti niteliğindedir. Her şey gibi insan da Tanrısal gücün ürünüdür. Gelişmiş dinlerde bile evrim düşüncesi yer almamıştır.

Evrimden ilk söz edenler, M.Ö. 6. yüzyılda yaşayan İyonya'lı filozoflar olmuştur. Thales tüm nesneler gibi canlıların da sudan oluştuğu savındaydı. Daha çarpıcı görüşü onu izleyen Anaximander'de bulmaktayız: "Canlıların kaynağı denizdir. Başlangıçta balık olan atalarımızdan bugünkü formumuza evrimleşerek ulaştık." Gene o dönemin bir başka filozofu, Herakleitus, canlıların gelişmesinde aralarındaki çatışmanın rolüne değinir. Bunlardan ikiyüz yıl sonra gelen antik çağın ünlü filozofu Aristoteles'te evrim düşüncesi daha belirgindir. Onun görüşünde aşağıdaki ilginç noktaları bulmaktayız:

(1) Canlıların en ilkel düzeyde kendiliğinden oluştuğu,

(2) Organizmaların basitten daha karmaşık formlara doğru geliştiği,

(3) Canlıda organların ihtiyaca göre oluştuğu.

Ancak ortaçağ teolojisinde bu tür düşüncelere yer yoktu. Gerçek kutsal kitaplarda açıklanmıştı. Evrim düşüncesi bir sapıklıktı.

Evrime bilimsel yaklaşım, Aydınlık Çağı'nın sağladığı göreceli özgür düşünme ortamını bek-

ler. Bu alanda ilk adımı Fransız doğa bilimcisi Buffon'un attığı söylenebilir. Buffon, canlıların sınıflanmasına ilişkin Aristoteles sistemini düzeltme ve geliştirme amacıyla çalışmaya koyulur. İlgilendiği konuların başında evrim geliyordu. Fosil ve diğer kanıtlara dayanarak canlı türlerin evrimle oluştuğu görüşüne ulaşmıştı. Ama kilisenin sert tepkisiyle karşılaşınca, Buffon, "Kutsal kitapta bildirilenlere ters düşen sözlerimi geri alıyorum" diyerek sessizliğe gömülür.

Unlü Isveç botanikçisi Linnaeus'un modern sınıflama yöntemine ilişkin çalışması evrim düşüncesine destek sağlayan başka bir girişimdir. Darwin'in dedesi Erasmus Darwin de, Buffon gibi, canlıların yaşam dönemlerinde edindikleri beceri veya özelliklerin yeni kuşaklara geçmesiyle evrimleştiği görüşündeydi. Bu görüşü geliştiren Fransız doğa bilgini Lamarck ise evrim konusunda oldukça tutarlı ilk kuramı oluşturur. Kısaca, "canlıların yaşam dönemlerinde kazandıkları özelliklerin ya da uğradıkları değişikliklerin (bunlar çevre koşullarının etkisinde ortaya çıkabileceği gibi, organların kullanış veya kullanışsızlık nedeniylede olabilir) kalıtsal yoldan yeni kuşaklara geçtiği" diye özetleyebileceğimiz bu kuram, sağduyuya yatkın görünmesine karşın, bilim dünyasında beklenen ilgiyi bulmaz. Kuramın olgusal içerik yönünden yetersizliği bir yana, bilinen kimi gözlemsel verilere ters düşmesi benimsenmesine olanak vermiyordu. Açıklama gücünü bugün de koruyan, daha kapsamlı ve tutarlı evrim kuramını Darwin'e borçluyuz. 1859'da yayımlanan *Türlerin Kökeni* adlı yapıtta ortaya konan bu kuramın benimsenmesine

ortam hazırdı. Kısa sürede bir kaç yeni basım yapan kitap, insanlığın dünya anlayışında eşine pek rastlanmayan köklü bir devrime kapı açmaktaydı. Dönemin seçkin bilginlerinden T. H. Huxley'in şu sözlerinin çağdaşı pek çok bilim adamının duygularını dile getirdiği söylenebilir:

> Biz türlerin oluşumuna ilişkin, doğruluğu olgusal olarak yoklanabilir bir açıklama arayışı içindeydik. Aradığımızı Türlerin Kökeni'nde bulduk. Kutsal kitabın masalımsı açıklaması geçerli olamazdı. Bilimsel görünen diğer açıklamaları da yeterli bulamıyorduk. Darwin kuramı her yönüyle bilimsel yeterlikte idi.

Kuramın dayandığı iki temel nokta vardır: (1) Canlı dünyada, yeni türlerin oluşumuna yol açan sürekli ama yavaş giden değişim; (2) "Doğal seleksiyon" dediğimiz evrim sürecini işler kılan düzenek. Birinci nokta, türlerin sabitliği varsayımını içeren yerleşik öğretiye ters düşmekteydi. Ikinci nokta, evrimin tüm ereksel görünümüne karşın salt mekanik terimlerle açıklanabileceğini göstermekteydi.

Darwin kuramının özünü oluşturan doğal seleksiyon, başlangıçtan günümüze değin, değişik eleştirilere uğramıştır. Bu nedenle, ilkenin öncelikle açıklığa kavuşturulması gerekir.

Darwin'in evrim kuramı, gözlenebilir üç olgu ve iki ilke içerir. Ilk olgu, üreme biçimleri ne olursa olsun, canlıların geometrik diziyle çoğalma eğilimidir. Ikinci olgu, bu eğilime karşın türlerde nüfusun aşağı yukarı sabit kaldığıdır. Bu iki olgudan, Darwin 'yaşam savaşımı' ilkesine ulaşır. Üçüncü olgu, canlıların (bir türü hatta bir aileyi oluşturan bireylerin bile) az ya da çok

belirgin farklılıklar sergilemesidir. Yaşam savaşımı ilkesiyle birleşen bu olgu Darwin'i temel ilkesi olan doğal seleksiyon düşüncesine götürür. Belli bir çevrede farklı özellikler taşıyan bireyler arasında yaşam savaşımı varsa, doğal koşullara uyum bakımından, özellikleri üstünlük sağlayan bireylerin (veya türlerin) egemenlik kurması, diğerlerinin elenmesi kaçınılmazdır. Evrim sürecinin dayandığı bu düzeneğe, tüm eleştiri ve uğraşlara karşın, daha geçerli diyebileceğimiz bir alternatif bulunamamıştır. Ayrıntılarında kimi değişikliklere uğramakla birlikte, kuramın sürgit Darwinci kalmayacağını gösteren herhangi bir belirti yoktur ortada!

Newton, yerçekimi ilkesiyle devinim yasalarının, yersel ya da göksel, tüm nesneler için geçerli genellemeler olduğunu göstermişti. Darwin de yaşam savaşımı, doğal seleksiyon, çevreye uyum gibi bir kaç ilke içeren kuramıyla evrim olgusuna bilimsel açıklama getirdi; insanın ottan çiçeğe, amipten maymuna uzanan canlı dünyanın bir parçası olduğunu gösterdi.

Johann Gregor Mendel
(1822 - 1884)

"Bilim adamı" deyince çoğumuzun gözünde laboratuvarda deneylerine gömülmüş, ak önlüklü, gözlüklü biri canlanır. Oysa bilimin öncüleri arasında çalışmasını kum üzerinde (Arşimet), eğik kulede (Galileo), çiftlikte (Newton), doğa araştırma gemisinde (Darwin), patent bürosunda (Einstein) yapanları biliyoruz. Bilim düşünsel bir etkinliktir; yeri laboratuvarla değil, zekâ, imgelem ve istenç gücüyle sınırlıdır. Bunun çarpıcı bir örneğini çalışmalarını aralıksız yirmi yıl manastır bahçesinde sürdüren keşiş Mendel vermiştir.

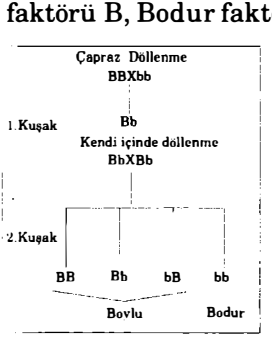
Genetik biliminin kurucusu Gregor Mendel, Avusturya imparatorluğuna dahil Çekoslavakya'da yoksul bir köylü çocuğu olarak dünyaya gelir. O zaman kırsal kesimde hâlâ bir tür derebeylik düzeni egemendi. Topraksız köylüler için boğaz tokluğuna ırgatlık dışında fazla bir seçenek yoktu; tek kurtuluş yolu belki de eğitimdi. Ne var ki, eğitim de çoğunluk ilkokulla sınırlı kalmaktaydı; daha ilerisi için halkın parasal gücü yoktu. Herkes gibi Gregor'un da doğuştan alın yazısı babası gibi rençber olmaktı. Ama hayır, bu çocuk düzenin koyduğu engeli aşacak, kendine özgü kararlılık içinde yeteneğini ortaya koyacaktı. İlkokuldaki başarısı göz kamaştırıcıydı. Öğretmenlerinin ısrarı üzerine aile, so-

nunda çocuğun orta öğrenimi için izin verir. Gregor, evinden uzakta altı yıl bir yurtta yetersiz bakım ve beslenme koşullarına göğüs gererek okur; ama, acısını uzun yıllar çekeceği yorgun, cılız ve sağlıksız bir bedenle mezun olur.

Mendel daha öğrencilik yıllarında bilimin büyüsüne kendini kaptırmış; özellikle botanik yoğun ilgi alanı olmuştu. Fakat yüksek öğrenim onun için ulaşılması güç bir hayâldi. Burs olanağı yoktu; kız kardeşinin bağışladığı çeyizi de yeterli olmaktan uzaktı. Mendel için bir tek yol vardı: Bir katolik manastırına girmek. Avusturya'da botanik müzesi, bahçe bitkileri ve zengin kitaplığıyla ünlü Brünn Manastırı Mendel için "ideal" bir öğrenim merkeziydi. Yirmibeş yaşında "papaz" ünvanını alan Mendel'in asıl özlemi hiç değilse bir ortaokulda öğretmen olmak, araştırmaları için daha elverişli bir ortam bulmaktı. Bu amaçla girdiği sınavda yeterli görülmez. Üniversite öğreniminden yoksun kalmış olması önemli bir handikaptı. Genç papaz umudunu yitirmemiştir. Viyana Üniversitesi'nde dört sömestr fizik ve doğal tarih öğrenimi gördükten sonra şansını yeniden dener. Ama yine başarılı görülmez. Sınav kurulu önyargılıdır; kendine özgü değişik bir tutum sergileyen genci anlamaktan uzak kalır. Adayın özellikle evrim ve kalıtıma ilişkin görüşleri bağışlanır gibi değildi. Mendel için artık manastıra çekilip araştırmalarını bahçe bitkileri üzerinde sürdürmekten başka çare kalmamıştı.

Canlılarda özelliklerin kuşaktan kuşağa geçişi, Mendel'in sürgit ilgi odağını oluşturan konuydu. Herkes yeni doğan bir yavrunun atalarının

özelliklerini taşıdığını biliyordu. Dahası, kimi yavrunun daha çok anaya, kimi yavrunun da daha çok babaya çektiği gözden kaçmıyordu. Ancak bilinen bu olayların "bilimsel" diyebileceğimiz bir açıklaması yoktu ortada. Mendel bezelyeler üzerindeki deneylerine öyle bir açıklama bulmak için koyulmuştu. Çalışmasını, bu amaçla seçtiği 22 çeşit bezelyenin boylu-bodur, sarı-yeşil, yuvarlak-buruşuk,... gibi 7 çift karşıt özellikleri üzerinde yoğunlaştırır. Örneğin, boylu ve bodur çeşitlerini çapraz döllediğinde ilk kuşak melez ürünün tümüyle boylu olduğunu saptar. Melez ürünü kendi içinde dölleyerek elde ettiği ikinci kuşak ürünün büyük bir bölümünün boylu, küçük bir bölümünün ise bodur olduğu görülür (aşağıdaki şekile bakınız!). Mendel iki çeşit arasındaki oranı hesaplar: 1064 bitkinin yaklaşık 3/4'ü boylu, 1/4'ü bodurdur. Örneklem büyüklüğünden kaynaklanan olası hatayı göz önüne alan Mendel, oranı 3:1 olarak belirler (Boylu faktörü B, Bodur faktörü b ile gösterilmiştir).



Şekilde belirlenen durumun iyi anlaşılması için birkaç noktanın açıklık kazanması gerekir: (1) Döllenmede boylu ve bodur bezelyelerin hangisinin dişi, hangisinin erkek olduğu, sonucu etkilememektedir. Başka bir deyişle özelliğin belirlenmesinde boylu erkek, bodur dişi çift ile bodur erkek, boylu dişi çifti eşdeğerdir. (2) Dişi ya da erkek her canlı her özellik için biri başat, diğeri çeki-

nik iki faktör taşır. Bezelye örneğinde, ilk kuşaktakı Bb melezinde ortayaçıkan B başattır, gizli kalan b çekiniktir. (3) Dişi ve erkekte her üreme hücresi faktörlerden yalnızca birini taşır; öyle ki, her yavru iki faktörle dünyaya gelir. Kuramın bu temel ilkesine "Mendel'in ayırım yasası" denmiştir. (4) İlk kuşaktaki melez (Bb) yavruların tümüyle boylu olması, faktörlerin döllenmede kaynaşmadığı, başat ya da çekinik her faktörün bireysel kimliğini koruduğunu gösterir. Nitekim ikinci kuşakta faktörlerin BB, Bb, bB ve bb olarak çıktığını görüyoruz. "Mendel'in bağımsız çeşitler" diye bilinen bu yasası yavruların kimi kez ana ve babaya değil, geçmişteki atalarına benzeme olayını da açıklamaktadır. Şöyle ki, kuşaktan kuşağa gizil kalan çekinik faktörlerin birbiriyle birleşip ortaya çıkma olanağı vardır. Aynı şekilde yavrunun ana babadan birine daha çok benzemesi de başat ve çekinik faktörlerle açıklanan bir olaydır (Bağımsız çeşitler yasasını kısaca şöyle dile getirebiliriz: Döllenmede iki cinsiyetin her birinden gelen tek faktörler birbiriyle bağımsız ve rastgele birleşirler).

Mendel başka bitkiler üzerinde yaptığı deneylerden de aynı sonucu almıştır. Daha sonra, biyologların böcek, balık, kuş ve memeliler üzerinde yürüttükleri deneyler de onun genetik teorisini doğrulamıştır.

Mendel teorisi, evrim kuramının başlangıçta açıklamasız bıraktığı kimi önemli noktalara da ışık tutmuştur. Evrimi doğal seleksiyonla açıklayan Darwin de herkes gibi ana-baba özelliklerinin yavruda bir tür kaynaştığını varsayıyordu. Oysa bu doğru olsaydı, doğal seleksiyonla üstün-

lük kazanan özelliklerin kuşaklar boyu zayıflama sürecine girmesi gerekirdi. Örneğin, çok hızlı koşan bireyle koşma hızı normal bireyin çiftleşmesinden doğan bireyin (yavru) koşma hızı ikisi arasında olacak, sonraki kuşaklarda fark daha da azalarak kaybolmaya yüz tutacaktır. Darwin de bunun böyle olmadığının farkındaydı. Kaynaşma varsayımı ne kimi yavruların ana babadan yalnızca birine benzemesi olayıyla, ne de ara sıra görüldüğü gibi, beklenmedik bir özellikle dünyaya gelme olayıyla bağdaşmaktaydı. Özelliklerin önceki kuşak veya kuşaklardan olduğu gibi ve ayrı birimler olarak yavruya geçtiği düşüncesi, Mendel kuramının getirdiği bir açıklamadır.

Mendel, kuramını 1865'te bilim çevrelerine sunmuştu. Ancak Mendel hayatta iken ilgi çekmeyen kuramın önemi, otuz beş yıl sonra kavranır. Hugo de Vries ve Weismann gibi bilim adamlarının çalışmaları olmasaydı Mendel'in devrimsel atılımı belki de daha uzun süre gün ışığına çıkmayacaktı.

Genetik teorisi, evrim kuramına yeni bir boyut kazandırmakla kalmamış, günümüzde olumlu olumsuz çokça sözü edilen "genetik mühendisliği" denen bir çalışmaya da yol açmıştır.

Louis Pasteur
(1822 - 1895)

Bilim tarihinde pek az bilim adamı Louis Pasteur ölçüsünde insan yaşamını doğrudan etkileyen buluşlar ortaya koymuştur. Günlük dilimize bile geçen "pastörizasyon" terimi onun buluşlarından yalnızca birini dile getirmektedir. Kristaller üzerindeki kuramsal çalışmalarının yanı sıra kimi hastalıklara bağışıklık sağlama yolundaki çalışmaları, bu arada özellikle "şarbon" (ya da antraks) denilen koyun ve sığırlarda görülen bulaşıcı hastalıkla kuduza karşı geliştirdiği aşı yöntemi ona dünya çapında ün kazandırmıştır. Bugün Fransa'da pek çok bulvar ve alan onun adını taşımaktadır. Kendi kurduğu "Pasteur Enstitüsü" dünyanın önde gelen araştırma merkezlerinden biridir. Fransızların gözünde Pasteur ulusal bir kahramansa, bunun nedeni onun yalnızca büyük bir bilim adamı olması değil, aynı zamanda, yaşamı boyunca ortaya koyduğu özveri ve insanlığa hizmet tutkusuydu.

Louis, Fransız Devrimiyle özgürlüğüne kavuşan bir kölenin torunuydu. Babası, Napolyon ordusunda üstün atılım gücüyle "Legion de Honour" alan bir ast-subaydı. Baba Pasteur'ün, Napolyan'un düşmesiyle ordudan ayrılmasına karşın İmparator'un anısına beslediği derin bağlılık duygusu, ilerde oğlu Louis'in olağan üstü direnç

ve yeteneklerini de yönlendiren katıksız yurtseverliğe dönüşmüştü.

Geçimini dericilikle sağlayan Pasteur ailesi yoksuldu, ama çocuklarının eğitimi için her türlü sıkıntıyı göze almıştı. Louis daha küçük yaşlarında güçlükleri göğüslemede sergilediği direnç ve istenç gücüyle dikkatleri çekiyor, coşkuyla başladığı okul öğreniminde kendisiyle birlikte kardeşlerinin de başarılı olması için uğraş veriyordu. Gerçi okulda pek parlak bir öğrenci değildi; dahası, ilk gençlik yıllarında ilerde büyük bilim adamı olacağını gösteren bir belirti de yoktu ortada. Tam tersine, Louis'in belirgin merakı portre çizmekti. Üstün bir yeteneği yansıtan tabloları, bugün de, Pasteur Enstitüsünde asılı durmaktadır.

Louis 19 yaşına geldiğinde sanatı bırakır, bilime yönelir. Başlangıçta öğretmenlernin yönlendirmesiyle öğretmen olmaya karar verir, ünlü eğitim enstitüsü Ecole Normale Superieure'e başvurur. Giriş sınavını kazanmasına karşın, matematik, fizik ve kimyada derslere daha hazırlıklı başlamak için öğrenimine bir yıl sonra başlar. Amacı iyi bir öğretmen olarak yetişmekti. Ne var ki, öğrenimini tamamladığında tüm ilgi ve coşkusunun bilimsel araştırmaya yönelik olduğunu fark eder. Kristaller üzerindeki ilk çalışmaları onu bir tür büyülemişti. Öğrencisinin özgün düşünme ve kavrayış gücünü sezen kimya profesörü onu, basit araçlarla yeni kurduğu laboratuvarına araştırma asistanı olarak alır. Bu genç bilim adamının hayal bile edemediği bir fırsattı. Pasteur hemen çalışmaya koyulur, ilk aşamada tartarik asit kristalleri üzerindeki op-

tik deneylerini yoğunlaştırır. Çok geçmeden bilim çevrelerinin dikkatini çeken buluşları, kimi tanınmış bilim adamlarının teşvikiyle Fransız Bilimler Akademisine sunulur. Pasteur bilim dünyasınca tanınma yolundadır, ama Eğitim Bakanlığı onu bir ortaokula öğretmen olarak atamakta ısrarlıdır. Akademinin ve kimi bilim adamlarının giderek artan baskısına daha fazla karşı koyamayan Bakanlık bir yıl sonra Pasteur'ün Strasburg Üniversitesi'ne yardımcı profesör olarak dönmesine izin verir.

Pasteur'ün bir özelliği de kararlı olması, duraksamalarla vakit öldürmemesiydi. Üniversiteye gelişinin daha ilk haftasında Rektöre kızıyla evlenmek istediğini bildirir. Başvuru mektubu ilginçtir:

> Saklamama gerek yok, tümüyle yoksul bir kimseyim. Tek varlığım sağlığım, yürekliliğim ve üniversitedeki işimdir. ... Geleceğim, şimdiki eğilimim değişmezse, kimyasal araştırmalara adanmış olacaktır. Çalışmalarımdan beklediğim sonucu alırsam, ilerde Paris'e yerleşmeyi düşünüyorum.
>
> İsteğimi olumlu bulursanız, resmi evlenme önerisi için babam hemen Strasburg'a gelecektir.

İstek olumlu karşılandı. Pasteur yaşamı boyunca tüm bilimsel çalışmalarında kendisine destek veren, tutku ve sorunlarını paylaşan Marie Laurent'le 1849'da yaşamını birleşttirir. Bayan Pasteur gerçekten özveri ve sevgi bağlılığıyla olağan üstü bir eşti. Mutlu evlilik ne yazık ki, yıllar sonra trajik bir dönemden geçer: Pasteurler dört çocuklarından üçünü küçük yaşlarında tifo ve benzer hastalıklar nedeniyle yitirirler. Geriye kalan oğulları yirmi yaşında iken 1871

savaşında Almanlara esir düşer. Pasteur bilimsel çalışmalarını bir yana iterek eşiyle birlikte oğlunun dönüşünü bekler; Fransa'nın yenilgisiyle birlikte cepheden kaçan binlerce genç arasında oğlunu aramaya koyulur. Sonunda bulunduğunda oğlan bitkin ve ağır yaralıydı. Pasteur Almanları hiç bir zaman bağışlamadı; öyle ki, yıllar sonra bilimsel başarıları için Alman hükümetinin önerdiği madalyayı kabul etmedi.

Şimdi Paseur'ü bilimin öncüleri arasına yükselten bilimsel çalışmalarına değinelim.

Pasteur'ün yaşamımızı bugün de etkileyen buluşlarından biri fermentasyon (mayalanma) olgusuna ilişkindir. "Fermentasyon" terimi bilindiği gibi kimi maddelerde oluşan bir değişiklik sürecini dile getirmektedir. Örneğin şarap üzümden bu işlemle elde edilir; istenirse gene bu işlemle sirkeye dönüştürülebilir. Aynı şekilde, sütün şekeri laktik aside dönüştüğünde süt ekşir. Yumurta ve et türünden maddeler de fermentasyonla bozularak yenmez hale gelebilir.

Üretimi fermentasyona dayanan şarap Fransa'da çok önemli bir konuyda. Ne var ki, bu işlemin güvenilir teknolojisi henüz yeterince bilinmiyordu. Göreneklere bağlı yöntemler her zaman istenen sonucu vermiyor, kimi zaman şarap yerine sirke ya da kullanıma elvermeyen bozuk bir sıvı elde ediliyordu. Sorunu ilk kez Pasteur bilimsel olarak incelemeye koyulur: sonunda ulaştığı açıklama (fermentasyonun mikrop teorisi) geçerliğini bugün de korumaktadır. Buna göre, doğada organik maddelerdeki hemen tüm değişiklikler gözle görülemeyen birtakım küçük canlılar tarafından oluşturulmaktadır.

Pasteur bu mikroorganizmaların ısıyla kontrol altına alınabileceğini göstererek şarap üretimini sağlam bir yöntemle güvenilir kılmakla kalmaz, "pastörizasyon" dediğimiz işlemle modern süt endüstrisine de yol açar.

Pasteur'ün önemli bir başka çalışması da ipekçiliği büyük bir sıkıntıdan kurtarmasıdır. Hastalıklı ipek böcekleri, üreticileri sık sık büyük kayıplara uğratıyordu. Soruna çözüm bulması mikrop teorisiyle ünlenen Pasteur'den istenir. Bilim adamı her zamanki yoğun ve dikkatli yaklaşımıyla sorunu değişik boyutlarıyla inceler; sağlıklı ipek böceği yumurtalarını seçmede "pratik" diyebileceğimiz bir yöntem oluşturarak ipekçiliği güvenilir bir üretim teknolojisine kavuşturur.

Pasteur'ün başarıları bir tür zincirleme tepki içinde biribirine yol açmaktaydı. Kristaller üzerindeki çalışmaları onu canlı yaşamın gizemi sorununa götürmüştü. Canlılar üzerindeki incelemeleri ise onu fermentasyonu açıklayan mikrop teorisine ulaştırmıştı. Doğruluğundan artık kimseni kuşku duymadığı bu teori başlangıçta tepkiyle karşılanmıştı: pek çok kimse için öyle bir düşünce uydurma bir açıklama olmaktan ileri geçemezdi. "Spontane üreme" diye bilinen yerleşik görüşe göre kurtçuk, tırtıl, tenya, sinek, fare vb. yaratıklar elverişli koşullarda kendiliğinden oluşmaktaydı. Oysa Pasteur "kendiliğinden oluşumu" mikroskopik organizmalar için bile olanaksız görüyordu.

Mikrop teorisinin özellikle bulaşıcı hastalıkların denetim altına alınması yolunda yeni araştırmalara yol açması kaçınılmazdı. Pasteur çok

geçmeden şarbonun yanı sıra kangren, kan zehirlemesi, loğusa humması vb. hastalıklar üzerinde de araştırmaların yoğunlaştırır. Onun çarpıcı bir başarısı da kuduza karşı oluşturduğu aşıdır. Kuduz özellikle köpeklerin taşıdığı ölümcül bir hastalıktır. Pasteur'e gelinceye dek kuduza karşı bilinen tek çare ısırılan yerin kızgın bir demirle derinlemesine dağlanmasıydı. Kaldı ki, gecikme halinde bu yöntemin, hastanın canını yakma dışında bir etkisi olmadığı da biliniyordu. Pasteur hayvanlar üzerinde denediği ama insanlara henüz uygulamadığı aşısıyla dokuz yaşındaki bir çocuğun yaşamını kurtarır. Azgın bir köpeğin ondört yerinden ısırdığı çocuğa kızgın demir uygulaması yapılamazdı. Umutsuz annenin çırpınışına dayanamayan Pasteur aşısını ilk kez bu çocukta denemekten kendini alamaz. Sonuç çocuk için kurtuluş, gelecek kuşaklar için bir müjde olur. Büyük bilim adamı ölümünden önce yaşam felsefesini şöyle özetlemişti:

Hiç kuşkum yok ki, Bilim ve Barış cehalet ve savaşı yok edecektir. Ulusların yıkmak, yok etmek için değil, yaşamı yüceltmek için birleşeceğine, geleceğimizi bu yolda, uğraş verenlere borçlu olacağımıza inanıyorum.

Pasteur'ün öyküsünde, anlamlı bir yaşam arayışındaki her genç için, çarpıcı ve güzel bir örnek vardır.

James Clerk Maxwell
(1831 - 1879)

Dünya tarihi bir bakıma büyük insanların tarihidir. Bilim tarihine de öyle bakabiliriz. Galileo, Newton, Darwin, Einstein... "bilim" dediğimiz görkemli yapının büyük mimarları! Adı bilim çevreleri dışında pek duyulmayan J. C. Maxwell'in de onlar arasında yer aldığı söylenebilir.

Maxwell için 19. yüzyılın en büyük fizikçisi denmektedir. Aslında onu tüm çağların sayılı bilim adamlarından biri saymak daha yerinde olur. Maxwell kısa süren yaşamında her biri onu unutulmaz yapan önemli buluşlar ortaya koydu. Radyo, radar, televizyon vb. icatlara yol açan elektromanyetik ve ışık alanlarındaki devrimsel atılımlarının yanı sıra, renk bileşimleri ile Saturn gezegeninin halkaları üzerindeki açıklamaları, gazların kinetik teorisi ile enerji korunum ilişkisi konularındaki katkıları... çalışmaları arasında başlıcalarıdır. Daha ondört yaşında iken, yetkin elips çizme yöntemine ilişkin matematiksel buluşu Edinburg Kraleyet Akademisinde görüşülerek ödüllendirilmişti.

Maxwell, Faraday'ın "elektromanyetik indüksiyonu" diye bilinen buluşunu ortaya koyduğu yıl dünyaya gelir. Bu ilginç rastlantının sonraki gelişmelerle nasıl bir anlam kazandığını göreceğiz. Seçkin bir ailenin olanakları içinde büyüyen çocuk, yaşamının ilk yıllarında bile kendine öz-

gü ilgileri ve bağımsız düşünebilme yeteneğiyle dikkat çekmekteydi. Annesi kız kardeşine yazdığı bir mektupta iki yaşındaki oğlundan övgüyle söz eder: "Çok canlı, mutlu bir çocuk. ...En çok kapı, kilit, anahtar, zil gibi şeyler merakını çekmekte. Ağzından hiç eksik olmayan sorusu, 'Anne, nasıl bir şeydir bu, göster bana.' Bir başka merakı da, kırlarda dolaştığımızda suların akışını, derelerin çizdiği yolları izlemek!"

"Mutlu çocuk" yedi yaşında iken annesini yitirmenin mutsuzluğunu yaşar; ama öğrenme, araştırma tutkusuyla yeni ufuklara açılmaktan hiç bir zaman geri kalmaz. Son derece duyarlı ve aydın bir kişiliği olan babası, giydiği elbiseden oturduğu evine dek kullandığı hemen her şeyi kendi elleriyle yapan "garip" bir insandı. Öyle ki, oğlu sekiz yaşında okula başladığında, babasının özenle hazırladığı gösterişli giysi içinde bir süre okul arkadaşlarının alay konusu olmuştu. Maxwell'in yaşam boyu süren çekingenlik ve dil tutukluğunda, belki de küçük yaşında başından geçen bu olayın etkisi olmuştur.

Maxwell'ın başarısını üstün yetenek ve sezgi gücüne borçlu olduğu yadsınamaz; ama, bilimsel ilgilerinin gelişmesinde babasının payı büyüktür. Baba üyesi olduğu Edinburg Kraliyet Akademisinin toplantılarına oğluyla birlikte katılıyordu. Bu arada çocuk gene babasının sağladığı olanakla her fırsatta Edinburg Gözlemevi'ne uğrayarak gezegen ve yıldızların devinimlerini izlemekteydi. Bu gözlemlerin ilerde Saturn gezegeninin halkaları üzerindeki ödüllendirilen matematiksel çalışmasına zemin hazırladığı söylenebilir.

Bilim tarihinde 19. yüzyılın ilk yarısı özellikle elektrik, manyetizma ve ışık konularındaki çalışmaların ön plana çıktığı bir dönemdir. Işığın dalgalar biçiminde ilerlediği görüşü yaygınlık kazanmış; ayrıca, kristal aracılığıyla istenen yönde kutuplaştırabileceği deneysel olarak gösterilmişti. Ne var ki, elektrik, manyetizma ve ışık arasındaki bağıntı henüz yeterince bilinmediğinden bu olaylar bağımsız araştırma konuları olarak ele alınmaktaydı. Maxwell'in 1850'de bu olayların ilişkilerini belirlemesiyle fizikte bir bakıma Newton'unki çapında yeni bir devrimin temeli atılmış oldu.

Newton'un gravitasyon kuramı, evreni mekanik bir modele indirgeyerek açıklıyodu. Bu modelde, değişik büyüklükteki kütlesel nesnelerin, elektrik yükleri gibi, biribirini etkilediği temel varsayımdı. Faraday bir adım ileri giderek elektrik yüklerinin yalnız biribirini değil çevrelerini de etkilediği görüşüne ulaşır, "elektromanyetik güç alanı" dediği yeni bir kavram oluşturur. Ona göre bu alan uzayda diğer fiziksel nesnelerden bağımsız, kendine özgü bir gerçeklikti. Değişen manyetik alanın bir iletkende elektrik ürettiğini saptayan Faraday, bu olayı "elektromanyetik indüskiyon" diye nitelemişti. Faraday'ın deneysel buluşlarıyla bir tür büyülenmiş olan Maxwell, daha ileri giderek, söz konusu etkinin yalnız iletkende değil, uzayda da oluştuğunu; üstelik, değişen elektrik alanın da manyetizma ürettiğini gösterir. 1873'de yayımlanan *Elektrik ve Manyetizma Üzerine İnceleme* adlı kitabında ortaya koyduğu denklemlerden, elektrik ve manyetik etkilerin uzayda ışık hızıyla yol aldığı sonucu da çıkmaktaydı.

Işığın yapı ve niteliği bilim adamları için sürgit bir "bilmece" konusu olmuştu. Işık kimine göre dalgasal nitelikteydi, kimine göre parçacıklardan oluşmuştu. Maxwell ise ışığı uzayda dalgasal ilerleyen hızlı titreşimli bir elektro-manyetik alan diye niteliyordu. Her biri değişik titreşim frekansıyla ilerleyen değişik renklerin oluşturduğu ışık, ona göre, elektromanyetik titreşimler skalasında yer alan olaylardan yalnızca biri olmalıydı. Işığın yanı sıra başka elektromanyetik radyasyon formlarının varlığı da araştırılmalıydı. Maxwell'in kuramsal olarak varsaydığı olaylar ölümünden az sonra deneysel olarak belirlenir. Hertz'in düşük frekanslı radyo dalgaları ile Röntgen'in yüksek frekanslı X-ışınları Maxwell'in öndeyisini doğrulayan bulgulardır. Şimdi bildiğimiz gibi, radyasyon spektrumundaki dalga sıralaması, bir uçta, radyo dalgalarından; öbür uçta, gama ışınlarına uzanan mikro-dalga, kızıl-altı, ışık, ultra-violet, X-ışınları gibi titreşim frekansı giderek yükselen formları içermektedir.

Maxwell de Faraday gibi evreni dolduran son derece ince ve esnek bir ortamı varsayıyordu. Daha sonra vazgeçilen yerleşik görüşe göre elektromanyetik etkilerin dalgasal yayılımı ancak "esir" denen öyle bir ortamla olasıydı. Elektromanyetik dalgaları ilk sezinleyen Faraday olmuştur. Ancak ışığın tüm özelliklerini bu dalgalarla açıklayan matematiksel kuramı Maxwell'e borçluyuz. Maxwell'in bu amaçla formüle ettiği "vektör analizi" diye bilinen matematiksel teknik ile çok sayıda olayı kapsayan ve şimdi "Maxwell denklemleri" diye geçen dört denklem modern elektromanyetik kuramın özünü oluşturur. Bu denklemler, kuan-

tum ve relativite teorileriyle dalga mekaniğini gerektirmeyen olgular için bugün de geçerliğini sürdürmektedir.

Başlangıçta, Maxwell'in getirdiği kuramsal açıklamalara karşı çıkıldığını biliyoruz. Bir kez, denklemlerine dayalı öndeyileri olgusal olarak henüz yoklanıp doğrulanmamıştı. Sonra kuramı, ışığa özgü yansıma ve kırılma olaylarını açıklamada yetersiz görülüyordu. Ne var ki, bu yetersizlikler çok geçmeden aşılır, elektromanyetik kuram açıklama gücü ve doğrulanan öndeyileriyle yerleşik bir teori, bir "paradigma" konumu kazanır.

Maxwell'in başarısı ne denli vurgulansa yeridir. Temelde kuramsal olan çalışması daha sonra yol açtığı uygulamalı gelişmelerle göz kamaştırıcı bir önem kazanır. Maxwell bilim tarihinde sayılı devler arasında yer almışsa, bunu çıkar gözetmeyen katıksız entellektüel çabasıyla gerçekleştirmiştir.

Faraday içine doğduğu olumsuzlukları, öğrenme merakının sağladığı direnç ve uğraşla aşarak bilimin öncüleri arasına katılmıştı. Maxwell ise içine doğduğu varlığın çekici rehavetine düşmeksizin, bilimin uzun ve yoğun uğraş gerektiren çetin yolunda kendini yüceltti.

Ivan Pavlov
(1849-1936)

Son derece sabırlı, kendine güvenen, coşku dolu bir bilimadamı olan Pavlov, daha sonra "koşullanmış refleks" adını vereceği, alışkanlığa bağlı davranışlar üzerinde çalışmalar yaptı. Sindirim sistemi üzerindeki çalışmalarında olduğu gibi, bu çalışmasında da denek (kobay) olarak köpekleri kullandı.

Bir çoğumuz apansız şimşek çaktığında, ya da beklenmedik bir çığlık duyduğumuzda yerimizden sıçrarız. Bu davranış bir tehlike karşısında olduğumuz düşüncesinden doğmamakta, doğrudan oluşmaktadır. Düşünmek için zaman da yoktur zaten. Karanlıktan aydınlığa çıktığımızda gözlerimiz elimizde olmadan kamaşır; sert bir hareketle yüzyüze geldiğimizde irkiliriz. Nefes borumuza küçük bir yemek kırıntısı kaçtığında öksürmeye, üşüdüğümüzde titremeye başlarız.

İstenç dışı oluşan bu tür davranışlara refleks denir. Yeni doğan çocuğun ağlaması tipik bir reflekstir; herhangi bir öğrenme ya da koşullanma gerektirmez. Refleks, insana özgü bir davranış değildir; daha çok hayvanların sergilediği doğal bir tepkidir. Davranışlarımızın küçük bir bölümünü kapsayan doğal tepkilerimizi değiştiremeyiz. Oysa sosyal ilişkiler içinde kazandığımız davranışlarımızın genellikle basit bir "etki -

tepki" tekdüzeliği içinde kaldığı söylenemez; bunlar arasında refleks görünümünde olanlar bile değişime açıktır. Bu, bir ölçüde hayvanlar için de doğrudur. Sirk hayvanlarının bizi eğlendiren, çoğu kez hayrete düşüren becerileri "refleks" dediğimiz doğal tepkiler değil, öğrenilmiş davranışlardır. Bir aslan ancak belli bir eğitim sürecinden sonra ateş çemberinden atlayarak geçer. Ayının tef eşliğinde dansetmesi, köpeğin iki ayağı üstünde durması ya da sahibinin fırlattığı topu kapıp getirmesi doğal tepki değil, kazanılan birer alışkanlıktır. Bir beceri, yerleşik bir alışkanlığa dönüşünce, düşünme gerektirmeyen refleks türünden bir davranış haline gelir, belli bir uyarıyla istenç dışı olarak açığa çıkar. Örneğin, sorulduğunda adımızı hemen söylememiz; "iki kere iki kaç eder" sorusunu "dört" diye yanıtlamamız; telefon çaldığında ahizeyi kaldırır kaldırmaz "alo" dememiz; gömleğimizi iliklememiz, ayakkabı bağını bağlamamız, vb. davranışlarımız düşünme gerektirmeyen refleks türünden hareketlerdir.

Ilk bakışta, doğuştan sahip olduğumuz reflekslerle, sonradan kazandığımız yüzme, konuşma, dansetme gibi becerilerimizi ayırınak kolay değildir. Bu tür alışkanlıkların oluşumuyla ilk ilgilenen bilimadamı, Rus fizyoloğu İvan Pavlov olmuştur.

Bir köy papazının oğlu olan Ivan, daha küçük yaşta okumaya, öğrenmeye olağanüstü ilgi gösteriyordu. Çocuğun bu ilgisini farkeden ailesi, onun iyi bir eğitim alması yolunda adeta seferber oldu. Orta öğretim yıllarında, seminerine katıldığı bir öğretmeninin teşvikiyle, Ivan bili-

me yöneldi ve araştırma merakı giderek onda yaşam boyu sürecek bir tutkuya dönüştü. Genç araştırmacı liseyi bitirir bitirmez St. Petersburg Üniversitesi Doğa Bilimleri Fakültesi'ne başvurdu. Fizyolojiye duyduğu özel ilgi nedeniyle yüksek öğrenimini tıp alanında tamamladı, ama hekim olarak çalışmadı. Tek amacı kendi eliyle kurduğu bir laboratuvarda araştırmalarını sürdürmekti. Ancak parasal olanakları kısıtlıydı. Sonunda özel bir klinikle ortaklaşa küçük bir laboratuvar kurmayı başardı. Pavlov, donanımı yetersiz olan bu yerde tek başına çalışmaya koyuldu. Uzun süre bir asistan bile tutamadı. Ne var ki, genç bilimadamı kararlıydı. Çok geçmeden deneyleriyle bilim çevrelerinin dikkatini çekmeyi başardı ve böylece Tıp Akademisi'ne profesör olarak atandı. Bir süre sonra da yeni kurulan Deneysel Araştırma Enstitüsü'nün başkanlığına getirildi. Ozellikle sindirim sistemi üzerindeki araştırmasıyla adı uluslararası bilim çevrelerinde duyulan Pavlov, 1904'de Nobel Odülü'nü kazandı. Işlediği ana tez, sindirim dahil, bedensel tüm fonksiyonların sinir sisteminin denetiminde olduğuydu (o zaman hormonların sindirim sürecindeki rolü henüz bilinmiyordu).

Son derece sabırlı, kendine güvenen, coşku dolu bir bilimadamı olan Pavlov, eskiden beri ilgilendiği bir konuya dönmeye karar verdi. Bu konu, onun daha sonra "koşullanmış refleks" adını vereceği, alışkanlığa bağlı davranışlardı. Pavlov, sindirim sistemi üzerindeki çalışmalarında olduğu gibi, bu yeni çalışmasında da denek (kobay) olarak köpekleri kullandı.

Bilindiği üzere, yiyecek (örneğin bir kemik ya da et parçası) gördüklerinde köpeklerin ağızları sulanır, kimi hallerde salyaları akar. Aslında bu doğal refleks, derece farkıyla insanlarda da görülen bir olaydır. Ayrıca insanların ağzının sulanması için, doğrudan yiyecek görmeleri de gerekmemektedir. Yatılı okul öğrencileri, öğle yemeği öncesi zilin çalmasıyla ağızlarının nasıl sulandığını çok iyi bilirler.

Pavlov, aynı koşullanmanın köpeklerde de olup olmadığını ortaya koymak istedi. Yaptığı deney basitti: Odasında tuttuğu köpeğe bir zil sesinden sonra yiyeceğini verdi. Bu uygulama düzenli olarak birkaç hafta sürdürüldükten sonra köpeğin ağzının sulandığını gördü. Hayvan doğrudan yiyeceğe gösterdiği refleksi artık zil sesine de göstermekteydi.

Başka bir deneyinde Pavlov, zil sesi yerine uyarıcı olarak biri çembersel, diğeri oval biçimde iki ışık kullandı. Köpeğe, yiyeceğini çembersel ışıktan sonra verip, oval ışıktan sonra vermemeye başladı.

Bir süre sonra köpeğin çembersel ışığa refleks gösterdiğini, oval ışığa ise göstermediğini; ancak, oval ışığı çembersel ışığa dönüştürme süreci başlayınca, hayvanın ayırdetme sıkıntısına düştüğünü ve çok geçmeden hırçınlaşarak sağa sola koşup havlamaya başladığını saptadı (Neyse ki Pavlov, koşullanmayı çözme yöntemiyle köpeği içine düştüğü bunalımdan kurtarmıştır!).

Bu sonuç kuşkusuz, hayvanların da insanlar gibi deneyimler yoluyla refleksler kazanabilecekleri anlamına gelmektedir.

Pavlov bu kadarla yetinmemiş ve yine deneysel olarak, hayvanların da insanlar gibi koşullanmayla edinilmiş reflekslerden kurtulabileceğini göstermiştir. Ağız sulanması refleksine dönelim: Yukarıda belirtildiği üzere, refleksin kurulmasına yönelik ilk aşamada, yiyecek verilmeden önce zil çalınmaktaydı. Bu aşamada köpeğin bir süre sonra zil sesiyle yiyecek beklentisi içine düştüğünü biliyoruz.

Koşullanmayı çözmeye yönelik ikinci aşamada, zil çaldığı halde yiyecek verilmez; beklenti giderek zayıflamaya yüz tutar; sonunda zil sesi etkisini yitirir, koşullanma kırılır. Zil sesine karşın hayvanda refleks görülmez olur. Bu, hayvanlarda da koşullanmış davranışın doğal reflekse dönüşmediği anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle, deneyimle kazanılan (ya da yitirilen) bir refleks, salt fizyolojik bir olay değil, kimi ruhsal yetileri de içeren, psikolojik bir davranıştır. Pavlov'un ulaştığı bu sonucun, yüzyılımızın ilk yarısında büyük bir atılım içine giren "Davranış Psikolojisi" dediğimiz Behaviorism'e yol açtığı söylenebilir.

Sindirim sistemi üzerindeki çalışması Pavlov'a Nobel Odülü'nü kazandırmıştı; ama onu dünya ölçüsünde ünlü kılan, koşullanmış refleks çalışması oldu. Bolşevik devriminden sonra Sovyetler Birliği Pavlova üstün bir saygınlık tanır. Bu belki de onun yöntemiyle 'Halkların" Marxist ideolojiye kolayca koşullandırılabileceği beklentisinden ileri gelmiştir.

Ivan Pavlov köpekler üzerindeki deneyleriyle insan davranışlarını inceleyen psikologlara gerçekten önemli bir ışık tutmuştu. Ne var ki,

insan davranışlarının salt koşullanmış reflekslere indirgenemeyeceği yetmiş yıllık Sovyet deneyiminin sonuçsuz kalmasıyla açıklık kazanmıştır.

Marie Curie
(1867-1934)

"Artık dayanamadığım bu aşağılık dünyaya veda etmek istiyorum. Neyse ki yokluğum büyük bir kayıp olmayacak!" Bu sözler genç yaşında sevgilisine kavuşamayan güzel bir kızın mutsuzluk çığlığı. Bu kız onyedi yaşında iken ilerde iki kez Nobel Ödülü kazanan tüm zamanların en büyük bilim kadını olacağını nasıl bilebilirdi ki. Hem de doğup büyüdüğü ülkesinde değil, öğrenim için gittiği yabancı bir ülkede!

Manya Sklodowska, Polonya'nın başkenti Varşova'da dünyaya geldi. Köy kökenli ana babası salt eğitim tutkusuyla genç yaşlarında başkente göçmüşlerdi. Babası lisede fizik ve matematik öğretmeni, annesi usta bir piyanist olmuştu. Manya on yaşına geldiğinde annesinin ölümüyle yaşamının ilk derin acısına gömüldü. O dönemde Polonya, Çarlık Rusya'nın egemenliği altındaydı. Özgürlük arayışlarına olanak tanınmamakta, küçük bir kıpırdama "isyan" diye acımazsızca bastırılmaktaydı. Yabancı boyunduruğunda olmayı içine sindiremeyen toplumun aydın kesiminde yer alan Manya'nın babası çok geçmeden okuldaki görevinden uzaklaştırıldı. Dört çocuklu aile için sıkıntılı günler başlamıştı ama baba kararlıydı. Çocuklarının eğitimi için hiç bir özveriden geri kalmayacaktı. Manya, liseyi birincilikle bitirdi ve altın madal-

yayla ödüllendirildi. Kendisinden önce iki kardeşi de aynı ödülü almışlardı. Yüksek öğrenim olanağı bulamayan Manya baba ocağı köye gönderildi; ilerde özlemini hep duyduğu, bir yıl süren güzel bir tatil yaşadı. En çok hoşlandığı şey de, gece yarılarına uzanan danslı eğlencelere katılmaktı.

Manya Varşova'ya döndüğünde yeniden üniversiteye gitme olanağı aramaya koyuldu. Amacı ablası gibi Paris'e gidip Sorbonne'da okumaktı. Ama buna elverecek mali desteği nasıl bulacaktı? Tüm başvuruları sonuçsuz kalmıştı. Sonunda ablası ile ortak bir çözüm yolu buldular: Önce Manya bir işe girip ablasına öğrenim desteği sağlayacak, sonra üniversiteyi bitirdiğinde ablası Manya'yı destekleyecekti.

Manya işe soylu geçinen bir Rus ailesinde mürebbiye olarak başladı. Sonra entellektüel düzeyi daha yüksek bir ailenin yanına geçti. Yıllarca para gönderdiği ablası mezun olunca, okuma sırası Manya'nındı artık. Yirmi üç yaşında Sorbonne Üniversitesi Fen Fakültesi'ne kaydolunca düşlediği dünyasına kavuştu. "Manya" adı Fransızca'daki söylenişiyle "Marie" ye dönüşen genç kız istençle başladığı dört yıllık öğrenimini, sobası bile olmayan bir çatı katında çoğu günler peynir, ekmek ve çayla yetinerek sürdürdü. Ne var ki, yoksunluk Marie'nin direncini kırmayıp, tam tersine artırdı: Coşkulu öğrenci matematik, fizik, kimya ve astronominin yanı sıra müzik ve şiir derslerine de katıldı. Mezun olur olmaz Fizik'te Master derecesi için girdiği sınavda birinci oldu. Bir yıl sonra da Matematik'te Master çalışmasına başladı.

Marie yirmiyedi yaşına gelmişti. Çalıştığı laboratuarda araştırma yapan genç bilim adamı Pierre Curie ile tanıştı. Pierre de olağanüstü bir yetenekti: Daha onaltı yaşında iken üniversiteyi bitirmiş, onkesiz yaşında fizikte master derecesi almıştı. Elektrik ve manyetizma alanındaki araştırmalarıyla daha genç yaşta dikkatleri çekmeye başlamıştı. Yaşamını bilime adamış Pierre karşı cinse önyargıyla bakmaktaydı. Ona göre, "dahi" diyebileceğimiz kadın yok denecek kadar azdı. "Sıradan kadın ise ciddi kafalı bilim adamı için bir ayak bağı olmaktan ileri geçmez," diyordu. Genç bilim adamı otuzbeş yaşındaydı. Marie ile karşılaşıncaya dek deneyimleri hiç de olumlu olmamıştı. Şimdi "yok denecek kadar az" dediği kadını bulmuştu. Araştırmalarını yan yana aynı alanda sürdüren Marie ile Pierre, yalnız yaşamlarını değil, bilimsel uğraşlarını da birleştirmekte gecikmediler.

Bu bilimsel buluşların biribirini izlediği bir dönemdi. Almanya'da Roentgen "X-ışınları" dediği katı cisimlerden bile geçen çok güçlü bir ışın keşfetmişti. Fransa'da ise yoğun çalışmalarıyla ünlü fizikçi Becquerel gündemdeydi. Becquerel, deneylerine dayanarak uranyum maden filizinde uranyum dışında başka bir elementin daha bulunduğu kanısındaydı; düşüncesini deney becerisine hayranlık duyduğu Marie Curie'ye iletti. Sorunu eni konu irdeleyen karı koca Curie'ler söz konusu elementin bilinen bir element değil, yeni bir element olduğu sonucuna ulaştılar ve ellerindeki araştırmalarını bir yana iterek çok ilginç buldukları bu soruna açıklık getirmeye koyuldular.

Uranyum maden filizi pahalı bir meta idi; o zaman yalnızca bir ülkeden (Avusturya'dan) sağlanabilirdi. Curie'ler kısıtlı mali olanaklarıyla filizi olduğu gibi değil, uranyumu alınmış kalıntısını satın alabilirlerdi ancak. Becquerel gibi onlar da yeni elementin kalıntıda olduğuna emindiler. Avusturya hükümeti istenen kalıntıyı taşıma ücreti pahasına göndermeyi kabul etti. Curie'ler tonlarca uranyum filiz kalıntısını laboratuvar diye hazırladıkları derme çatma ahşap barakalara yığdılar. Bundan sonrası, bilim tarihinin bildiğimiz en yorucu ve yıpratıcı araştırma uğraşıydı. İşe kalıntıyı ocak üzerinde kocaman kazanlarda kaynatıp arındırma işlemiyle başlandı. Eriyik, sürekli karıştırılarak filtreden geçirildi. Kapalı yerde çıkan gaz çoğu kez dayanılamayacak yoğunlukta olduğundan kazanlar, hava koşulları elverdiğinde, üstü açık avluya taşınıyordu. 1896 yılı boyunca kaynatma, süzme işi aralıksız sürdürüldü. Yorgun düşen Marie kışın gelmesiyle zatürree'ye yakalanıp yatağa düştü; üç ay iş tümüyle Pierre'in omuzlarında kaldı. İki yıl süren süzme ve arındırma sonunda az miktarda bizmut bileşiği elde edildi. Bu bileşimin uranyumdan 300 kat daha aktif olduğu göz önüne alındığında bu bile küçümsenecek bir başarı değildir. Üstelik, bu, bizmut bileşiminde bilinen elementlerden başka bir şeyin daha olduğu demekti. Marie var gücüyle bu bilinmeyen şeyi ortaya çıkarmaya koyulabilirdi artık. 1898'de Marie ülkesinin adıyla andığı "Polonyum" elementini bulduklarını açıkladı. Ne var ki, sorun henüz tam çözülmüş değildi; çünkü, polonyum çıkarıldıktan sonra geri kalan posa-

nın çok daha güçlü olduğu görüldü. Süzme ve arındırma işi bitmemişti. Curie'lerin yılmadan, usanmadan sürdürdükleri çetin uğraş, sonunda hedefine ulaştı: Işın etkinliği yüksek radyum elementi bulundu.

Radyum gerçekten bulunması yolunda verilen tüm emek ve zamana değen ilginç bir elementtir. Radyoaktifliği uranyumdan yaklaşık bir milyon kat daha fazladır. Fotograf filmi üzerinde ışığa duyarlı maddeyi, film ışık geçirmez kağıda sarılı olsa bile, kolayca etkiler. Havadaki gazların moleküllerini iyonize ederek gazların elektrik taşımasını sağlar; ayrıca, diğer bileşimlerle karıştırıldığında floresans üretme gücüne sahiptir. Radyum ışınları tohumların büyümesini önleyebilir; bakterileri, dahası küçük hayvanları öldürebilir. Bu ışınların bugün kanserin ve bazı deri hastalıklarının tedavisinde kullanıldığını biliyoruz. Radyumun bir özelliği de, enerji saldıkça kendini tüketmesi, basit atomlara dönüşmesidir.

Sanayi çevrelerinden gelen ısrarlı taleplere karşın, buluşlarını satma yoluna gitmeyen Curie'ler, 1903'de fizikte Nobel Ödülü'nü Bacquerel ile paylaştılar. Böylece uzun yıllar biriken araştırma masraf borçlarını ödeme olanağına kavuştular. Pierre Curie Sorbonne'a profesör olarak çağrıldı. İki çocuklu aile artık daha rahat ve mutlu bir yaşam içindedir. Ne yazık ki, aileyi, mutsuzluğa gömen bir trafik kazası bekliyordu: 1906'da Pierre Curie bilimsel bir seminerden çıkıp evine yürürken atlı bir arabanın altında kaldı, kaza yerinde yaşamını yitirdi. Dünyası bir anda kararan Marie kurtuluşu tekrar laboratu-

ara dönmekte buldu. Her gece uykuya yatmadan o günkü çalışmasını yazdığı bir mektupla artık birlikte olmadığı kocasıyla paylaşmak istiyordu. Kimi çevrelerin karşı çıkmasına karşın, Fransa yerleşik normları bir yana iterek Marie Curie'ye kocasından boşalan kürsüyü önerdi. Öğretim göreviyle birlikte araştırma etkinliğini de sürdüren bayan profesör, radyumu yalın biçimiyle elde etmeyi başardı, 1911'de ikinci kez Nobel Ödülü'nü aldı.1934'de öldüğünde, ünlü bilim kadınının yıllarca radyum ışınlarının etkisinde kalan iç organlarının nerdeyse tümüyle yıkım içinde olduğu görüldü. Keşfettiği radyum bir bakıma ondan öcünü almıştı.

Max Planck
(1858 - 1947)

Ünlü deneysel fizik bilgini Rutherford, 1923'te İngiliz Bilimler Akademisi'nde ortalığı bastıran gür sesiyle, "Fiziğin şahlandığı bir çağda yaşıyoruz!" diyordu. Bu şahlanışın öncülerinden biri Einstein, biri de Planck'tı kuşkusuz. Einstein, görecelik kuramlarıyla klasik mekaniğin temel ilkelerini aşmış; uzay, zaman ve gravitasyon kavramlarına yeni boyutlar kazandırmıştır. Planck ise enerji ve radyasyon üzerindeki çalışmalarıyla kuvantum teorisinin temellerini atmıştı.

Max Planck, Almanya'da entelektüel bir aile çevresinde büyür. Babası hukuk dalında, seçkin bir profesördü. Orta öğrenimini Münich'te Max Millian Jimnazyumu'nda tamamlayan Max, bilime gönül vermiş bir öğretmenin etkisinde fiziğe özel bir ilgiyle bağlanır; bir yandan da ailesinin sağladığı olanakla piyano dersleri alır. Fizik öğrenimi için üniversiteye başvurduğunda, dönemin büyük fizikçisi Hermann Helmholtz, "Fizik'te artık yapılacak fazla bir şey kalmamıştır; ilerlemeye açık başka bir bilim dalını seçsen daha iyi olur." demişti. Ama Max, çocukluk hayalinden kopmamaya kararlıydı. Üstelik, üniversite öğreniminde, Helmholtz ve Kirchhof gibi gerçekten seçkin profesörlerin öğrencisi olmanın kendisi için kaçırılmaz bir fırsat olduğunu bili-

yordu. Münich ve Berlin üniversitelerinde öğrenimini sürdüren genç fizikçinin hidrojen çözülümüne ilişkin doktora tezi, tüm meslek yaşamındaki tek deneysel çalışması olarak kalacaktı. Asıl ilgi alanı matematiksel fizik olan Planck, olağanüstü yeteneğiyle kısa sürede meslek çevresinin dikkatini çeker; daha otuz yaşında iken Berlin Üniversitesi fizik kürsüsüne atanır.

Planck'ın uzmanlık alanı, "termodinamik teori" diye bilinen ısı bilimiydi. Yanan bir ampule dokunulduğunda hemen algılanacağı gibi ısı ile ışık birbirine ilişik olaylardır. Işık radyasyonu üzerinde çalışırken Planck bir sorunla karşılaşır. Klasik fiziğin, "Enerjinin Eşit-bölünme Teoremi"ne göre kor halindeki bir cisimden salınan radyasyonun, hemen tümüyle, dalga uzunluğu olası en kısa dalgalardan ibaret olması gerekiyordu. Bu, küçük bir ısının bile son derece parlak bir ışık vermesi demekti. Öyle ki, vücut ısımızın bizi bir ampul gibi ışıtması beklenirdi. Radyasyon enerjisi sürekli bir akış olarak varsayıldığından, spektrumun kısa dalga (yüksek frekans) kesiminin alabildiğine geniş olması, hatta sınırsız uzaması gerekirdi. Başka bir deyişle dalga uzunluğunun giderek kısalmasıyla enerjinin sonsuza doğru artması söz konusuydu. Fizikçiler bu beklentiyi "mor ötesi katastrof" diye niteliyorlardı. Oysa, deney sonuçları spektrumda çok değişik bir enerji dağılımı ortaya koymaktaydı. Bir kez deney, hiçbir maddenin, ne denli akkor haline getirilirse getirilsin, sonsuz enerji salacağını kanıtlamıyordu. Sonra çıkan enerjinin büyük bir bölümünün orta dalga uzunluktaki kesimde olduğu görülüyordu. Yer-

leşik kuram ile deney sonuçları arasındaki tutarsızlık gözden kaçmayacak kadar açıktı. Sorun deneysel verilere dayalı hesaplamalarda bir hatadan kaynaklanmıyor idiyse, yerleşik kuramın yetersizliği söz konusu olmalıydı.

Planck'ın yetkin örnek olarak aldığı kara-cisim üzerinde yürüttüğü kuramsal çalışması 1900'de yayımlanır. Çalışmanın dayandığı temel düşünce şuydu: Madde her biri kendine özgü titreşim frekansına sahip ve bu frekansla radyasyon salan vibratörlerden ibarettir. Gerçi bu düşüncenin yürürlükteki kurama ters düşen yanı yoktu: Ne var ki, Planck aynı zamanda vibratörlerin enerjiyi sürekli bir akıntı olarak değil, bir dizi kesik fışkırmalarla saldığı görüşünü de ileri sürmekteydi. Bu demekti ki, belli bir frekanstaki bir osilatörün saldığı veya aldığı enerji ancak tam birimler biçimde olabilir; birim kesirleriyle olamazdı. Planck'ın çözüm arayışında başvurduğu istatistiksel yöntemin de, inceleme konusu ilişkilerin sayılabilir olmasını gerektirmesi, radyasyon enerjisinin bireysel bölümlerden oluştuğu varsayımını kaçınılmaz kılıyordu.

Önerilen çözüm basatti: Gözlem sonuçlarıyla bağdaşmayan sürekli akış varsayımından vazgeçmek! Ne var ki, şimdi oldukça açık ve mantıksal görünen bu çözümün o dönemde hemen benimsenmesi bir yana, akla yakınlığı bile kolayca düşünülemezdi. Doğanın sürekliliği bir hipotez ya da sıradan bir varsayım olmanın ötesinde doğruluğu sorgulanmaz bir inançtı adeta! Newton mekaniği gibi Maxwell'in elektromanyetik teorisi de doğanın sürekliliğini içeriyordu.

Nitekim elektromanyetik teoriyi deneysel olarak doğrulayan Hertz, ışığın dalga teorisine değinerek bu teoriyle fiziğin değişik kollarının sağlam, tutarlı bir bütünlük kazandığını belirtmekten geri kalmaz.

Yerleşik bir kuramı sorgulamak kolay değildir gerçekten. Hele yeni bir kuram oluşturmak, üstün zekâ ve hayâl gücünün de ötesinde yüreklilik ister. Doğrusu, Planck'ın, getirdiği çözümle devrimsel bir gelişmeyi başlattığının farkında olduğu; dahası çözümünün, bağlı olduğu klasik fiziği sarsabileceğini öngördüğü söylenemez. Ama onun yadsınamaz yanı, karşılaştığı soruna gösterdiği olağanüstü duyarlılıktı. Bir özelliği de özentisiz olmasıydı: Çözümüne deneysel verileri matematiksel olarak dile getiren masum bir formül gözüyle bakıyordu. Oysa, "kuvantum" dediği bir enerji paketi ile bir dalga frekansı arasındaki ilişkiyi belirleyen denklemi ($E = h.f$), bilimde yeni bir devrimin temel taşıydı [Denklemde E enerjiyi, f radyasyon frekansını, h ise "Planck değişmezi" denen sayıyı ($6{,}62.10^{-34}$ Joule-saniye) göstermektedir]. Buna göre, bir enerji kuvantumu, dalga frekansıyla Planck değişmezinin çarpımına eşittir (ışık hızı gibi doğanın temel değişmezlerinden sayılan h, herhangi bir radyasyon enerji miktarının dalga frekansına orantısını simgelemektedir).

Planck'ın önerdiği hipotez başlangıçta hiç değilse ışığın dalga teorisine doğrudan bir tehlike oluşturmuyordu, belki. Ama klasik fiziğin önemli bir ilkesi olan doğanın sürekliliği varsayımı sarsılmıştı. "Doğa asla sıçramaz" anlamına gelen eski Latince özdeyiş, "Natura non facit sal-

tus" geçerliliğini sürdüremezdi artık! Kaldı ki, çok geçmeden Einstein'in 1905'te ortaya koyduğu "Fotoelektrik Etki" diye bilinen teorisiyle ışık da kuvantum teorisinin kapsamına girer. Böylece ısı, ışık, elektromanyetizma vb. radyasyon türlerinin tümünün kuvanta biçiminde verilip alındığı hipotezi doğrulanmış olur. Bu hipotez daha sonra Bohr, Schrödinger, Heisenberg vb. bilim adamlarının önemli katkılarıyla çağımız fiziğine egemen kuvantum mekaniğine dönüşür. Planck, istemeyerek de olsa bu büyük devrimin öncüsüydü.

Çağımızın ünlü fizikçisi Max Born, Planck'ın bilimsel kişiliğini kısaca şöyle belirtmişti: "Yaratılıştan tutucu bir kafa yapısına sahipti; "devrimsel" diyebileceğimiz hiçbir eğilim ve özentisi yoktu. Olguları aşan spekülasyonlardan da hoşlanmazdı. Ne var ki, salt deney verilerine olan saygısı nedeniyle, fiziği temelinden sarsan en devrimci düşünceyi ileri sürmekten de kendini alamadı."

Bu erdemli kişi, ne yazık ki, uzun yaşamını trajik bir kararla noktalamak zorunda bırakılır. Yedi çocuğundan yaşamda kalan tek oğlu 1944'te Hitler'e suikast suçlamasıyla yakalananlar arasındaydı. Nazi yöneticilerinin yaşlı Planck'a önerileri "basit" olduğu kadar korkunçtu: "Nazizme inanç ve bağlılık duyurusunu imzala, oğlun idamdan kurtulsun!"

Planck, tek umudu olan oğlunun ölümü pahasına, yaşam anlayışına ters düşen duyuruyu imzalamaz!

Ernest Rutherford
(1871 - 1937)

Yüzyılımızın başında bilimde yer alan büyük devrimsel atılımlar genellikle "Planck" ve "Einstein"ın adlarıyla bilinir. Oysa onların kuramsal atılımlarının yanısıra, sonuçları bakımından son derece önemli deneysel çalışmalar da vardır. Bunların başında, Marie Curie ve Ernest Rutherford'un radyoaktivite üzerindeki çalışmaları gelir. Rutherford, dış görünümüyle bir bilimadamından çok bir "çiftlik kâhyası" ya da bir "aşiret reisi"ni andırmaktaydı. Esmer, irikıyım yapısı, gür sesi ve pos bıyığıyla yabanıl ve ürkütücü; her yönüyle heybetli bir kişiydi. Laboratuvarında bir şey tersine gitmesin; kükreyen sesi ortalığı sarsar, asistanlar suspus olurlardı. Oysa bu kızgınlık gelip geçiciydi; onun hiç bir yapmacığa kaçmayan anlık sert davranışlarının gerisinde sıcak, sevecen yaradılışı saklıydı.

Ernest, Yeni Zelanda'da küçük bir çiftlikte dünyaya gelmiştir. İskoç göçmeni olan babası, araba tamircisiydi. Ernest, yoksul ve kalabalık bir ailenin içinde büyüdü. Ne var ki, daha küçük yaşta sergilediği olağanüstü öğrenme merakı ona çevredeki en iyi okulların kapısını açtı. Özellikle üniversitedeki parlak başarısıyla dikkatleri çekti ve kazandığı burs, bilim ateşiyle yanan delikanlının yaşamında yeni bir dönemin başlangıcı oldu. 1894'de, Cambridge Üniversite-

si ünlü fizik bilgini J.J. Thomson'un yanında çalışmak üzere İngiltere'ye geldi.

Üniversiteye bağlı Cavendish Laboratuvarı'ndaki ilk yılını radyo dalgaları, ikinci yılını yeni keşfedilmiş olan X-ışınları üzerindeki çalışmalarla geçirdi. Sonra, yaşam boyu uğraş konusu olan radyoaktivite üzerindeki araştırmalarına koyuldu. Adı kısa zamanda bilim çevrelerinde duyulan Rutherford'u 1898'de, Kanada'da McGill Üniversitesi, fizik profesörlüğüne çağırdı. Genç bilimadamı beklenmedik bu çağrı karşısında bir ikilem içine düştü: Bir yanda erişilmesi güç, saygın bir ünvan, öte yanda araştırma ortamı olarak bulunmaz nimet saydığı Cavendish Laboratuvarı. Rutherford 27 yaşındaydı. Kısıtlı bursu ile nişanlısını İngiltere'ye aldırtamaması bir yana; kendi yolculuğu nedeniyle yaptığı borcu bile ödeyemiyordu. Aldığı öneri ona bu olanakları da sağlayacaktı. Rutherford, sonunda ister istemez çağrıyı kabul etti. Karar isabetliydi: McGill'de geçirdiği yaklaşık on yıl içinde hem radyoaktif atomların kendiliğinden değişik nitelikte atomlara dönüştüğünü ispatlayarak Nobel Ödülü'nü kazandı; hem de atomun yapısına ilişkin olarak aranan açıklığı getiren çekirdek buluşunu ortaya koydu.

Birbirini izleyen başarılarına değinen bir meslekdaşı, "Sen gerçekten çok şanslı birisin: hep dalganın tepesinde seyrediyorsun," diye takıldığında, Rutherford'un yanıtı kısa ve çarpıcı olmuştur: "Unutma, o dalgayı ben kendim yarattım." Alçakgönüllülük bir yana, Rutherford çoğu kez insanları küçümserdi. Ona göre, bilim ya fizikti, ya da pul koleksiyonculuğu. Ama No-

bel Ödülü'nü fizikten değil, küçümsediği kimyadan almıştı. Hatırlatılınca, elementler gibi kendisinin de transmutasyona uğradığını söyleyerek, işi şakayla geçiştirirdi.

1887'de J.J. Thomson'un elektronu keşfetmesiyle, bilim dünyası yeni bir problemle karşı karşıya kalmıştı. Negatif elektrik yüklü elektronlar, hidrojen atom kütlesinin ikibinde biri kadardı; oysa hidrojen, en basit madde türü olarak biliniyordu. Üstelik Thomson, hangi elemente ait olursa olsun, atomların özdeş parçacıklar saldığı görüşündeydi. Bu da elektronların, sözü geçen parçacıkların bir bölümü olduğu anlamına gelmekteydi. Yanıtlanması gereken soru şuydu: Atomlar eskiden sanıldığı gibi basit, bölünmez birimler değilse, atomun yapısal özelliği ne olabilirdi? Thomson, atomun, içinde elektron taşıyan pozitif elektrik yüklü top biçiminde bir madde olduğunu ileri sürmüştü. Başka bir deyişle, atom basit değildi; ama katı, yoğun bir madde olmanın ötesinde birşey de değildi.

Rutherford'un radyoaktiviteye ilişkin ilk önemli buluşu, "alfa" ve "beta" dediği iki değişik ışının varlığını belirlemesiydi. Ayrıca, asistanı Soddy ile birlikte bir elementin bir başka elemente dönüşümünde radyoaktivitenin rolünü, deneysel olarak kanıtlamıştı. 1907'de McGill'den Manchester Üniversitesi'ne geçtiği zaman ilk ele aldığı problem atomun yapısıydı. Araştırmasında, beta parçacıklarından sekizbin kat daha yoğun olan alfa parçacıklarının işe yarayacağını düşündü. Hans Geiger ve Ernest Marsden adlı iki asistanını, alfa parçacıklarının ince bir altın yaprağına çarptığı zaman nasıl dağıldıklarını in-

celemekle görevlendirdi. Alınan sonuç beklentiye hiç de uygun değildi. Parçacıkların büyük çoğunlukla altın yapraktan doğrudan geçtiği gözlenmişti. Sanki altın yaprağın yapısında geçişi engelleyen hiç bir atom yoktu! Ama gözden kaçmaması gereken durum, yaprağa çarpan alfa parçacıklarının yaklaşık 20.000'de birinin geri sapmasıydı. Bu ne demekti?

Uzun bir bocalamadan sonra Rutherford bu gözlemin, atomun yapısına ilişkin ipucu verdiğini gördü: Atomun kütlesi neredeyse tümüyle, kapsamında son derece küçük bir yer tutan pozitif elektrik yüklü bir çekirdekte toplanmış olmalıydı. Çekirdeğin çevresinde hızla dönen elektronlar ise pozitif yükü dengeleyen negatif yüklü daha küçük parçacıklardı. Kısacası atom güneş sistemine benzer bir düzen sergilemekteydi. Alanı büyük ölçüde boş bir atom gözönüne alındığında, alfa parçacıklarının neden büyük bir çoğunlukla, hiç bir engelle karşılaşmamış gibi altın yapraktan geçtikleri açıklık kazanmaktaydı.

Mikroskopla görülebilen nesnelerden bile küçük olan atomdan daha da küçük olan çekirdek ve elektron gibi parçacıkları hayalde canlandırmak kolay değildir. Rutherford'un modelini çizdiği atomu bir futbol stadyumu büyüklüğünde düşünürsek, çevresinde birkaç sineğin döndüğü çekirdek, bu alanda bir golf topu büyüklüğünde olacaktır.

Rutherford, kuramcı bir bilimadamı değildi: Ona göre, her problemin çözümü deney sonuçlarıyla sınırlı tutulmalıydı. Öyle ki, ortaya koyduğu atom modelinin kuramsal açıklama gerektiren önemli bir sonucuna duyarsız kalmıştı. Üste-

lik atom modeline ilişkin deneysel kanıtları, yerleşik fizik yasalarıyla da tam bağdaşır değildi. Örneğin, negatif yüklü elektronlar belirtildiği gibi gerçekten çekirdek çevresinde hızla dönüyorlarsa, bunların da devinen diğer elektrik yükleri gibi, radyasyon oluşturmaları gerekirdi. Bir elektrik yükünün, antende yukarı ve aşağı hareket ettirildiğinde radyasyon üretmesi buna bir örnektir. Çekirdek çevresinde dönen elektron, gerçekten radyasyon çıkarsaydı, çok geçmeden yavaşlayıp çekirdeğe kapanması ve atomun tümüyle çökmesi beklenirdi (Soruna kuramsal açıklamayı ortaya koyan kişi, daha sonra Rutherford'un seçkin öğrencisi olan Niels Bohr'dur).

Rutherford 1908'de Nobel Ödülü'nü, 1914'de "Lord" ünvanını aldı. 1919'da Cavendish Laboratuvarı'nın başına geçti. Cavendish onun yönetiminde çok geçmeden dünyanın başta gelen deneysel fizik merkezi oldu. Burada giriştiği ilk çalışmalardan biri, yine alfa parçacıklarını kullanarak bir elementin başka bir elemente yapay dönüşümünü gerçekleştirmek oldu. Deneyde, alfa parçacıklarının, nitrojen atomları gibi daha hafif atom çekirdeklerine çarptırıldıklarında, geriye sapmaksızın çekirdekle kaynaştıkları ve nitrojen atomunun oksijen atomuna dönüştüğü görülür. Bu süreçte başka bir parçacığın ortaya çıktığını saptayan Rutherford, çekirdeğin temel taşı saydığı pozitif yüklü bir parçaya "proton" adını verdi.

Kütlesi bakımından diğerlerine benzeyen, ama elektrik yükü olmayan üçüncü bir parçacık daha söz konusuydu ("Nötron" denen bu parçacığı Rutherford'un asistanı James Chadwick

1932'de bulur). Bu, bilimsel araştırmaya bol paranın henüz akmadığı bir dönemdi. Cavendish'te bile deneyler, "derme çatma" denebilecek basit araçlarla sürdürülüyordu. Rutherford'u ziyarete giden tanınmış bilim yazarı Ritchie Calder, gördüklerini şöyle anlatmıştı: "Konuşmamız sürerken bir ara, 'İşlerin nasıl yürüdüğünü görmek ister misiniz?' diyerek kolumdan tuttu, beni laboratuvarın yüksek voltaj bölümüne götürdü. Karanlık denilebilecek bir odaya girmiştik; yapay bir şimşek çakıp duruyordu. Sonra parçalanan atomları kaydeden bir sayacın tıkırtı seslerini duyduk. 'Atom parçalayıcı' dedikleri bir makinenin önündeydik; günümüzdeki yüksek voltaj akseleratörleriyle karşılaştırıldığında son derece ilkel kalan bir makine! Rutherford ve ekibi işte bu araçlarla çalışıyorlardı. 'Paramız olmadığı için kafamızı kullanmak zorundayız,' diyordu Rutherford. O, yalnız araçlarının basitliğiyle değil, bilime yaklaşımındaki basit tutumuyla da övünç duymaktaydı. 'Kendim çok basit olduğum için,' diyordu, 'doğanın da temelde basit olduğuna inanıyorum'".

Rutherford, bir dizi seçkin fizikçi yetiştirmekle kalmadı, onlara büyük bir esin kaynağı da oldu. Nükleer fizik onun dünyasıydı. Bu alandaki öndeyilerinden pek azı yanlış çıkmıştır. Yanılgılarından biri, çekirdekteki saklı enerjinin sürgit kilitli kalacağı inancıydı. Ölümünden çok değil iki yıl sonra bu enerjinin atom bombasına dönüştürülebileceğine artık kesin gözüyle bakılıyordu. Neyse ki, şansı bir kez daha yüzüne gülmüştü: Hiroşima'daki korkunç patlamayı duyınayacaktı.

Albert Einstein
(1879 - 1955)

- "Okula gitmem neden gerekiyor, babacığım?"

Sert görünüşlü baba, sekiz yaşındaki oğlunu tepeden süzdü.

- "Albert, kara cahil biri olarak mı büyümek istiyorsun, yoksa?"

- "Kara cahil de ne demek?"

İyi döşenmiş geniş salonun öbür ucundan bir kahkaha yükseldi. Baba ile oğul, birlikte, büyük piyano başındaki anneye döndüler.

- "Ah Hermancığım, bilmiyor musun, o oyunda Albert'le başa çıkamayacağını?" "Doğrusunu istersen, ne demek istediğini anlayamıyorum." diye kekeledi kocası.

Eski bir Macar halk şarkısını çalmayı sürdüren bayan Einstein,

- "Haydi, haydi, bilmezlikten gelme. Bilmiyor muyum sanki, Albert'i soru sormaktan vazgeçirmek için sorusuna soruyla yanıt vermek taktiğini!" Ama görüyorsun ya, yürümüyor!" dedi.

Albert seğirterek annesinin yanına gitti; tuşlar üzerinde kayan usta parmaklar ona bir anda ne sorduğunu unutturmuştu. Piyano şarkı söylüyordu, adeta! İki tuşa sert bir vuruşla çalmasını noktalayan anne, taburesinde döndü, oğlunu kolları arasına aldı. Albert'in koyu gür, dalgalı saçlarının üstünden kocasına gülümsedi: - "Görüyorsun ya, Albert'i soru sormaktan alıkoymanın bir

yolu vardır: benim müziğim!"

Baba da gülümsedi; bir şey demeğe kalmadan, oğlan annesinin kucağında dönerek,

- "Soru sormak kötü bir şey mi?" diye sordu.

Bu kez gülme sırası babasındaydı:

- "İşte sana! Boşuna övünme, senin müziğinin de onu durduracağı yok."

Anne kocasını duymazlıktan gelerek, oğluna döndü:

- "Soru sormanın hiçbir kötü yanı yok, tatlım. Yeter ki, soruların karşındakini küçük düşürmeye ya da kırmaya yönelik olmasın!"

- "Ama ben öyle bir şey yapmıyorum, anneciğim. Bilmediğim o kadar çok şey var ki, sorarak öğrenmek istiyorum; her şeyi öğrenmek istiyorum."

Anne gururla gülümsedi; baba ise biraz duraksamalı,

- "Peki, dediğin gibi gerçekten her şeyi öğrenmek istiyorsan yavrum, okula neden gitmen gerektiğini nasıl sorabilirsin? Okul soruların yanıtlandığı yer değil midir?" diye araya girdi.

- "Değildir, babacığım!" dedi çocuk. "Yanıtlamak şöyle dursun, soru bile sordurmuyorlar, insana. Okuldan hoşlanmıyorum. Hapishanedeymişim gibi sanki. Öğretmenler gardiyanlardan farksız; sıralar arasında gidip gelen gardiyanlar!"

Karı koca birbirlerine tedirgin gözlerle bakıştılar. Albert'in bu suçlamalarına ne diyebilirlerdi ki...

İşte her şeyi sorgulayan bu çocuk, ilerde büyük bilimsel atılımların yanı sıra özentisiz, erdemli bilge kişiliğiyle de tüm dünyanın ilgi odağı olacaktı.

Albert Einstein, Güney Almanya'nın Ulm kentinde dünyaya geldi. Küçük bir elektrokimya fabrikasının sahibi olan babası başarılı bir iş adamı değildi. Annesinin dünyası müzikti; özellikle Beethoven'in piyano parçalarını çalmak en büyük tutkusuydu. Aile Musevî kökenliydi, ama dinsel bağnazlıktan uzak, açık görüşlü, kültürel etkinliklerle zengin bir yaşam içindeydi. Ne var ki, çocuğun ilk yıllardaki gelişmesi kaygı vericiydi. Özellikle konuşmadaki gecikmesi aileyi telaşa düşürmüştü. Albert, içine kapanıktı; çocukların arasına katılmaktan, oyun oynamaktan hoşlanmıyordu. Okulu sıkıcı buluyor, ezbere dayanan eğitim disiplinine katlanamıyordu. "Gimnazyum"da geçen orta öğrenimi mutsuz ve başarısızdı. Mühendis amcasının özel ilgisi olmasaydı, belki de öğrenimden tümüyle kopacaktı. Amca, yeğene cebir ve geometriyi sevdirdi. Geometri özellikle Albert'i bir tür büyülemişti. Einstein, yıllar sonra amcasına borcunu şöyle dile getirir: "Çocukluğumda yaşadığım iki önemli olayı unutamam. Biri, beş yaşımda iken amcamın armağanı pusulada bulduğum gizem; diğeri on iki yaşımda iken tanıştığım Öklit geometrisi. Gençliğinde bu geometrinin büyüsüne girmeyen bir kimsenin ilerdi kuramsal bilimde parlak bir atılım yapabileceği hiç beklenmemelidir!"

Einstein, yüksek öğrenimini güç koşullara göğüs gererek Zürih Teknik Üniversitesi'nde yapar. Mezun olduğunda iş bulmak sorunuyla karşılaşır. Üniversitede asistanlık bir yana orta okul öğretmenliği bile bulamaz. Sonunda bir okul arkadışının yardımıyla Bern Patent Ofi-

si'nde sıradan bir işe yerleşir; ama asıl dünyası olan bilimden kopmaz; çok geçmeden büyüsü bugün de süren devrimsel atılımlarıyla yaratıcı dehasını kanıtlar. 1905'te *Annalen der Physik* dergisinde yayımlanan üç çalışmasının her biri, fizik tarihinde bir dönüm noktası sayılabilecek nitelikteydi.

Bunlardan biri, şimdi "fotoelektrik etki" dediğimiz bir olaya ilişkindi. Newton, ışığı tanecikler akımı, kimi bilim adamları ise dalga devinimi diye nitelemişti. Aslında ışığın davranışını açıklamada iki kuramın birbirine bir üstünlüğü yoktu; ancak, Newton'un adı parçacık kuramına bir tür ağırlık sağlamaktaydı. Ne var ki, 19. yüzyılın başlarında Young'la başlayan, Fresnel ve daha sonra Faraday ve Maxwell'in çalışmalarıyla pekişen deneyler dalga kuramına belirgin bir üstünlük sağlamıştı. Einstein'ın fotoelektrik çalışması bu gelişmeyi bir bakıma tersine çevirmekle kalmaz, Planck'ın 1900'de ortaya sürdüğü kuantum teorisini de çarpıcı bir biçimde doğrular.

Daha az bilinen ikinci çalışma "Brown devinimi" denen bir olayı açıklıyordu. 1850'lerde İngliiz botanikçisi Robert Brown, mikroskopla polenleri incelerken, taneciklerin su içinde gelişigüzel sıçramalarla devinim içinde olduğunu gözlemlemişti. Ancak bu gözlem 1905'e dek açıklamasız kalır. Einstein'ın bugün de geçerliliğini koruyan açıklaması oldukça basittir: Son derece hafif olan polenlerin ani kımıltıları, su moleküllerinin çarpmalarıyla oluşuyordu. Gerçi molekül kavramı yeni değildi; ancak en güçlü mikroskop altında bile görülemeyecek kadar küçük olan

moleküllerin varlığı ilk kez bu açıklamayla kanıtlanmış oluyordu. Yüzyılımızın başında Ernst Mach gibi kimi seçkin fizikçilerin bile gözlemsel kanıt yokluğu gerekçesiyle atom teorisine uzak durdukları bilinmektedir. Öyle ki, bu olumsuz tutum, gazların kinetik teorisinin kurucusu Boltzman'ı intihara sürükleyecek kadar ileri gitmişti. Einstein'ın açıklaması, bu tutuma son vermekle fiziğin içine düştüğü bir tıkanıklığı giderir.

1905'in bilim dünyasına yeni bir ufuk açan üçüncü ve en önemli çalışması, Özel Görecelik (Special Relativity) kuramıdır. Bu kuram, Einstein'ın genç yaşında kendini gösteren bir merakına dayanır. Daha on dört yaşında iken Einstein, "Bir ışık ışınına binmiş olsaydım, dünya bana nasıl görünürdü, acaba?" diye sormuştu. 19. yüzyılın sonlarında ışığın hızına ilişkin Michelson-Morley deneyi, bu merakı derinleştiren bir sorun ortaya koymuştu: Ses ve başka dalga olaylarının, tersine ışık hızının referans sistemine görecel olmayışı! Saatte 100 km hızla ilerleyen bir lokomotifin, iki istasyon arasında düdük çaldığını düşünelim. Sesin ön ve arka istasyonlara değişik hızlarla ulaşacağını biliyoruz: Öndeki istasyona normal ses hızından saatte 100 km daha fazla, arkada kalan istasyona ise saatte 100 km daha yavaş bir hızla ulaşır. Oysa trendeki insanlar için sesin hızında bir diğişiklik yoktur; ön ve arka uçlara normal hızıyla aynı anda ulaşır. Sesin hızı gözlemcinin hızına görecelidir. Işığa gelince Michelson Morley deneyleri, ışığın öyle davranmadığını göstermekteydi. Işık kaynağı ile gözlemcinin birbirine görecel hareketlerine ne olur-

sa olsun ışık hızında bir değişiklik gözlemlenmemekteydi. Bu beklenmeyen bir sonuçtu; çünkü, sesin hava aracılığıyla yayıldığı gibi, ışığın da "esir" denen gizemli bir ortam aracılığıyla yayıldığı ve gözlemcinin hareketine bağlı olduğu sanılıyordu. Esir gözlemlenebilir bir nesne değildi; ama öyle bir kavram olmaksızın optik olgular nasıl açıklanabilirdi? Kaldı ki, Maxwell'in elektromanyetik teorisi de esir türünden bir ortam varsayımına dayanıyordu.

Einstein'ın getirdiği çözüm, deney sonuçlarını yansıtan şu iki temel ilkeyi içermektedir. 1) Doğa yasaları ivmesiz hareket eden tüm sistemler için aynıdır; 2) Işığın hızı, kaynağına göre hareket halinde olsun veya olmasın, her gözlemci için aynıdır.

Özel Görecelik Kuramı'nın öncüllerini oluşturan bu iki temel ilke, yeterince anlaşılmadıkça, Einstein devrimini kavramaya olanak yoktur. Kuramın içerdiği tüm önermeler, bu öncüllerin mantıksal sonuçlarıdır. Aslında deneysel nitelikte olan bu iki ilkenin yol açtığı kuramsal devrim, ilk bakışta şaşırtıcı görünebilir. Ama sonuçlarına bakıldığında şaşkınlık, yerini büyük bir hayranlığa bırakmaktadır.

Sonuçlardan biri, bir gözlemciye bağıl olarak nesnelerin hareketleri yönünde uzunluklarının kısaldığı, kütlelerinin arttığı öndeyişidir. Örneğin, bir topu ışık hızına yakın (yakın, çünkü kurama göre ışık hızını yakalamaya ve aşmaya olanak yoktur) bir hızla uzaya fırlattığımızı varsayalım: Hareket dışındaki bir gözlemci için top bir tepsi gibi yassılaşırken, kütlesi büyük ölçüde artar. Hızı kesildiğinde top, önceki biçim ve küt-

lesine döner. Kurama göre hızı ışık hızına erişen bir nesnenin oylumu sıfır, kütlesi sonsuz olur. Ancak öyle birşey düşünülemeyeceğinden, hiçbir nesnenin ışık hızıyla hareketi beklenemez. Başka bir deyişle, kütle eyleme direnç demek olduğundan, kütlenin sonsuzlaşması hareketin yok olması demektir.

Daha az şaşırtıcı olmayan bir sonuç da, zamanın görecelliği. Örneğin, birbirine tam ayarlı iki saatten birini çok hızlı bir roketle uzaya yolladığımızı düşünelim. Bu saatin yerdeki saate göre daha yavaş çalıştığı görülecektir. Roket saniyede yaklaşık 260 000 km hızla yol alıyorsa, yerdeki saatin yelkovanı iki tam dönüş yaptığında roketteki saatin yelkovanı ancak bir tam dönüş yapacaktır. Oysa rokette bulunan gözlemci için öyle bir yavaşlama söz konusu değildir; saat normal hızıyla çalışmaktadır. Ne var ki, bu kişi dünyaya döndüğünde kendisini karşılayan ikiz kardeşini daha yaşlanmış bulacaktır.

Kuramdan matematiksel olarak çıkan bu sonuçlar daha sonra deneysel olarak doğrulanmıştır.

Kuramın belkide en önemli (atom bombası nedeniyle en çok bilinen) bir sonucu da madde ve enerji eşdeğerliliğine ilişkin denklemdir: $E = mc^2$ (Denklemde E enerji, m kütle, c ışık hızı olarak kullanılmıştır). Başlangıçta bu ilişkinin önemi yeterince kavranmamıştı. Einstein'ın denklemi içeren yazısını yayımlamakta güçlükle karşılaştığını biliyoruz. Oysa küçük bir kütlenin büyük bir enerji demek olduğunu ortaya koyan bu denklem yıldızların (bu arada Güneş'in) ışığı nasıl ürettiğini de açıklamaktaydı.

Kuramın evren anlayışımız yönünden de kimi sonuçları olmuştur. Bunlar arasında en önemlisi, hiç kuşkusuz uzay ve zaman kavramlarını birleştiren dört boyutlu uzay zaman kavramıdır.

Özel Görecelik kuramı düzgün doğrusal (ivmesiz) hareket eden sistemlerle sınırlıydı. Einstein'ın 1915'te ortaya koyduğu Genel Görecelik kuramı ise birbirine göre hızlanan veya yavaşlayan (yani ivmeli hareket eden) sistemleri de kapsıyordu. Öyle ki, birinci kuramı, kapsamı daha geniş ikinci kuramın özel bir hali sayabiliriz. Özel Görecelik, Newton'un mekanik yasalarını değiştirmişti. Genel Görecelik daha ileri giderek "gravitasyon" kavramına yeni ve değişik bir içerik getirmekteydi. Klasik mekanikte gravitasyon, kütlesel nesneler arasında çekim gücü olarak algılanmıştı. Buna göre, örneğin bir gezegeni yörüngesinde tutan şey, kütlesi daha büyük Güneş'in çekim gücüydü. Oysa, Genel Görecelik kuramına göre, gezegenleri yörüngelerinde tutan şey Güneş'in çekim gücü değil, yörüngelerin yer aldığı uzay kesiminin Güneş'in kütlesel etkisinde oluşan kavisli yapısıdır. Öyle bir uzay yapısında, nesnelerin başka türlü hareketine fiziksel olanak yoktur. Genel kuram, ayrıca gravitasyon ile eylemsizlik ilkesini "gravitasyon alanı" adı altında tek kavramda birleştiriyordu. Bu noktada Einstein'ın, Maxwell'in "elektromanyetik alan" kavramından esinlendiği söylenebilir. Nitekim tanınmış bilim tarihçisi I.B. Cohen'in bir anısı bunu doğrulamaktadır: "Ölümünden iki hafta önce Einstein'ı ziyarete gitmiştim. Sekreter beni çalışma odasına aldı. İki duvar döşemeden tavana kitaplıktı. Bir duvar geniş pence-

resiyle bahçeye bakıyordu; diğerinde iki tablo asılıydı: Elektromanyetik teorinin kurucuları Faraday ile Maxwell'in portreleri!

Genel Görecelik kuramının tüm mantıksal yetkinliğine karşın, hemen benimsenmesi bir yana anlaşılması bile kolay olmamıştır. Eddington'a, "kuramı yalnızca üç kişinin anlayabildiği söyleniyor, doğru mu?" diye sorulduğunda, ünlü astrofizikçi bir an duraklar, sonra "üçüncü kişinin kim olduğunu düşünüyordum." der.

Bir kez, Özel kuramın tersine Genel kuram, fizikte çözümü istenen herhangi bir soruna yönelik bir arayışın ürünü değildi. Sonra, kuramı doğrulayan gözlemsel bir kanıt henüz ortada yoktu; üstelik, 1915'in teknolojik olanakları kuramın deneysel yoklanması için yeterli değildi. Kuramın öndeyilerinden yalnızca biri yoklanmaya elveriyordu; ancak içinde bulunulan savaş koşulları bunu da güçleştirmekteydi. Einstein, kuramından öylesine emindi ki, deneysel yoklamada ortaya çıkacak olumsuz herhangi bir sonucu kuramın yanlışlığı için yeterli sayacağını bildirmekten kaçınmıyordu.

Olgusal yoklanmaya elveren öndeyi şuydu: kuram doğruysa, Güneş'in gravitasyon alanından geçen bır ışık ışınının, eğrilmesi gerekirdi. Bu etkiyi gündüz aydınlığında belirlemeğe olanak olmadığı için, Güneş'in tutulmasını beklemekten başka çare yoktu. Astronomlar Güneş'in 1919 Mayıs'ında tutulacağını, gözlem bakımından en uygun yerin Afrika'nın batısında Prens Adası olabileceğini bildirmişlerdi. Eddington'un önderliğinde bir grup bilim adamının gerçekleştirdiği gözlem ve ölçmeler öndeyiyi doğrulamak-

taydı. Sonuç İngiliz Kraliyet Bilim Akademisi tarafından açıklanır açıklanmaz bilim dünyası bir tür büyülenir; Einstein, Newton düzeyinde bir yücelik simgesine dönüşür.

Kuram daha sonra başka gözlemlerle de doğrulanmıştır. Bunlardan biri açıklanmasında klasik mekaniğin yetersiz kaldığı bir olaya (Merkür gezegeninin perihelisinin kaymasına), bir diğeri, Güneş (ve diğer yıldız) atomlarının saçtığı ışığın frekans düşüklüğü nedeniyle spektral çizgilerin spektrumun kırmızı ucuna doğru kayması olayına ilişkindir.

Özel Görecelik kuramı gibi Genel Görecelik kuramının da ilk bakışta çelişik görünen ilginç sonuçları vardır. Örneğin, kurama göre, evren büyüklük bakımından sonlu ama sınırsızdır. Gene kuram evrenin giderek ya büyümekte ya da küçülmekte olduğunu içermektedir (Nitekim yıldız kümeleri üzerindeki gözlemler evrenin büyümekte olduğunu göstermiştir).

Einstein, bu kuramıyla da yetinmez; yaşamının son otuz yılını daha da kapsamlı bir kuram oluşturma çabasıyla geçirdi. Evrende olup bitenleri bir tek ilke altında açıklamak, insanoğlunun, kökü klasik çağa inen değişmez bir arayışıdır. Thales tüm varlığı suya, Pythogoras sayıya indirgeyerek açıklamaya çalışmıştı. Modern çağda Oersted, Faraday ve Maxwell'in elektrik ve manyetik güçleri özdeşleştirme yoluna gittiklerini görüyoruz. Einstein'ın da ömür boyu süren düşü buna yönelikti: Doğanın tüm güçlerini (gravitasyon, elektrik, manyetizma, vb.) "birleşik alanlar" dediği temel bir ilkeye bağlamak. Bu düşün gerçekleştiği söylenemez belki; ama

Einstein, çağdaş fiziğin egemen akımı dışında kalma pahasına, umudundan hiçbir zaman vazgeçmez. Evrenin nedensel düzenliliği onda bir tür dinsel inançtı. "Seçeneğim kalmasa, doğa yasalarına bağlı olmayan bir evren düşünebilirim belki; ama doğa yasalarının istatiksel olduğu görüşüne asla katılamam. Tanrı, zar atarak iş görmez!" diyordu.

Kuantum mekaniğini yetersiz ve geçici sayan çağımızın (belki de tüm çağların) en büyük bilim dehası, kendi yolunda "yalnız" bir yolcuydu; çocukluğa özgü saf ve yalın merakı, evren karşısında derin hayret ve tükenmez coşkusuyla ilerleyen bir yolcu!

Niels Bohr
(1885 - 1962)

Söylentiye göre, Danimarka halkının övünç duyduğu dört şey vardır: gemi endrüstrisi, süt ürünleri, peri masalları yazarı Hans Christian Andersen, fizik bilgini Niels Bohr. Bohr, hem bilgin kişiliği, hem insancıl davranışlarıyla, büyük hayaller peşinde koşan gençlere yetkin bir örnek ve esin kaynağı olan bir öncüydü. O, ne Rutherford gibi dış görünümüyle ürkütücü ne de Einstein gibi "arabava tek başına koşulan at"tı.

Niels, Kopenhag'da görkemli bir konakta dünyaya geldi. Babası üniversitede fizyoloji profesörüydü. Niels çocukluk yıllarında "hımbıl" görünümüyle hiç de parlak bir gelecek vaadetmiyordu. İleride seçkin bir matematikçi olan kardeşi Harald da pek farklı değildi. Iki kardeşin en çok hoşlandıkları şey anneleriyle tramvaya binip kenti dolaşmaktı. Bir keresinde, boş tramvayda anne can sıkıntısını gidermek için olmalı, çocuklara masal söyler. Anlamsız bakışları, sarkık yanakları ve açık ağızlarıyla duran iki oğlanı uzaktan izleyen bir yolcu, "Zavallı kadın, bu iki şapşala bir şey anlattığını sanıyor!" demekten kendini alamaz. Niels Bohr'un bir çocukluk anısı bu. Oysa Niels'in okul yılları son derece parlak geçer. Babasının entellektüel ilgi alanı genişti: Biri felsefeci, biri dilci ve biri fizikçi üç arkadaşıyla

her Cuma akşamı bir araya gelir, düşün dünyasında olup bitenleri tartışırlardı. İki oğlan da bir köşede oturup uzun süren tartışmaları sessizce izlerlerdi. Özellikle Niels'in spekülatif düşünceye yakın bir ilgisi vardı. Nitekim, üniversitede fiziğin yanısıra ilginç bulduğu felsefe derslerini de kaçırmazdı.

Niels Bohr üniversiteyi üstün başarıyla bitirip; yirmi iki yaşında Danimarka Bilim Akademisi'nin altın madalya ödülünü alır. Delikanlının sonradan unutulan bir başarısı da İskandinav dünyasında tanınmış bir futbolcu olmasıydı. Bohr 1911'de doktora çalışmasını tamamlar tamamlamaz J.J. Thomson'la çalışmak üzere Cambridge-Cavendish Laboratuvarı'na koşar. Ancak genç bilimadamı burada umduğunu bulamaz. Herşeyden önce, İngilizce bilgisi yetersizdi; çevresiyle verimli iletişim kuramıyordu. Sonradan, daha önce Rutherford'un olağanüstü yeteneğini farketmiş olan Thomson, nedense Danimarkalı gence sıradan biri gözüyle bakıyordu. Tartışmalı bir toplantıda Bohr'un ileri sürdüğü bir çözümü Thomson irdelemeksizin yanlış diye geri çevirir; ama daha sonra aynı düşünceyi kendisi dile getirir. Bu olayı içine sindiremeyen Bohr yeni bir arayış içine girer. Bu sırada bilim dünyasının parlayan yıldızı Rutherford'dur. Katıldığı bir konferansında Rutherford'un coşkusu ve atılım gücüyle büyülenen Bohr, Cavendish'i bırakır, Manchester'de onun ekibine katılır. Rutherford deneyciydi, Bohr ise kuramsal araştırmaya yönelikti. Ama iki bilimadamı arasında başlayan ilişki ömür boyu süren dostluğa dönüşür. Öyle ki, Bohr biricik oğluna hocanın ilk adı "Ernest"i

verir. Oysa, bursunun tükenmesi nedeniyle Manchester'de yalnızca altı ay kalabilmişti.

Bohr'un bilimde ilgi odağı atom çekirdeğine ilişkin deney sonuçları değil, kuramsal bir sorundu: Bir elektrik birimi olan elektronun atom kapsamındaki davranışının bilinen fizik yasalarına ters düşmesinin nedeni ne olabilirdi? Normal olarak, pozitif yüklü çekirdeğin çevresinde dönen negatif yüklü elektronun, devinim sürecinde, elektromanyetik radyasyon salarak enerji yitirmesi ve çekirdeğe gömülmesi; atomun çökmesi gerekirdi. Max Planck'ın kara-cisim radyasyon katastrofuna benzer bir katastrof! Planck karşılaştığı sorunu E = hf denklemiyle açıklamıştı. Bu sorun da belki kuvantum kavramına başvurularak açıklanabilirdi. Hiç değilse Niels Bohr böyle düşünmekteydi. Sorun, "spektrum analizi" ya da "spektroskopi" denen konu kapsamındaydı. Bohr "çizgi spektrası"na ilişkin bir formülden nedense habersizdi (Bohr, formülü bir meslekdaşının yardımıyla sonunda öğrenir. Okul ders kitaplarına bile geçen formülün, Bohr'un gözünden kaçmış olması ilginçtir). Bir aritmetik oyununu andıran işlemi 1885'de Balmer adında İsviçreli bir lise öğretmeni bulmuştu. Buna göre, örneğin, hidrojen spektrumundaki kırmızı çizginin frekansını saptamak için, 3'ün karesi alınır, 1 bu sayıya bölünür, çıkan bölüm 32.903.640.000.000.000 sayısıyla çarpılır. Yeşil çizginin frekansı için işleme 4, mor çizginin frekansı için 5'le başlanır. Balmer, formülünü ortaya koyduğunda hidrojen spektrumunda yalnızca üç çizgi biliniyordu. Sonra bulunan çizgiler için işleme 6, 7, 8, ... sayılarıyla başlanır.

Bohr 1912'de Kopenhag'a döndüğünde çözüm aradığı problemi birlikte getirmişti. Atomun yapısını açıklamaya çalışan Bohr için Balmer formülü niçin önemliydi? Yanıt basittir: Bohr, Planck sabiti h'yi kullanarak bu formülle enerji kuvantalarından oluşan spektrumu açıklayabileceğini görmüştü. Başka bir deyişle, formülün sağladığı ipucuyla atomların normalde neden enerji salmadığı, elektronların neden hız kaybedip çekirdeğe gömülmediği açıklık kazanmaktaydı. Bohr'un o zaman bilinen fizikle bağdaşmaz görünen görüşü başlıca dört nokta içeriyordu: (1) Elektron, olası tüm yörüngelerde değil, yalnız enerjisi Planck sabitiyle bir tam sayının çarpımına orantılı olan yörüngelerde devinir. (2) Elektron, enerji değişimiyle kuvantum yörüngelerinin birinden öbürüne geçebilir; ancak çekirdeğe en içteki yörüngeden daha fazla yaklaşamaz. (3) Bir kuvantum yörüngede devinen elektron bir iç yörüngeye düşmedikçe radyasyon salmaz. Bu düşüş belli bir miktarda ışık enerjisi üretmekle kalır. Üretilen enerjinin frekansı iki yörünge arasındaki enerji farkının Planck sabitine bölünmesine eşittir:

$$\text{frekans} = \frac{\text{enerji kaybı}}{\text{Planck sabiti}}$$

(4) Bir elektronun taşıyabileceği enerjiler sınırlıdır ve bu kesintili enerjiler atomun kesintili çizgi spektrumunda yansır.

Atom yapısının anahtarını, salınan ışığın spektrumunda arayan bu görüşün, birtakım gözlemlere açıklık getirmekle birlikte, doğruluğu kuşku konusuydu. Bir kez aynı gözlemler başka hipotezlerle de açıklanabilirdi. Sonra,

elektronların Bohr'un öngördüğü biçimde davrandığını gösteren somut kanıtlar da ortada yoktu henüz. Kaldı ki, kuvantum yörüngeleri düşüncesi olgusal dayanaktan yoksundu.

Bohr'un hipotezi öncelikle hidrojen spektrumunu açıklamaya yönelikti. Gerçi olgusal olarak henüz yoklanmamıştı, ama hipotezin Balmer formülünde yer alan sayının anlamını belirginleştirmesi, geçerliği açısından önemli bir avantaj sağlamaktaydı. Ayrıca, Bohr'un değişik kuvantum yörüngelerinin enerjilerini veren formülü, önerdiği atom kuramına istenen belirginliği kazandırır: $\frac{2\pi^2 me^4}{h^3}$

(Formülde m elektron kütlesini, e elektrik yükünü, h Planck sabitini göstermektedir. Bu harflerin deneysel olarak saptanan değerleri formülde yerlerine konduğunda, bir saniyedeki titreşimi gösteren sayı, 32.903.640.000.000.000, elde edilmektedir. Barmel'in bulduğu bu sayıya "Rydberg sabiti" de denmektedir). Bohr oluşturduğu atomun kuvantum kuramını yayımlamadan önce Rutherford'un incelemesine sunmuştu. Rutherford herşeyde basitliği arayan titiz bir kişiydi. Bohr'un yazısı karmaşık, uzun ve gereksiz yinelemelerle doluydu. Rutherford düzeltilmesini gerekli gördüğü noktalara değindikten sonra, "Çalışman gerçekten ilginç; kuramının atoma ilişkin pek çok probleme çözüm getirici nitelikte olduğunu söyleyebilirim", diyerek genç bilimadamını yüreklendirmişti.

Bohr'un kuramı 1913'de İngiltere'de yayımlanır. Ne var ki, bilimadamlarının bir bölümünün tepkisi olumsuzdur: onlara göre, ortaya konan,

bir kuram olmaktan çok rakamlarla oluşturulan bir düzenlemeydi. Oysa, başta Einstein olmak üzere kimi bilimadamları, çalışmanın büyük bir buluş olduğunu farketmişlerdi. Kuramın, spektroskopi biliminin atomik temelini kurduğu çok geçmeden anlaşılır. Bir yandan da kuramı doğrulayan deneysel kanıtlar birikmeye başlar.

Kopenhag Teorik Fizik Enstitüsü başkanlığına getirilen Bohr 1922'de Nobel Ödülü'nü alır. Artık kısaca "Bohr Enstitüsü" diye anılmaya başlayan Enstitü'ye dünyanın pek çok ülkesinden genç fizikçilerin akını başlar (Bunlar arasında Heisenberg, Pauli, Gamov, Landau gibi sonradan ün kazanan genç araştırmacılar da vardı). Kısa sürede dünyanın en canlı bilim merkezine dönüşen Enstitü bir grup üstün yetenekli genç için bulunmaz bir eğitim ortamı olmuştu.

Bohr hem bilgin kişiliği, hem insancıl davranışlarıyla büyük hayaller peşinde koşan bu gençlere yetkin bir örnek, esin kaynağı bir öncüydü. O, ne Rutherford gibi dış görünümüyle sarsıcı, ne de Einstein gibi "arabaya tek başına koşulan at"tı. Bohr çalışma yaşamında sergilediği istenç gücünün yanısıra neşe ve mizahıyla gönülleri fethetmesini biliyordu. Bir keresinde tartıştıkları bir teori üzerindeki sözlerini şöyle bağlamıştı: "Bu teorinin çılgınca bir şey olduğunu biliyoruz. Ama ayrıldığımız nokta, teorinin, doğru olması için yeterince çılgınca olup olmadığıdır."

Danimarka baştacı ettiği bu insanla ne denli övünse yeridir.

Werner Heisenberg
(1901 - 1976)

Bilim tarihinde yüzyılımızın ilk çeğreği devrimsel atılımların biribirini izlediği fırtınalı bir dönemdir. Planck'ın kuvantum, Einstein'ın relativite kuramları, Rutherford'un atom modeli bu atılımların başlıcalarıdır. Bohr'un 1913'de ortaya koyduğu kuvantum atom modeli 1920'lerde özellikle genç fizikçilerin ilgi odağı olmuştu. Ne var ki, bu model sorunsaldı; önemli kimi noktalara ışık tutmakla birlikte yeterince belirgin ve tutarlı olmaktan uzaktı. Üstelik, Bohr'un "kuvantum yörüngeleri" dediği şey için ortada deneysel kanıt da yoktu. Elektronların çekirdek çevresinde döndüğü, güneş sistemine bir benzetme olmakla kalan bir varsayımdı. Modeli kimi yönleriyle yetersiz bulan genç fizikçilerin başında De Broglie, Pauli, Heisenberg, Schrödinger ve Dirac gibi çalışmalarıyla daha sonra ünlenen seçkin adlar vardı. Bunlar arasında en büyük atılımın Heisenberg'den geldiği söylenebilir.

Heisenberg yirmi dört yaşında iken oluşturduğu matris mekanik ve kendi adıyla bilinen belirsizlik ilkesiyle atom fiziğine yeni bir kimlik kazandırır, 1932'de Nobel Ödülünü alır.

Fizikçi arkadaşları arasında sezgi gücüyle tanınan Heisenberg, daha okul yıllarında, ders kitaplarında yer alan görsel modellere kuşkuyla bakmıştı. Bohr modelini bile pek inandırıcı bul-

mamıştı. Özellikle modele dayanan varsayımlardan, görsel imgelerden kaçınıyordu. Atom, modellerde işlendiği gibi karmaşık değil, basit bir yapıda olmalıydı. Bohr ile karşılaşmak, tartışmak aradığı bir fırsattı.

Bu fırsat çıktığında delikanlı Münich Üniversitesi'ndeki öğrenimini keserek Göttingen'e koşar. Bohr bir sömestr için Göttingen Üniversitesi'ne konuk öğretim üyesi olarak çağrılmıştı. Atom fiziğinin önde gelen bir kurucusuyla tanışmak kaçırılacak bir fırsat değildi. Heisenberg dikkatli bir dinleyiciydi; ama sırası geldiğinde, doyurucu bulmadığı noktaları belirtmekten, dahası Bohr'u düpedüz eleştirmekten geri kalmıyordu. Bohr bu iddialı gencin olağanüstü yetenek ve coşkusunu farketmekte gecikmez; sömestr sonunda onu Kopenhag Teorik Fizik Enstitüsü'ne katılmaya davet eder.

Üniversiteyi bitirir bitirmez, seçkin genç fizikçilerin toplandığı Enstitü'ye katılan Heisenberg'in sorguladığı temel nokta şuydu: Bohr modelinde öngörüldüğü gibi elektron devindiği yörüngeyi nasıl "seçmekte", dahası bir başka yörüngeye sıçramadan önce titreşim frekansını nasıl "belirlemekteydi"? Bohr varsaydığı bu davranışı açıklamasız bırakmıştı. Onun yaptığı sadece Planck'ın kuvantum sabitini uygulamaktı. Bohr'a göre, atomun dengesini koruması, Planck sabitinin enerjiyi sınırlama ve düzenleme etkisiyle gerçekleşmekteydi. Ama bu argüman doyurucu bir açıklama getirmiyordu.

Elektronun çekirdek çevresinde devinen, sıradan bir parçacık olduğu savı da dayanaksızdı. Gerçi Bohr'un atomik olgulara Planck sabitini

uygulaması yerinde bir yaklaşımdı; çünkü kuvantum teorisi klasik mekanikten daha yeterli sonuç vermekteydi. Ancak bu teorinin birtakım sorunlar içermediği demek değildi. Heisenberg varsayımlar ve görsel modeller yerine, doğrudan deneysel verilere dayanan matematiksel bir dizge arayışı içindeydi. Öncelikle kimi saptamaların göz önünde tutulması gerektiğine inanıyordu. Örneğin, atom içinde kaldığı sürece elektrona ilişkin tahmin ötesinde fazla bir şey bilmediğimiz, ama atom dışındaki davranışına ilişkin elimizde epey deneysel veri olduğu; yine, ivmeli devinen bir elektrik yükü olarak elektronun, elektro-manyetik radyasyon saldığı, salınan radyasyonun frekansının deviniminin yinelenme frekansıyla daima aynı olduğu. (Elektronun radyo antenindeki iniş-çıkış deviniminin frekansının salınan radyasyon frekansıyla aynı olması buna gösterilebilecek bir örnektir.); öyleyse, elektronun atom içinde de ivmeli devinen bir elektrik yükü olduğu koşuluyla, radyasyon saldığı, salınan radyasyon frekansının, devinimin yinelenme frekansıyla aynı olduğu söylenebilirdi. Ne var ki, elektronun bir yörüngede devindiği varsayımına göre hesaplandığında bu beklenti doğrulanmamıştır.

Bu türden kimi olumsuz sonuçlar Bohr'u yörüngeler arasında "sıçrama" hipotezine götürmüştü. Buna göre, sıçramada yiten enerji, salınan radyasyonun frekansını belirlemekteydi. Tek elektronlu olan hidrojen atomunda bu beklenti doğrulanmaktaydı. Ama "sıçrama" düşüncesi yörünge varsıyımını içeriyordu; oysa ortada yörüngelerin varlığını gösteren hiç bir kanıt

yoktu. Öte yandan, yukarda örnek olarak aldığımız radyo anten olayı da yadsınamazdı. Gerçi Bohr'un teorisine dayanan kimi öndeyilerin bu olaya uyduğu bir durumdan söz edilebilir. Şöyle ki, elektron çekirdekten uzakta, geniş bir yörüngede devindiğinde varsanan sıçrama enerjisi sıfıra yakındır. Atomun dış sınırında elektronun yörüngeyi tamamlama frekansı beklenen sonuca uymakta, yani, yörüngesel frekans radyasyon frekansına eşit çıkmaktadır. Bohr "karşılık" (correspondence) dediği yöntemiyle atom dışından atom içi spektruma gidilebileceğini göstermişti. Heisenberg yeterince ussal bulmadığı bu yöntem yerine bu gidişi daha mantıksal bir yöntemle gerçekleştirmeyi önermekteydi. Ona göre spektral kod ancak böyle çözülebilirdi.

Heisenberg çözüm için aradığı ipucunu klasik devinim yasalarında bulabileceğini düşünür. Bilindiği gibi, bir gezegenin aldığı yolu belirlemek için, gezegenin belli bir andaki konumunu belirleyen nicelikle momenti (kütle x hız) çarpılır. Öyleyse olasıdır ki, atom düzeyinde de bir frekans çöküntüsüyle bir başka frekans çöküntüsünün çarpımı bize aradığımızı versin!

Ancak Heisenberg'in frekanslara ilişkin ortaya koyduğu simgelerin kullanımı değişik bir çarpım tablosu gerektirmekteydi. Heisenber farkında olmaksızın "matris cebir" denen bir sistemin kimi kurallarını yeniden keşfetmişti. Hocası Max Born'un yardımıyla aradığı teorinin (kuvantum mekaniğin) matematiksel temelini oluşturmakta artık gecikmeyecekti.

Aslında oluşturulmakta olan yeni sistem, bir bakıma, klasik mekaniği andırmaktaydı; şu

farkla ki, klasik mekaniğin simgesel sözlüğü "konum", "moment" ve devinime ilişkin diğer nicelikleri dile getirirken, yeni mekaniğin simgeleri atomik verileri temsil ediyordu. Matris cebir, klasik mekaniğin yetersiz kaldığı atomik problemlerin çözümüne elveren bir yöntemdi. Ne var ki, başlangıçta Heisenberg hayal kırıklığına uğramaktan kurtulamaz; yeni yöntemle hidrojen spectrumunu hesaplama başarısız kalmaktaydı. Ama çok geçmeden onu umutsuzluktan kurtaran bir gelişmeyi fark eder. Fizikçi arkadaşı Pauli'nin bulduğu "dışlama" (exclusion) ilkesi geliştirmekte olduğu teoriye önemli destek sağlamaktaydı. (Pauli'nin çalışması atomik spektraya ilişkin gözlemlere dayanıyordu. Bu gözlemler çoğunluk biribirinden farklıydı. Pauli bu gözlemlerin hepsi için geçerli bir açıklama arayışındaydı. Bulduğu açıklayıcı ilke şuydu: Herhangi bir elementer parçacıklar sisteminde, örneğin, atom kapsamındaki elektron topluluğunda, hiçbir iki parçacık aynı biçimde devinmez, ya da, aynı enerji durumunda olmaz.) Bu basit ilke yalnız elektronlar için değil, ilerde keşfedilenlerle birlikte atom-altı tüm parçacıklar için geçerliydi. Üstelik bu ilke, Bohr'un atom modelinde bir bakıma elyordamıyla yaptığı bir sınırlamayı (elektron davranışları üzerindeki sınırlamayı) da anlamlı kılıyordu.

"Pauli dışlama ilkesi" diye bilinen buluş Heisenberg'e teorisini tamamlama yolunu açmıştı. Artık, Bohr'un "karşılık" yöntemini yetkin mantıksal bir dizgeye dönüştürebilirdi. Spektral kod çözüm aşamasına ulaşmış, kuvantum mekanik doğmuş demekti. Tam bu sırada beklenmeyen,

dahası, şaşkınlık yaratan yeni bir gelişme ortaya çıkar: Avusturya'lı fizikçi Erwin Schrödinger matris cebirine başvurmaksızın atomik spektrayı, dalga olayına uygulamaya elveren bir diferensiyel denklemle çözümler. Böylece, klasik fizik yasalarıyla çelişkiye yol açan kuvantum kurallarına gerek kalmadan atomun kesintili enerjisi açıklanabilmekteydi. Schrödinger'in dalga denklemi, "enerji bölümleri" düşüncesinin fizikte yarattığı uyumsuzluğu gidermeye yeterli görünmekteydi. Kuvantum düşüncesi fiziğin temel ilkelerinden biri olan neden-sonuç bağıntısını dışlamaktayd; öyle ki, kesin öndeyilere olanak yoktu. Öndeyiler olasılık çerçevesinde yapılabilirdi, ancak. Oysa Schrödenger dalga mekaniğiyle, bu tür sakıncalara yol açmaksızın, atom-altı düzeydeki tüm olguları açıklayabileceği inancındaydı. Örneğin, dalga mekanik formülü kara-cisim radyasyonuna ilişkin gözlem verilerine Planck formülü ölçüsünde uygun düşmekteydi. Ona göre, madde dalgasal bir olaydı; "elementer parçacık" diye nitelenen şey, aslında, dalgaların biribirini pekiştirdiği küçücük uzay bölgelerinden başka bir şey değildi. Sıçrama fikrine gerek yoktu.

Şimdi yanıtlanması gereken soru şuydu: dalga mekaniği gerçekten fiziği eski bütünlüğüne kavuşturuyor muydu? "Kuvantum" kavramına artık gerek kalmamış mıydı? Bohr ve Heisenberg'e göre buna olanak yoktu. Çünkü elektron ister yörüngede devinen bir parçacık olarak düşünülsün, ister bir dalga titreşimi olarak algılansın, kesintilik gözardı edilemez, sıçrama varsayımından vazgeçilemezdi. Kaldı ki, dalga di-

linde bile sıçrama düşüncesinin, üstü örtük de olsa, var olduğu söylenebilirdi.

Öte yandan başta Max Planck, de Broglie olmak üzere kimi fizikçiler Schrödinger'i desteklemekteydi. Bu, de Broglie için doğaldı, çünkü atom fiziğinde dalga düşüncesi ondan kaynaklanmıştı. Oysa, Max Planck öncüsü olduğu kuvantum teorisine ters düşen bir yaklaşıma arka çıkmaktaydı. Ne var ki, Planck yaratılıştan tutucu bir kişiydi; kurduğu teorinin sonraki gelişmelerinde ortaya çıkan "aykırılık"ları, özellikle nedensellik ilkesinden uzaklaşmayı içine sindirememişti. Öyle ki, Schrödinger'e fiziği içine düştüğü bunalımdan kurtaran bir kahraman gözüyle bakıyordu.

Fizik dünyası bir ikilemle karşı karşıyaydı. Bir yanda parçacık kavramına dayanan kuvantum mekaniği, öte yanda parçacık kavramını hiç değilse, dışlayan dalga mekaniği: aynı olgu kümesini açıklamaya yönelik biribirine ters düşen iki teori! Bu arada, Bohr'un esnek bir tutum içine girerek iki teoriyi bağdaştırma girişimi de ilginçtir. Belki de atomu ve bileşenlerini ne salt parçacıklar ne de salt dalgasal birimler olarak düşünmek doğruydu. Belki de doğru olan, iki teorinin de sınırlı bir geçerliliğe sahip olduğunu söylemekti. Dahası, alternatif açıklamalar getirmeleri, iki teorinin bağdaşmazlığı anlamına alınmamalıydı.

Bohr bu tür olasılıklar üzerinde dururken, Heisenberg iki teori arasında bir uzlaşmaya olanak tanımıyordu. Ona göre atomun dalga yapısını gösteren herhangi deneysel bir kanıt yoktu. Gerçi sıradan deneylerimize aykırı düşen ele-

menter parçacıkları somut maddesel değil, soyut nesneler olarak algılamak yerinde bir yaklaşımdır. Ancak, bu soyut nesnelerin davranışlarını betimlemede birtakım varsayımlara değil, ölçülebilir deneysel sonuçlara bağlı kalmak gerekir. Heisenberg, önerdiği matris mekaniğin bu nitelikte bir dizge olduğu savındaydı. Belli fiziksel bir olgu ya parçacık, ya da, dalga kavramıyla açıklanabilirdi, ikisiyle birlikte değil! Doğa biribirine ters düşen iki kavrama aynı bağlamda elveren bir çelişki ya da karışıklık içinde olabilir miydi?

Sıkıntı bir ölçüde gene Heisenberg'in ortaya koyduğu bir ilkeyle, "belirsizlik ilkesi"yle giderilir. Bu ilke, belli tanımlar arasındaki bir ilişkinin matematiksel türden dile getirilmesidir. Kısaca şöyle demektedir: belli bir anda, konum ve momentin birlikte ölçümünün en az Planck sabiti kadar bir belirsizlik taşıması kaçınılmazdır: $\Delta p \times \Delta q \geq h$. Başka bir deyişle, konum ve moment biribirinden bağımsız değişkenler değildir; birini tam belirleme diğerini belirsiz bırakır.

Klasik fzikte ölçülen değişkenler Planck sabitine (h) görecel olarak çok büyük olduğundan öyle bir belirsizlik söz konusu değildir. Oysa atom-altı düzeyde önemli bir sayı olan Plack sabiti (h), bildiğimiz anlamda belirleme kesinliğine olanak vermemektedir. Tüm belirlemeler istatistiksel türden ortalamalar olarak yapılabilir. Heisenberg'in belirsizlik ilkesi kuvantum mekaniğinin genel bir dizge niteliği kazanmasında anahtar işlevi görür.

Şimdi sorulabilir: Konum ve moment değişkenlerinin eş-zaman ölçümünü olanaksız kılan

şey nedir? Bu olayda Planck sabitinin rolü nedir? Daha da önemlisi, belirsizlik ilkesi bilgi arayışının sınırlaması anlamına mı gelmektedir?

Klasik fizikte konum, hız, frekans vb. değişkenler üzerindeki deney ve ölçmelerin bu değişkenleri etkilemediği varsayımına dayanılır. Oysa bu varsayım atom-altı düzey için geçerli değildir. Planck sabitinin çok önemli olduğu bu düzeyde, deneysel araç ve düzenlemelerin ölçmeye konu bu değişkenleri bir şekilde etkilemesi kaçınılmazdır. Orta-boy düzeyde bu etki önemsizdir. Atom-altı düzeyde ise en küçük etki bile çok önemlidir. Örneğin, bu düzeyde fotograf çekiminde salınan ışık, sonucu büyük ölçüde değiştirilebilir. Bu demektir ki, belirleme yöntemimizin etkisi belirlediğimiz nesne veya sürecin ayrılmaz bir parçası olmaktadır. Öyleyse, algıladığımız şey algımız dışında salt nesnel bir gerçekliği yansıtmamaktadır. Peki bunun araştırmaya bir sınır koyduğu söylenebilir mi? Bu soruyu yanıtlamak için Heisenberg'in belirsizlik ilkesinin anlamını iyi kavramak gerekir. Atom-altı düzeyde ilişkilerini nedensel olarak belirlemeye çalıştığımız değişkenler (konum, momentum, vb.) biribiriyle karşılıklı dışlaşma içindedirler. Biri belirlendiğinde diğeri belirsizlik içine düşer. Bu yüzden, yetersiz belirlemeyle yetinmek koşuluyla, bir tür nedensel bir bağıntı kurulabilir. Bir deneyde konum tam saptanırken bir başka deneyde momentin tam saptanması yoluna gidilebilir. Kuvantum mekanikte olasılıklara yönelik istatistiksel belirleme yöntemi matematiksel sembolizmin özünü oluşturmaktadır.

Atom fiziğinde, Heisenberg gibi, görsel model yaklaşımının karşısına çıkan bir başka genç fizikçi de Paul A.M. Dirac'tı. Heisenberg ile Schrödinger'in biribirinden bağımsız atılımlarına bir üçüncüsünü Dirac ekler. Kuvantum mekanikte, klasik mekaniğinin °t ve p ile simgelediği konum ve momentum nicelikleri yerine frekans çöküşleri konmuştu. Bu teoride, bildiğimiz aritmetik kurallarının tersine pxq ile qxp aynı şeyler değildi. Çarpımda çarpan ile çarpılanın sırası sonucu değiştirmekteydi. Dirac başlangıçta hemen herkesi şaşırtan bu terslikte, klasik fizik yasalarıyla henüz belirsiz kalan atomik yasalar arasındaki temel farkın ipucunu bulur. Şöyle ki, pxq ile qxp çarpımları arasındaki farkı biliyorsak, ayrıca bu farkın tüm gözlemlerde değişmediği doğruysa, o zaman, klasik mekanikteki herhangi bir denklemi atomik bir denkleme kolayca dönüştürebiliriz. Bu temel noktaya parmak basan Dirac, aradığı matematiksel aracı "Poisson parantezleri" denen teknikte bulur. Dirac bu tekniği Heisenberg dizgesine uyguladığında, beklentisi doğrultusunda, pxq ile qxp'nin farkını belirler ve bu farkın değişmezliğini saptar. Böylece Poisson parantezleri tekniği kullanılarak herhangi bir klasik denklemin kuvantum mekaniğine ait eşdeğer bir denkleme dönüştürülebileceği gösterilir. Sonuç, klasik mekaniğin yapısal bütünlüğünü kazanan yeni bir mekanik demekti.

Dirac'ın ulaştığı bu sonuca, çok geçmeden, değişik bir yoldan Max Born da ulaşır: Heisenberg ve Schrödinger mekanikleri üzerindeki tartışmalarla çalkalanan fizik dünyası bir üçüncü mekanikle yüzyüze gelir.

Ne var ki, görünümdeki tüm farklara karşın, temelde, üç mekanik eşdeğer nitelikteydi. Örneğin Dirac mekaniğinin de paylaştığı Heisenberg çarpım kuralının Schrödinger mekaniğince de içerildiği söylenebilir. Bu yakınlığın Dirac'ın attığı yeni bir adımla daha da pekiştiğini görmekteyiz: Dirac özel relativite kavramlarından yararlanarak Schrödinger dalga denklemini değişik bir biçimde ortaya koymayı başarır. Yeni denklem elektronun "spin" denen bir özellik taşıdığını içeriyordu. Eldeki deneysel veriler de öyle bir özelliğin varlığını kanıtlayıcı nitelikteydi. Ancak, Dirac'ın oluşturduğu relativistik dalga mekaniği önemli bir başka savı daha içeriyordu: elektron ve diğer elementer parçacıkların karşıt bir parçacıkla ikiz bir çift olduğu. Ne var ki, "pozitron" denen pozitif elektron ile diğer bazı karşıt parçacıkların kimliği belirleninceye dek, Dirac'ın bu hipotezi ciddiye alınmamıştı.

Şimdi "kuvantum mekaniği" diye bildiğimiz teori, başlangıçta farklı yaklaşımlardan doğan sıraladığımız üç gelişmeyi eşdeğer "versiyon" olarak kapsamında tutmaktadır. Ama hemen belirtmeli ki, kuvantum mekaniği ulaştığı ileri gelişmişlik düzeyine karşın bugün de birtakım "kalıtsal" diyebileceğimiz güçlüklerden yeterince arınmış değildir.

Giderek yoğunlaşan deneysel çalışmalarla toplanan verilerin daha tutarlı ve kapsamlı bir teori gerektirdiği açıktır. Dirac'ın son konuşmalarından birinde belirttiği üzere o çapta kuramsal bir atılım için yeni bir Heisenberg'in gelmesini bekleyeceğiz.

Sonsöz

Elindeki kitabın sonuna geldiğinde okuyucunun iki şeyle tanıştığı varsayılabilir: (1) "Bilim" dediğimiz etkinliğin anlam ve yöntemine ilişkin belli bir görüş; (2) bu etkinliği özgün çalışmalarıyla örnekleyen öncü bilim adamlarının kişilik özellikleri ve bilim tarihindeki yerleri. Kitabın dar çerçevesinde bu iki konuda verilen açıklamaların yeterli olduğu söylenemez, kuşkusuz. Özellikle bilim adamlarının yaşam serüvenlerine yönelik betimlemelerin çoğu kez yüzeysel değinmelerden ileri geçmediği açıktır. Ne var ki, bu yetersizliğin olumlu bir sonucu da düşünülebilir. Okuyucu daha doyurucu açıklamalar için başka kaynaklara başvurma, yeni arayışlara girme gereksinimi duyabilir. Bu olasılık gerçeğe dönüştüğü ölçüde yazar emeğini değerlendirilmiş sayacaktır.

Bir noktanın önemle vurgulanmasında yarar vardır: Öncü bir bilim adamını tanıma okuyucunun entellektüel birikim ve yaklaşımına göre değişik düzeylerde olabilir. Adını, yetiştiği aile ve kültür ortamını, yaşadığı dönemin uygarlık aşamasını, verdiği uğraşı ve ortaya koyduğu sonuçları öğrendiğimizde bilim adamını tanıdığımızı söyleyebiliriz elbet. Ama bu kadarla yetinmeyebilir, daha ileri giderek, yetiştiği ortamın olumlu ve olumsuz koşullarını, bilimsel gelişme sürecindeki kalıcı katkılarını, sonraki gelişme-

ler bakımından etkisini ve (varsa) evrensel niteliklerini derinlemesine inceleme yoluna gidebiliriz. Okuyucunun öyle kapsamlı bir çalışma için öncelikle eleştirel bir yaklaşım içine girmesi, ayrıntılı bilgi için değişik kaynaklara açılması gerekir (Kaynaklarda sıralanan kitaplar bu bakımdan yardımcı olabilir).

Son sözü Einstein'a bırakalım: "Bende özel yetenek arayanlar yanılıyorlar; sadece derin bir anlama merakım var!"

Kaynaklar

Bernal. J.D., *Science in History*, Penguine Books, 1969.

Bolton, S.K., *Famous Men of Science*, Thomas Y. Crowell Co., 1960.

Cane. P., *Giants of Science*, Pyramid Books, 1962.

Cline, B.L., *The Questioneers: Physicists and the Quantum Theory*, Thomas Y. Crowell Co., 1965.

Dampier, W.C., *A History of Science*, Cambridge, The University Press, 1966.

Feyerabend, P.K., *Yönteme Hayır*, Ara Yayıncılık, 1989 (Çeviren: A. İnam).

Hall, A.R., *From Galileo to Newton*, 1630 - 17230, Fontana Collins, 1979.

Infeld, L., *Albert Einstein: Bilimsel Kişiliği ve Dünyamıza Etkisi*, Onur Yayınları, 1980 (Çeviren: C. Yıldırım).

Reichenbach, H., *Bilimsel Felsefenin Doğuşu*, Remzi Kitabevi, 2. Basım 1993 (Çeviren: C. Yıldırım).

Russell, B., *Religion and Science*, Oxford Üniversity Press, 1935.

Shepherd, W., *Great Pioneers of Science*, Ward Lock and CO., 1961.

Yıldırım, C., *Bilim Tarihi*, Remzi Kitabevi, 4. Basım, 1994.

Yıldırım C., *Bilim Felsefesi*, Remzi Kitabevi, 3. Basım, 1991.

Yıldırım, C., *Matematiksel Düşünce*, Remzi Kitabevi, 1988.

Yıldırım, C., *Evrim Kuramı ve Bağnazlık*, Gerçek Yayınevi, 1989.

Yıldırım, C., *Mantık: Doğru Düşünme Yöntemi*, Verso Yayınları, 1987.

Yıldırım, C., *Science: Its Meaning and Method*, ODTÜ., 1971.

Yıldırım, C., *The Pattern of Scientific Discovery*, ODTÜ, 1981.

Öncü bilim adamlarını tanıma, özellikle genç kuşakta, bilimsel etkinliğe katılma coşkusuna yol açabilir. Üstelik, ele alacağımız her büyük bilim adamının kişiliğinde hepimiz için özenilecek bir değer, saygın bir örnek vardır. Okuyucunun o değeri yakalaması, o coşkuyu yaşaması dileğiyle.

ISBN 975-403-014-6



Edefi: 1.200.000 TL (KDV DAHİL)

Basılı fiyatından farklı satılamaz