SAYILARIN İCADINDAN SİCİM TEORİSİNE

BİLİMİN 4000 YILLIK RESİMLİ SERÜVENİ

JOHN LANGONE
BRUCE STUTZ
ANDREA GIANOPOULOS



NTV

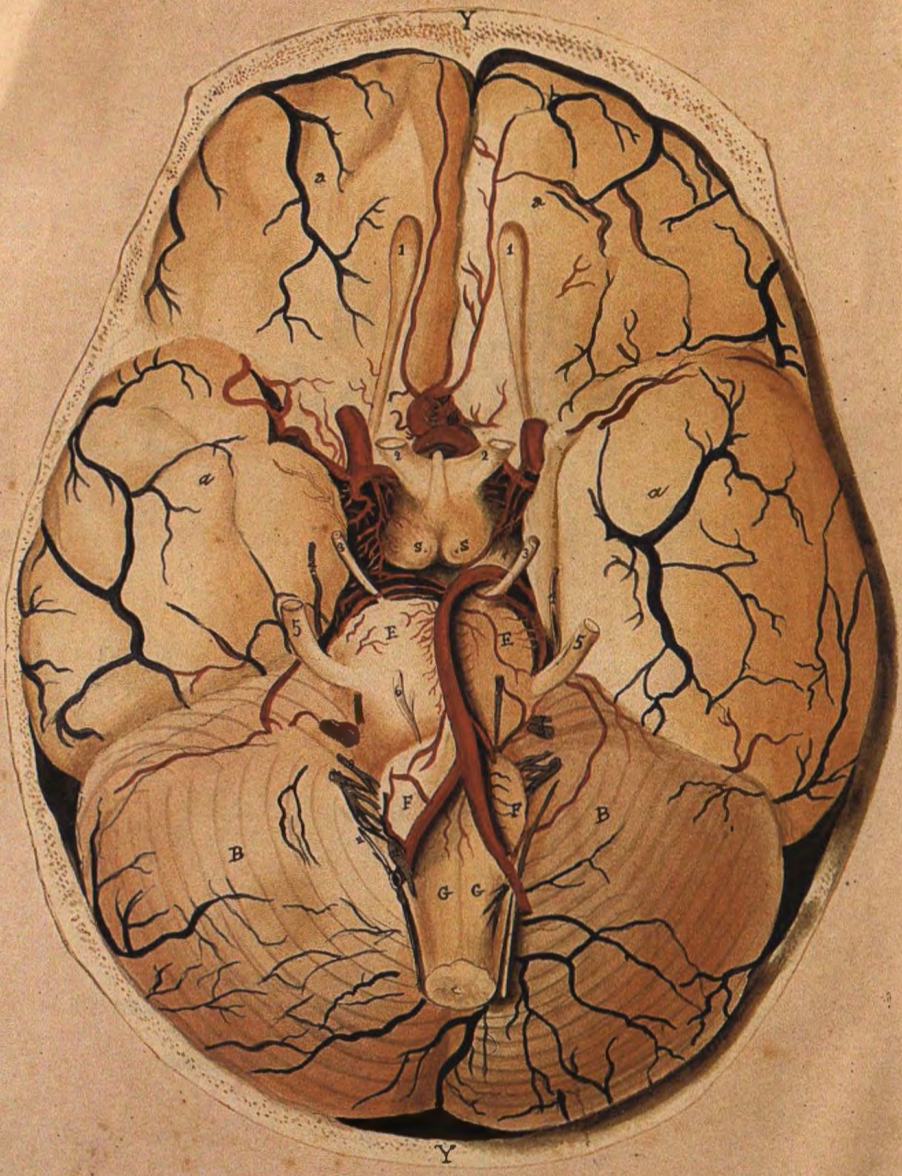


PLATE X.

SAYILARIN İCADINDAN SİCİM TEORİSİNE

BİLİMİN

4000 YILLIK RESİMLİ

SERÜVENİ

JOHN LANGONE
BRUCE STUTZ
ANDREA GIANOPOULOS

NTV

SOLDA: Teşrih edilmiş bir insan beyninin tabanını gösteren bir suluboya (yaklaşık 1826)

JOHN LANGONE'NİN ANISINA

Geri kalmayacağız araştırmaktan
Ve tüm araştırmalarımızın sonu
Başladığımız yere varmak
Ve orayı ilk kez tanımak olacak.
—T. S. Eliot, "Little Gidding," *Dört Kuartet*


ATLAS COELESTIS,
seu
HARMONIA
MACROCOSMICA

İçindekiler

GİRİŞ 8
Bruce Stutz

1. BÖLÜM
GÖKLER 18
Andrea Gianopoulos

2. BÖLÜM
İNSAN BEDENİ 72
John Langone

3. BÖLÜM
MADDE VE ENERJİ 146
Bruce Stutz

4. BÖLÜM
YAŞAMIN KENDİSİ 230
Bruce Stutz

5. BÖLÜM
DÜNYA VE AY 304
Andrea Gianopoulos

6. BÖLÜM
ZİHİN VE DAVRANIŞ 358
John Langone

İLERİ OKUMA 392

DİZİN 396

GÖRSELLER 406

SOLDA: "Makrokozmos". Andreas Celarius'un 1661 tarihli *Harmonia Macrocosmica* atlasının kapak sayfasında gökbilim ilham perisi Urania, sol yanında oturan Danimarkalı gökbilimci Tycho Brahe ile resmediliyor. Urania'nın sağında Kopernik otururken, Batlamyus (Ptolemeus) elinde bir kitapla; Kopernik okulundan Philips Lansbergen, sağ arkada ayakta; ve onun sağında da Kastilya Kralı Alfonso el Sabio görülüyor.

GİRİŞ

Radyonun ya da televizyonun düğmesine bastığımızda, hastalıklardan korunmak için aşı olduğumuzda, yeni doğan günle birlikte yükselip alçalıyor gibi gözükse de gerçekte Güneş'in değil, Dünya'nın hareket ettiğini hatırladığımızda... işte tüm bu anlarda aslında yerkürenin fiziksel ve biyolojik fenomenlerini anlayabilmek uğruna insanlık tarafından sarf edilen binlerce yıllık çabanın ürünlerinden yararlanıyoruz. Kimi sırlar hâlâ gizemini koruse da, bizler üstünde yaşadığımız gezegenin ve onun ötesindeki evrenin doğası hakkında çok şey öğrendik. İşte bu bilgi arayışına "bilim" diyoruz. Bilim sözcüğünün Yunanca kökü yalnızca "bilmek" değil, aynı zamanda "ayırt etmek" ya da "bir şeyi diğerinden ayırmak" anlamına da geliyor. Bilimin amacı ise sadece olguları keşfetmek değil, genel gerçekliğe ulaşmak ve temel yasaları ortaya çıkarmaktır. Bilimciler bu türden entelektüel yapılandırmalara "teori" diyorlar.

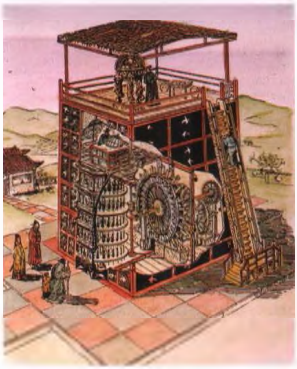
Bilim dünyasında "teori" sözü, günlük kullanımdaki gibi "spekülasyon" ya da "fikir" anlamına gelmez. Bilimsel bir teori, olgunun bir sunumudur. Teoriye bilimsel yöntemle ulaşılır, bilimsel yöntem ise bilimcilerin bir hipotezi dikkatli gözlemler, deneyler ve ölçümlerle denemeye tabi tuttukları, kabul görmüş bir mantık metodudur. Yanlışlığını kanıtlamaya yönelik her girişimin karşısında ayakta kalmayı başaran tek bir veya bir dizi hipoteze teori adı verilebilir. Yani kütleçekim teorisi ya da evrim teorisi birer varsayım değildir. Bu teoriler tıpkı Newton'un hareket yasaları, Boyle'un gaz yasaları, Mendel'in kalıtım yasaları ve enerjinin korunumu yasası gibi yerküre üstündeki yaşam hakkındaki temel olguları tanımlarlar.

Bir teorinin yanlışlığı kanıtlanabilir mi? Eğer bilim teoriyle çelişen bir bulguya ulaşırsa ve teste tabi tutulduktan sonra sözkonusu bulgunun sağlamlığı kanıtlanırsa, o zaman ilgili teori yeni bulguya uygun şekilde değiştirilir veya geçerliliğini yitirir. Teori, yapısı itibarıyla yanlışlanabilir

olmalıdır –yani prensipte bulgularla yanlışlığı kanıtlanabilir önermelerden oluşmalıdır– çünkü varsayımların ya da fikirlerin aksine, teorinin kanıtlanabilmesi ya da çürütülebilmesi için doğruluğu test edilebilmelidir.

Her ne kadar –belli kurallara uygun araştırma yöntemleriyle yürütülen ayrı bir disiplin anlamında– günümüz bilimi yalnızca birkaç yüzyıldan bu yana varlığını sürdürse de, mevcut bilgimiz geçmişte edinilenleri de içeriyor. Bilimin kaynağını oluşturan kimi bilgileri artık bilim olarak dahi algılamıyor olabiliriz çünkü dünyaya ve bilgiye olan bakışımızı değiştiren de bilimin ta kendisi. Bilimsel teorilerin tarihini inceleyen bu kitap, bir anlamda insanın dünyaya bakışının ve onu algılayışının da bir tarihi olarak görülebilir.

Bu tür bilgilere ender olarak dramatik birtakım "evreka" anlarında, beklenmedik keşifler biçiminde ulaşılır; tıpkı hipotezden, çığır açan keşfe doğru giden yola ender rastlandığı gibi. Bilim her neslin, kendisinden

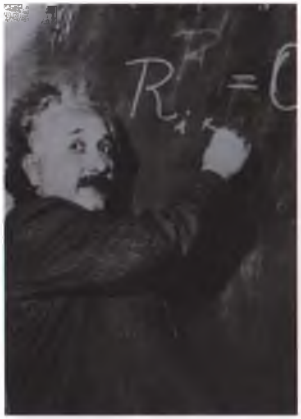


BÜYÜK SAAT
11. yüzyılda Çinli mühendisler, insan boyutundan büyük mekanik aksama sahip bu saat kulesini tasarladılar ve inşa ettiler.

önce gelenin kavrayışı üstüne inşa ettiği kesintisiz bir süreç –daha büyük aydınlanmaların yolunu açan küçük keşifler silsilesi– gibi görünebilir, oysa durum bundan çok daha karmaşıktır. Bu kavrayışların çoğuna giden yol, sayısız çıkmaz sokakla ve yanlış ya da kısmen doğru olup, ısrarla savunulan görüşlerle doludur. Bu tür görüşler sözde doğruluklarıyla kimi zaman gerçeği gölgeleyebilirler.

Bir kavramlar dizisinin ya da sıradışı zekaya sahip bir düşünürün an-

FİKİR DEVRİMİ
Tıpkı Albert Einstein tarafından ifade edilen iki teori gibi kimi teoriler bilimin her alanına ve daha ötelere ilham dalgaları gönderir ve yeniden tanımlamaların önünü açar.



sızın ortaya çıkışı, normal bilimsel süreci temsil etmez. Yüce zihinler çoğu zaman başka birçok eserden yararlanırlar. Yüce bir zihne ve büyük bir egoya sahip biri olan Isaac Newton, "İleriyi görebiliyorsam, devlerin omuzları üstünde durduğum içindir" demişti. Bazı devlerin isimleri bizlere daha tanıdık gelen Newton, Faraday ya da Einstein'ın yanında anılmasa da, onlar, bu tanıdık adların bilim yolculuklarını gerçekleştirmelerine yardımcı oldular.

Bilimin tarihi etkilediğine şüphe yok ancak bunun tam tersi de doğru. Ticaret, kültürel alışveriş, keşif seferleri, savaş, din ve sanat, bilimin gelişimi üzerinde ayrı ayrı roller oynadı.

Teknolojik yenilikler de öyle. Bu kitap, bir teknoloji tarihi olduğunu iddia etmiyor belki ama baştan sona dek, bilimsel sürecin lokomotifi sayılabilecek cihazlar, aletler ve tekniklerden örnekler sunuyor. Teleskop ve mikroskop bilimcilere görülmemiş dünyaların kapılarını araladı. Elektrikli jeneratörler, röntgen cihazları ve bilgisayarlar, yokluları halinde gerçekleşmesi olanaksız keşiflerin önünü açtı. Bazı yenilikler ise bilimi hazırlıksız yakaladı. Barut ve buhar makinesi, henüz ikisinin de ilimi tam olarak anlaşılamadan tarihin yönünü değiştirdi. Öte yandan, radyonun ve elektrikli jeneratörün icadı, bilimde kaydedilen ilerlemelerin bir sonucu olarak ortaya çıktı.

Yenilik ve buluş, bilimi daima ilerletmiş ve aynı zamanda bilim tarafından teşvik edilmiştir. Bundan iki milyon yıl önce, insanın uzak atalarından *Homo habilis*, ağaç ve taştan yapılan araç gereçleri geliştirdi. Bu el yapımı araçların düzgün biçimleri Taş Devri insanlarının, tutarlı sonuçlar üreten benzer tekniklerin değerini kavradıklarını ortaya koyuyor.

Nispeten kısa bir süre öncesine dek insanlar, avcı-toplayıcı varlıklardı. MÖ 8000 civarında, son buzul çağının tehditkar buzulları çekilir-

ken, ekin ekme ve yetiştirme, yaban hayvanlarından yararlanma becerilerini geliştirdiler. Zaman içinde bitki ve hayvanlardan yararlanmayı öğrendiler. Çok sayıda deneme-yanılmanın ardından birbirini izleyen yüzyıllar içinde, dünyanın çeşitli yerlerinde yeni melezler ve türler geliştirdiler.

MÖ 6000'lere gelindiğinde Ortadoğu'daki Bereketli Hilal'in halkı, çok daha verimli yabani arpa ve buğday türleri yaratmayı başarmıştı. Şimdi Meksika diye bilinen bölgenin halkı ise modern mısırın atası olan *teosinte*'yi yetiştirme sürecine girmişti. Günümüz Peru'sunda, Orta Afrika'da ve Doğu Çin'deki insanlar ise hayvan yetiştiriyordu. Bu tarım devrimi, dünya üzerinde yayıldıkça, tüm insan kültürlerinin geleceğini değiştirdi.

İnsanlar göçebe yaşamdan vazgeçmeye, kalıcı yaşam alanlarında hayatlarını sürdürmeye başladılar. Bu alanlar zaman içinde şehirlere dönüştü. Yerleşik yaşam merkezleri çoğaldıkça, kaynakların paylaşımı daha verimli hale geldi. Kaynak paylaşımı aynı zamanda bilginin de paylaşılması ve karşılaştırılması anlamına geliyordu. Eski dönemlere ait yerleşim bölgelerinde, Babil ve Mezopotamya gibi yerlerde, temel bilimler yeşermeye başladı.

Tahıl stoklarının sayımı, bir kilenin ağırlığını ya da belli bir arazinin boyutlarını ölçme ve kaydetme gibi gereksinimler, numaralama sistemlerini doğurdu. İlk başlarda balçıktan birtakım sembollerin ötesine geçemeyen bu sistemler, zamanla yazılı sayı sistemlerine dönüştü. MÖ 2400'lere gelindiğinde, Mezopotamya'da yaşayan Sümerler sembollerin konumuna dayalı, anlamlı bir sistem geliştirdi. "Konumsal yazım" denen bu yöntem, sayı saymayı ve matematiği oldukça kolaylaştırdı ve matematiksel düşüncenin daha karmaşık hale getirilebilmesini sağladı.

Mezopotamya numaralama sistemi ve daha ileride bu sistemden geliştirilerek bölgede yaygın kullanıma geçen çeşitli modeller, 60'lık tabana dayalıydı. Bizim aritmetik sistemimiz 10'luk taban sistemini, yani ondalık sistemi kullansa da, eskiye ait 60'lık sistemin izlerine gündelik yaşamımızda hâlâ rastlamamız mümkün. Ortadoğu'ya has bu 4000 yıllık kullanım alışkanlığı sayesinde, bir saat 60 dakikaya, bir dakika 60 saniyeye denk düşüyor ve daire hâlâ 360 derece. Ne var ki hiçbir Mezopotamya kültürünün –Sümerler, Babilliler ya da Kıldaniler– geliştiremediği şey, sıfır kavramı ve onu temsil edecek



ÖNCEKİ SAYFALAR
17. yüzyıl ressamı Paul Rubens, MÖ 5. yüzyıl düşünür ve bilginlerini, sayılarının çokluğu nedeniyle ünlü tablosu "Atina Okulu"nda gerçekçi bir şekilde resmedebilmişti. Bu detayda elinde bir kitap tutan Pisagor ile yalnız başına oturan Herakleitos görülmektedir.

olan bir şifreydi.

İlk Yunan düşünürlerinden bin yıl kadar önce, henüz MÖ 1800'lerde, Mezopotamyalı düşünürler karmaşık bir geometri geliştirmiş ve ikinin kuvvetlerine eşdeğer denklemleri çözmeye başlamışlardı. Ayrıca günümüzde "Pisagor üçlüleri" diye bilinen tabloları da oluşturmuş, yani dik üçgenin kenarlarının uzunluğunu temsil edebilecek sayıları bulmuşlardı. Bu uzunlukların birbirleriyle bağıntılarını ortaya koyacak olan –ve düşünür Pisagor'a atfen "Pisagor teoremi" diye anılan– genel teorem ise Yunanların dönemine dek ortaya çıkmayacaktı.

Sayısal biçim düzenleri, doğal olarak büyük ölçüde insanın yaratımıydı ancak insan yaşamında sık sık tekrarlanan biçim düzenlerine çok daha temel başka bir örnek vardı: Güneş'in günlük rotası ve Ay ile yıldızların gece izledikleri seyir. Güneş'in konumu ile birbirini takip eden mevsimler, insan yaşamını doğrudan etkiledikleri için, erken dönemlerde dikkatli kayıt tutma alışkanlığı ilk bu iki konuya yönelik olarak başladı. Böylece gökbilim kendi içinde iyi bir düzen oturtmayı başaran ilk bilimlerden biri oldu.

MÖ 3000'lere gelindiğinde, Mısırlılar 365 günlük bir takvim geliştirmişlerdi. Bu takvimin yılı, tarım için büyük bir önem teşkil eden bir tarihle, yani Nil nehrinin taşmasıyla başlıyordu. Zodyak ise –yıldızların konum ve hareketlerini gösteren tablo– MÖ 1600 civarında, Kildaniler tarafından oluşturulmuş ve sistematik olarak tanımlanmıştı. MÖ 750'lerde Babilliler güneş ve ay tutulmalarının kaydını tutmaya başladılar. Aynı dönemde Çinliler de, ileride 19. ve 20. yüzyıl gökbilimcilerinin kuyruklu yıldız devirlerini doğrulamakta yararlanacakları ayrıntılı ve karmaşık gökbilimsel kayıtları tutuyordu.

Gökbilim çalışmaları büyük bir entelektüel çabanın yanısıra, ilk gözlemevleri denebilecek yapıların inşası için muazzam bir fiziksel emek de gerektiriyordu. Örneğin MÖ yaklaşık 2500'lerde, İngiltere'de şimdi Stonehenge diye bilinen bölgede, işçiler 320 kilometrelik mesafeden 4 metre boyunda, 30 ton ağırlığında taş bloklar taşıyorlardı. Amaçları yakındaki Salisbury Ovası'na taş sütunlardan oluşan bir çember inşa etmekti. Stonehenge'in modern anlamda gökbilime hizmet edip etmediği halen bilinmiyor. (Günümüzde pozitif bir bilim olan gökbilim ile astroloji denen sözde bilim arasında belirlediği-



STONEHENGE
Bazıları 19. yüzyılın başında yapılan bu sanat eserinde olduğu gibi, İngiltere'nin Salisbury Ovası'ndaki Stonehenge'de gerçekleştirilen eski ritüelleri canlandırdı. Batıl inançlar bir yana, büyük taş çemberi inşa etmek için doğal dünya hakkındaki ayrıntılı bilgiler elzemdi.

miz ayrım, o zamanlar henüz belirlenmemişti ve binlerce yıl boyunca da belirlenmedi.) Her ne kadar hedef, göklerde olduğuna inanılan iyi ya da kötü alametleri bulmak olsa da, gökyüzü gözlemleri aksatmadan yürütüldü.

Ancak MÖ 6. yüzyıla gelindiğinde, Yunanistan'ın yeni yeni filizlenen şehir-devletlerinde insan gelişiminin gidişatını temelden değiştirecek yeni bir düşünce türü doğdu. Günümüzde fazla akıl yormadan benimsediğimiz küçük bir bilgiyle bu yeni düşünce şeklini açıklamak mümkün: iki nokta arasına bir tel gerin ve teli çekip bırakın. Telin boyunu yarıya indirin ve yeniden çekip bırakın. Yine aynı notayı duyacaksınız ama tonu farklı, daha tiz olacak. Telin boyunu bir kez daha yarılarsanız, yine aynı notayı, bu kez daha da tiz duyarsınız.

MÖ 6 ya da 7. yüzyıl civarında, bir telin boyu yarıya indirildiğinde çıkan sesin tam bir oktav yükseldiği keşfedildi. (Günümüzde telin iki katı frekansla titreştiğini biliyoruz.) Aynı oran flütün içindeki borunun uzunluğu için de geçerliydi. Yunanlar oktavı bölebileceklerini anladılar: boyut üçte ikiye indirildiğinde, ton bir beşli aralığı kadar yükseliyor; boyut dörtte üçe indirildiğinde ise bir dörtlü yükseliyordu.

Farklı bir müzik gamı geliştirmiş

olsalar da Çinliler de aşağı yukarı aynı dönemde, aynı şeyin farkına vardılar. Ayrıca keşfettikleri bu yeni bilgiler için pratik bir kullanım alanı da yarattılar. İnsan bedeninin çeşitli öğelerine dayalı ölçümleme sistemini, akort düdüklerinin uzunluğuna dayalı bir sisteme çevirdiler. Tahıl ölçümünde kullanılan kabın hacmi, kap boşken bir yere çarptığında çıkardığı sesin tonuna göre belirleniyordu. Eski Çincede tahıl ölçümü için kullanılan sözcük aynı zamanda şarap kabı ve zil anlamına geliyordu.

Pisagorcular bu kadar pratik değillerdi ama sesin matematiksel olarak tanımlanması fikri, doğal fenomenlerin yalnızca spekülasyona ve gözleme değil, aynı zamanda nicel analize de tabi olabileceğinin kavranması yolunda önemli keşiflerden biriydi. Klasik Yunan bilimi çağı artık başlamak üzereydi.

Doğa felsefesinin doğuşu MÖ 6. yüzyıl başlarında, İyon şehri Milet'te gerçekleşti. Çalışmaların ilgi ve etki alanı gitgide genişledi ve yaratıcılık dolu bu dönem, MS 1. yüzyıla dek sürdü. Bilim tarihinin bu evresiyle ilişkilendirilen kişiler ise –Thales, Anaksimander (Anaximandros), Herakleitos (Heracleitus), Pisagor (Pythagoras), Parmenides, Socrates (Sokrat), Platon (Eflatun), Hipokrat (Hippocrates), Eudoxos (Ödoksos), Aristoteles, Euclid (Öklid), Batlamyus (Ptolemeus), Arşimet– özgünlükleriyle gökbilim, yerbilim, coğrafya, biyoloji, tıp, geometri, fizik ve psikoloji gibi çok çeşitli bilimlerin temellerini atan isimleri anmadan geçmediler.

Döneme ait çalışmalar, Bağdat ve Kahire gibi endüstri ve ilim merkezlerine sahip İslam dünyasının âlimleri, bilginleri ve matematikçileri tarafından korundu, gözden geçirildi ve geliştirildi. Rönesans döneminin araştırmacı ve kaşifleri –yalnızca gemiyle denize açılanlar değil, aynı zamanda eğitim merkezleri ve kütüphanelerde vakit geçirenler– kendilerinden önce gerçekleştirilen buluşların üzerine yenilerini inşa ettiler. Baskı makinesinin icadı ise bu çağa maceralı deneyler ve yeni fikirlerle dolu, kendine özgü bir ruh kattı. Keşif seferleri kadar teleskop ve mikroskop da bilimin sınırlarını genişletti ve tüm bu buluşlar yepyeni araştırma yöntemlerine duyulan gereksinimi ortaya çıkardı.

Farklı dallara ayrılmış çalışma alanlarından oluşan şimdiki anlamıyla bilim, 16. ve 17. yüzyıllarda gelişmeye başladı. Ancak 19. yüzyıla

gelindiğinde, bilimleri birbirinden ayıran sınırların önceden sanıldığı kadar keskin olmayabileceği kavrandı. Isı, ışık, elektrik ve manyetizm kuvvetlerinin hemen hemen aynı olduğu keşfedildi. Moleküller ve atomları ilgilendiren kuvvetler ise gezegenler ve yıldızlar arasındaki kuvvetleri andırıyordu. 20. yüzyılda DNA moleküllerinin keşfiyle birlikte canlıların da evreni yöneten kimi yasalara tabi oldukları ortaya çıktı. Tüm bunları birleştiren bir teori var mıydı? Bu soru 21. yüzyılda hâlâ yanıtını arıyor, tıpkı yeni keşiflerle birlikte doğan gizemler gibi: virüsler, prionlar, okyanusların derinliklerinde yaşayan eski çağlardan kalma hücreler.

Her bilimin kendine özgü, ilginç bir keşif öyküsü var. İşte bu yüzden elinizdeki kitap, altı ayrı tarih anlatısına ayrıldı: Gökler, İnsan Bedeni, Madde ve Enerji, Yaşamın Kendisi, Dünya ve Ay, Zihin ve Davranış. Tüm bu tarih öyküleri Antik Yunan'a ve Ortaçağ İslam bilimi, matematiği ve felsefesine dek uzanan ortak köklere sahip. Bu nedenle okuyucu, çok geçmeden adları sıkça tekrarlanan doğa felsefecileri ve bilimcilerine aşinalık kazanacaktır. Örneğin Platon ve Aristoteles'in birçok alanda bilimsel düşünceyi şekillendiren katkıları olmuştur, tıpkı Galileo, da Vinci, Newton, Bacon, Descartes, Lavoisier, Lyell ve Faraday gibi. Her bölümün içindeki makaleler, teorideki ve biyolojik ve fizik dünyanın kavranışındaki dönüm noktaları üzerine odaklanıyor. Bilgi kutuları ve –biyografik ve tarihsel– zaman çizelgeleri önemli olayları ve gelişmeleri vurguluyor. Son olarak çapraz referanslar, öykülerin birbirleriyle birleştikleri noktalara dikkat çekiyor; yani bilimcilerin bitmek bilmez arayışlarının ta kendisine.



NEWTON VE ELMA

Başına bir elma düşmüş olsun ya da olmasın, Isaac Newton'un gözlemleri ve doğal dünyaya ait ölçümleri onun matematik ve mekanik alanındaki çalışmalarına ışık tuttu ve kendisinden sonra gelen tüm bilimcileri aydınlattı.



Gökler

BULUTSUZ HERHANGİ BİR GECEDE, karanlık bir bölgeden gökyüzüne bakarsanız, çok sayıda yıldız, gezegen ve titreşen noktacıklar görürsünüz. Gece ilerledikçe doğuda yeni yıldızların görüş alanına girdiğini, batı ufkunda ise kimi yıldızların gözden kaybolduğunu fark edersiniz. İnsan bakış açısıyla göğü, merkezdeki sabit yerkürenin etrafında dönen kocaman, oyuk, küresel bir kabuk şeklinde algılamamak çok zordur, çünkü birbirine kıyasla hiç hareket etmeyen yıldızlar, bu durmaksızın dönen küreye sabitlenmiş gibidir. Ancak beş "Gezgin Yıldız" ya da gezegen, yıldızlarla dolu fonda dans ederken, kuyrukluyıldız, meteor ve tutulma gibi sıradışı olaylar, evrensel düzen algısını zaman zaman sarsar. Antik Yunan gökbilimcileri gök kubbenin mücevherlerle –yani yıldızlarla– süslü kristal bir küre olduğuna inanır, bazı yerel kültürler ise yıldızların ataları tarafından yakılmış kamp ışıkları olduğunu düşünürlerdi.

Günümüzde artık yerkürenin devasa bir gök kubbenin merkezinde yer almadığını biliyoruz. Yıldızları, güneşi, ayı ve gezegenleri gökyüzünde yükselip alçalıyormuş gibi gösteren şey aslında düşünülenin aksine, dünyanın kendi ekseni etrafındaki hareketi. Antik çağ gökbilimcilerinin çalışmalarını incelerken, insanın 2.5 milyon yıldan biraz uzun bir süre önce ortaya çıktığını akılda tutmak önemlidir. Her neslin 25 yılı temsil ettiği düşünülürse, bilinen tarih boyunca yaklaşık 240 nesil yaşamıştır. Buna karşılık tarih öncesi dediğimiz dönem 100.000'den fazla nesli içerir. İnsanın bu uzun dönem sürecindeki entelektüel faaliyeti günümüzde oldukça az biliniyor. Elimizde söz konusu döneme ait kalıntılar bulunsa da bunlar, tarih öncesi atalarımızın zekâsını temsil eden bilgi birikimine çok küçük katkılar sağlıyor.

ÖNCEKİ SAYFALAR
Gökyüzünün küçük bir parçasına odaklanan Hubble Uzay Teleskobu'na ait fotoğraf, yerküreden milyarlarca ışık yılı uzaklıktaki farklı türlerde gökadaları gözler önüne seriyor.

Ancak antik kalıntıların kanıtladığı bir şey varsa o da, gözleme dayalı gökbilimin temellerinin binlerce yıl öncesine dayandığıdır. Eski çağlara ait yapılar –İngiltere'deki Stonehenge ya da Meksika'daki Chichen Itza Maya piramidleri gibi– tarih öncesi kültürlerin yıldızlı göklere atfettiği önemin kanıtlarını gözler önüne seriyor.

Her antik kültürün, evrenin başlangıcına ilişkin öyküsü birbirinden farklıdır. Çoğu kültürde astronomi bilgileri rahiplerin himayesindeydi ve ne zaman ekin ekeceklerini, ne zaman hasat yapacaklarını halka onlar söylerlerdi. Örneğin antik çağ Mısır'ında kimi yıldızların konumuna bakılarak, tarımsal faaliyetlerin planlanmasında kilit rol oynayan Nil'in taşma dönemine ilişkin tahminlerde bulunulurdu. Tutulma, gezegenlerin kavuşumu veya kuyrukluyıldız geçişi gibi gökbilim olayları, genelde yaklaşan dünyevi olayların bir işareti olarak algılanırdı.

BABİL'İN GÖKYÜZÜ

Yıldızlarla ilk ilgilenenlerin başında, gecelerini sürü güderek geçiren ve mevsim dönüşümlerine veya sürülerin otlak alanını değiştirmek için en doğru zamana ilişkin emareleri yakalayabilmek için gözlerini gökten ayırmayan çobanlar geliyordu. Çobanlar gökyüzünü izleyerek noktacık görünümlü yıldızları birleştiriyor, hayali şekiller oluşturuyorlardı: ayılar ve yılanlar, krallar ve kraliçeler gibi. Ayrıca bu karakterler için şatafatlı öyküler de düzmüşlerdi. Çok geçmeden öykülerin tanrı ve kahramanları, insanın başı üstünde yükselen gökte, kendi kültürel efsanelerini sahnelemeye başladılar.

İlk gökyüzü izlenimleri yerini gözleme ve kayıt tutmaya bıraktı. Gökyüzü olaylarına ilişkin dünyanın en eski kayıtlarından bazıları Çinlilere ait. Çinliler MÖ 2679'da aniden parlayan bir yıldızı, yani novayı; MÖ 2316'da ise bir kuyrukluyıldızı kayda geçirdiler. Çinli gökbilimciler ayrıca MÖ 11. yüzyılda kış gündönümünde güneşin Beta Aquarii yıldızının yakınında olduğunu kaydettiler. Bu konum, güneşin günümüzde Gamma Sagittarii yıldızının yakınındaki konumuna 40 derecelik mesafedeydi.

Babilliler de yaratılış efsanelerinde önemli yer teşkil eden güneş, ay ve gezegenlerin hareketlerini düzenli

MÖ 3000 - MS 150

MÖ 3000 civarı
İngiltere'de güneşe göre konumlandırılmış Stonehenge inşa edildi.

MÖ 2686-2345
Mısır'ın muhteşem piramitleri inşa edildi. Piramitlerin konumlandırılmalarına dayalı, gökbilimsel bir önemleri olduğu düşünülüyor.

MÖ 1361
Çinli gökbilimciler ilk kez ay tutulmasını kaydettiler.

MÖ 750 civarı
Ayın evrelerine dayalı ilk almanaklar Babilli gökbilimciler tarafından yaratıldı.



BABİL'İN SINIR TAŞI

Kudurrus isimli antik Babil'e ait siyah kireçtaşından bu heykel, kendi döneminde sınır hattını belirliyordu. Iran, Susa'da bulunan bu kudurru, MÖ 12. yüzyılda yaşamış Kral II. Melishishu'nun (elinde arp tutan) kızını, sağlık ve deva tanrıçası Nanai ile tanıştırmasını resmediyor.

MÖ 340 civarı
Yunan düşünür Aristoteles evrendeki her şeyin yerküre etrafında uyum içinde döndüğünü öğretti.

MÖ 270 civarı
Samoslu Aristarkos güneşi merkez alan ve dünyayı onun etrafında dönen gezegenlerden biri olarak gösteren "heliocentric" (güneşmerkezli) sistemi öne sürdü.

MÖ 240 civarı
Halley kuyrukluyıldızının Çinli gökbilimciler tarafından tutulmuş, bilinen ilk kaydı.

MS 150 civarı
Batlamyus hazırladığı yıldız kataloğunda 48 adet takımyıldızı listeledi ve "geocentric" (yermerkezli) evren modelini öne sürdü.

olarak haritaya döktüler. Hammurabi'nin hükümdarlığı ile başlayan MÖ 1700 ile 1600 arasındaki Eski Babil dönemine ait epik şiirler yaratılış öykülerini anlatıyordu. Bu öykülerden biri olan *Enuma Elish*'de ayın evrelerinden ve hareketleri ile görünümleri yılın çeşitli dönemlerine karşılık gelen 36 yıldızdan bahsedilir. Şiire göre Mezopotamya panteonunun baş tanrısı Marduk "yüce tanrılar için mevkiler hazırlamış" ve "onlara karşılık gelen takımyıldızlar oluşturmuş"tur. Marduk ayrıca "yılı belirleyerek bölümlere ayırmış" ve "üç yıldızın her birini on iki aya paylaştırmış"tır.

Hemen hemen aynı dönemde gökbilimciler Venüs gezegeninin ilk gözlemlerini gerçekleştirdiler. MÖ 1600'lü yıllarda Babil'de Hammurabi'nin torunu Ammisaduka hüküm sürüyordu. Onun döneminde Venüs gezegeninin doğuş ve batış vakti 21 yıllık bir süre boyunca gözlemlendi. Sonunda elde edilen bilgi, bir erken dönem yazı biçimi olan çivi yazısı ile günümüzde Ammisaduka'nın Venüs tabletleri diye bilinen tabletlerinin üstüne kaydedildi. Tarihsel açıdan önemli olsalar da bu gözlemler tam olarak doğru değildi. Aslında kayıtlardan birkaçı gözleme değil, geliştirilmekte olan teorik hesaplara dayalı idealize edilmiş doğuş ve batış vakitlerinden oluşuyordu. O zamanlar Babilliler Venüs'ün gökteki hareketleri üzerine teoriler geliştirmekteydi. Bu teorilerden yararlanarak gezegenin sabah ya da akşam ufkunda hangi vakitte ve nerede görüneceğini ya da gözden kaybolacağını tahmin etmeye çalışıyorlardı.

Bu tür hatalara rağmen Babilliler bilimin gelişimine önemli katkılarda bulundular. Hem pratik hem de dini önem taşıyan astronomik gözlemler, Babil toplumsal sisteminin bir parçasıydı. Bireysel gözlemlerde bazı hatalar olsa da, uzun bir döneme yayılan gözlemlerin analizinden elde edilen biçim düzenleri, bir objenin geceleyin gökte ne şekilde hareket edebileceğine ilişkin bir tablo çıkardı ortaya. Bu kapsamlı bakış, gök cisimlerinin hareketleri hatta belki de ortaya çıkışlarıyla ilgili teorilerin geliştirilmesine zamanından çok sonra dahi büyük katkılar sağladı.

Eski çağ bilginleri zamanla yerküre üstündeki olaylar ile gökyüzü olayları arasında ilişki kurmaya başladılar. O dönemde, gözlem yapan gökbilimciler ile tahminlerde bulunan astrologlar arasında belirgin bir ayrım yapılmamıştı. Jüpiter'in normalden daha parlak göründüğü zamanlarda bir taşkın meydana gelse, gezegenin bir sonraki parlak dönemi, yaklaşan taşkının alameti olarak yorumlanıyordu.

MÖ 1570 ile 1155 arasında 400 yıldan fazla süren Kassit hanedanlığı boyunca bir grup yazman, tamamına *Enuma Anu Enlil* adı verilen yaklaşık 70 adet tablet üretti. Bu eserler içlerinde, gökyüzüne bakarak yorumlanan binlerce kötü alameti barındırıyordu. Tapınak gökbilimcileri gözlemler yapıyor, bilgi edinmek için tabletlere başvuruyor, sonra da tahminlerini krala bildiriyordu.

Babillilere ait en seçkin astronomi metinlerinden biri *Mul Apin* denen birkaç kil tablet biçiminde karşımıza

AY

Ay'ın Dünya çevresindeki turunu tamamlaması 27322 gün sürer. Bu süre içinde Ay, biçiminde değişiklik oluyormuş gibi bir izlenim yaratan birkaç evreden geçer: dolunay, erken dolunay, ilk dördün, ilk hilal, yeni ay (aysız), son hilal, son dördün ve geç dolunay. Ayın yörüngedeki dönüş süresi ile kendi ekseni etrafındaki dönüş süresi eşit olduğundan dünyaya bakan yüzü daima aynıdır.



çıktı. Tablet ismini, Sümerceden "Saban Yıldızı" diye çevrilen şiirin açılış sözcüklerinden alıyordu.

Babillilerden kalma en önemli gökbilim metni olan *Mul Apin* tabletleri, yıldız ve takımyıldızların isimleriyle başlıyor ve takımyıldızlar ile yıldızların ufukta yükseldikleri vakitlerle, eşzamanlı doğan ve batan yıldız ve takımyıldızların isimleriyle, belli takımyıldızların sabah gökte yükselişleri arasındaki zaman aralığı bilgisiyle devam ediyordu.

Var olan en eski kopya MÖ 700'e ait, ama bu metin hem Venüs tabletlerinden hem de *Enuma Anu Enlil*'den alıntıların bir derlemesi. Yani orijinali bundan çok daha eski bir tarihe ait olabilir. *Mul Apin* metni Helenistik çağlara dek çoğaltılarak yenilendi ve mevcut örnekler arasında çok küçük farklar mevcuttu.

ANTİK YUNAN'DA GÖKLER

Akademisyenlere göre *Mul Apin*'in ilk kopyasının ortaya çıkışı, Yunan edebiyatının ünlü sözlü destanları *İlyada* ile *Odise*'nin yeni yeni doğduğu döneme rastlıyordu. Takımyıldızlara ve onlarla ilişkilendirilen mitlere atıfta bulunan Homeros, Yunanların astronomi bilgisinin Babillilerinki kadar derin olmadığını ileri sürmüştü. Hesiodos'un *İşler ve Günler* adlı eseri, MÖ 7. yüzyıl gibi geç bir dönemde bile Yunanların, göklerin dönüşünü yalnızca mevsimlerle ilişkilendirdiklerini gösteriyordu. Bahar yaklaşınca ufuk çizgisinin altına düşen takımyıldızları sayan Hesiodos eserinde, "Pleiades (Ülker yıldız kümesi), Hyades (Öküz kümesi) ve kudretli Orion (Avcı takımyıldızı) battığında, unutma ki ekim vakti gelmiştir" demişti.

ANTİK ÇAĞA AİT BİR BETİMLEME

Babillilerin göklere, gökyüzüne ve yerküreye ait bu betimlemesinin ardında, gökyüzü tanrısı Enlil'in, gökler tanrısı An ile yerküre tanrısı Ki'nin birleşmesinden doğduğunu söyleyen mitleri yatıyor olabilir.

Yunanlar bilgilerini Mısırlıların değişen gökyüzüne ilişkin birikimleri üzerine inşa ettiler. MÖ 5. yüzyılda yaşayan Yunan tarihçisi Herodot, Mısırlıların her biri 30 günden ibaret, on iki ay bazlı yıllık sistemlerine hayranlığını dile getirmişti. "Yılı ilk icat edenlerin Mısırlılar olduğu söylenir. Onlar bir yılı on iki bölüme ayırdılar ve [dört] mevsimi oluşturdular. Bence bu noktada Mısırlıların hesabı Yunanlarınkinden daha akla yatkın çünkü Yunanlar mevsimlerin düzenini bozmamak için üç yılda bir takvime bir ay eklerken, Mısırlılar on iki aylarının her birini otuz günden hesaplıyor, her yıl fazladan beş gün ekliyorlar."

Mısırlılar ayrıca güneş ssatini ve su saatini geliştirdiler ve MÖ 13. yüzyıla gelindiğinde 43 takımyıldızı ile 5 gezegeni ayırt etmeyi başardılar: Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn. Bunların her birine kendi mitik yorumlarını kattılar. Mars genelde şahinle temsil edilen ve şekil değiştirebilen tanrı "Işıltılı Horus"la ilişkilendirilirdi. Venüs ilk başta yeraltı dünyasının tanrısı Osiris'in gezegeni olarak düşünüldü. Ancak sonraları Mısırlılar gezegenin gökyüzündeki hareketini kavradıkça Sabah ya da Akşam Yıldızı kimliğini kazandı.

TAKVİMLER

İlk Babil takvimleri kameri ayı, yani birbirini izleyen iki dolunay arasındaki 29,5 günlük dönemi temel alan bir sistemdi. Bu döngüye göre 365,24199 gün olarak gözlemlenen ortalama güneş yılından daha kısa, 354 günlük bir ay yılı (kameri yıl) ortaya çıkıyordu.



MÖ 7. yüzyıla ait bu Babil takvimi uğurlu ve uğursuz günleri gösteriyor.

Güneş yılına dayalı takvimi ilk geliştirenler, eski çağ Mısırlılarıydı. Mısır'da yaşam Nil taşkınlarının etrafında dönüyordu. Gece göğünün en parlak yıldızı Sirius (Akyıldız), her yıl Nil'in taştığı zamanlarda, gün doğumundan hemen önce parlıyordu. Mısırlılar takvimlerini bu olayın etrafına yapılandırdılar. Mayalar da zamanın kaydını tutmakla ilgileniyorlardı ama takvimlerini yıllık periyotla ilişkilendirmemişlerdi. Onlar hem geçmişe hem de geleceğe yönelik bir takvim sistemi kurmuşlardı. Modern takvimlerin temeli ise 8. yüzyılda atıldı. Bu takvimler MÖ 46 yılında Julius Caesar tarafından kullanıma sokulan Roma Jülyen takvimine dönüştü. Jülyen takvimi son şekline MS 8 civarında, İmparator Augustus döneminde kavuştu. O dönemde takvim halen 11 dakika, 14 saniye hatalıydı ve tasarım şekli yüzünden hata miktarı yüzyıllar içinde artış göstermişti.

1582'de Papa XIII. Gregory iki aşamalı bir takvim reformu gerçekleştirdi. Öncelikle on günlük tutarsızlığı ortadan kaldırarak 21 Mart tarihinin ilkbahar ekinoksuyla örtüşmesini sağladı. Bunu da Kutsal Roma İmparatorluğu'nun her yerinde geçerli olacak bir duyuruyla, 4 Ekim 1582'den sonraki günün 15 Ekim olacağını ilan ederek sağladı.

Ardından, artık yılları belirleme kuralını değiştirdi. O tarihten itibaren 400'e bölünebilen yüzyıl seneleri hariç, dörde bölünebilen tüm yıllar "artık yıl" olacak, Şubat ayına bir gün eklenecekti. Bu sistem 3300 yılda yaklaşık 1 günlük düzeltme gerektiren ve 365,2425 güne denk düşen ortalama bir Gregoryen yılını meydana getirdi.

Romalı yazar Cicero 1. yüzyılda Mısırlıların, Venüs ve Merkür'den "güneşin yoldaşları" diye söz ettiklerini yazmıştı. Bu takıma ismi günümüzde fiziksel anlamıyla kavramamız daha kolay çünkü söz konusu iki gezegenin güneşe dünyadan daha yakın olduklarını, bu yüzden de dünyevi bakış açımıza göre güneşten uzağa sapmadıklarını biliyoruz.

MÖ 1. yüzyılda yazan Yunan tarihçi Diodorus Siculus (Sicilyalı Diodor), eski Mısır'ın en büyük kentlerinden Teb'de rahiplerin tutulmaları tahmin edebildiklerini söylüyordu ki bu da ileri derecede matematik ve gökbilim bilgisi gerektiren bir entelektüel beceriydi.

Yunan düşünürler Babil ve Mısırlılardan esinlenerek astronomi bilimi diye adlandırabileceğimiz ilme ilk şeklini verdiler. Miletli Thales'in ise MÖ 28 Mayıs 585 tarihine denk düştüğü tahmin edilen güneş tutulmasını öngördüğü söylenir. Herodot'a göre güneş tam da öngörüldüğü üzere, iki rakip şehir-devletin savaşı esnasında tutulmuştu. Gündüz vakti çöken gece ve Thales'in şaşkınlık yaratan tahmini savaşı sona erdirmiş ve Thales'e yalnızca Herodot'un değil Platon ve Aristoteles'in de yazılarında onurlu bir yer kazandırmıştı.

Thales astronomi bilgisinin çoğunu büyük olasılıkla, MÖ 8. yüzyılda Nabonassar'ın hükümdarlığı sırasında gökyüzü gözlem becerilerini önemli ölçüde geliştiren Babillilere borçluydu. Babillilerin özenle işlenmiş kayıtları tutulma yıllarında bazı biçim düzenlerinin varlığını, özellikle de aşağı yukarı 18 yıllık (223 kameri ay) bir döngüyü ortaya koyuyordu. Babil yöntemleriyle ay tutulmaları oldukça doğru tahmin ediliyordu ama aynı şey güneş tutulmaları için geçerli değildi. Belki de Thales bilginin yanısıra biraz da şanstan yararlanmıştı.

Düşünür Platon'un en ünlü ve üretken öğrencisi Aristoteles, doğaya yönelik çalışmalarda gözlemin temel prensip olarak benimsenmesi konusunda ısrarcıydı. Çalışmalarından ikisinde, yani *De Caelo (Gökler Üzerine)* ve *Meteorologica*'da *(Meteoroloji)* Aristoteles yıldızların, gezegenlerin ve ayın belirgin hareketlerini açıklamıştı.

Aristoteles'in MÖ 4. yüzyılda geliştirdiği model, bilginlerin o güne dek temel aldıkları özelliklerin çoğunun hatalı olduğunu öne sürüyordu: onun modeli "jeosantrik" yani yermerkezli bir evren modeliydi. Göklerdeki her şeyin kusursuz derecede sabit, dairesel devinimlerle hareket ettiğini varsayıyor, kütlesi olan objeler arası etkileşimin fiziğini göz önüne almıyordu.

Gözlemlerinin sonucunda Aristoteles, sabit ve hareketsiz bir yerküre merkezli 56 küreden oluşan karmaşık bir evren modeli yarattı. Ona göre dünya kendi etrafında dönüyorsa, yukarı doğru fırlatılan bir nesne fırlatıldığı noktaya düşemezdi. Ayrıca dünya güneşin etrafında dönüyorsa, yıldızların yıl içinde konumlarının değişmesi gerekirdi. Ne var ki yıldızlar çok uzakta olduğu için bu türden değişiklikler çıplak gözle algılanamıyordu. Oysa günümüz gökbilimcileri "yıldız paralaksı" denen bu küçük kaymayı artık ölçebiliyor ve onu, yerkürenin uzaydaki

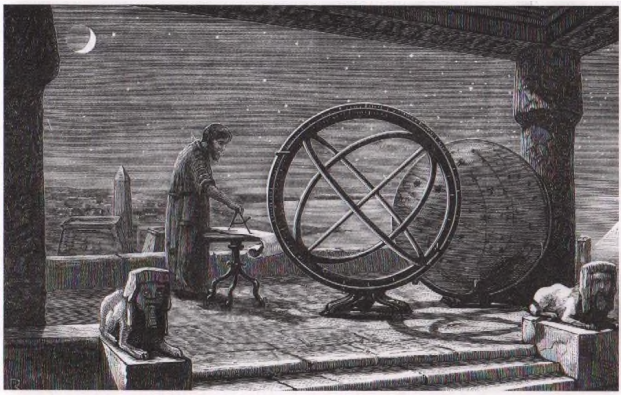
nispeten yakın objelerle arasındaki mesafeyi ölçmede kullanıyorlar.

Ayrıntılı gökyüzü gözlemleri gerçekleştiren Aristoteles, edindiği bilgiyi hatalı bir evren modeli oluşturmakta kullanmış olsa da, aynı zamanda geleceğin bilimi tarafından doğruluğu kanıtlanacak ve yararlanılacak bazı sonuçlara da ulaştı.

Öncelikle dünyanın küre şeklinde olması gerektiğini kavradı. Bu çıkarımı yapmasının nedeni diğer birçok kanıtın yanısıra, dünyanın ay tutulması sırasında ayın üzerine kavisli bir gölge düşürmesiydi. Bu varsayımdan yola çıkan Aristoteles, dünyanın çapını hesapladı ve 5100 kilometreye denk bir sonuca ulaştı.

Aristoteles'in hesapları gerçeği yansıtmaktan uzaktı ama 3. yüzyılda yaşayan Yunan Eratostenes sonuca oldukça yaklaşmıştı. Eratostenes dünyanın ölçüsünü hesaplarken, yaz gündönümünde öğle vakti güneşinin İskenderiye'de yarattığı gölgenin uzunluğu ile Mısır şehri Syene'de (şimdiki Asvan) yarattığı gölgenin uzunlukları arasındaki farkı göz önüne aldı. İskenderiye ile Syene arasındaki mesafeyi bilen Eratostenes, yerkürenin çapını yaklaşık 8326 mil olarak hesapladı. Bu sonuç günümüz ölçümüyle yaklaşık 7926 mil olan sonuca şaşırtıcı derecede yakındı.

Bir sonraki büyük Yunan gökbilimci Samoslu Aristarkos, MÖ yaklaşık 310 ile 230 arasında yaşadı. Aristarkos'un ünü daha çok dünya ile güneş ve ay arasındaki mesafeyle ilgili tahminlerinden ileri gelir. Gökbilimci 675 kadar yıldızı kataloglamış, dünyanın eğik bir eksen üzerinde döndüğü hipotezini öne sürmüştü. Aristarkos ayrıca "helyosantrik", yani güneşmerkezli evren modeliyle de bilinir. Bu modele göre yıldızlar ve güneş, güneşi merkez alan devasa bir küre üstünde sabit ve hareketsizdi, dünya ise bu kürenin içinde dairesel bir yörüngede dönüyordu. Ancak modeli az sayıda insan benimsedi, hatta bazıları dinsizlik olarak algıladı. Güneşmerkezli modelin Batı



HİPPARKOS

Yunan gökbilimci Hipparkos kusursuz gözlemleriyle yıldızların parlaklığını sınıflandıran ve günümüzde hâlâ kullanılan bir skala geliştirdi ve 850 yıldızlık, bilinen ilk gökler katalogunu oluşturdu.

biliminde Kopernik sayesinde yeniden ön saflara yerleşmesi için aradan 1.700 yıl geçmesi gerekti.

Aristarkos'un çalışmalarını temel alan Hipparkos MÖ 2. yüzyılda dünyanın dönme ekseninde hafif kaymayı açıkladı ve güneş ile ayın hareketlerini açıklayan matematiksel modeller geliştirdi. Ancak Hipparkos'a asıl ününü kazandıran, yıldızların görünür parlaklıklarını ölçmeye yarayan yöntemiydi. Gökbilimci, yıldızları altı kategoriye ayırarak, en parlak olanları birinci kadirden saymıştı. İnsan gözüyle güçlükle ayırt edilebilen, en sönük yıldızları ise altıncı kadir olarak sınıflandırdı. Bu parlaklık skalasını kullanan Hipparkos 850 kadar yıldızı kataloglad.

Modern gökbilimciler halen bu temel skaladan yararlanırlar. Ancak skala günümüzde güneşi ve Hipparkos'un çıplak gözle göremeyeceği kadar sönük gök cisimlerini de içerecek şekilde genişletildi. Hipparkos'un orijinal skalasında birinci kadir sınıfındaki yıldızlar, altıncı kadir yıldızlardan yaklaşık 100 kat daha parlaktır. Diğer bir deyişle bir obje ne kadar parlaksa, görünür parlaklığını temsil eden sayı o kadar küçüktür. Günümüz skalası da 100 kat parlaklık farkı için beş kademelik kadir farkı kullanır ama çok parlak yıldızları tanımlamak için negatif sayılar kullanır. Örneğin Sirius yıldızı (Akyıldız) -1.42; güneş -26.5 kadir olarak sınıflanmıştır. Hubble Uzay Teleskobu gibi araçlar +28 kadirden daha sönük objeleri belirleyebilir ki bu, çıplak göz ile algılayabileceğimiz herhangi bir şeyden 440 kat daha sönüktür.

Büyük antik Yunan gökbilimcilerinin sonuncusu, MS 100 ile 170 arasında yaşayan ve Batlamyus (Ptolemeus) diye de bilinen Claudius Ptolemaeus'du. Batlamyus tıpkı Aristoteles'in modeli gibi dünyayı evrenin merkezine yerleştiren, yermerkezli bir güneş sistemi geliştirdi. Ancak bu sistem, Aristoteles modelinin aksine ay, güneş ve gezegenlerin hareketlerini, bir derecelik bir hata payı içinde oldukça doğru öngörebiliyordu. Pergalı Apollonius da MÖ 3.

İLK GÖKBİLİMCİLER

Gökyüzünün ilk gözlemcileri

MÖ 624 civarı
Miletli Thales doğdu.

MÖ 585
Miletli Thales'in öngördüğü güneş tutulması 28 Mayıs'ta gerçekleşti.

MÖ 547 civarı
Miletli Thales öldü.

MÖ 432
Meton ve Euktemon Atina'da yaz gündönümünü gözlemlediler.

MÖ 384 civarı
Aristoteles, Yunanistan, Stagira'da doğdu.

MÖ 367
Aristoteles, Atina'daki Platon Akademisi'ne katıldı.

MÖ 350
Aristoteles *Gökler Üzerine* adlı eserini tamamladı.

MÖ 322
Aristoteles Yunanistan'daki Chalcis şehrinde öldü.

MÖ 310 civarı
Samoslu Aristarkos doğdu.

MÖ 285 civarı
Aristarkos Lyceum'da çalışmalarına başladı.

MÖ 190
Hipparkos bugünkü İznik'te doğdu.

MÖ 150 civarı
Hipparkos *Aratus ve Eudoxus Üzerine Yorum* adlı eserini tamamladı.

MS 100 civarı
Batlamyus doğdu

MS 150 civarı
Batlamyus *Almagest* adlı eserini tamamladı.

MS 170
Batlamyus öldü.

BATLAMYUS
İkinci yüzyılda Batlamyus gezegenlerin, güneşin ve ayın hareketlerini bir derecelik bir hata payı içinde öngörebilen yermerkezli bir güneş sistemi modeli geliştirdi.



1543 – 1705

1543
Mikolaj Kopernik güneşmerkezli evren teorisini yayımladı.

1572
Tycho Brahe dünya atmosferi dışında yeni bir yıldız, bir süpernova gözlemleyerek göklerin değişebildiğine ilişkin kanıt elde etti.

1608
Hollandalı gözlük imalatçısı Hans Lippershey, ilk kırılmalı teleskobu üretti. İcadı gökbiliminde kaçınılmaz bir çığır açtı.

1609
Johannes Kepler gezegen hareketlerinin yasalarını açıklayan ilk çalışmalarını yayımladı.

yüzyılda benzeri bir model önermişti. Hipparkos bu modeli geliştirmiş, Batlamyus ise tamamlamıştı.

Batlamyus'un evren anlayışına göre gezegenler "dış çember" denen çemberler içinde hareket ediyor ve her dış çember de "merkezi taşıyıcı" denen dairesel bir yörüngeyle yerküre etrafında dönüyordu. Ancak bu basit çemberler, gökyüzünde görülen hareketlerle pek uyuşmuyordu. Durumu telafi etmek için Batlamyus, yerküreyi merkezin biraz dışına yerleştirdi. Ayrıca "ekuant" (denge noktası) denen noktalar yarattı. Her dış çember merkezinin sabit bir hızla uzaklaşır gibi göründüğü noktalardı bunlar.

Batlamyusçu model özünde farklı boyutlarda olup, farklı hızlarda hareket eden birkaç düzine çemberden ibaret karmaşık bir sistemdi. Bu model yüzyıllar boyu göklerin standart tasviri olarak kabul edildi. Ancak gökbilimciler model bazlı tahminleri gerçek gözlemlerle karşılaştırdıkça, belirlenen hataların sayısı zamanla arttı ve Batlamyusçu model nispeten kusurlu kabul edilmeye başlandı. Ne var ki hatalarına rağmen bu modelin dışında, gezegen hareketlerini öngörebilen başka bir model mevcut değildi. Batlamyus'un görüşleri astronomik düşünce üzerindeki hâkimiyetini 1500 yıl kadar sürdürdü.

Batlamyus'un en büyük eseri *Almagest*'di. *Almagest* Arapçadaki *Yüce Kitap*'ın Latince çevirisiydi. M.S 150 civarında kaleme alınan eser, antik Yunan gökbilim belgelerinden günümüze dek ulaşan tam ve anlaşılır tek eserdir. Aristarkos ve Hipparkos dahil, önde gelen birçok klasik gökbilimcinin orijinal eserleri zamanla kayboldu. Ancak Batlamyus'un *Almagest*'i sayesinde hem onun, hem de diğer gökbilimcilerin çalışmaları ve başarılardan haberdar olduk.

KOPERNİK DEVRİMİ

Batlamyus'un düzenli ve yermerkezli evren tablosu 16. yüzyıla dek benimsenmeyi sürdürdü. Ancak 16. yüzyılda Rönesans'la gelen dini, politik ve entelektüel devrimle birlikte, günümüzün evren anlayışını şekillendirecek olan kültür yaratıldı. Bilimsel düşüncede kısa süre sonra ortaya çıkacak olan değişimi tetikleyen kişi, umulmadık biriydi; Mikolaj Kopernik. Herkes tarafından sessiz

Batlamyus hakkında daha fazla için bkz. sayfa 318.

USTURLAP

Usturlabın 6. yüzyılda icadıyla birlikte gökbilimciler, ufka ve boylama kıyasla güneş ve yıldızların konumunu hesaplayabildiler. Daha üstün bir yön belirleme aracı olan sekstantların icadına dek, usturlaplar ilk denizciler tarafından yaygın olarak kullanıldı.

1610
Galileo Galilei güneş lekeleri, ay kraterleri ve Jüpiter'in dört ayı ile ilgili bulgularını açıklayarak, evrendeki her şeyin dünyanın çevresinde dönmediğini kanıtladı.

1687
Sir Isaac Newton yayımlanan *Principia* adlı çalışmasında evrensel yerçekimi teorisini ve üç hareket yasasını anlattı.

1705
Edmund Halley hesaplamalarıyla bir kuyrukluyıldızın yeniden görüleceğini öngördü. Kuyrukluyıldız 1758 yılında görüldüğünde ona Halley'in ismi verildi.



sakin ve duyarlı bir vizyoner olarak görülen Kopernik, zamanı için oldukça radikal ve devrim niteliğinde bir evren görüşüyle ortaya çıktı.

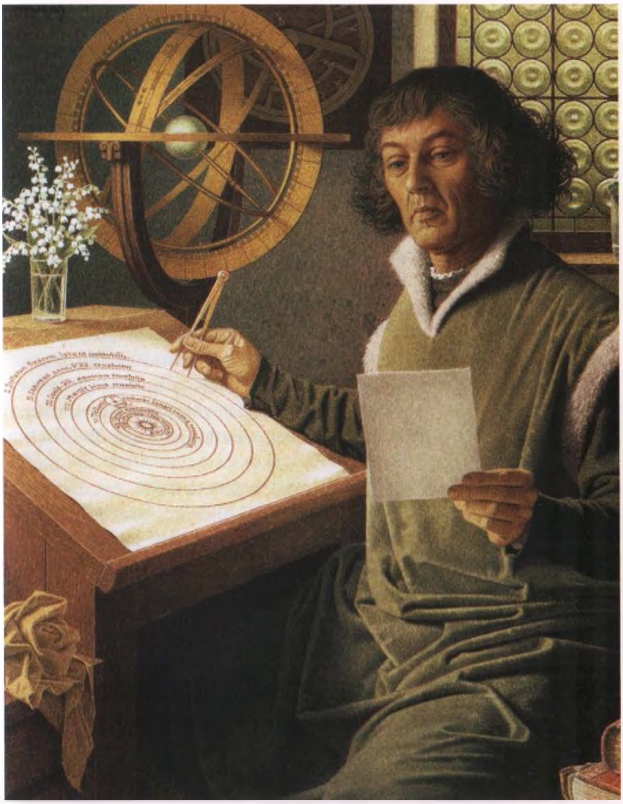
Kopernik 19 Şubat 1473'te, Polonya'nın Torun şehrinde varlıklı bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. Babası tacir, annesi ise zengin bir ailenin üyesiydi. Kopernik on yaşına bastığında babasını kaybetti. Bunun üzerine –bir Katolik piskoposu ve akademisyen olan Lukasz Watzenrode adlı– dayısı, genç Mikolaj'ı kanatları altına aldı. O dönemde Kolomb Atlantik'e yelken açmış, Kopernik ise Cracow Üniversitesi'nde öğrencilik yapıyordu. Kopernik ayrıca İtalya'daki Bolonya Üniversitesi'nde de kilise kanunu ve tıp eğitimi alıyor, astronomi ilmini araştırmaya başlıyordu. 1503'te Ferrara Üniversitesi'nden kilise kanunu doktorluğu unvanını aldı ve Doğu Prusya'daki Heilsberg'de piskoposluk mevkisinde bulunan dayısının çevresi için hekimlik yapmaya başladı. Kraliyet üyeleri ve yüksek mevkilerdeki din görevlileri, Kopernik'in hekimliğine başvursalar da o, vaktini fakirlere yardım ederek geçirmeyi tercih ediyordu.

Hukuk ve tıp eğitimi aldığı halde Kopernik'in başlıca ilgi alanları astronomi ve matematikti. Eski çağ Yunanlarına ait eserleri okumuş, 1513 Mart'ında kendi gözlemevini inşa etmek için 800 adet tuğla ve bir fıçı kireç satın almıştı. Bundan bir yıl sonra kendi evren görüşünü net bir şekilde oluşturmuş ve ilk astronomi tezini yazmıştı. Tezin başlığı *De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*'du, yani *Konumlarına Göre Gök Cisimlerinin Devinimine İlişkin Teoriler Üstüne Yorum*. Ne var ki Kopernik bu çalışmasını yayımlamamaya karar verdi ve yalnızca yakınları arasında elden ele dolaştırdı.

Belki de yeni fikirlerinin dünyayı ne kadar rahatsız edeceğinin farkındaydı. *Yorum* Kopernik'in zamanına göre oldukça yeni ve tehditkâr sayılabilecek, dünyanın sabit bir güneş etrafında dairesel hareketlerle döndüğüne ilişkin görüşünü ilk kez dile getirdiği çalışmasıydı. Bu görüş çok geçmeden bilimsel düşüncede bir paradigma kayması yaratmakla kalmayacak, topyekün bir ideolojik devrimin de aynası olacaktı.

Bundan ancak iki yıl önce, 1512'de, Martin Luther din bilimi doktorasını tamamlamıştı. Kopernik'in *Yorumu*'u kaleme aldığı dönemde Luther, Almanya'nın Wittenberg Üniversitesi'nde ders veriyordu. Çalışkan ve tövbekâr bir genç olan Luther, kendisini İncil ve erken dönem kilise çalışmalarına adamıştı. Çalışmaları onu Katolik Kilisesi'nin Hıristiyanlığın birkaç temel niteliğini (özellikle de, aklanmanın yalnız imanla gerçekleşebileceği doktrinini; Tanrı'nın lütfuna eylemle değil, hatta "bağışlama belgesi" yoluyla ve kilise üyelerine maddi ödemeler yaparak değil, imanla kavuşulabileceği fikrini) yitirdiği sonucuna vardırmıştı. O dönemde Roma'daki Aziz Peter Bazilikası'nın yenilenmesine katkı sağlamak amacıyla Katolik piskoposlar tarafından bağışlama belgeleri satışa çıkarılmıştı.

Kopernik güneşmerkezli evren modelinin son rötuşlarını sessiz sedasız tamamlarken, Luther ve takip-



KOPERNİK
16. yüzyılda Mikolaj Kopernik güneş sisteminin merkezinde güneşin yer aldığını ve dünyanın da onun çevresinde döndüğünü ileri sürerek, evrene bakışımızı temelden değiştirdi.

çileri de kilise reformu için baskı yapıyorlardı. Bu iki adamın çalışmaları ilk bakışta birbirinden farklı görünse de, devrim niteliğindeki görüşleri nihayetinde ortak bir dili yakaladı.

Klasik yermerkezli evren modeli en mükemmel alanın, en dıştaki küreyle temsil edilen ve ayın ötesinde yer alan kürenin kapladığı alan olduğu; merkezdeki dünyaya yakın kürelerin ise daha az mükemmel bir varoluş içinde bulundukları varsayımını benimsemişti. Bu bakış açısı Hıristiyanlığın yukarıda cennet, aşağıda cehennem modelini onaylıyor gibiydi. Modelde değişikliğe gitmek yalnızca Aristoteles ile Batlamyus'a değil, aynı zamanda kiliseye ve Hıristiyan doktrinine de meydan okumak anlamına geliyordu.

Kopernik'in kiliseyle sağlam bağları vardı: dayısı piskopostu, kendisi

de 24 yaşında kilise özel heyet üyesi olmuştu. Gökyüzü gözlemlerinin kilise doktrini ile çeliştiğinin bilincindeydi ama yine de hararetle ve sesini yükseltmeden yermerkezli evren görüşüne karşı çıkıyordu. "Biz güneşin etrafında dönüyoruz," demişti *Yorum*'da, "tıpkı diğer gezegenler gibi." Çalışması aslında papalık meclisi tarafından olumlu bir tepkiyle karşılanmış, hatta övgüler alınıştı. Bunun üzerine Papa X. Leo, Kopernik'i takvim reformuna katkıda bulunması için Roma'ya davet etti.

Kopernik fikirlerinin skolastik dinbilimciler kadar halkın da tepkisini çekebileceğinin farkındaydı. Ömrünün 16 yılını ilk kez *Yorum*'da açıkladığı evren modelini kimseye duyurmadan mükemmelleştirmeye adamıştı. 1530'a gelindiğinde çalışmasını tamamlamış ama yayımlanması için henüz onay vermemişti. *De revolutionibus orbium coelestium (Gök Cisimlerinin Devinimleri Üzerine)* adlı eseri nihayet Almanya, Nuremberg'de, Kopernik'in öldüğü 1543 yılında yayımlandı.

De revolutionibus gezegenlerin gözlemlenen hareketlerinin işleyen bir geometrik modelini ortaya koyuyordu, yani Babilliler ile Aristarkos gibi antik Yunanların yapılandırmaya çalıştıkları modeli. Merkezinde güneş olduğu halde işleyen bir model sunan Kopernik, dünyanın ve insanın evrendeki yerine ilişkin yaygın bakış açısını sarstı. Yerküre artık etrafında itaatkâr bir şekilde dönen gökleriyle, evreni sapasağlam bir merkeze bağlayan odak noktası değildi. Aksine, güneşin yörüngesinde dönen diğer gezegenlerle aynı fizik yasalarına tabi, herhangi bir gezegendi.

Kopernik'in görüşleri bilimsel düşünceyi günümüz anlayışına yaklaştırdı ama kısıtlı yönleri de yok değildi. Batlamyus'un sistemi gibi Kopernik sistemi de gezegenlerin sabit bir hızla dairesel yörüngelerde döndüğünü varsayıyordu. Ne var ki bu sistem, güneşe daha yakın gezegenlerin yörüngelerinde daha hızlı döndükleri fikrini ilk kez ortaya atmıştı. Örneğin yerküre, güneşin daha uzağındaki gezegenlere kıyasla, yörüngesinde daha hızlı hareket ediyordu. Bu yeni hipotez Kopernik'in, bazı gezegenlerin neden gökyüzünde tersine hareket edermiş gibi göründüklerini açıklamasına yardımcı oluyordu. Söz konusu hareket, geçmiş ve günümüz gökbilimcilerinin "geri hareket" dedikleri optik bir yanılsamadır.

Batlamyus modelinden daha zarif olsa da, sabit dairesel yörünge varsayımı nedeniyle Kopernik modelinin de, gezegen hareket ve konumlarını, iki dereceye –yani dolunay çapının dört katına!– varan hata payıyla yanlış öngördüğü zaman içinde anlaşıldı.

DEVRİMİN REFORMU

Kopernik modelinin benimsenmesi uzun zaman aldı. *De revolutionibus*'un basımını altmış yıl takiben, 16. yüzyılın sonlarında dahi Kopernik'in haklılığını açıkça kabul edebilen az sayıda entelektüel vardı. Sonraları güneşmerkezli evrenin sözcüsü kabul edilecek olan Galileo Galilei bile Kopernikçiliği henüz açıkça desteklememişti. 1597'de gökbilimci meslektaşı Johannes Kepler'e yazdığı bir mektupta, bu türden bir kabullenmenin yol açabileceği suçlamalar-

dan çekindiğini itiraf etmişti. Ancak teleskobuyla gördükleri, bundan on yıl sonra güneşmerkezli modeli açıkça destekleme konusunda ikna olmasını sağladı.

Galileo Galilei 15 Şubat 1564'te, İtalya'nın Pisa şehrinde, bir müzisyen ve tacirin oğlu olarak dünyaya geldi. Pisa Üniversitesi'nde tıp eğitimi aldı ama ilk aşkı matematikti. Sonunda öncelikle Pisa'da, ardından 1592'den itibaren Padova'da matematik profesörlüğü yaptı ve bu görevini 18 yıl sürdürdü.

Genel inanışın aksine teleskobu icat eden Galileo değildi. Galileo 1609 yazında Venedik'te, nesneleri yakın gösteren ve "casus cam" diye tercüme edilebilecek boru dürbününü üreten bir Hollandalı'dan bahsedildiğini duydu. Bu alet, içine iki adet bombeli cam parçası monte edilmiş bir tüpten oluşuyordu. O dönemde bombeli camın, tıpkı bombeli ayna gibi görüntüyü bükebileceği biliniyordu. Galileo, sözü geçen aletin içindeki iki adet bombeli camın, bükülmeyi arttırmak için kullanıldığını tahmin ediyordu. Bu görüşünü test edebilmek için kendi dürbününü, yani "kırılmalı teleskop"unu yaptı. Aynı yılın ağustos ayında Galileo, Venedik'te teleskobunu sergiliyordu.

Galileo'nun teleskobu cisimleri çıplak göze kıyasla yaklaşık 30 kat yakınlaştırıyordu. Galileo'nun teleskopla baktığı ilk gökcisimlerinden biri aydı. Ay yüzeyinde görülen girinti ve çıkıntıların tepeler, vadiler ve *maria* yani deniz adını verdiği oluşumlardan kaynaklandığını düşünüyordu gökbilimci. Ayı teleskopla izleyen Galileo, uydu yüzeyindeki dağların düşürdüğü gölgelerin uzunluğunu ölçtü ve elde ettiği bulgularla dağların yüksekliklerini hesapladı. Ayrıca teleskobunu gece gökyüzü boyunca uzanan bulanık ışık şeridine, yani Samanyolu'na doğrulttu ve onun, gözle görülemeyecek kadar sönük ışıklı, sayısız yıldızdan oluştuğunu doğruladı. Son olarak Galileo teleskobunu gezegenlere çevirdi. Parlak Jüpiter'i izlerken etrafında, gezegen olduğunu düşündüğü dört gök cisminin döndüğünü

MİKOLAJ KOPERNİK

Gökbilimci, güneşmerkezli sistem kuramcısı

1473
19 Şubat'ta Polonya, Torun'da doğdu.

1491-1494
Cracow Üniversitesi'nde beşeri bilimler eğitimi aldı.

1496-1500
İtalya'daki Bolonya Üniversitesi'nde büyük gökbilimci Domenico Maria de Novara'nın öğrencisi olarak eğitim aldı; birçok gökyüzü gözlem çalışmasına tanıklık ve asistanlık etti.

1501-1503
İtalya'daki Padova Üniversitesi'nde tıp eğitimi aldı.

1503
İtalya'daki Ferrara Üniversitesi'nde kilise kanunu doktorasını tamamladı.

1504
Evrendeki devinimler üzerine teorileriyle ilgili gözlemleri derlemeye ve fikir toplamaya başladı.

1507
Güneşmerkezli evren modeline ilişkin görüşünü ilk kez dile getirdiği *Commentariolus* adlı çalışmasını elden ele dolaştırdı.

1522
Grudziadz'da Prusya Kraliyet Üyeleri Kongresi'nde madeni para basımı üzerine tezini sundu.

1539
Wittenberg'de matematik profesörlüğü yapan Georg Joachim Rheticus tarafından ziyaret edildi. Rheticus, Kopernik'in güneşmerkezli teorisini öğrenmeye ve daha ayrıntılı bir tez yayınlanması için yardımcı olmaya gönüllüydü.

1543
Kopernik'in güneşmerkezli evren modeline kanıt sunan en önemli tez *De revolutionibus orbium coelestium* Nuremberg'de yayınlandı.

1543
Günümüz Polonya'sındaki Frombork şehrine karşılık gelen Doğu Prusya'da, Frauenburg'da 24 Mayıs'ta öldü.



GALİLEO VE TELESKOP

Kendi yaptığı teleskobuyla Galileo Galilei, 1610'da Jüpiter'in etrafında dönüyor gibi görünen dört ışık noktasını gözlemledi. Galileo Jüpiter'in en büyük dört uydusunu keşfetmişti: Io, Europa, Ganymede ve Callisto. 19. yüzyıla ait bu gravür, Galileo'yu gözlemlerini bir grup Venedikli meclis üyesiyle paylaşırken resmediyor.

GÖKLERİN GEOMETRİSİ

Galileo *Sidereus nuncius (Yıldızların Habercisi)* adını verdiği çalışmasıyla Jüpiter uydularının keşfini açıkladı ve tüm gökcisimlerinin yerküre etrafında döndüğüne dair Aristocu inancı sarstı.

fark etti. Bugün artık bu cisimlerin Galileo uyduları, yani bilicilerin deyişiyle Jüpiter'in en büyük dört uydusu olduğunu biliyoruz.

Galileo'nun gözlemleri, gök cisimlerinin ve hareketlerinin kusursuz geometrik özelliklere sahip olduğunu söyleyen Aristocu varsayımla çelişiyordu. Örneğin ayın, kusurlu yapıdaki yerküre üstündekileri andıran girinti ve çıkıntıları vardı.

Galileo'nun Jüpiter gözlemleri güneşmerkezli evren modelini de destekliyordu. Bazı yorumcular şimdiye dek aydan hiç uzaklaşmadığı için, yerkürenin hareket etmesinin olanaksız olduğunu ileri sürüyordu. Ancak zaten güneşin çevresinde dönen Jüpiter'in kendi yörüngesinde de uyduları olduğunu keşfeden Galileo, dünya ve uydusunun da birlikte güneş etrafında dolaşabileceği sonucunu çıkardı. Jüpiter'in çevresini turlayan Galileo uydularının varlığı bile, tüm gökcisimlerinin dünyanın çevresinde döndüğü inancını sarsmaya yetmişti.

Teleskobu ürettikten ancak birkaç ay sonra 12 Mart 1610'da Galileo, *Sidereus nuncius*, yani *Yıldızların Habercisi* başlıklı çalışmasıyla gözlemlerini yayımladı. Kitap, başlığı haricinde Latince değil, İtalyanca yazılmış ve böylece İtalya'da çok daha geniş bir kitleye hitap ederek, büyük başarı sağlamıştı. Beş yıl içinde Çinceye bile çevrildi. Galileo ise gözlemlerini sürdürerek, evrene ilişkin geleneksel varsayımları bir bir yıktı. Sözde hiç değişmeyen ve kusursuz güneşin yüzeyinde, yani fotosfer denen "dış tabaka"da, günümüzde güneş lekesi dediğimiz karaltıları keşfetti. Çok sayıda insan bu lekelerinin aslında yüzeysel özellikler değil, güneşin uyduları olduğunu öne sürdü. Ancak Galileo düzenli gözlemleriyle güneş lekelerin hareketlerinin de kaydını tuttu ve güneş döndükçe, lekelerin de onunla birlikte döndüğünü gördü.



Galileo teleskop gözlemleriyle ayrıca Satürn'ün uzantıları olabileceğini düşündüğü bir şeyi de keşfetti: arada bir gözden kaybolan ve aylar sonra yeniden beliren, gizemli birtakım öbekler. Ne var ki gözlemciler, Galileo'nun ölümünden ancak 17 yıl sonra, yani 1659'da, Satürn'ü kuşatan bu ince, düz kuşağa dikkat çektiler. Hollandalı fizikçi Christiaan Huygens, 1659'da yayımlanan *Systema saturnium* isimli kitabında yeni görüşünü duyurdu. Huygens yıllar süren titiz gözlemlerinin sonucunda Satürn'ün yüzeyinden ayrı, ince bir halkayla çevrelendiği sonucuna varmıştı. Dünya ve Satürn güneş yörüngesinde dönerken, halkaların görün-

düğü açı değişiyordu. Dünyadan bakışımızla halkalar tam yan hizaya geldiklerinde kayboluyorlardı. Satürn bize veya aksi yöne doğru eğildikçe ise halkalar gezegen çeperinin iki yanında çıkıntı şeklinde beliriyordu. Galileo'nun, Satürn uzantılarına ilişkin kuşkularını açığa kavuşturmak isteyen Huygens, gözlem ve mantığa başvurmuştu.

Galileo yine teleskobuyla, tıpkı ay gibi Venüs'ün de görünümünde değişiklik olduğu izlenimini yaratan bazı evrelerden geçtiğini keşfetti. Bizler ayı gördüğümüz gibi, Venüs'ü de güneşe kıyasla değişik açılardan görürüz. Böylece güneşin ışınları farklı zamanlarda, gezegenin farklı bölümlerini aydınlatır. Satürn'ün bizim görüş alanımıza giren ve güneş ışığı almayan bölümleri, karanlık gecenin fonunda gözden kaybolur. Yerküre bakış açımızla Venüs, hilalden dolunaya kadar çeşitli evrelerden geçer. Ancak dolunay evresinde konumu güneşin uzak tarafında olduğu için dünyadan görülemez.

Teleskobuyla gerçekleştirdiği dört yıllık gökyüzü gözlemlerinin ardından Galileo, Kopernik'in haklı olduğuna kanaat getirdi ve 1613'te Kopernik yandaşı olduğunu ilan etti. Bunu Roma Katolik Kilisesi'nde yoğun çalkalanmaların yaşandığı bir dönemde gerçekleştirdi. Onlarca yıl önce, 1542'de, Papa III. Paul inancı korumak ve desteklemek için bir kardinaller konseyi oluşturmuştu. Sonuçta ortaya çıkan Engizisyonlarla, Katolik yetkililer durmaksızın dinden sapanları aramış, Hıristiyan dogmayı tehdit edebilecek yazıları sansürlemek için tüm yayınları gözden geçirmeyi sürdürmüştü.

1616'da kilise yetkilileri Kopernik'in evren görüşünü dinsizlik olarak tanımlıyordu. Başpiskopos Roberto Bellarmino, Galileo'yu güneşmerkezli modeli bir olgu olarak öğretmekten vazgeçmesi konusunda uyardı. Kopernik'in kitabı, resmi olarak "düzeltilene dek askıya alınmış"tı. Engizisyonun kitapları incelemekten sorumlu kolu olan İndeks, *De revolutionibus*'da itiraz gerektiren pasajlar bulmuştu. Özellikle de

GALİLEO GALİLEİ

Gökbilimci, fizikçi

1564
15 Şubat'ta İtalya, Pisa'da doğdu.

1581
İtalya'daki Pisa Üniversitesi'ne başladı.

1592
Padova Üniversitesi'nde matematik kürsüsüne kabul edildi.

1604
Eğimli bir arazide ivmeli hareket deneylerine başladı.

1609
Teleskobu geliştirerek onu, ciddi gökyüzü gözlem çalışmalarında kullanan ilk kişi oldu.

1610
Teleskopla Jüpiter'in dört uydusunu, daha sonra da Venüs'ün evrelerini gözlemledi.

1613
Kopernik sistemini desteklediği *Güneş Lekeleri Üzerine Mektuplar*'ı yayımladı.

1616
Güneşmerkezli evren modelini gerçek model olarak öğretmesi, Katolik Kilise yetkilileri tarafından yasaklandı.

1616-1618
Jüpiter uydularının hareket ve tutulmalarını çizelgeye döktü.

1632
Batlamyusçu ve Kopernikçi evren modelleri üzerine tartışmaları içeren *İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Diyaloglar*'ı yayımladı.

1633
Kutsal Engizisyon Mahkemesi'nce yargılandı; dinden sapmaktan suçlu bulundu, güneşmerkezli evren teorisini açıkça ilan etti.

1642
8 Ocak'ta İtalya, Arcetri'de öldü.

yazarın Kutsal Kitap'ı güneşmerkezli modele göre yorumladığı ya da bu modeli tam anlamıyla doğru ilan ettiği bölümlerde.

Sonraki birkaç yıl boyunca Galileo ilgisini bilimin diğer alanlarına yoğunlaştırdı. 1623'te Papa VIII. Urban unvanını alan arkadaşı Maffeo Barberini, Galileo'ya güneşmerkezli model hakkında yazması için izin verdi. Tek şart, modeli bir olgu değil, varsayım olarak anlatmasıydı. Sonuçta 1632'de ortaya *İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Diyaloglar* adlı yapıt çıktı. Galileo kitabını üç kişi arasında geçen konuşmalar şeklinde kurgulamıştı: Kopernik sisteminin savunucusu, Salviati; Aristotelesçi sistemin sadık savunucusu, Simplicio; ve her ikisinden bilgi edinen Venedikli asilzade, Sagrado.

Kitabın yayımlanmasından kısa süre sonra Galileo, Roma'ya çağrıldı. Arkadaşı artık onu, görüşlerini ya da kitap yayımlama özgürlüğünü savunmaya gönüllü değildi. Katolik yetkililer Galileo'nun papayla ilişkisinde yanıltıcı davrandığından, hatta kitapta onunla dalga geçtiğinden şüpheleniyorlardı. Uzun süren mahkemenin sonunda, 22 Haziran 1633'te, 70 yaşındaki Galileo, dini sapkınlıktan suçlu bulundu. Sözünü geri almaya zorlandı, kitabı yasaklandı ve Toskana'daki villasından çıkmaktan men edildi. Galileo 8 Ocak 1642'de, yani Kopernik'in ölümünden 99 yıl sonra, bu villada öldü.

Galileo ile aynı dönemde, genç bir Danimarkalı hayatının ilk güneş tutulmasını izliyordu. Bu özel gün, genç Tygre Brahe'yi, gökyüzü olaylarını izleyerek ve kaydederek geçireceği uzun bir yola sevk edecekti.

Tycho (ilk adının Latince söylenişi) Brahe, 14 Aralık 1546'da, günümüzde İsveç sınırlarına dahil olsa da, o dönemde Danimarka'da yer alan Skäne'de, asil bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. Henüz 13 yaşında Kopenhag'daki Lutheran Üniversitesi'nde eğitime başladı. Aynı zamanda vasisi olan amcası onun hukukçu olmasını istiyordu ama tanıklık ettiği güneş tutulması Tycho'yu öylesine etkilemişti ki o günden itibaren kendisini gizliden gizliye gökbilime adamıştı. Harçlığını gökbilim kitaplarına harcıyor, gece geç saatlerde gizlice dışarı çıkarak gökyüzünü gözlemliyordu.

1563 yazında Tycho, Jüpiter ile Satürn'ün kavuşumunu, yani buluşmasını izledi. Birbirine gitgide yaklaşan ve 24 Ağustos'ta neredeyse tek bir noktada birleşen iki gezegenin izlediği yolu geceler boyu kağıda döktü. Gözlemleri sırasında Batlamyus'un evren modeli kullanılarak hazırlanan astronomi tablolarındaki hataların farkına vardı. Bu hataları düzeltmeye karar verdi.

Amcasının 1565'teki ölümünü takiben Tycho, gizliliğe gerek görmeden Wittenberg Üniversitesi'nde gökbilim eğitimi almaya başladı. Sinir bozucu ve kibirli olduğu söylenen kişiliği, 20 yaşındaki küstah delikanlının bir düelloya girmesine neden oldu. Sonuçta burnunun bir parçasını kaybetti ve ömrünün geri kalanı boyunca yüzüne metal bir burun protezi yapıştırmak zorunda kaldı.

11 Kasım 1572'de Tycho "parlaklığıyla diğer tüm yıldızları gölgede bırakan yeni ve sıradışı bir yıldızın"

TELESKOPLAR

Teleskoplar Galileo'nun zamanından bu yana oldukça geliştiler. Nispeten basit sayılabilecek mercek ve aynalardan yararlanan optik teleskopların yanısıra, artık hemen her dalga boyundaki ışınımı inceleyebilmek için radyo, x-ışını, gamma ışını ve kızılötesi teleskoplar kullanıyoruz.

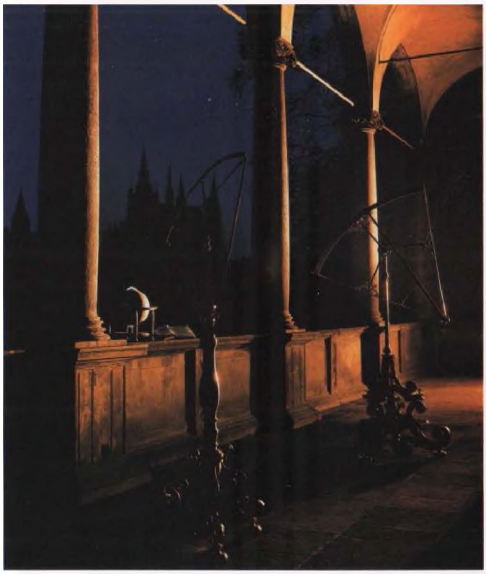
tam tepesinde ışıldadığını fark etti. Günümüzde bu yıldızın Cassiopeia (Kraliçe) Takımyıldızı'ndaki muazzam bir süpernova olduğunu –patlayan, olağanüstü büyük yıldız– biliyoruz. Yıldız -4 kadir değerine ulaşarak 18 ay boyunca büyüleyici bir şekilde parladı.

Tarihçilerin deyişiyle Tycho'nun bu yıldızı, kusursuz, değiştirilemez ve değişmez gök anlayışını temel alan Aristocu inanca sahip tüm gökbilimcileri hayrete düşürecek bir olaydı. Bu klasik bakış açısına göre, gökte görünen ve gözden kaybolan bu tür yeni yıldızların ve kuyruklu yıldız gibi cisimlerin, aya değil, dünyaya yakın olan daha alttaki ve kusurlu kürelerde yer alması gerekiyordu. Tycho'nun keşfi ise bunun aksine işaret etmekteydi.

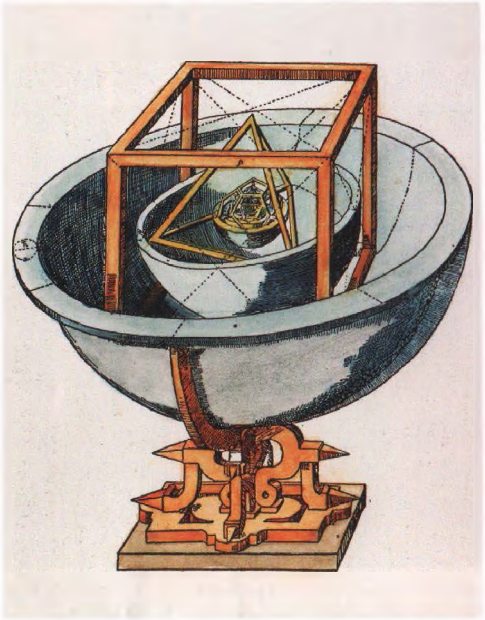
Sadık bir gözlemci olan Tycho, yıldızı iki yıldan uzun bir süre gözlemledi ve Avrupa'da yaşayan diğer gözlemcilerden veri topladı. Sonunda yıldızın konumunun değişmediğini anladı; nereden gözlenirse gözlensin, Cassiopeia takımyıldızının aynı noktasında yer alıyordu. Bunun üzerine Tycho, bu parlak yıldızın dünya ile ay arasındaki kusurlu kürenin değil, dıştaki kusursuz kürenin bir parçası olması gerektiğine karar verdi. Gözlemleri onu yermerkezli modeli gözden geçirmeye itiyordu. Galileo henüz dokuz yaşındayken, yani 1573'de, Tycho elde ettiği sonuçları derlediği *De Stella Nova* (*Yeni Yıldız Üstüne*) adlı kısa kitabını yayımladı.

Şöhret Tycho Brahe ve yıldızının peşini bırakmadı. 1576'da Danimarka Kralı II. Frederick, Tycho'ya Danimarka Boğazı'ndaki Hven adasında bir gözlemevi vermeyi teklif etti. Hamisinin sağladığı fonlarla Tycho, Uraniborg (Gökler Şatosu) ve Stjerneborg (Yıldızlar Şatosu) isimli iki şato inşa etti. Burada 20 yıldan uzun bir süre, sekstantlar ve büyük duvar rubu tahtası da dahil çeşitli görkemli aygıtlarla gözlem yaparak yaşamını sürdürdü.

Hven'de yaşadığı dönemde Tycho yıldız paralaksını, yani bir yıldızın görünen konumundaki hafif kaymayı ölçmeye çalıştı. Ancak böyle bir kayma tespit edemeyince dünyanın sabit olduğuna karar verdi ve Kopernik modelinin hatalı olduğunu ilan etti. Günümüzde artık dünyanın güneş etrafında dönmesinden kaynaklanan yıldız paralakslarının gerçek-



GÖZLEMEVI
Prag'daki Belvedere Şatosu'nun terasındaki rubu tahtalan Tycho Brahe ile Johannes Kepler'i bekliyor.



GÖKLERİN MODELİ
Johannes Kepler güneş sisteminin karmaşık bir matematiksel modelini çıkardı. Bu modelde birbiri üstüne kurulu bir dizi küre ve aralarında da geometrik katmanlar vardı. Kepler'in *Mysterium Cosmographicum* adlı kitabından alınan resimdeki renkli ahşap model, bu sistemi açıklıyor.

ten de gözlemlenebilir ve ölçülebilir olduğunu biliyoruz. Ancak bu paralakslar Tycho'nun elindeki aygıtlarla tespit edebileceği herhangi bir şeyden 100 kat daha küçüktü. Ancak yine de Tycho, teleskoptan yararlanmaksızın 777 yıldızın konumlarını ölçmeyi başardı. Titiz gözlem alışkanlığı ve kendi tasarladığı devasa aygıtlar sayesinde tespitlerinde, bir derecenin altmışta biri dahilinde yüksek bir doğruluk derecesini tutturabiliyordu.

II. Frederick'in 1588'deki ölümünün ardından Tycho, fevri kişiliği dolayısıyla yeni kralın desteğini kazanamadı. Aygıtlarını ve notlarını toplayarak Prag'a gitti ve Kutsal Roma İmparatoru II. Rudolph'un yanında imparator matematikçisi olarak görevine başladı.

Tycho Brahe elindeki yılların birikimi verilerle kendi "Tychonik" evren modelini geliştirmek istiyordu. Gerekli hesapları yapmaları için yanına birkaç gökbilimci ve matematikçi aldı. Onlardan biri Johannes Kepler'di. Her iki bilimcinin de gökbilim tarihinde önemli yer teşkil etmesi kaçınılmazdı. Kasım 1601'de, Galileo'nun teleskobunu üretmesinden henüz sekiz yıl önce, Tycho Brahe yatağa düştü. Ölüm döşeğindeyken II. Rudolph'u, kendi yerine Kepler'i görevlendirmesi için ikna etti.

Kepler, Tycho'nun tam zıttıydı. Altı kardeşin en büyüğü olan Kepler, 27 Aralık 1571'de, günümüz güneybatı Almanya'sına dahil olan Weil kasabasında, yoksul bir Protestan ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. Bölge o dönemde ağırlıklı olarak Katolikti. Kepler'in babası güvenilmez ve tembel, annesi ise ahlaki kişiliği tartışılabilir biriydi. Kepler ilerleyen yıllarda cadılıkla suçlanan annesini uzun süren mahkemede başarıyla savundu.

Çelimsiz, sessiz ve çalışkan bir çocuk olan Kepler, maddi durumu yüzünden yoksulların okuluna gitti ve başarısıyla okulda parladı. 1587'de burs kazanarak dinbilim eğitimi aldığı Tübingen Üniversitesi'ne girdi. Oldukça dindar bir Lutherci olan Kepler, Tanrı'nın eserini evren mekaniğinde görüyor ve takdir ediyordu. Tanrı'nın zihnini araştırır gibi, gezegen hareketlerini incelemeyi düşündü. Tübingen'den ayrılarak Avusturya, Graz'daki, Lutherci okul-

da ders vermeye başladı.

Matematik ve ahlak profesörlüğü görevini sürdürürken, Kopernik sistemini daha da geliştirdi. Geometrik cisim biçimindeki –küp, tetrahedron (dört yüzlü şekil), dodekahedron (on iki yüzlü şekil), ikosahedron (yirmi yüzlü şekil) ve oktahedron (sekiz yüzlü şekil)– ara katmanların, bilinen altı gezegenin (Merkür, Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter ve Satürn) yörüngelerini birbirinden ayırdığını ileri sürdü. Yaptığı hesaplara göre bu beş adet çokyüzlü şekil, gezegenlerin güneşe olan uzaklık farklarını açıklıyordu. Ayrıca teorisinde altı gezegen olmasının ilahi mantığını da görebiliyordu çünkü kusursuz olan ancak bu beş geometrik biçimdi.

Kepler 1596'da yayımladığı *Mysterium cosmographicum*, yani *Evrensel Gizem*'de karmaşık matematiksel modelini açıkladı. Ancak yayımladıktan sonra bile modelden tam anlamıyla memnun kalmadı. Daha iyi verilere gereksinimi vardı, bu nedenle de *Mysterium cosmographicum*'un bir kopyasını zamanının önde gelen gözlemcileri Galileo Galilei ile Tycho Brahe'ye gönderdi. Galileo'dan destek talep etti ama 1597'de bu büyük İtalyan gökbilimcisi bile Kopernik modeline olan inancını yitirmişti. Böylece Kepler'in entelektüel yandaş talebi karşılıksız kaldı. Galileo'nun Kopernikçiliği desteklemesi için aradan bir on altı yıl daha geçmesi gerekiyordu.

Bir Lutherci olan Kepler için Avusturya'da yaşam zordu. Tycho Brahe 1600'de onu Prag'a davet ettiğinde, ünlü gözlemciyle çalışma şansını yakalayan Kepler, Graz'dan memnuniyetle ayrıldı. Ne yazık ki Tycho ile kişilikleri taban tabana zıttı ve birlikte çalışmakta zorlanıyorlardı. Kendi evren modelini geliştirmeye çalışan Tycho, gözlemlerini Kepler ile paylaşmaya gönüllü değildi. Ancak neyse ki Tycho sonunda Kepler'in dehasının farkına vardı ve ölümünden hemen önce aygıtlarını ve gözlem kayıtlarını Kepler'e vererek "Tychonik" evren modelini daha da geliştirmesini istedi.

TYCHO BRAHE

Gökbilimci, matematikçi

1546
14 Aralık'ta Danimarka, Skane'de doğdu.

1559-1562
Kopenhag Üniversitesi'nde retorik ve felsefe eğitimi aldı, bir güneş tutulmasını izledikten sonra gökbilimle ilgilenmeye başladı.

1564
Bir çift tahta kumpastan oluşan ilk gökbilim aygıtını üretti.

1566
Kendisi gibi bir öğrenciyle girdiği düelloda burnunun bir parçası koptu, daha sonra metal protez kullandı.

1572
Cassiopeia takımyıldızındaki yeni bir parlak yıldıza, yani süpernovaya tanıklık etti. Bu yıldız göklerde değişikliğin varlığına kanıt oluşturdu.

1576
Kral II. Frederick ona Hven adasında bir gözlemevi verdi. Ada Tycho'nun gökbilim gözlem merkezi haline geldi.

1582
Hven'deki gözlemevi şatosuna büyük duvar rubu tahtası inşa edildi.

1598
Astronomiae instauratae mechanica yani *Geliştirilmiş Mekanik Gökbilim*'i yayımladı. Kitapta yıldızları incelemek için icat ettiği makineleri anlattı.

1599
Birkaç yıl seyahat ettikten sonra Prag'a yerleşti ve İmparator II. Rudolph'un sarayında, imparatorluk matematikçisi oldu.

1600
Johannes Kepler'i asistan olarak yanına aldı ve ona, ölümünden sonra çalışmalarına devam etme görevini verdi.

1601
24 Ekim'de Prag'da öldü.

YENİ TEORİLER
Johannes Kepler gezegen hareketlerine ilişkin üç yasasını, 15. yüzyıl sonları ve 16. yüzyıl başlarında Bohemya kralı, Macaristan kralı ve Kutsal Roma İmparatoru olan sponsoru II. Rudolph'a açıklıyor.



Kepler, Tycho'nun Mars'la ilgili gözlemlerinden elde ettiği bulgularla özel olarak ilgilendi. Aristoteles'in kusursuz çemberler ve sabit hareket teorisine duyulan 2.000 yıllık inanca rağmen Kepler, Mars yörüngesinin eliptik olduğu ve gezegenin hareketinin de sabit olmadığı sonuca ulaşmayı başardı. Aynı zamanda bir gezegenin yörüngesel hızının, güneşe olan mesafesine bağlı olarak değiştiğini de doğruladı. Yörünge izleği güneşe yaklaştıkça gezegen hızlanıyor, uzaklaştıkça yavaşlıyordu. Kepler 1609'da yayımlanan *Astronomia nova (Yeni Gökbilim)* başlıklı çalışmasında, günümüzde gezegen hareketlerinin ilk iki yasası olarak kabul edilen bu ilkeleri özetledi.

Kepler gökbilim çalışmalarına ve Kopernik'in evren modelini geliştirmeye devam etti. 1619'da *Harmonice mundi*'yi *(Dünyanın Ahenkleri)* yayımladı. Kitapta üçüncü gezegen hareketleri yasasını özetliyordu: bir gezegenin yörünge periyodunun (bir tam deviri tamamlaması için geçen süre) karesi, güneşten ortalama uzaklığının küpüyle orantılıdır. Kepler'in üç yasasını, önyargılarından arınmış bir bakış açısıyla değerlendirdiğinde, bu yasaların Kopernik'in güneş merkezli modelinden daha önemli olduğu ortaya çıkacaktı.

JOHANNES KEPLER

Gökler mekaniğinin kaşifi

1571
27 Aralık'ta, Almanya, Weil der Stadt'ta doğdu.

1589
Tübingen Üniversitesi'nden mezun oldu.

1594
Avusturya Graz'daki Protestan okulunda matematik ve gökbilim dersleri vermeye başladı.

1596
Kopernik sisteminin savunusunu yayımladı.

1600
Tycho Brahe'nin Benathy şatosundaki meclisine davet edildi.

1601
İmparatorluk matematikçisi olarak, İmparator II. Rudolph'un sarayında Tycho Brahe'nin yerine atandı.

1604
Sonradan "Kepler'in yıldızı" diye adlandırılacak olan önemli bir süpernovayı gözlemledi; görüntü ve ışık üzerine bir çalışma yayımladı.

1605
Gezegenlerin hareketlerine ilişkin ilk yasasını duyurdu.

1609
Kendisine ait ilk iki "gezegen hareketleri yasası"nı açıklayan *Astronomia nova*'yı yayımladı.

1610–1611
Galileo Galilei ile Jüpiter'in uyduları, optik ve teleskop hakkında yazışmalar yaptı.

1619
Diğer konuların yanısıra, kendisine ait üçüncü gezegen hareketleri yasasını da içeren *Harmonice mundi (Dünyanın Ahenkleri)* kitabını yayımladı.

1630
15 Kasım'da Almanya, Regensburg'da öldü.

gılı kavramlardan ya da teorilerilerden değil, Tycho Brahe'nin verilerinden türettiğini unutmamak gerekir.

Kopernik, Galileo, Tycho ve Kepler büyük entelektüel, kültürel ve dini değişimlerin gerçekleştiği bir dönemde yaşadılar. Çalışmalarıyla evrene bakışımızı uzun süre benimsenen yermerkezli modelden –kusursuz küreler, sabit hareket ve ilahi düzene benzer, değişmez bir hiyerarşi– tutulmaları, uyduları, çukurları ve benzeri özellikleriyle dinamik bir güneşmerkezli modele doğru değiştirdiler. Galileo ile Kepler aynı zamanda astrolojik tahminlerde de bulundular ki bu da yaşadıkları dönemin değişen yüzünü net bir şekilde yansıtıyordu. Dinin, mistisizmin ve bilimin içiçe yaşadığı bir dönemdi bu.

DEVLERİN OMUZLARI ÜSTÜNDE

1642'de, Galileo Galilei'nin öldüğü yıl, İngiliz İç Savaşı patlak verdi ve geleceğin dünya ile gökler üstüne tüm çalışmalarını etkileyecek olan Isaac Newton hayata gözlerini açtı.

Newton, İngiltere, Lincolnshire'daki Woolsthorpe Malikâne-

NEWTON'UN HAREKET YASALARI

Bilimde bir dönüm noktasını teşkil eden çalışması *Philosophiae naturalis principia mathematica'da (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri)* Isaac Newton, üç hareket yasasını ve evrensel yerçekimi yasasını anlattı.



Birbirine çarpan bilardo topları, Newton'un hareket hakkındaki kavramlarının çoğunu açıklar.

Birinci hareket yasası, yani "eylemsizlik yasası" daha çok "momentum korunumu" ifadesiyle bilinir. Yasaya göre herhangi bir kuvvet uygulanmadıkça bir cisim ya hareketsiz kalır ya da düz bir çizgi üstünde sabit hareketine devam eder. Diğer bir deyişle, dıştan gelen bir kuvvet zorlamadıkça, cisimler yaptıkları şeyi sürdürürler.

İkinci hareket yasasına, yani "kuvvet yasasına" göre, bir cismin momentumu yalnızca dışarıdan gelen bir etkiyle değişir. Bu değişimin miktarı ve doğrultusu, dışarıdan uygulanan kuvvetle doğru; cismin kütlesiyle ters orantılıdır: Kuvvet eşittir kütle çarpı ivme (F=ma).

Üçüncü yasa, yani "etki-tepki yasası", her etkiye karşılık eşit miktarda ve ters yönde bir tepki olduğunu söyler. Bu teori, tüm kuvvetlerin "karşılıklı olarak eşit" ve "birbirinin zıttı" şeklinde çiftler halinde gerçekleştiğine işaret eder. Newton bu yasaları, Johannes Kepler'in keşfettiği gezegen yasalarıyla birlikte kullanarak, gezegen yörüngelerini analiz etti.

Son olarak Newton'un evrensel yerçekimi yasası, evrendeki tüm cisimlerin birbirlerini çektiklerini ve uygulanan kütleçekim kuvveti miktarının, cismin kütlesiyle doğru; etkileşen iki cismin arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olduğunu söyler.

Bu teori $F=Gm_1m_2/r^2$ denklemiyle ifade edilir. Burada "F", merkezleri "r" mesafesi ile birbirinden ayrılmış "m_1" ve "m_2" ile temsil edilen iki küresel cisim arasındaki kütleçekimsel kuvvettir. "G" ise kütleçekim sabitini temsil eder.

si'nde, 25 Aralık 1642'de –ve dönemin takvimsel karışıklığından kaynaklanan bir anormallik yüzünden 4 Ocak 1643'te– doğdu.

Günümüzde kullandığımız Gregoryen (miladi) takvim, 1582'de papalık hükmüyle kullanıma girmişti. (İsmini, takvimi Roma İmparatorluğu'nda kullanıma sokan Julius Caesar'dan alan) eski Jülyen takvim, 11 dakikalık bir hata içeren tahmini güneş yılını temel alıyordu. 1600 yıllık kullanımın ardından bu küçük kayma, günleri kapsayan bir hataya dönüşmüştü. Papa XIII. Gregory, yeni ve geliştirilmiş bir takvim yaratmaları için gökbilimci ve matematikçilerden oluşan bir panel düzenletti. Katılımcıların çalışmalarının ardından –zaman içinde biriken hatayı düzeltme amacıyla– Papa, 4 Ekim 1582'den sonraki günün 15 Ekim olacağını ilan etti. Ancak Protestanlığa yeni geçen İngiltere, bu emre uymadı ve kullanımdan kalkan Jülyen takvimi takip etmeyi sürdürdü. Bu nedenle tarih, İngiltere'de 25 Aralık 1642 iken, Katolik Avrupa'da 4 Ocak 1643'tü. İngiltere ve kolonileri 1752'ye, Ortodoks Rusya ise Bolşevik Devrimi sonrası 1917'ye kadar, Gregory'nin hazırlattığı takvimin üstünlüğünü resmi olarak kabul etmediler.

Newton'un, okuma yazma bilmeyen ama sakin tabiatlı bir çiftçi olan babası, o doğmadan üç ay önce ölmüştü. Newton üç yaşında geldiğinde, annesi yeniden evlenerek North Witham'a taşındı ve oğlunu Woolsthorpe'de ebeveynlerinin bakımına terk etti. İlerleyen yıllarda Newton, terk edilmekten dolayı duyduğu kırgınlık ve öfkeyi dile getirecek, sonraları ise "ölmeyi dilediğini ve ölümü beklediğini" itiraf edecekti. Tek başına, yalnız bir yaşam sürdü. Ancak Newton hep meraklı ve mekaniğe yatkın biri olmuştu ve okumayı, deney yapmayı çok seviyordu. 11 yaşına geldiğinde, yani 1653'te, İngiltere Grantham'da ilkokula başladı. Genç deha makine yapımı konusundaki yeteneğini burada keşfetti.

John Bate'in yazdığı *Doğanın ve Sanatın Gizleri* adlı eseri okuduktan sonra kendisini zaman

ISAAC NEWTON

Büyük İngiliz Fizikçi

1642
25 Aralık'ta İngiltere, Linconshire'da, Woolsthorpe Malikânesi'nde doğdu.

1661
Cambridge, Trinity College'a yazıldı; felsefeyle ve fikirlerle tanışınca etrafını kuşatan dünyanın fizik ve mekaniğini sorgulamaya başladı.

1665
Salgın Avrupa'da yayılınca Woolsthorpe'a döndü; Trinity College geçici olarak kapandı.

1666
Woolsthorpe'da üç farklı alanda çığır açacak nitelikte fikirler geliştirdi: hesap, ışık ile optik ve evrensel kütleçekim gücü.

1672
Londra Kraliyet Akademisi'ne seçildi.

1672
Kraliyet Akademisi Sekreteri Henry Oldenburg'a ilk "Işık ve Renkler Üstüne Mektup"u gönderdi. Mektup Akademi üyelerine okundu ve seçkin İngiliz fizikçisi Robert Hooke tarafından eleştirildi.

1679
Robert Hooke ile gezegen hareketleri sorunu üzerine yazışmaya başladı.

1687
En büyük çalışması *Philosophia naturalis principia mathematica*'yı yayımladı. Kitapta hareket yasalarını ve evrensel kütleçekimi yasasını açıkladı.

1703
Londra Kraliyet Akademisi'nın başkanlığına seçildi.

1704
Işığın doğasına ilişkin deney ve keşiflerini açıkladığı *Opticks*'i yayımladı.

1727
20 Mart'ta Londra'da öldü.

YİTİRİLEN DEHA
Ünlü İngiliz şahsiyetleri hayali canlandırmalarla resmeden tablolar serisinin parçası *Sir Isaac Newton Adına Alegorik Anıt*'da Minerva ile Bilimler, Newton'un küllerini taşıyan çanağın başında ağlarken görülüyor.



ve hareket üzerine düşünmeye veren Newton, bir ayak değirmeninde koşan farenin çalıştırdığı bir yeldeğirmeni modeli geliştirdi. Ayrıca insanları ürküten, kuyruklarına fener iliştirilmiş birtakım uçurtmalar da tasarladı ve uçurdu. Öte yandan, mahalle eczanesini işleten ailenin yanında kaldı ve burada kimya ile simyaya duyduğu ilgi tetiklendi.

Newton, 19 yaşında Cambridge'deki Trinity College'a girdi. Oku-

1800 – 1923

1800
William Herschel bir prizma ve termometre ile ilk güneş tayfı çalışmasını gerçekleştirdi ve renk tayfının ötesindeki görünmez kızılötesi enerjiyi keşfetti.



1843
Alman gökbilimci Heinrich Schwabe "güneş leke çevrimi" keştini anlattı.

1868
William Huggins yıldızlardaki kırmızıya kaymayı ölçmek için soğurma çizgilerini kullandı. Böylece yıldızların ne kadar hızlı hareket ettiğini ortaya koyan ilk bilgiler elde edildi.

la, çeşitli hizmetlere karşılık yatacak yer ve eğitim ücreti alan öğrenci statüsüyle girmişti. Mütevazı yaşam şartları Newton'un daha da içine kapanmasına neden oldu. Öğrenci ve öğretmenlerinden uzak duruyor, vaktini odasında, günde 18 saat, haftada 7 gün çalışarak geçirmeyi tercih ediyordu. Çalışkanlığı yaşam boyu süren bir alışkanlığa dönüştü. Hayatının son günlerinde Newton, 1.600 ila 1.800 kitaplık bir kütüphanenin sahibi olmuştu.

Trinity College'ın temel eğitim programı, Aristocu bakış açısına yakındı. Newton ise defterine yazdığı ünlü sözleriyle ifade edilebilecek bir yaklaşımı benimsemişti: "Platon ve Aristoteles benim arkadaşlarım. En iyi dostumsa gerçek."

Eğitiminin ilk yılı ardından Newton matematik çalışmaya başladı ve çok geçmeden kendi görüşlerini geliştirerek, sonradan ünleneceği matematik dalı olan "cebir"de uzmanlaşma yoluna girdi.

1665'te veba salgını İngiltere'de iyice yayıldı ve Trinity College'ın kapıları iki yıllığına kapandı. Newton bunun üzerine Woolsthorpe'ye döndü. Orada günlerini matematiksel ve felsefi düşüncelerle geçirdi. Cebir ilmini geliştirmesi, ışığın doğasını araştırması ve hareketin fiziğiyle ilgili düşüncelerini şekillendirmesi de bu döneme rastlar. Kütleçekimi ve ayın yörüngesi konularında aydınlanmasını sağlayan dünyaca ünlü elmanın da yine bu dönemde düştüğü söylenir.

Kendisinin ilerleyen yıllarda anlattığı hikayeye göre Newton, Woolsthorpe'nin meyve bahçesinde yürürken yere bir elma düştüğünü görür. Bunun üzerine elmayı yere doğru çeken kuvvetin, ayı dünyaya çeken ve onu yörüngede tutan kuvvetle aynı olup olmadığını düşünür. Sonunda ister elma ile dünya, ister ay ile dünya söz konusu olsun, iki cisim arasındaki mesafenin karesi arttıkça bu kuvvetin gücünün azaldığı sonucunu çıkarır.

Newton bu kuvvetin işleyişini anlamaya çalışarak uzun zaman geçirdi ama nihai kararına ancak 20 yıl sonra ulaşabildi.

Trinity College'a yeniden dönen Newton, bulgularını öğrencisinin dehasını çoktan fark etmiş olan akıl hocası Isaac Barrow ile paylaştı. Emekliliği yaklaşan Barrow, yerini

1901
Alman fizikçi Karl Schwarzschild, ilk karadelik teorisi çalışmalarına başladı.

1905-1907
Ejnar Hertzsprung, renk ile kadir derecesi arasındaki ilişkiyi göstererek, yıldızların parlaklığı için ölçüm standardı yarattı

1923
Edwin Hubble, Andromeda bulutsusunda (ya da gökadasında) bir değişen yıldız keşfetti ve bizim gökadamızın dışında da gökadalar olduğunu kanıtladı.



HALLEY

Önde gelen İngiliz gökbilimci Edmund Halley, Isaac Newton'un *Principia*'yı yazmasında kilit bir rol oynadı. Halley, Newton'u eserini yayınlaması için cesaretlendirmekle kalmadı, kitabın baskı masraflarını da karşıladı.



Newton'un alması için yandaş topladı ve 1669'da Newton, Cambridge Trinity College'a Lucasian Matematik Profesörü olarak atandı. Bu unvanın günümüzdeki sahibi fizikçi Stephen Hawking'dir.

1671'e gelindiğinde Newton ilk yansıtmalı teleskobu kurmuş, ışık ve renk üzerine makaleler yayımlamıştı. Bu makaleler büyük tartışmalara yol açtı, özellikle de seçkin İngiliz fizikçisi Robert Hooke'un (1635-1703) eleştirilerine hedef oldu. Hooke'un Newton'un bulgularına karşı çıkmasının nedeni, bulguların renk üzerine gerçekleştirdiği kendi çalışmalarından bazılarıyla çelişmesiydi. Öfkelenen Newton iyice içine kapandı ve çalışmalarını bir daha yayımlamamaya yemin etti.

Stephen Hawking'le ilgili daha fazla bilgi için bkz. sayfa 229.

Başka bir İngiliz fizikçi, Edmund Halley, 1684'te ziyaretine gelene dek, Newton teorilerini kimseyle paylaşmadan geliştirmeyi sürdürdü. Bundan henüz iki yıl önce gökte çok parlak bir kuyrukluyıldız görülmüştü. Halley bunun 1531'de ve 1607'de görülen kuyrukluyıldızla aynı olup olmadığını merak ediyordu. Üç kuyrukluyıldız da güneşin çevresinde, gezegenlerin tersi yönde dönüyordu. Bu kuyrukluyıldızların aynı olduğunu kanıtlayabilmek için Halley'in doğru bir yörünge hesaplama yöntemine gereksinimi vardı.

Birkaç ay önce Halley, her ikisi de Londra Kraliyet Akademisi üyelerinden olan iki seçkin bilimciyle tanışmıştı: Aziz Paul Katedrali'nin ünlü mimarı Christopher Wren ve Newton'un eski rakibi Robert Hooke. Üç bilimci, gezegenlerin yörünge üzerindeki hareketlerini düzenleyen yasalar üstüne hararetli bir tartışmaya girmişlerdi. Tartışmanın ortasında Hooke, gezegenleri yörüngede tutan kütleçekiminin, güneşten yayılan bir kuvvet olduğuna dair Kepler yasalarından kanıt elde ettiğini ilan etmişti. Ancak bu kanıtı paylaşmayı reddediyordu.

Hooke'un yaklaşımından rahatsız olan Halley, Newton'u Cambridge'de ziyaret etmeye karar verdi ve iki bilimcinin bu buluşması ortaya tüm zamanların en büyük bilimsel çalışmalarını çıkardı. Halley buluşmada Newton'dan, "Güneş'e yönelik çekim kuvveti eşittir, bir bölü o gezegenin Güneş'e olan mesafesinin karesi" şeklinde tanımlanabilecek bir gezegenin, yörünge şeklinin nasıl olacağını düşünmesini istedi. Newton anında yanıtını verdi: "Elips şeklinde."

Kepler'in üçüncü yasasının matematiksel sağlamasını bu kadar kısa sürede yaptığını iddia eden Newton karşısında hayrete düşen Halley ona, yörünge şeklinin elips olacağını nereden bildiğini sordu. Newton bu

hesabı üç yıl önce yaptığını söyleyerek, notlarını aramaya koyuldu. Bulamayınca da çalışmayı yeniden tamamlayarak Halley'e göndereceğine söz verdi.

Bundan üç ay sonra kanıtlar, Halley'in Londra yakınlarında bulunan Islington'daki evine ulaştı. Halley notları yayımlaması için Newton'a ısrar ettiyse de o, çalışmanın henüz eksikleri olduğunu düşünüyordu. Ocak 1685'te, "Hazır üstüne eğilmişken, makalemi yayımlamadan önce memnuniyetle bu konunun derinlerine inebilirim" diye yazmıştı Halley'e. Newton bundan sonraki 18 ayını, gece gündüz bu problemin üstünde çalışarak geçirdi. Çoğu zaman yemek yemeyi unutarak, birkaç saatlik uykuyla yetindi. Sonunda ortaya, genelde kısaca *Principia* diye anılan başyapıtı *Philosophiae naturalis principia mathematica*, yani *Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri* çıktı. Newton tarafından kaleme alınan bu kitap, çevremizi kuşatan dünyaya bakışımızı sonsuza dek değiştirecek keşiflerle doluydu.

Halley'in maddi desteğiyle 1687'de yayımlanan *Principia* yepyeni bir hareket fiziğinden ve kütleçekimi kavramından söz ediyordu. Newton, dünya üstündeki hareket yasalarının, göklerdeki hareket yasalarıyla aynı olduğunu varsayarak, ve sonra da bunu kanıtlayarak düşünce sistemine birkaç basamak birden atlatmıştı. Böylece belli bir düzene göre işleyen ve anlaşılabilir bir evrende yaşadığımızı ortaya koyan matematiksel kanıtlar sağlamıştı. Bilimciler yörünge hesapları yaparken ve diğer gezegenlere uzay aracı gönderirken hâlâ Isaac Newton'un üç yüz yıl önce keşfettiği hareket ve evrensel kütleçekimi yasalarının temel ilkelerinden yararlanır.

Newton'un çalışmaları eskiye ait çok sayıda gökyüzü gözlem, keşif ve teorisini birleştirdi, antik Yunan düşünürlerinin yüzyıllar önce başlattığı arayışı çözüme kavuşturdu. Robert Hooke'a yazdığı 5 Şubat 1675 tarihli mektubunda Newton, "Eğer (başkalarından) daha ileriyi görebildiysem, devlerin omuzları üstünde dur-

EDMUND HALLEY

Gökbilimci, kuyrukluyıldız kaşifi

1656
8 Kasım'da İngiltere, Londra yakınlarındaki Haggerston, Shoreditch'de doğdu.

1673
Oxford'taki Queens College'da eğitime başladı.

1676
Güney Yarımküre'nin yıldızlarını kataloglamak için Güney Atlantik'teki Saint Helena adasına gitti.

1678
Güney yıldızları kataloğunu yayımladıktan sonra Kraliyet Akademisi'ne seçildi.

1684
Isaac Newton'u ilk kez ziyaret etti, bu ziyaret kütleçekim çalışmalarındaki önemli rolünün başlangıcı oldu.

1686
İlk meteorolojik haritayı yayımladı; yaygın rüzgârları gösteren bir dünya haritası.

1698
Bilimsel amaçlarla planlanan ilk deniz seyahatinde *Paramour Pink* adlı gemiye kumanda etti.

1701
Atlantik ve Pasifik bölgelerinin ilk manyetik haritasını yayımladı.

1704
Oxford'ta Savilian Geometri Profesörlüğü'ne atandı.

1705
Kuyrukluyıldız Astronomisinin Özeti'ni yayımladı; sonradan kendi ismini alacak olan kuyrukluyıldızın dönüşü üzerine doğru öngörüde bulundu.

1720
Greenwich Kraliyet Gözlemevi'ne, kraliyet astronomu olarak John Flamsteed'in yerine atandı.

1742
14 Ocak'ta İngiltere, Greenwich'te öldü.

HERSCHEL VE KIZ KARDEŞİ
Gökbilimci William Herschel uzun saatlerini, teleskobunun göz merceğinden gökyüzünü izleyerek geçirirdi. Kız kardeşi Caroline ise onun gözlemlerini sabırla kaydederdi.

duğum içindir" demişti. Yorum *Principia*'dan öncesine aitti; Newton'un optik teorilerine atfen söylenmişti ve büyük olasılıkla Hooke'un kambur duruşuna ve minyon yapısına gönderme yapıyordu. Ancak bu sözleri Newton'un çalışmalarının bütününe yönelik bir yorum olarak düşünmek de mümkün. Pisagor, Kopernik, Galileo, Kepler, Brahe ve diğerleri olmasa, Newton böyle heybetli görünmeyebilirdi.

Isaac Newton'a "Sir" unvanı 1705'te Kraliçe Anne'in eliyle verildi. Newton'un yaşamının geriye kalanı türlü çekişmelerle gölgelense de, şöhreti zamana direndi. Sir Isaac Newton 20 Mart 1727'de, Londra'da öldü. Westminster Abbey'de büyük bir törenle toprağa verildi. Yalnız bir yaşam sürdüren Newton, çalışmalarıyla milyonları etkiledi ve miras olarak geride, modern bilim ve teknoloji için hayati önem taşıyan fizik yasaları ve matematiksel yöntemler bıraktı.

İLK GEZEGEN AVCILARI

Newton'un ölümünden on bir yıl sonra Friedrich Wilhelm Herschel, Almanya, Hanover'de mütevazı ama müziksever bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. (William şeklinde İngilizleştirilen adıyla) Wilhelm, çocukluğunda babasıyla birlikte geceleri gökyüzünü izleyerek saatler geçirirdi. Gökbilime büyük bir merak duyuyordu ama meslek hayatına müzikle başladı. Herschel 1757'de İngiltere'ye taşındı. Önce müzik dersleri verdi, dokuz yıl sonra da Bath şehrindeki Octagon şapelinde org müzisyenliği görevini kabul etti.

Ders verdiği ve enstrüman çaldığı yıllarda Herschel, gökyüzüne olan merakını hiç yitirmedi. Bu merak bir süre için yıldız izleme hobisinden öteye gitmese de, 35 yaşına geldiğinde, yani 1773'te Herschel bir teleskop yapmaya karar verdi. Bu amaçla evinin neredeyse tüm odalarını atölyeye çevirdi.

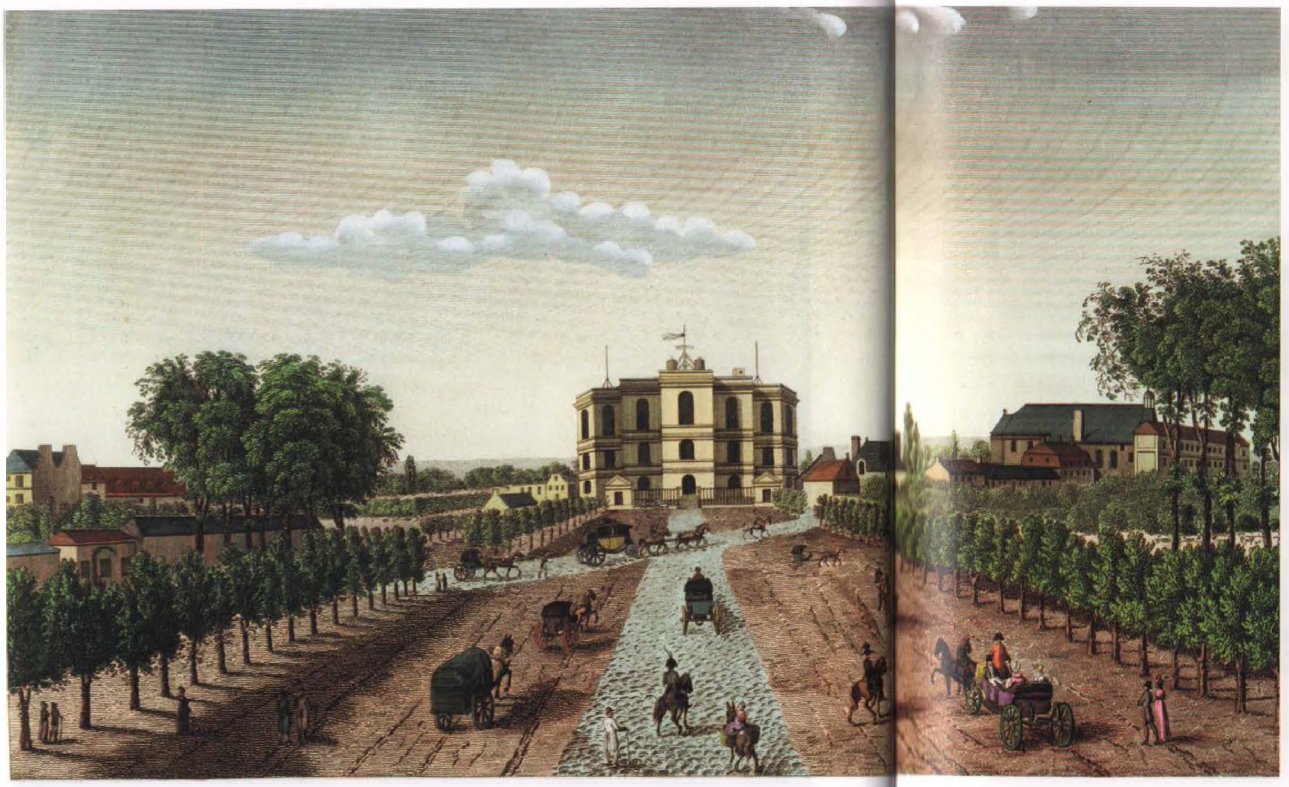
4 Mart 1774'te Herschel yeni tamamladığı 1,6 metrelik yansıtmalı teleskobuyla ilk kez göklere baktı. Göz merceğinde gördüğü cisim Orion Bulutsusu'ydu. İşte o an, William Herschel'in tarihe geçen gökbilim kariyerinin başlangıcı oldu.

Herschel daha sonra birkaç teleskop daha üretti. İçlerinde en büyüğü 125 cm'lik aynası dahil, 12 metrelik boya sahipti. 13 Mart 1781'de Herschel teleskoplarından biriyle bir gök cismi yakaladı. "Hgeminorum'un yakın çevresindeki küçük yıldızları incelerken, diğerlerinden bariz şekilde büyük görünen bir yıldızı fark ettim" diye not aldı. Gördüğü şeyin kuyrukluyıldız olduğunu sanmıştı.

Birkaç gece izledikten sonra Satürn yörüngesi ötesinde hareket eden bu cismin, yeni bir gezegen olduğunu anladı. William Herschel aslında Uranüs'ü keşfetmişti: kayıtlı tarihte belirlenen ilk yeni gezegeni.

Herschel gezegene ilk başta İngiltere Kralı III. George'un onuruna, Georgium Sidus, yani Georgiyen Yıldız adını vermişti. Ancak daha sonra gezegenlere Yunan mitolojik tanrılarının isimlerini verme geleneğini izleyerek, Uranüs adını kullanmayı tercih etti. Bir sonraki yıl kral Herschel'i kraliyet gökbilimcisi olarak atadı. Bu unvanla birlikte mütevazı





ULUSLARARASI ARAŞTIRMA
(Resimde görülen, yaklaşık 1815-20 tarihli) Fransız Kraliyet Gözlemevi, Mars ile Jüpiter arasındaki gezegeni araştırma çalışmalarına katılacak gökbilimcilerin görevlendirildiği gözlemevlerinden yalnızca biriydi.

bir aylık da alan Herschel'in müzisyenliği sürdürmesine gerek kalmamıştı. Kendisini tamamen gökbilim araştırmalarına adadı. Güneş sisteminde altıdan fazla gezegen olabileceği fikri, Uranüs'ün keşfinden 200 yıl öncesine kadar uzanıyordu. Gezegenleri hareket ettiren mekanizmaların peşine düşen Johannes Kepler, Mars ve Jüpiter'in yörüngeleri arasında orantısız bir boşluk olduğunu keşfetmişti. Kepler gibi dindar biri için Tanrı'nın bu kadar boş alan bırakmış olması anlaşılmaz bir durumdu. Bunun üzerine Kepler, aradaki boşluğun henüz keşfedilmemiş bir gezegenin yörüngesini içeriyor olabileceği fikrini değerlendirmişti.

Bundan bir yüzyıl sonra –yine dindar biri olan– Newton da evrenin öngörülebilir ve tanımlı mekaniklerle işleyen kararlı bir sistem olduğu varsayımını ele aldı. Büyük kütleli Jüpiter ve Satürn'ün sisteme kattığı kütleçekimsel kuvvetler, genel yapıyı sarsma potansiyeline sahipti, o yüzden de bu iki gezegen ilahi düzen tarafından dış çepere atılmıştı. Newton'a göre Mars ile Jüpiter arasındaki boşluk, Tanrı'nın özenle kararlı bir sistem yarattığının kanıtıydı.

18. yüzyılın başlarında, *Principia*'nın yayımlanmasından 15 yıl sonra, Oxford Üniversitesi'nde gökbilim profesörlüğü yapan David Gregory, *Astronomiae elementa* isimli çalışmasını yayımladı. Çalışmada gezegen yörüngelerinin düzenli aralıklara sahip oldukları anlatılıyordu. 1766'da ise (Titius şeklinde Latinceleştirilen ismiyle) Johann Daniel Tierz, Gregory'nin hesaplarını elden geçirdi ve 1772'de çalışmalar gökbilimci Johann Elert Bode'ye ulaştı. Gregory'nin hesaplarını temel alan Bode, gezegenlerin hangi aralıklarla yer aldıklarını ifade eden matematiksel bir denklem geliştirdi. Bu denkleme günümüzde "Bode yasası" denir.

Yaptığı çalışmayla Bode, Mars ile Jüpiter arasında, başka bir gezegenin güneş çevresinde döndüğüne ikna olmuştu. Herschel'in dokuz yıl sonra keşfettiği Uranüs'ün yörüngesi, Bode'nin yasasıyla öngörülen güneşe uzaklık mesafesiyle uyuşuyordu. Şimdi de Mars ile Jüpiter'in yörüngeleri arasındaki kayıp gezegen aranmaya başlanmıştı. Gotha dükünün saray astronomu Baron Franz Xaver von Zach, bir grup Alman gökbilimciyi topladı ve Avrupa'daki gözlemevlerinde çalışan araştırmacıları da araştırmaya dahil etti.

Varlığına inanılan gezegeni bulmak üzere sarf edilen toplu çabadan habersiz, Sicilya başkenti Palermo'da yaşayan Giuseppi Piazzi de 1 Ocak 1801 gecesi kendi gözlemini gerçekleştiriyordu. O gece sekizinci kadir sınıfına giren bir cismi fark etti. Bu gökcismi, birbirini takip eden gecelerde diğer yıldızların konumuna kıyasla hareket ediyor gibiydi. Ancak Piazzi bunun bir yıldız olmadığını anladı. Güneş sisteminin yeni bir üyesini keşfetmişti. Uzaklık hesaplarına göre gezegen Mars ve Jüpiter yörüngesi arasındaydı. Piazzi bu gök

KÜTLEÇEKİMİ
Standart kütleçekimi değeri (sıfır metre rakımı ve 45 derecelik enlemde) 9.81 m/sn²'dir. Ayın kütleçekimi ise dünyanın altıda biridir. Yani dünyada 60 kilo gelen birisi, ayda yalnızca 10 kilo gelecektir.

YILDIZLARIN YAŞAMI

Yıldızlar hidrojen ve helyumdan oluşan ve ışınım yayan gaz küreleridir. Çekirdeklerinde var olan tüm maddenin yapı taşlarını barındırırlar. Amerikalı gökbilimci Carl Sagan'ın bir zamanlar söylediği gibi, "Hepimiz yıldızlardan geldik."

Bir yıldızın izlediği yol, boyutuna, dolayısıyla da kütleçekimsel gücüne bağlıdır. Maddeler yeni oluşan yıldızın çekirdeğine doğru ilerler; ısı ve basınç yükselir. Isı, nükleer reaksiyon başlatacak kadar yükseldiğinde ise bir yıldız doğar. Yeni yıldızlar, çökmelerine neden olabilecek amansız kütleçekimini savuşturabildikleri sürece hayatta kalırlar.



Ülker (Pleiades) yıldız kümesi, Taurus (Boğa) takımyıldızındaki sıcak, mavi ve genç yıldızlardan oluşan bir kümedir.

Güneşimiz gibi yıldızlar enerilerini, hidrojeni helyuma dönüştüren proton-proton zincir reaksiyonuyla üretirler. Bir helyum çekirdeğinin kütlesi, onu oluşturmak için gerekli dört hidrojen çekirdeğinden yaklaşık yüzde 0.7 daha azdır. Reaksiyon bu kütle farkını enerjiye dönüştürür. Güneş her saniye, aşağı yukarı 700 milyon ton hidrojeni, 695 milyon ton helyuma çevirir. Geriye kalan 5 milyon ton madde doğrudan enerjiye dönüşür ve çekirdekten dışarı doğru ışıyarak, yıldızın kütleçekimsel çöküşüne karşı koyar. Bu kütleçekimi-ışınım basınç dengesine "hidrostatik denge" denir.

Çekirdeğindeki hidrojenin tamamını helyuma dönüştüren yıldızın ateşi söner. Nükleer reaksiyon olmadığında, dışa yönelik ışınım basıncı da ortadan kalkar ve kütleçekimi yıldızı çökertmeye başlar. Bunun üzerine yıldızın çekirdeği büzüşür ve ısınmaya başlar. Çekirdeğin dışındaki taze hidrojen reaksiyona girerek, hidrojen yakan bir kabuk oluşturur. Bu arada yıldız büzüşmeyi sürdürür ve kabuğu ısınarak daha fazla enerji üretir. Yaşamının bu evresinde ışınım basıncı, kütleçekiminin neden olduğu çöküşe üstün gelir ve yıldız genişleyerek bir "kırmızı dev"e, hatta "süperdev"e dönüşür. Bundan sonraki birkaç milyon yıl boyunca çekirdeği yavaş yavaş çöken ve ısınan yıldızın hidrojen-kabuğu yanmaya devam eder. Isısı 100 milyon kelvine (su 373 kelvinde kaynar) ulaşan bir yıldızın çekirdeğinin derinliklerinde "helyum parlaması" denen bir patlama meydana gelir ve üç helyum çekirdeği birleşerek bir karbon çekirdeğini oluşturur.

Sonunda helyum tüketilir, çekirdek bir kez daha söner ve karbon çekirdeğin etrafını bu kez helyum yakan bir kabuk sarar. Bu evrede yıldızın durumu biraz kararsızdır. Yıldız nabız atışı gibi atmaya başlar ve dışarıya gaz içeren maddeler püskürtür. Bu maddeler sıcak çekirdeğin etrafında bir halka, yani gezegen nebulası meydana getirir. Güneş çapındaki yıldızlar için bu son evredir. Çekirdek yavaş yavaş karbondan bir "beyaz cüce"ye dönüşür. Milyonlarca yıl sonra da beyaz cüce soğuyarak "siyah cüce" halini alır.

Kütlesi güneşin en az 20 katı olan bir yıldız ise, çekirdeğindeki tüm helyumu karbona dönüştürdükten sonra büzüşmeye başlar. Çekirdek ısısı 600 milyon kelvine ulaştığında karbon yakma işlemi, yıldızı paramparça edebilen bir patlamayla başlar. Bu devasa süpernova patlamasını takiben yıldızın dış katmanları uzaya saçılır, çekirdeği ise sıkışarak "nötron yıldızı"na dönüşür. Yıldızın kütlesi daha da büyükse, çekirdek bir karadelik oluşturabilir.

cismine, hasat tanrıçası Ceres'in (Sicilya'nın baş tanrıçası) adını verdi.

Ceres ilk başlarda güneş sisteminin yedinci gezegeni olarak düşünüldü. Ancak büyük teleskobuyla gözlem yapan Herschel, onun dünya uydusundan küçük olduğunu keşfetti. Ceres'in keşfinden bir yıl sonra, yörüngesi dünyaya hemen hemen aynı mesafede olan bir başka küçük gök cismi görüldü. Heinrich Wilhelm Matthaus Olbers, keşfettiği bu cisme Pallas adını verdi. Herschel, Pallas'ın çapının 180 kilometreden az olduğunu hesaplamıştı, yani gezegen olamayacak kadar küçüktü.

Aslında Ceres de Pallas da ne gezegen ne de yıldızdı. Bunlar Herschel'in asteroid diye adlandırdığı, yörüngede dönen küçük cisimlerdi. Alman gökbilimci Karl Ludwig Harding, 1 Eylül 1804'te bir asteroid daha keşfetti ve ona Juno adını verdi. Bundan üç yıl sonra Olbers de Vesta'yı keşfetti. Kayıp bir gezegenin olması gereken yerde tespit edilen tüm bu asteroidleri açıklayabilmek için Olbers, onların bir zamanlar orada bulunan gerçek boyutlu bir gezegenin parçaları olabileceği görüşünü ileri sürdü.

Genç İngiliz gökbilimci John Couch Adams, keşfinin üstünden altmış yıldan fazla zaman geçen Uranüs'ün yörüngesini analiz etmeye başladı. Herschel Uranüs'ü 1781'de umulmadık şekilde keşfetmişti ama bundan yüz yıl kadar önce gökbilimciler gezegeni görmüş ve yıldız olarak kaydetmişlerdi. Bu ilk gözlem bulgularının yanısıra, bir gezegen olarak belirlenmesinin üzerinden geçen 60 yıl içinde elde edilen veriler, Uranüs yörüngesinin Newton'un hareket yasalarına uymadığını gösteriyordu.

Bu uyuşmazlığı açıklamanın bir yolu, Uranüs'ün yörüngesi dışında, henüz keşfedilmemiş bir gezegenin kütleçekimsel gücünün etkisine dayalı bir hipotez öne sürmekti. Adams böyle bir gezegenin yörüngesi ve konumunun nerede olabileceğini hesapladı ve Ekim 1845'te hesaplarını Greenwich'deki Kraliyet Gözlemevi'ne gönderdi. Tahminleri ciddiye almayan karaliyet gökbilimcisi Sir George Biddell Airy, eline geçen kağıtları bir kenara koydu. Bu arada Fransız gökbilimci Urbain-Jean Joseph Leverrier de aynı hesapları yaparak, doğrulama için Berlin Gözle-

PLÜTON'UN KEŞFİ
24 yaşındaki Clyde Tombaugh, ev yapımı 23 santimlik Newtonyen teleskobunu gururla sergiliyor. Tombaugh, bu fotoğrafın çekilmesinden bir ay önce Plüton gezegenini keşfetmişti.



mevi'nden Johann Galle'nin yardımını istedi. Leverrier'in tahminlerini aldığı 23 Eylül 1846 günü, Galle teleskobun başında yalnızca 30 dakika geçirdikten sonra Neptün'ün yerini saptadı. Adams'ın tahmini sadece iki derece şaşmıştı.

Meraklı bir Mars gözlemcisi ve Arizona, Flagstaff'daki Lowell Gözlemevi'nin kurucusu olan Percival Lowell, Neptün'ün hareketlerindeki düzensizlikleri kullanarak, Neptün'ün de gerisindeki bir gezegenin konumunu tahmin etti. Lowell, Adams ile Leverrier'in Neptün'ü bulmak için yararlandıkları matematiksel yöntemlere başvurdu ama bir sonuç elde edemedi. Plüton'un konumunun Clyde William Tombaugh tarafından belirlenmesi için aradan bir çeyrek yüzyıl geçmesi gerekti.

Tombaugh amatör bir gökbilimciydi. Henüz 22 yaşında, kendi ürettiği 22.8 cm'lik teleskobuyla, ailesinin Kansas'taki çiftliğinde gözlem yapmaya başlamıştı. 1928 sonbaharında Tombaugh, Mars ile Jüpiter'i gözlemledi ve haritalarını çıkardı. Tombaugh o geceyi şöyle anlatıyor: "Bütün gece uyumadan Jüpiter'i gözlemlediğimi anımsıyorum. İlk bir saatte işaretli noktaların disk boyunca hareket ettiğini fark ettim! Çok heyecanlanmıştım. Ekseni üstünde dönen bir gezegeni izliyordum."

Tombaugh profesyonellerden yardım alabilmek ümidiyle, aynı yılın sonlarına doğru çizimlerini Lowell Gözlemevi'ne gönderdi. Aldığı yanıt umduğundan hayli farklıydı; gözlemevinin yeni fotoğrafik teleskobuyla çalışabileceği bir görev teklif ediliyordu. Tombaugh hemen Flagstaff, Arizona'ya tek yön gidiş bileti aldı. Çok geçmeden gece göğünü fotoğraflamaya başlamıştı bile. Gözlemevi direktörü Tombaugh'dan, Lowell'in Plüton'u bulmayı beklediği alanı fotoğraflamasını istemişti. Tombaugh her gece teleskobu ve ona bağlı 35x43 cm'lik fotoğrafik cam plakalı kamerayı kullanarak gökyüzünü görüntüledi. Gündüzleri bu plaka çiftlerinden, birkaç gün arayla pozlanmış olanları derliyordu. Plakalar bir makineye monte ediliyordu. Makine sayesinde bir plakada izlenen bir noktadan başka bir plakadaki aynı noktaya geçiş yapılabiliyordu. Değişen görüntüde yıldız ve gökada gibi uzak cisimler sabit kalıyor ama gezegenler, her bir plakanın pozlaması arasında geçen birkaç günlük süre içerisinde hareket ediyordu. Tombaugh, plakalar arasında geçişler yaparak, göz kırpan ya da konumunu değiştiren herhangi bir şeyin olup olmadığına bakıyordu.

1930'da bulutlu bir şubat sabahı Tombaugh, birkaç hafta önce fotoğrafladığı iki plakayı eline aldı. Plakalardan biri 23 Ocak'ta, diğeri ise 29 Ocak'ta fotoğraflanmıştı. Bir plakadan diğerine geçiş yapan Tombaugh, hareket eden bir nokta belirledi ve kendi kendine "İşte bu!" diye düşündü. Araştırmalarının başlangıcından on ay sonra Clyde Tombaugh, Plüton'u bulmuştu. Percival Lowell'in tahmininden yalnızca altı derece uzaktaydı. Ancak daha ileride yapılan analizler Plüton'un, Neptün yörüngesindeki düzensizlikleri yaratamayacak kadar küçük olduğunu or-

taya koydu. Lowell'in, Plüton'un yerini tahmin etmek için kullandığı sayılar, tesadüfi gözlem hatalarının bir sonucuydu. Tombaugh'nun Plüton'u, Lowell'in tahmin ettiği konumun bu kadar yakınında bulması tamamen şans eseriydi.

19 Ocak 2006'da NASA ilk Plüton seferini başlattı. New Horizons (Yeni Ufuklar) isimli 480 kiloluk, piyano boyutlarındaki uzay aracı, Plüton ve aylarını yakından inceleyebilmek için yaklaşık beş milyar kilometre yol kat edecek. Planlanan varış tarihi ise 2015 Temmuz'u. Uzay aracının taşıdığı yükler arasında Clyde Tombaugh'nun küllerinin küçük bir kısmı da yer alıyor.

Günümüzde çoğu gezegen avcısı dikkatlerini güneş sistemi dışına yöneltiyor. Bugüne dek diğer yıldızların çevresinde yaklaşık 200 gezegen keşfedildi.

BAY EINSTEIN'IN EVRENİ

20. yüzyılın başlarında Albert Einstein, uzay ve zamanın özelliklerini ve Newton'un hareket yasaları ile kütleçekiminin nasıl etkileşeceğini düşünmeye başladı. Yıllardan 1902 idi ve Einstein İsviçre Patent Bürosu'nda denetçi olarak çalışıyordu. Bir yandan başvuruları titizlikle inceleyen Einstein, bir yandan da farklı fiziksel referans noktalarında yer alan gözlemciler üstüne kafa yoruyordu. Biri hareket eden, diğeri etmeyen iki kişi aynı olayı nasıl algılardı?

Einstein 1905'te, özel görelilik teorisini ilk kez sundu. Teoriye göre fizik yasaları, hızları sabit olduğu sürece tüm gözlemciler için aynıydı. Örneğin, bir trende uyuyarak gittiğinizi düşünelim. Uyanıp pencereden dışarı baktığınızda yanınızdaki trenin ağır ağır hareket ettiğini görüyorsunuz. Bir an için kendi treninizin mi, diğerinin mi hareket ettiğini anlayamayabilirsiniz. Görelilik ilkesine göre hareket edenin sizin treniniz mi, diğer tren mi olduğuna karar verebilmek için gerçekleştirebileceğiniz hiçbir deney yoktur.

Bütün hareketler görelidir. Cisimlerin hareketlerini ölçerek, diğer trenin durduğunu ya da sabit hızla hareket ettiğini anlamanın hiçbir yolu yoktur. Özel görelilik, temelde hareketsizlik kavramını anlamsız kılar. Buna göre ışık hızının herhangi bir gözlemciye göre ölçümü de, gözlemcinin ışık kaynağına kıyasla hareketinden bağımsız olarak, daima aynı olacaktır.

Kısa mesafelerde düşük hızla hareket eden cisimler için Einstein'ın özel teorisi, Newton'un hareket ya-



GÖRELİLİK
Parlak bilimsel teorilerinin yanısıra, mizah anlayışıyla da tanınan Albert Einstein, 1933'te, California, Santa Barbara'da keyifle bisikletine biniyor.

Albert Einstein hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 219-26.

salarıyla aynı sonuçları verir. Yalnızca çok uzun mesafelerde ya da (ışık hızına yakın) çok yüksek hızlarda bu iki teori üstüne kurulu tahminler farklılık gösterir. Newton'un teorisi uzay ve zamanı ayrı ayrı ele alıyor ama hareket ile kütleçekimini birleştiriyordu. Einstein'ın teorisi ise üç uzay boyutunu zaman boyutuyla birleştirdi.

Einstein'ın özel görelilik teorisi ayrıca enerjiyi, kütle ve ışık hızıyla birleştiren bir formül de üretiyordu: $E=mc^2$ ("E", jul denen birimle ölçülen enerjiyi, "m" kilogramla ifade edilen kütleyi, "c" ise saniye/metre cinsinden ışık hızını temsil eder). Bu denkleme göre evrendeki tüm maddeler bir enerji biçimidir ve tüm enerjilerin de bir kütlesi vardır.

Jul üzerine daha fazla bilgi için bkz. sayfa 205-206.

Einstein 1915'te daha genel bir görelilik teorisi öne sürdü. Bu teori artan bir hıza sahip referans noktasındaki gözlemciyi ele almış ve kütleçekimine yeni bir tanım getirmişti. Einstein, Newton'un kütleçekimine bir çekim kuvveti olarak yaklaşmasını sorguladı ve onun yerine kütleçekimin uzay-zamanın dokusunu büktüğünü ya da eğdiğini öne sürdü. Bu bükülme, uzaydaki cisimlerin doğal hareketlerini kontrol ediyordu.

Uzay-zamanı bir çerçeve içine gerilmiş lastikten bir kumaş gibi düşünün. Tam ortaya bir bovling topu yerleştirirseniz lastikten yapılma uzay-zaman kumaşı eğrilir, gerilir ve topun kütlesine göre bükülür.

Şimdi de bir golf topunu aynı lastik kumaş boyunca düz bir çizgide yuvarladığınızı düşünün. Hızı yeterince yüksekse golf topu bovling topunun kütleçekim çukurundan kurtulabilir. Ancak hızı düşükse golf topu, bovling topuna doğru yuvarlanır ve onun kütleçekim çukuruna yakalanır. Eğer golf topu ortalama bir hıza sahipse, o zaman bovling topunun etrafında dolanabilir ve ilk hareket hattına doksan derecelik açıyla (ya da ilk hatla doksan derecelik açı arasındaki bir açıyla) hareket eder. Madde uzay-zamanı büker, uzay-zaman ise maddenin hareket şeklini belirler.

Einstein uzak bir yıldızdan gelen ışığın, büyük kütleli güneşin yanından geçerken eğrileceğini tahmin etmişti. Astrofizikçi Sir Arthur Stanley Eddington, bunu kanıtlamaya karar verdi. 19 Mayıs 1919'da, Batı Afrika'da bir tam güneş tutulması ol-

1957 – 1995

1957
Rus uydusu Sputnik 1 uzaya gönderildi ve ABD ile Sovyetler Birliği arasındaki uzay yarışı başladı.

1961
Rus astronot Yuri Gagarin, dünyanın çevresini turlayan ilk insan oldu.

1965
"Arkaplan ışınımı" keşfedildi; bilimciler bu ışınımın, evrenin başlangıcında gerçekleşen "büyük patlama"nın bir kalıntısı olduğuna karar verdiler.

1967
Jocelyn Bell Burnell ve Antony Hewish ilk pulsarı, yani radyo dalgaları yayarak hızla dönen nötron yıldızını keşfettiler.



muştu. Güneş kararduğında yıldızlar göründü. Eddington tutulan güneşin dış hattı yakınındaki yıldızların fotoğraflarını çekti. Ardından çektiği fotoğrafları inceleyerek her bir yıldızın konumunu belirledi ve herhangi bir açı farkı olup olmadığına baktı. İşe yarayacak sonuçlar elde edebilmesi için Eddington'un yalnızca güneşin yakınındaki değil, aynı zamanda daha uzaktaki yıldızları da içeren bir fotoğrafa gereksinimi vardı. Şansı yaver gitti: güneş tutulması gökyüzünün uzaklardaki Hyades yıldız kümesini de içeren ve Eddington'un deyişiyle, "şimdiye dek karşılaşılan en iyi yıldız alanı" olan bölümünü kapsıyordu. Böyle olmasa Einstein'ın öngörüsünün doğrulanması yıllar sürebilirdi.

Genel görelilik teorisi ayrıca Einstein'ın, Merkür yörüngesindeki küçük sapmaları hesaplarken bu teoriden yararlanmasıyla da kanıtlanmış

EGLENCE IÇIN MATEMATİK

Einstein bir keresinde şöyle demişti: "Aklımı meşgul edecek belli bir problem bulamadığım zamanlarda, uzun süredir bildiğim matematik ve fizik teoremleri için yeni kanıtlar geliştirmeye bayılırım. Özel bir amacım yoktur, yalnızca düşünmenin keyfine varmak için bir fırsattır bu bana göre."

1969
Apollo 11 uzay mekiği aya iniş yaptı; Neil Armstrong ile Buzz Aldrin ayın yüzeyini inceleyen ilk insanlar oldular.

1979-1989
NASA'nın *Voyager* adlı uzay aracı Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün yakından çekilen fotoğraflarını gönderdi.

1990
Magellan adlı uzay aracı Venüs'e ulaştı ve gezegen yüzeyinin yaklaşık %98'ini radarla haritaladı.

1995
Gökbilimciler güneş sistemimiz dışındaki ilk gezegeni keşfettiler

Stanley Eddington hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 64.

İKİLİ YILDIZ
İkili yıldız, ortak bir kütleçekim merkezi etrafında dönen iki yıldıza denir. Gökbilimciler Samanyolu gökadamızdaki yıldızların yarıya yakınının bir ikili yıldız veya çoklu yıldız sisteminin üyesi olduğunu tahmin ediyor.

oldu. Johannes Kepler, Merkür yörüngesinin eliptik olduğunu biliyordu ancak yörünge ekseninin "eksen sapması" denen hareketini zihninde canlandıramamıştı. Gökbilimciler Merkür'ün yörünge hareketinin Newton yasalarının öngördüğünden daha hızlı olduğunu fark etmişlerdi.

Einstein öncelikle güneş kütlesinin, Merkür yörünge alanına giren uzay-zamanı ne kadar büktüğünü hesaplayarak problemi ele aldı. Ardından Merkür'ün bu alan içinde nasıl hareket ettiğini hesapladı. Sonunda Merkür yörüngesinin uzay-zaman bükülmesi yüzünden ileri doğru kaydığını keşfetti. Günümüzde artık Venüs, Dünya ve İkarus asteroidi yörüngelerinin güneş yakınındaki uzay-zaman bükülmesi yüzünden öne doğru kaydığını biliyoruz.

Einstein'ın genel görelilik teorisinin bir diğer sonucu da "kütleçekim dalgaları" kavramıydı. Einstein, kütleçekim kuvvetinin ışık hızıyla yayılan, aşırı zayıf ve dalgamsı etkiler yarattığını öngördü. Tıpkı okyanustaki dalgalar gibi kütleçekim dalgaları da uzay-zaman dokusunda oluşan dalgacıklardı ve bir kütle hızlandığında, salındığında ya da aşırı bir etkiye maruz kaldığında ortaya çıkıyorlardı. Doğanın en zayıf kuvvetlerinden kütleçekim dalgalarının tek belirlenebilen türü, büyük kütleli cisimler tarafından üretilenlerdi. Örneğin muazzam kütleli nötron yıldızını içeren ikili sistemler, karadelikler ya da süpernovalar.

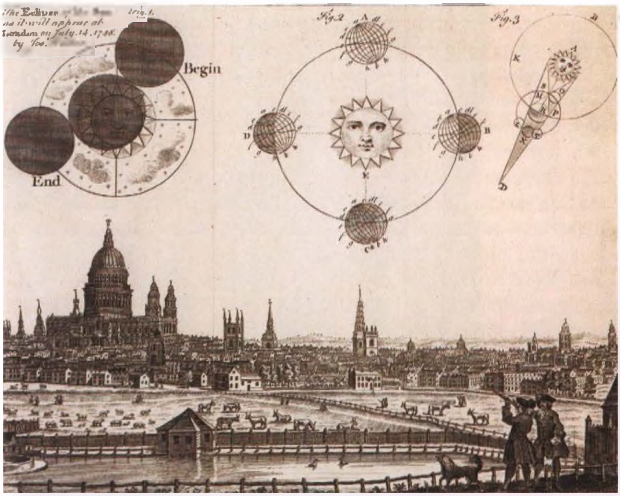
YILDIZ IŞIĞI, PARLAK YILDIZ

19. yüzyılın başlarında dikkatlerini güneş sistemine odaklayarak, yıldızların konumları ve kadir sınıfını gözlemleyen ve kataloglayan gökbilimciler, eski çağlarda başlatılan bir çalışmayı sürdürüyordu. Tycho'nun 1572'de, Kepler'in ise 1604'te gözlemlediği yıldız patlamaları, yıldızların değişebileceği görüşünü ortaya çıkardıysa da, gökbilimciler geçen yüzyıllar içinde yıldızlar hakkında çok az şey öğrenebilmişti.

1814'te Münih'te yaşayan optikçi Joseph von Fraunhofer, ilk basit spektroskobu (tayfölçer), yani ışığı ayrıştıran aygıtı geliştirdi. Güneş ışığı spektroskobun dar kesiğinden içeri giriyor ve bir prizmadan geçiyordu. Prizma ışığı kırarak 600 adet karanlık çizgisi olan bir güneş tayfına dönüştürüyordu. Fraunhofer'in keşfi, fizikçi ve kimyagerler kadar gökbilimciler arasında da büyük ilgi uyandırdı.

Alman fizikçi Gustav Kirchhoff ve arkadaşı kimyager Robert Bunsen, 1859'da her bir karanlık çizgi setinin, belli kimyasal elementlerle ilişkili olduğunu keşfetti. İkili birçok metalin çizgilerini belirledi ve bu arada iki yeni elementi keşfetti: sezyum ve rubidyum. Mavimsi gri ve kırmızı anlamına gelen bu isimler Latinceden türetilmişti.

Daha sonraki deneylerde Kirchhoff karanlık çizgilerin nasıl ortaya çıktığını anlamaya başladı. Güneş tayfını sarı sodyum alevinden geçirdi. Parlak alevin güneş tayfındaki karanlık çizgileri doldurmasını bekliyordu. Ancak çizgiler aksine daha da karardılar. Kirchhoff böylece tıpkı sodyum alevi gibi güneş atmosferinin de sodyum buharı içerdiği sonucunu çıkardı. Buhar, ışığın sarı dal-



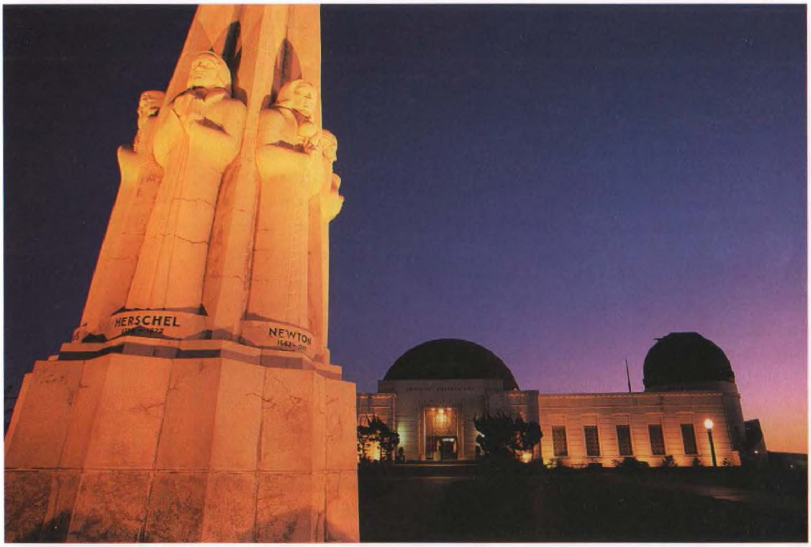
TUTULMA SÜRECİNİN TASVİRİ
Modern çizimler 1748'de Londra'dan izlenen güneş tutulmasını açıklamaya yardımcı oluyor.

gaboyunu soğuruyordu. Günümüzde bu karanlık tayf çizgilerine "soğurma çizgileri" diyoruz.

Kirchhoff'un soğurma çizgisi anlayışına göre, güneşin etrafını kuşatan bir sıcak gaz atmosferi olması gerekiyordu. Laboratuvar deneyleri sıcak-beyaz cisimlerin, ya da ergimiş metallerin kesintisiz beyaz-ışık tayfı oluşturduklarını ortaya koymuştu. Ancak güneş lekeleri, "plaj" (ya da eski adıyla "parlak flocculi") denen parlak bölgeler veya durmaksızın değişen filamentler gibi birtakım yüzey özellikleri, aşırı sıcak katı cisim ya da sıvı metal kaynaklı değil atmosferik tabiatlı gibi görünüyorlardı. Deneysel fizikçiler ilerleyen zaman içinde yüksek basınç altındaki sıcak gazların da kesintisiz tayf ürettiklerini keşfettiler.

Gökbilimciler sayıları gittikçe kabaran aygıtlarını güneşe yönelttikçe, yıldızımızın tabiatına ilişkin soruların sayısı da arttı. Tam güneş tutulması sırasında, ayın karanlık diski çevresindeki parlak, beyaz, lifli koronayı (güneş tacı) gözlemleyenler, gördükleri karşısında şaşkınlığa düşmüşlerdi. Aynı dönemde daha büyük aygıtlar da güneş üstündeki dev alevleri, çeperin ötesinde parlak izdüşümler biçiminde patlayan gaz şeritlerini belirlediler. Bu oluşumlar güneşin üstünde mi yer alıyordu, yoksa ayı kuşatan atmosferin özellikleri miydi? Fizikte kaydedilen ilerlemelerin yanısıra, süregiden spektroskobik gözlemler de zaman içinde söz konusu oluşumların, güneşin farklı katmanlarında meydana gelen fiziksel süreçlerin sonuçları olduğunu ortaya koydu.

1866'da İngiliz amatör gökbilimci Joseph Norman Lockyer, güneşi ayrıntılı bir şekilde gözlemlemenin ba-



BÜYÜKLERİN ANISINA

Los Angeles, California'nın Hollywood Tepeleri'nde kurulu Griffith Gözlemevi'nde, dünya tarihinin büyük gökbilimcileri anısına dikilmiş bir anıt yer alıyor.

sit bir yolunu keşfetti. Güneşin teleskopik bir görüntüsünü, bir spektroskobun önünde duran ve üstünde ince bir kesik olan perdeye yansıttı. Kesiği, güneşin farklı oluşumlarından gelen ışığı içinden geçirebilecek şekilde hareket ettirebiliyordu. Karanlık güneş lekelerine baktığında tayf çizgilerinin yoğunluğu, lekelerin hemen dışındaki bölgelere baktığında görülenden daha düşük oluyordu. Tayf çizgisi yoğunluğu ısıya bağlı olarak değiştiğinden, Lockyer güneş lekelerinin görece daha soğuk bölgeler olduğu sonucuna vardı.

Güneş çeperinde dev alev taraması da yapan Lockyer, bu belirgin kırmızı alevlerin aslında sıcak gaz olduğu teorisini öne sürdü. Sözkonusu gazın parlak çizgilerden oluşan, kendine özgü bir tayfı vardı. Wimbledon'daki bahçesinden gözlemlerini yürüten Lockyer, sonunda aradığı şeyi buldu. O günü, "Alanın içinde aydınlık bir çizginin parladığını gördüm" diye anımsıyor Lockyer. Gördüğü çizginin özelliklerini analiz eden gökbilimci, güneşteki dev alevlerin ağırlıklı olarak hidrojenden oluştuğu sonucuna vardı.

Ağustos 1868'de Fransız gökbilimci Pierre Jules Cesar Jansen, bir tutulma sırasında güneş tayfında parlak sarı bir çizgi fark etti. Bundan iki ay sonra aynı çizgiyi Lockyer de belirledi. O güne dek böyle bir çizgi gözlemlenmediği için Lockyer bunun yeryüzünde bulunmayan ya da belirlenmemiş bir elemente ait olduğu kanaatine vardı. İngiliz kimyager Edward Frankland daha sonra bu elemente, Yunancada güneş anlamı-

na gelen *helios*'tan türettiği "helyum" adını verdi.

19. yüzyılın ikinci yarısında pek çok yeni gözlemevi kuruldu ve fotoğraflama, gökbilimde düzenli olarak kullanılmaya başladı. 1840'da İngiliz gökbilimci John William Draper tarafından çekilen ayın ilk fotoğrafı bir "dagerreyotipi" idi. Draper'ın oğlu Amerikalı gökbilimci Henry Draper, Lyra (Çalgı) takımyıldızında yer alan parlak yıldız Vega'nın tayfını fotoğrafladı. Daha çok sayıda yıldız tayfı elde edildikçe, bilimciler çeşitli yıldızların genel bileşimi ve ısısına ilişkin bir tablo elde etmeye başladılar.

İtalyan gökbilimci Pietro Angelo Secchi'nin çalışmalarından yararlanan Draper, yıldız tayflarını 16 gruba ayıran bir sistem geliştirdi. 1882'deki zamansız ölümünün ardından eşi, Draper'in çalışmalarının Harvard College Gözlemevi'nde sürdürülmesi için fon sağladı. Gözlemevi yöneticisi Edward Charles Pickering ise tüm gökyüzünün spektroskobik taramasını başlattı. Pickering proje üstünde çalışmaları için, çoğunluğu kadınlardan oluşan çok sayıda asistanı işe aldı. 1880'lerin sonunda, kadınlar henüz oy verme hakkına sahip değilken, gözlemevinde 15'in üstünde çalışan vardı. Saat başına 25 sent alan kadınlar, yıldızlara ve yıldız tayflarına ait binlerce fotoğrafı analiz ettiler. Analiz çalışmaları sırasında her yıldızın konumu ve bileşimini belirlemek amacıyla karmaşık hesaplar yapıldı.

Pickering'in ölümünden sonra bu kadınlardan biri olan Annie Jump Cannon, yıldız tayflarını içeren fotoğraf plakalarını incelemeyi sürdürdü. Cannon, tayfını analiz ettiği her yıldızın sınıfını bir asistana bildiriyor, asistan da bilgiyi kayda geçiriyordu. Cannon'un elinden olağanüstü hızlı ve doğru iş çıkıyor, dakikada üç yıldızı sınıflandırabiliyordu. 1915'ten 1924'e kadar Henry Draper Kataloğu adı verilecek kataloğun üstünde çalışan Cannon, 225.300 yıldızın tayfını çıkararak düzenledi. Cannon'un –baş harflerinden dolayı, İngilizcedeki "Oh, İyi Bir Kız/Erkek Ol Ve Beni Öp!/Oh, Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me!" deyişini akla getiren O, B, A, F, G, K, M biçimindeki– sınıflandırma sistemi, bugün hâlâ gökbilim öğrencilerine öğretiliyor.

1910'a gelindiğinde Cannon'un sınıflandırma sistemi yaygın şekilde benimsenmişti. Gökbilimciler bir yıldızın mutlak parlaklığının, tayf tipiyle ilişkili olabileceğini düşünmeye başladılar. 1911'de gökbilimci Ejnar Hertzsprung ile Hans Rosenberg, Taurus (Boğa) takımyıldızındaki Pleiades (Ülker) ve Hyades (Öküz) yıldız kümelerinin üyeleri arasında bu tür bir ilişki olduğunu ortaya koydular. Çok geçmeden Princeton gökbilimcisi Henry Norris Russel da aynı çalışmayı mesafe ölçümleri güvenilir olan yıldızlar için yaptı.

Bu koordineli çalışmanın sonuçları ortaya Hertzsprung-Russell çizelgesini çıkardı. Çizelge bir yıldızın (ısı göstergesi olan) tayf tipi ile parlaklığı arasındaki ilişkiyi sergiliyordu.

Parlaklık dikey eksende, ısı ise yatay eksende belirtiliyordu. Sol üstteki yıldızlar sıcak, genç ve mavi dev yıldızlardı; sağ üsttekiler ise daha soğuk kırmızı devler ve yaşamının so-

nuna yaklaşmış süperdevlerdi. Sol alttakiler çok sönük ve yaşam döngülerinin sonuna varmış sıcak, küçük yıldızlar olan beyaz cücelerdi. Çizelgenin ortasında, sol üstten sağ alta kadar olan bölümde, ana seri yer alıyordu ve tüm yıldızların yaklaşık yüzde 90'ı bu bölüme dahildi.

Ne var ki gökbilimciler hâlâ bir yıldızın nasıl parladığına ilişkin çok az şey biliyordu. 1917'de Eddington, bir yıldızın enerji üretimi ve evrimini açıklayan bir teori üstünde çalışmaktaydı. Sağlam bir gökbilim, fizik ve matematik altyapısına sahip ve atom fiziği ile özel görelilik konularına hâkim olan Eddington, ısının yıldız ışınımıya iletildiğini ortaya koydu. Ayrıca yıldızların özünde rastlanan yüksek ısılarda, elektronların çekirdeklerinden ayrılarak, fizikçilerin bugün "plazma" diye adlandırdıkları şeyi oluşturdukları çıkarımını da yaptı.

Eddington ayrıca bir yıldızın kütlesi ile parlaklığı arasındaki ilişkiyi de kavradı. Yıldız kütlesinin, Einstein'ın $E=mc^2$ formülü gereğince enerjiye dönüştürüldüğünü ileri sürdü. Bulgularını 1926 tarihli *Yıldızların İç Yapısı* adlı kitabında yayımladı. Eddington yıldızların hidrojeni helyuma dönüştürdüğüne inanıyordu ama dönemin atomaltı fizik bilgisi, bu dönüşümün mekanizmasını açıklamaya yeterli değildi.

Bilimciler ancak 1939'un sonlarında, Hans Albrecht Bethe'nin "Yıldızların Enerji Üretimi" adlı çalışmasını yayımlamasıyla birlikte, yıldızların enerji kaynakları hakkında bilgi sahibi oldular. Bethe, güneş enerjisinin yüzde 98'den fazlasının, hidrojenin helyuma dönüşümünden geldiği tezini savunuyordu. Haklıydı da: Güneş her saniye 700 milyon ton hidrojeni 695 milyon ton helyuma dönüştürüyordu. Geriye kalan (Niyagara Şelaleleri'nden bir saniyede akan suyun yaklaşık 600 katı ağırlıktaki) beş milyon tonluk madde ise saf enerjiye dönüşüyordu.

KOZMİK BİLMECELER

Eddington ile Bethe yıldızların iç yapılarını araştırırken, Edwin Powell Hubble da evrenbilim için yepyeni bir sahne hazırlıyordu. Bir avukat ve sigorta aracısının oğlu olan Hubble Marshfield, Missouri'de doğdu. 1906'da Chicago Üniversitesi'ne girdi, Rhodes bursuyla Oxford, Queens College'a devam etti ve doktorası için 1914'te Chicago'ya dönerek, Yerkes Gözlemevi'nde sönük bulutsular üstüne çalıştı. I. Dünya Savaşı'nda, ABD piyade sınıfında geçirdiği iki yılın ardından Hubble, Mount Wilson Gözlemevi ekibine katıldı. Kariyerinin geri kalanını burada, 100 inçlik (254 cm) teleskobun başında, bulutsuları gözlemleyerek ve sınıflandırarak geçirdi.

Önce Charles Messier, ardından William Herschel tarafından kataloglanan bu sönük ve bulanık alanların yapısına ilişkin, o dönemde iki teori vardı. Kamplardan biri, sözkonusu alanların Samanyolu'ndaki yıldızlararası gaz bulutları olduğuna inanıyor, diğer kamp ise onların, Samanyolu dışındaki gökadalar olduğunu düşünüyordu. Sonuçta her iki tarafın da haklı olduğu ortaya çıktı, çünkü iki türdeki gök cisimleri de, geniş anlamıyla "bulutsu" diye nitelendiren sınıfa giriyordu. 1922'de

MESSIER KATALOĞU

Messier kataloğu 109 adet sabit derin-uzay cisminin bir listesidir. Liste, gökadaları, bulutsuları ve yıldız kümelerini de içeriyordu. Profesyonel olmayan gökbilimciler için yararlı bir rehber özelliğine sahip bu katalog Charles Messier ve Pierre Mechain tarafından 1717 ile 1786 arasında derlendi.



Samanyolu'nun "dağınık bulutsu"larını sınıflandıran ilk kişi Hubble oldu. Hubble dağınık bulutsuları ikiye ayırdı; yansıma bulutsusu, salma bulutsusu. 4 Ekim 1923'te Hubble, günümüzde Andromeda Gökadası olarak bilinen gökadadaki yıldızları belirledi. Bundan dört ay sonra Andromeda'da bir "Cepheid değişen yıldızı"nı keşfetti.

İlk önce İngiliz gökbilimci John Goodricke tarafından 1784'te belirlenen Cepheid değişenleri, büyük, nabız gibi atan sarı yıldızlardır. Parlaklıkları 0.1 ile 2 kadir arasında değişir. Parlaktan sönüğe, tekrar parlağa doğru değişen atma periyodları 2 ila 60 gün arasında değişiklik gösterebilir.

1912'de, Pickering'in asistanlarından biri olan Henrietta Swan Leavitt, Samanyolu gökadamızın uydu gökadası Küçük Macellan Bulutu'ndaki Cepheid değişen yıldızlarının sayısını belirlemekle meşguldü. Peru'da çekilen fotoğraf plakalarına bakan Leavitt, Cepheid değişen yıldızlarının periyotlarının, ortalama parlaklıkları ile ilişkili olduğunu fark etti: periyotları daha uzun olan yıldızlar, kısa olanlardan daha parlaktı. Macellan Bulutu'ndaki bütün yıldızlar dünyaya yaklaşık aynı mesafede olduklarından, mutlak parlaklıkları uzaklıkları değil, periyotları ile ilintili olmalıydı.

Amerikalı gökbilimci Harlow

YILDIZLARI KATALOGLARKEN

Harvard College Gözlemevi'nin fotoğraf küratörü Annie Jump Cannon, 300.000 fotoğraf plakasından sorumluydu. Cannon bu plakaları kullanarak 225.300 yıldızın tayfını sınıflandırdı.

Sharpey bu periyot-parlaklık ilişkisinin önemini kavramıştı. Sharpey, küresel kümelerdeki –her biri on binlerden milyonlara dek değişen, birbirine yakın yıldızları barındıran büyük küreler– yıldızları araştırmaya koyuldu. Cepheid değişenlerine "fener kulesi" adını verdi ve onları, küresel kümelerin dünyaya olan uzaklıklarını belirlemede kullandı. Hubble ise Cepheid değişenleriyle ilgili bulgulardan yararlanarak, bulutsu diye adlandırılan şeylerin aslında Samanyolu'ndaki tüm cisimlerin ötesinde yer alan gökadalar olduklarını kanıtladı. Andromeda'daki Cepheid değişenlerini gözlemleyen Hubble, Andromeda'nın dünyadan 490.000 ışık yılı mesafede olduğunu hesapladı.

Einstein'ın genel görelilik teorisi düşünüldüğünde Hubble'ın gökada gözlemleri, sanılandan da fazlasını ifade ediyordu. Dönemin gökbilimcileri evrenin durağan mı, genişleyen mi yoksa büzülen bir evren mi olduğunu sorguluyordu. Hubble 46 gökadanın tayfını ölçerek, tayfın kırmızı ucuna doğru bir kayma olduğunu, yani "kırmızıya kayma"yı keşfetti.

Kırmızıya kaymayı anlayabilmek için trenyolu kavşağında oturarak, yaklaşmakta olan bir treni beklediğinizi hayal edin. Tren size doğru

BÜYÜK PATLAMA (BIG BANG)

Büyük Patlama teorisi genellikle evrenin oluşumunu tanımlayan model olarak kabul edilir. Aslında bu varsayım, evrende gözlemlenen olguların üstüne kurulmuştur. Teori ilk şekline, Alexander Friedmann ve Abbe Georges Lemaître ile birlikte, 1920'de kavuştu. Sonra 1940'larda, George Gamow tarafından gözden geçirildi. "Büyük Patlama" adı, 1950'lerde, teoriyle ilgili kuşkularını dile getiren gökbilimci Fred Hoyle'nin alaycı bir sözüyle ortaya çıktı.



Sanatçılar, büyük patlamanın ya da karadeliklerin ancak hayali canlandırmalarını resmedebiliyorlar.

Büyük Patlama öncesinde evrenin fiziği bilinmediğinden, evrenbilimciler varsayımlarına, patlamadan sonra saniyenin birkaç on milyonda birlik bir süresi içinde evrenin neye benzediğini sorarak başladılar. Evren o sırada, on milyar kelvinlik derecelerde ve atom çekirdeğine yakın yoğunlukta, yüksek enerjili gamma ışınları ile doluydu. Evren genişledikçe, gamma ışınlarının dalga boyları uzadı, enerjileri düştü ve evrenin ısısı azaldı. Sıcak gazlar ve ışınımlardan oluşan bu karışım soğumaya devam ederken, nükleer parçacıklar ve ardından atom çekirdeği oluştu. Evrenimizdeki maddenin yapısını meydana getiren proton, nötron ve elektronlar, büyük patlamadan sonraki ilk dört saniye içinde oluştular.

30 dakikalık bir süre içinde tüm bu nükleer reaksiyonlar sona ermişti. Evren kütlesinin yaklaşık yüzde 25'i helyumdan, yüzde 75'i ise hidrojenden ibaretti. Bugün yaşlı yıldızlarda görülen helyum-hidrojen oranı da aynıdır. Evren, oluşumundan bir milyon yıl sonra soğudu ve çekirdekler ile elektronlar birleşerek atomları oluşturdu. O zamana ait fotonlar günümüzde hâlâ görülür. Onlara "kozmik arkaplan ışınımı" diyoruz.



GÖKYÜZÜ ARAŞTIRMASI
Edwin Hubble, California, San Diego'daki Palomar Gözlemevi'nde yer alan 48 inç'lik (121.9 cm'lik) teleskobu inceliyor. National Geographic Society'nin sponsorluğunu yaptığı 1958 gökyüzü araştırmasının son hazırlıklarını tamamlıyor. Bu araştırmanın sonunda ilk güvenilir fotoğrafik gökyüzü haritası elde edildi.

yaklaştıkça düdük sesi yükselir, yanınızdan geçerken ise alçalır. Aslında düdük etrafa, çemberler halinde hareket eden ses dalgalarıyla, sabit bir ton yayar. Sesin tonundaki yükselip alçalmaya neden olan şey, trenin hareketidir. Tren ilerlerken her yeni ses dalgasının merkezi de onunla birlikte hareket eder. Düdüğün ses dalgaları, trenin hareket yönünde (yüksek frekans) salınır ve arkaya doğru yayılır (alçak frekans). Bu fenomene "Doppler etkisi" denir. Adını, bu etkiyi ilk kez 1842'de tanımlayan Avusturyalı fizikçi Christian Doppler'den alır. Bu tarihten altı yıl sonra Fransız fizikçi Hippolyte Fizeau ışık dalgalarının da aynı şekilde hareket ettiği görüşünü ileri sürdü; haklıydı da.

Hubble 1929'da evrenin genişlemekte olduğunu duyurdu. Teorinin kanıtı olarak Belçika doğumlu Katolik rahip ve gökbilimci Georges Henri Lemaître tarafından iki yıl önce yayımlanan çalışmayı gösterdi. Eins-

tein'ın genel görelilik teorisinden yararlanan Lemaître de aynı sonuca varmıştı.

Lemaître'in teorisinin başlıca rakibi, Fred Hoyle ve diğerleri tarafından 1948'de ileri sürülen "Durağan Durum" teorisiydi. Aslında Lemaître'in teorisine alaycı bir yaklaşımla "Büyük Patlama" ismini veren de Hoyle'ydi. Teori o günden sonra bu isimle anıldı.

"Durağan Durum" evren modeli, evrenin bir başlangıcı olmadığını ve hiç sonlanmayacağını iddia eder. Modele göre uzay sabit bir oranla "düz" bir evrenin içinde genişler. Durağan durum modelinde, evrendeki tüm noktalar herhangi bir anda

BULUTSULAR

Cirrus (Sirrus) bulutlarının incecik filizlerinin yüksek atmosfer rüzgârları etkisiyle birbiri içine geçişini, ya da sıcak bir ikindi vakti, dalgalar halinde kabaran cumulus (kümülüs) bulutlarının oluşumunu izlerseniz, nebulaları, yani bulutsuları daha iyi anlayabilirsiniz.

"Nebula" Latincede bulut anlamına gelen sözcükten türetilmiştir. Yıldızlararası bu gaz ve toz bölgeleri, yeni yıldızları doğuran, yığınlar halindeki devasa moleküler bulutlara dönüşebilir veya yıldızların vahşet dolu ölümünün zarif birer kalıntısı olabilirler. Bulutsular yıldızların, gökadaların ve gezegenlerin yapıtaşlarıdır. Kompozisyonları ve hoş görünümleriyle, içlerinde oluşan yıldızın yapısına ya da kendisini meydana getiren yıldızın ölümüne ilişkin ipuçları verirler.



Cassiopeia (Karliçe) takımyıldızındaki NGC 281 salma bulutsusunda küçük bir açık yıldız kümesi de yer alır.

Üç çeşit bulutsu vardır: yansıma, salma ve soğurma bulutsusu. Yansıma bulutsusu yakın yıldızların dağınık ışıklarıyla parıldar. Gaz bulutu içindeki toz parçacıkları yıldız ışığını dağıtarak bulutsuya donuk bir parlaklık kazandırır. Mavi ışığın kısa dalgaları, kırmızı ışığın uzun dalgaboyundan daha etkin bir şekilde dağıldığı için, çoğu yansıma bulutsusu mavi görünür. Oldukça donuk bir görüntüleri olduğundan birçoğu yalnızca gökyüzünün uzun süreli foto-grafik pozlamalarıyla belirlenebilir.

Salma bulutsuları sıcak, belirgin bulutsulardır. Ağırlıklı olarak iyonlaşmış hidrojenden oluşan bu bulutsular, genç yıldızlardan yayılan morötesi ışınımların, hidrojen atomlarının elektronlarını ayırmasıyla ortaya çıkarlar. Bu sürece foto-iyonizasyon denir. Tıpkı bir neon lambası içindeki uyarılan gaz atomları gibi, salma bulutsular da uyarılan atomlar ve iyonların ışığıyla parlar. Foto-iyonizasyon süreci yüksek miktarda enerji gerektirdiğinden, ancak en sıcak yıldızlar bir bulutsuya parlaklık verecek sayıda morötesi fotonları üretebilir. Salma bulutsuları genellikle sıcak, genç, mavi yıldızların çevresinde görülür.

Samanyolu boyunca karanlık bölgeler biçiminde görülen soğurma bulutsuları ya da karanlık bulutsular, gazı iyonize edecek sıcak, genç yıldızları içlerinde barındırmayan ya da ışığını yansıtabilecekleri yakın yıldızlara sahip olmayan yoğun gaz ve toz bulutlarıdır. Bunun yerine karanlık bulutsuları, Samanyolu'nun ya da parlak bulutsuların fonundaki siluetler olarak görürüz.

En küçük karanlık bulutsulara, Hollanda asıllı Amerikalı gökbilimci Bart Bok'un adına ithafen "Bok küreciklerı" denir. Bart Bok, 1930'larda bu cisimler üstünde ilk kez çalışan gökbilimciydi. Küçük karanlık bulutsuların çapı üç ışık yılından kısadır, kütleleri ise güneşin 10 ila 100 katı kadardır.

aynı gözükür. Bu da evrendeki maddenin sabit bir ortalama yoğunluğa sahip olduğu sonucuna işaret eder. Genişlemeyi telafi etmek için maddenin sürekli sabit bir oranda yaratılıyor olması gerekir.

"Büyük Patlama" evren modeline göre ise tüm madde ve ışınım, teorik bir başlangıç noktasından kaynaklanır. Bu noktada hem yoğunluk, hem kütleçekim kuvveti, hem de uzay-zaman bükülmesi sonsuzdur. "Teklik" denen bu noktanın bir yarıçapı ya da boyutu yoktur. Tekliğin kütleçekim kuvveti öyle güçlüdür ki uzay-zaman dokusu kendi üzerine bükülür. Teklikte bildiğimiz fizik kuralları geçerliliğini yitirir.

Bazıları bu teorinin, evrenin "merkez"inde bir yerlerde, ya da "herhangi" bir noktada, bir patlama olduğu anlamına geldiğini düşünür. Ardından her şey genişleyerek uzayı doldurmuştur. Ancak bu yorum yanlıştır. Büyük Patlama teorisi evrenin tamamını içerir: zamanı, uzayı, her şeyi. Kısa bir an içinde tüm uzay ve zaman hızla genişlemeye ya da şişmeye başlamış ve bunu sürdürmüştür; evren halen genişlemektedir. Bu genişlemeyi üzümlü ekmek hamuru gibi hayal edin. Hamur uzay-zamanın dokusudur ve içindeki mayanın etkisiyle kabarmaya başladıkça, üzümler (gökadalar) her yönde birbirinden uzaklaşırlar.

Birbirine zıt bu iki teori arasındaki çekişme 20 yıl kadar ortalığı kasıp kavurdu. Ancak 1965'te Bell Laboratuvarları'nda çalışan iki mühendis, evrenin ilk zamanlarından kalma "arkaplan ışınımı"nı kazara keşfettiler. Bu kozmik mikrodalga arkaplan, ya da İngilizcedeki kısaltmasıyla CMB ışınımının varlığı, Büyük Patlama teorisiyle de öngörülmüştü.

1989'da NASA tüm uzaydaki bu ışınımı haritalamak için Cosmic Background Explorer/Kozmik Arkaplan Araştırıcısı'nı (COBE) uzaya fırlattı. COBE arkaplan ışınımında çok küçük farklılıklar buldu. Bunlar ortalama sıcaklıktan bir derecenin ancak 30 milyonda biri kadar daha sıcak ya da soğuk dalgalanmalardı. Dalgalanmalar, ilk gökadaların oluştuğu zamanlarda var olan yapılara işaret ediyor, Büyük Patlama teorisini daha da doğruluyordu.

NASA'nın 30 Haziran 2001'de fırlatılan Wilkinson Microwave Anisotropy Probe/Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Uzay Sondası (WMAP) bizi evrenin başlangıç dönemine ilişkin koşullar hakkında bilgilendiren sinyallerin bir dökümünü çıkarıyor. WMAP kozmik mikrodalga arkaplan ısısındaki küçük değişimleri ölçerek, evrenin boyutu, maddesel içeriği, yaşı, geometrisi, geçmişi ve belki de geleceği hakkındaki soruları yanıtlıyor.

Üç yıllık kesintisiz gözlemler sonucunda WMAP, büyük patlama zamanında yalnızca genişleyen değil, aynı zamanda hızlanan bir evren anlayışını destekler bulgular elde etti. WMAP gözlemlerine göre, oluşumunu izleyen ilk birkaç saniye içinde evren 10^{30} katı kadar –yani 1'in yanına 50 sıfır– büyüdü!

Zaman içinde kütleçekim kuvveti genişlemeyi yavaşlatmaya başladı. Evrendeki tüm görünür maddeyi (yıldızlar, bulutsular, gökadalar vb. gibi görebildiğimiz maddeler) ve ka-

DOPPLER KAYMASI

Bu ilke bir cisimden yayılan elektromanyetik dalgaların frekansında, o cismin gözlemciyle bağıntılı hareketi yüzünden meydana gelen kaymayı açıklar. Cisim açık bir frekansa neden olarak gözlemciden uzaklaşırken, kırmızıya kayma meydana gelir. Aynı şekilde cisim yüksek frekansa neden olarak gözlemciye yaklaşırken, maviye kayma oluşur.

ranlık maddeyi (varlıklarını ancak kütleçekimsel etkileriyle anlayabildiğimiz görünmeyen maddeler) düşününce, kütleçekimin halen fren etkisi yarattığını sanmak çok normal. Ancak durum böyle değil.

1990'ların ortasında iki ayrı araştırma ekibi –Süpernova Evrenbilim Projesi ve Yüksek-Z Süpernova Araştırma ekibi– sözkonusu yavaşlamayı ölçmek için çalışmalara başladı. Her iki ekip de genişleme oranını ölçmek için çok uzak süpernovaları kullandı ve sonuçlar herkesi şaşırttı.

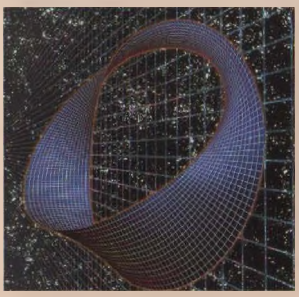
Süpernovalar mevcut teorilere göre olmaları gerekenden daha uzakta gibiydiler. Bu bulgular evrenin genişleme hızının yavaşlamayı bırak, arttığını gösteriyordu! Evrenin genişleme hızı artıyorsa, ortada bir tür karşı-kütleçekimsel kuvvet olmalıydı. Bazı bilimciler bu itici gücü, derin uzaydan yayılan "karanlık enerji"nin oluşturduğuna inanıyor.

Karşı-kütleçekimsel kuvveti ilk kez Albert Einstein, genel görelilik teorisiyle ortaya atmıştı. Evrensel sabit denen (Hubble sabitiyle karıştırılmamalı) bu itici kuvvet, evreni kendi kütleçekimine karşı dengelemeye yardımcı olan, matematiksel bir sabitti. En basit anlatımıyla, genel

UZAY-ZAMANIN BÜKÜLMESİ

Newton evrenin düz bir geometrisi olduğunu varsaymıştı; Einstein ise böyle bir varsayımda bulunmadı. Aslında Einstein'ın genel görelilik teorisi, evrenin tamamının genel bir bükülmeye sahip olduğunu öngörür.

Evrenin üç olası biçimi vardır. Bu yapıların gerçek şekillerini zihnimizde canlandırmak bizim için kolay olmasa da, onları düz bir kağıt üzerine çizilmiş iki boyutlu uzay biçiminde düşünebiliriz.



Kapalı bir evrenin pozitif bükülümü, sonlu bir hacme sahip ve köşesiz bir evren meydana getirir.

"Kapalı evren" denilen ilk biçim, pozitif bükülüme sahiptir. Bu yapı köşesizdir, sonlu bir hacmi vardır ve iki boyutlu düşünülürse küresel görünümlüdür; tıpkı dünyanın düz bir fotoğrafı gibi. Yine dünya yüzeyinde olduğu gibi, kapalı evrende de düz bir çizgide hareket edebilir ve sonunda başladığınız noktaya dönebilirsiniz. Yeterli kütleye sahip olduğu sürece bu tür bir evrenin genişlemesi eninde sonunda duracak, evren kütleçekimle çökmeye başlayacaktır. Çökme, uzay ve zamanın sonsuz bükülduğü bir noktaya dek devam edecektir. Büyük patlamanın tam tersi olan bu son noktaya "büyük çökme" denir. Bazıları evrenin genişleme ile çökme arasında gidip geldiğini düşünür ki buna da "büyük zıplama" denir.

İkinci olası biçim olan "açık evren"in bükülümü ise negatiftir. Negatif bükülümlü bir hiperbole benzeyen bu evren, kendi dışına doğru bükülür. Bunu iki boyutlu bir eyere benzetebiliriz. Kütleçekimi bu tür bir evreni durdurmaya yetemeyecek kadar zayıftır.

Üçüncü olası geometrik biçime "düz evren" denir ve sıfır bükülüme sahiptir. Bu evren de sonsuzdur ve genişlemesi sonsuza dek sürer. Ancak genişleme, açık evrende olduğundan daha yavaş gerçekleşir.

görelilik teorisi evrenin ya genişlemesi, ya da büzüşmesi gerektiğini öngörüyordu. Ancak Einstein evrenin durağan olduğuna inanıyordu. Bu evrensel karşı-kütleçekimsel sabiti eklemek, denkleme eşitlik kazandırıyordu.

Lemaître'in evrenin genişlediğini ileri sürmesinin ve Edwin Hubble'ın de bu genişlemeyi gözlemlemesinin ardından Einstein evrensel sabit görüşünü, evrene ve onun fizik yasalarına uygulamaktan vazgeçti. İlk geliştirdiği denkleme bu terimi eklemiş olmaktan pişmanlık duydu ve bunu "en büyük bilimsel gaf"ı olarak gördüğünü dile getirdi.

Ne var ki şimdi bakınca Einstein'ın doğru iz üstünde olduğu anlaşılıyor. Hubble Uzay Teleskobu ve WMAP ile kısa süre önce yapılan gözlemler, evrenin ağırlıklı olarak karanlık enerjiden meydana geldiğini gösteriyor. Günümüzde evrenin kütle-enerji oranına ilişkin tahminler, karanlık enerjinin yüzde 70 civarında; görünür ve karanlık maddenin ise yüzde 30'dan az olduğu yönünde. Kısacası, evrenin büyük bir bölümü, hakkında neredeyse hiçbir şey bilmediğimiz bir şeyden oluşmakta.

Karanlık enerjinin yapısı, evrenin kaderini yakından ilgilendirir. Eğer karanlık enerji sabitse, evren sonsuza dek genişlemeye ve hızlanmaya devam edecektir. Sabit değilse, evren en sonunda dağılıp gidebilir. "Büyük kopma" adı verilen bu kıyamet senaryosu, uzay-zaman dokusunun yırtılarak kopmasına neden olacak oranda hızlanan bir evreni resmeder. Senaryoya göre kopma öyle bir noktaya ulaşacak ki, atomlar dahi parçalanacak. Öte yandan karanlık enerji dinamikse, zaman içinde yavaşlayacak ve bir çekim kuvvetine dönüşerek, evreni yeniden içine çekecek. Bu durumda büyük patlamanın tam tersi, yani "büyük çöküş" yaşanacak.

GÖK KÜRELERDEN KOZMİK ÇÖKÜŞE

Gökbilimciler antik çağlardan Rönesans'a dek vakitlerini, gözlem sonuçlarını kataloglayarak, sonuçları dünyevi olaylarla ilişkilendirerek ve gözlemledikleri hareketleri açıklamak için geometrik modeller geliştirerek geçirdiler. Kepler'in gezegen hareketleri yasaları bu hareketlerin ardındaki kuvvetlere yönelik araştırmaları tetikledi. Newton'un kütleçekim yasaları ise pek çok dağınık teoriyi birleştirerek, etki-tepki ilişkisini ortaya koydu ve uzayı yöneten fizik yasalarının, yerküre üzerindeki fizik yasalarıyla aynı olduğunu gösterdi.

Newton'un yasaları ayrıca matematikçilere ve bilimcilere bir kesinlik duygusu kazandırdı. Ne var ki 19. yüzyılın başlarında küçük çatlaklar yüz göstermeye başladı. 20. yüzyıla gelindiğinde Einstein'ın özel ve genel görelilik teorileri, Newton yasalarının sağladığı kesinliğin gündelik yaşamlarımıza uygulanabileceğini ancak çok büyük ya da çok küçük dünyalara, bilimin günümüzde en büyük keşifleri gerçekleştirdiği alanlara uygulanamayacağını açıkça gösterdi.

HUBBLE'DAN GÖRÜNÜM

Hubble Uzay teleskobu 1990'da görevine başladı. Araç, yaklaşık 600 kilometre yükseklikte, 97 dakikada bir dünyanın çevresini dolaşıyor. Hubble'la aygıtları arasında ışığı odaklayan ve büyüten aynaların yanında, kameralar ve spektrografler (tayfçeker) da yer alıyor.



İnsan Bedeni

KOPERNİK DEVRİMİ NASIL GÜNEŞİ evrenin merkezine yerleştirdiyse, yüzyıllara yayılan biyolojik ve fizyolojik devrimlerin de insan bedenini bir diğer ilgili evrenin merkezine yerleştirdiği söylenebilir; yıldız tozundaki yaşamın müjdecileriyle başlayarak, muazzam karmaşıklıktaki bir atomlar, hücreler, moleküller, aminoasitler ve proteinler koleksiyonuna doğru evrilen evrenin. Gerçekten de her insan bedeni, bir et, kemik ve kan yığını olmanın çok ötesinde, gizemli bir biyolojik galaksidir. Çok sayıdaki bileşenleri, görünür ve görünmez özelliktedir ve binlerce yıl gizemini koruyan çeşitli yapılardaki karmaşık mekanizmaları hâlâ incelenmektedir.

Günümüz ileri teknolojisinin de yardımıyla, insan bedenine ilişkin bilgiler, eskilerin hayal bile edemeyeceği bir hızla açığa çıkıyor. Ancak eskiler de, gerçek ama ilkel bilimin yanısıra, sağduyu ve önseziyle de tetiklenen, bedenin çeşitli kısımlarının yapısına, işleyişine ve salgına dönüşebilecek hastalıkların tabiatına ilişkin teorilerden yoksun değillerdi. Bu teorilerin bazıları şaşırtıcı derecede doğru, kimileri ise ne yazık ki yanlış çıktı.

İngiliz deneme yazarı Joseph Addison, 1711'de şöyle demişti: "Bedeni Tüpler ve Salgı Bezlerinden oluşan bir sistem gibi görüyorum. Daha "Rustick" bir deyişle, Ruhun işleyişini sağlayacak bir Motora uygun şekilde yapılmış bir yığın Boru ve Filtre olarak." Ralph Waldo Emerson da eşit derecede imge yüklü bir dil kullanmıştı: İnsan bedeni, her tür ilhama kaynak olabilecek modelleri barındıran bir yenilikler deposu, bir patent ofisidir. Yeryüzündeki tüm alet ve makineler, bedenin uzuvları ve duyularının uzantılarından öte bir şey değildir.

ÖNCEKİ SAYFALAR
Myron'un "Discobolus"unun antik Roma kopyalarından birine ait bu detay, insan bedenine ilişkin klasik idealin bir amblemi.

TIBBIN YÜKSELİŞİ

İnsan bedeni denen yapıyı, karmaşık bir makine parçasıyla –ve günümüzün elektronik yönelimli toplumunda sıkça yaptığımız gibi, beyni de bilgisayarla– kıyaslamak aslında gayet anlaşılır bir şey. Ne de olsa bizler, olağanüstü bir organik enerjinin muazzam makineleri, mekanik ve mimari tasarım ve verimliliğin başyapıtlarıyız. Ancak makinelerle ilişkileri kısıtlı olan ilkel insanlar için beden, gerçek bir mucize, gizemleri yavaş yavaş su yüzüne çıkan büyüleyici bir yapıttı. Bu gizemler ancak savaş yaralarının ve çürümenin yol açtığı bedensel durumların gözlemlenmesi, ölü hayvanların incelenmesiyle çözülebiliyordu. Aslında anatomi bilgisinin, en basit haliyle de olsa ilk kez, kemik, kan, et, organlar ve uzuvların gözler önüne serildiği toplu yemeklerle birlikte başladığını söylemek zor değil.

Mısırlı rahip-mumyacılar, Isa'dan 2000 yıldan fazla bir zaman önce, kendi amaçları için de olsa anatomik bilgiyi ilerlettiler. İnsan bedenini defne hazırlama yöntemleri sevimsizdi belki ama oldukça özenliydi. Öncelikle demir bir kancayla beyni burun deliklerinden çıkarırlardı; ardından kol ve bacaklarda kesikler açarak kasları alırlardı; sonra da boş derinin içini reçineye batırılmış papirüs ile doldururlardı. Uzuvlar, iç organlar ve kalp damarları sol böğürde açılan bir yarıktan boşaltılırdı. (Daha eskiden kalp yerinde bırakılırdı ama bu gelenek zamanla değişti.)

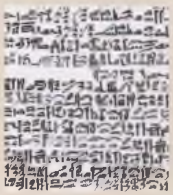
Erken dönem Mısır rahipleri, bir kaynağa göre sayıları 70 milyonu bulan cesedi mumyalasalar da, deneyimlerinden çok azını ardlarında bıraktılar. Ancak antik Mısır'ın tıp tarihindeki yerini açıkça kanıtlayan, papirüslere yazılı bir tıp hazinesi bırakmayı ihmal etmediler. Tıbbın serpildiği değil ama filizlendiği dönemin izlerine hiyeroglif elyazmalarında ya da rahiplerce kullanılan kısaltmalı hiyerogliflerde açıkça rastlamak mümkün.

Bu antik belgelerin en önemlilerinden biri "Ebers Papirüsü" denen ve söylenene göre bir mumyanın bacakları arasına gömülüp, 1872'de Alman Mısırbilimci Georg Ebers tarafından ortaya çıkarılan papirüstür. M. Ö. yaklaşık 1550 civarına tarihlenen bu tomar, 20 metreden uzundu ve sık yazılmış yazılarla doluydu. Gi-

MÖ 2600 - MS 145

MÖ 2600 civarı
Antik Mısır şifacısı İmhotep, tüberküloz ve apandisit de dahil çeşitli hastalıkları tanımladı ve şifalarını listeledi.

MÖ 1550 civarı
Ebers Papirüsü'nde, eklem romatizmasından diyabete, parazitik enfeksiyonlardan timsah ısırığına dek Mısırlıların çeşitli tıp yöntem ve bilgilerinin bir dökümü yapıldı.



MÖ 1400 civarı
Kökleri erken Vedik kültürüne dek uzanan ve bütünsel yaklaşıma dayalı Hindu sistemi olan "Ayurvedik tıp" ortaya çıktı.



ŞİFALAR
700 kadar şifa tarifinden oluşan Mısır Ebers Papirüsü'nün (MS 1550 civarı) bir baş şifacı tarafından yazmana dikte ettirildiği düşünülüyor. Baş şifacı, şifa maddelerini toplayan ve hazırlayanlara resimdeki gibi talimatlar veriyordu.

riş bölümü, belgenin erken döneme ait bir bilimsel doküman olarak değerini ortaya koyuyordu. Bu bölümde şöyle deniyordu: "Bedenin bütün bölümlerine yönelik ilaçların hazırlanması üzerine yazılan kitap burada başlıyor."

Ansiklopedik bir kapsama sahip olan Ebers Papirüsü, 100'den fazla sayfasını hastalıklar için büyü tarifine ayırmış olsa da, çok sayıda hastalığın, vakanın ve 700 kadar şifanın ayrıntılı bir listesini içeriyordu. Bu belgede ağrılı şişliklerden "kol ve bacaklardaki" romatizmal "sertleşmelere", parazitik enfeksiyonlardan tümörlere, diyabete, doğum kontrolüne ve kulak, göz ve burun rahatsızlıklarının, yanıkların ve timsah ısırıklarının tedavilerine dek

MÖ 420 civarı
Yunan hekim Hipokrat insan bedenini incelemeye başladı ve tıp ilmini büyük ölçüde geliştirdi.

MÖ 220 civarı
Keoslu Erasistratus beynin ve sinir sisteminin bölümlerini tanımladı.

MS 100 civarı
Efesli Rufus, nabzı ve böbrek ve mesane hastalıklarını doğru olarak tanımladı.

MS 145 civarı
Yunan hekim Claudius Galen, 1.400 yıl boyunca hüküm süren, insan sağlığı ve hastalıklarına ilişkin vücut sıvıları teorisini geliştirdi.

HİPOKRAT
Efsanevi Yunan Hipokrat şefkatli, bu işe kendini adamış ve analitik fizikçi modelini oluşturur. Hipokrat hastalığı, bilinebilir tedavinin konusu olarak ele aldı.



her konuda bilgiye rastlamak mümkündü.

(Yazıldıkları zaman düşünülürse, tıp bilgilerini içeren etkileyici papirüsleriyle) antik Mısırlılar, önemli bir dönüm noktasının eşiğindeydi belki ama anatomi ve fizyolojide uzmanlaşmış değildi. Bu konuların uzmanları ancak yüzlerce yıl sonra, insan bedeninin açılıp incelenmesi dini bir muhafaza töreni olmaktan çıkarak, bedeni ve işleyişini anlamaya yönelik bilimsel bir yönteme dönüştüğünde ortaya çıkacaktı. Ayrıca tıbbı, disiplinlerinin bir dalı olarak gören bir grup doğa felsefecisi de araştırma ve şifa sanatı çalışmalarında rahipler ile hekimlere eşlik ediyordu.

Bu düşünür-bilginlerden biri de, MÖ 500'lerde Pisagor'un öğrencisi olan ve "daha ulvi bedensel faaliyetlerin" merkezinin beyin olduğunu ilk kez öne süren matematikçi Alcmaeon'du. Alcmaeon gibileri, hastalıkları kaderin bir uzantısı, astrolojik kazalar ya da doğaüstü etkiler olarak

gören geleneksel düşünce sistemini yıktılar.

Hastalığa tamamen fiziksel bağlamda yaklaşmaya çalışan yenilikçi Alcmaeon, insan bedenini açımlayan belki de ilk kişiydi. Hastalıkların, bedenin birbirine zıt bazı özellikleri arasındaki temel dengesizlikten kaynaklandığı teorisini ileri sürdü. Örneğin, sıcaklık ve soğukluk, ya da ıslaklık ve kuruluk dengesindeki bozulmalar. Alcmaeon, Pisagor'un beynin merkeziliğine ilişkin görüşünü paylaşıyor, buna ek olarak yine beynin sinirlerin kaynaklandığı yer olduğu görüşünü ileri sürüyordu. Alcmaeon göz sinirini ve ileride östaki borusu diye adlandırılacak olan, boğaz ve burnu orta kulağa bağlayan boruyu keşfetti; ayrıca fetüsün ilk olarak kafasının geliştiğini öne sürdü.

Alcmaeon'un ismi herkesce bilinmese de, Hipokrat için aynı şey söylenemez. Hipokrat antik dönemin en ünlü hekimi sayılır ve genelde tıbbın babası olarak tanınır. Aslında yaşamı hakkında bilinenler azdır. Hatta ona atfedilen yazıların, farklı dönemlerden birkaç kişiye ait olma olasılığı da vardır. Söz konusu yazılar bu nedenle çoğu zaman yalnızca Hipokratik Koleksiyon diye anılır.

Ancak ister bilinmez bir kişilik olsun, ister bir kahraman, Hipokrat'ın kendisini, hastalarını gözlemlemeye ve hastalıkları anlamak için gerekli bilgileri derlemeye adadığı şüphesizdi. Onun hüneri, doğanın gücünden yardım ve destek alan şifa sanatıydı.

Tıpkı Alcmaeon gibi Hipokrat da beynin merkezi işlevine inanıyordu. Dinlenmenin, yara temizlerken kaynamış su kullanmanın ve hekimlerde el ve tırnak temizliğinin önemini kavramıştı. Hastalarına titiz ve saygılı yaklaşımıyla, başucu hekimliği uygulamasını ilk başlatan kişi olması da mümkündü. Hipokrat, "Hekimlik sanatının sevildiği her yerde insanlık sevgisi de vardır," demişti.

Bu tür duyarlılıklarının ve hekimin bir meslek hizmetkârı olduğuna inanmasının yanısıra Hipokrat'ı başkalarından ayıran en önemli şey, hastalıkların sözde ruhsal nedenlerini tamamen reddedişi ve tek nedenin tanrılar olduğu varsayımına karşı çıkışıydı. O, hastalıkları daha çok pratik şekilde anlaşılabilecek doğal olaylar olarak görürdü.

Hipokrat'ın tedavi yöntemleri, dönemin yaygın anlayışını, yani tüm hastalıkları vücut sıvılarının bir bozukluğu sayan "dört vücut sıvısı teorisi"ni, ya da vücut sıvıları patolojisini takip ediyordu. Vücut sıvısı şeklinde ifade edilen "humor" sözcüğü uzun süredir bitki ve hayvanlarda görülen tüm sıvıları tanımlamak için kullanılıyordu. Teoriye göre sağlık, dört vücut sıvısının eşit derecedeki etkisinden kaynaklanıyordu. Bu da Yunan fiziğinde benimsenen dört elemente benziyordu: toprak, hava, su ve ateş. Pisagor'un, nesnel bir dünyada sayıların işlevsel önemi üzerine geliştirdiği eski bir teorinin, vücut sıvıları teorisinde ve antik dönem hastalık tedavi yöntemlerinde de önemli bir yeri vardı. Sözkonusu teori, temel elementlerin sayısı konusunda "dört" rakamının önemini vurguluyordu.

Gizli bir formüle göre elementler mevsimlerle, rüzgârlarla ve sonuç olarak dört vücut sıvısı ile ilişkiliydi.

ANTİK DÖNEMDE ANATOMİ

Hinduların ölü bedenini kesmeleri yasak olduğu için, Antik dönem Hindistan'ında insan anatomi bilgisi oldukça kısıtlıydı. Antik döneme ait bir belgeye göre ölüler yedi gün boyunca bir nehre yatırılır, böylece uzuvlar, [illegible] bedenden ayrılmış olurdu.

Bu sıvılar kan, balgam, kara safra ve sarı safra idi. Teori sıvıların dört önemli organla –kalp, beyin, karaciğer ve dalak– ve nihayetinde dört mevsimle ve insanın dört dönemiyle bağlantılı olduğunu söylüyordu: çocukluk, gençlik, olgunluk ve yaşlılık.

Bu tıbbi teori ne kadar çağdışı görünse de, temel yaklaşımı oldukça açıktı: dört vücut sıvısı arasındaki kusursuz denge bozulduğu anda hastalıklar ortaya çıkar. Örneğin, teoriye göre aşırı balgam, sara hastalığına neden olabiliyordu. Tedavi yöntemi ise bir yandan diğer sıvıları tetiklerken, bir yandan da aşırı aktifleşen sıvıyı kontrol altına almaya çalışmaktı.

VÜCUT SIVILARI TEORİSİ

"Hümoralizm" diye de anılan, gelmiş geçmiş tüm bilimsel modellerin en kalıcılarından "vücut sıvıları teorisi"nin, MÖ 5. yüzyılda, konuşma sanatının da kurucusu olarak ünlenen Yunan düşünür ve politikacı Empedokles ile birlikte ortaya çıktığı düşünülüyor. Konuşma sanatı gereğince ikna ve abartı yeteneğinden nasibini almış olsa da, vücut sıvıları teorisi etkisini yüzyıllar boyu sürdürdü.

Teori, özet olarak, tüm hastalıkların dört temel vücut sıvısıyla açıklanabileceğini söylüyordu: kan, balgam, öd (sarı safra) ve melankoli (kara safra). Sıvılar dört elemente karşılık geliyordu: kan ateşe, balgam suya, sarı safra havaya ve kara safra da toprağa. Empedokles'e göre bunlar "her şeyin dörtlü temeli"ydi. Sıvılarla eşleşen bir diğer şey de mevsimler ve özellikleriydi. Bu özelliklerin, her bir sıvının oluşumu üzerinde belli bir etkisi olduğuna inanılıyordu. Kış mevsimi yaşlılığı temsil ediyor, balgamla ilişkilendiriliyordu; ilkbahar: çocukluk, sıcaklık ve kanla; yaz: gençlik, kuruluk ve sarı safrayla; sonbahar ise yetişkinlik, soğuk, melankoli ve kara safrayla ilişkiliydi.

Vücut sıvılarından herhangi birinin miktarındaki artışın, zihni ya da bedeni etkilediği düşünülüyordu. Demevi, safravi, balgami ve melankolik sözcükleri ruh haline ya da davranışlara gönderme yapıyordu. Örneğin, fazla kan (sıcak) kişiyi iyimser, fazla balgam (ıslak ve soğuk) uyuşuk ve duygusuz yapıyordu. Yiyeceklerin de bu formülde belli bir rolü vardı: soğuk yiyecekler balgam, sıcak yiyecekler ise sarı safra üretiyor, dolayısıyla "sıcak" hastalıklara neden oluyordu. Her tür hastalığın kaynağı, vücut sıvıları arasındaki dengesizlikti. Dengeyi yeniden sağlamak için uygulanması gereken tedavi ise "enantiopati" idi. Yani bir sıvının fazlalığını, diğerini çoğaltarak gidermek. Örneğin, ateşi tedavi etmek için soğuktan yararlanmak.



16. yüzyıldaki bir Alman savaş rehberi, vücuttaki yaraları gösteriyor.

"Dört Mizaç İlkesi" diye de anılan hümoralizm miras olarak ardında, günümüzde de kabul gören "homeostasis" kavramını bıraktı. Bu kavrama göre dış çevrede bir değişiklik olduğunda, bedenin biyolojik sistemleri, fizyolojik süreçlerini düzenleyerek dengeyi korumaya çalışır.

Vücut sıvıları teorisi, deneysel fizyolojinin kurucusu Claudius Galen tarafından desteklendi. Galen'in tıp bilimi üzerindeki etkisi 2. yüzyıldan 16. yüzyıla dek sürdü. Hastalıkların sıvısal değil, çevresel temelli olduğu görüşünü savunan İsviçreli simyacı Paracelsus, sıvılar teorisine ilk karşı çıkanlar arasındaydı. Teori nihayet 1800'lerde, Rudolf Virchow'un hücresel patoloji teorisiyle tamamen çürütüldü. Hücresel patoloji teorisi, hastalıkların başıboş (serbest) hücrelerden kaynaklandığını söylüyordu.

İnanması güç olsa da, sıvısal patoloji, insan düşünce tarihi içinde kalıcılığını uzun süre devam ettiren teorilerden biri oldu ve tamamen terk edildiği 18. yüzyıla dek, nesiller boyu hekimleri etkisi altına aldı. Dengenin sağlık için zorunluluk olduğu görüşü ise günümüze dek yaşatıldı. Bu kavram artık "homeostasis" (denge) olarak biliniyor; yani, organizmanın fizyolojik süreçlerini düzenleyerek, içsel dengesini koruması.

ARİSTOTELES VE GALEN

Hipokrat'tan sonra insan bedenine ilişkin kavrayışımıza katkıda bulunan, klasik dönemin belki de en büyük bilimci Aristoteles'di. Düşünür Aristoteles teorileriyle yalnızca mantık, metafizik, politika, fizik, matematik ve gökbilimi değil, aynı zamanda yeni doğmakta olan biyoloji, zooloji, embriyoloji, fizyoloji ve karşılaştırmalı anatomi bilimlerini de etkiledi. Kendisi hekim olmasa da, bir hekimin oğlu olan Aristoteles, modern bilim ve anatominin babası olarak anılageldi.

Aristoteles'in insan bedeni konusundaki bilgimize katkıları, insan değil, hayvan bedeni üzerinde yaptığı incelemelerden gelir. Her ne kadar insan anatomisi ile ilişkilendirdiği sonuçların kimileri sonradan hatalı bulunsa da, deniz yaşamı üzerine yaptığı çalışmaları da, yakın gözlemleriyle şaşkınlık uyandıracak niteliktedir. Örneğin, Aristoteles, bedenin kontrol merkezinin kalp olduğunu ve beden ısısını atmak amacıyla nefes alınıp verildiğini ileri sürmüştü. Aristoteles ve antik çağ Yunanlarının inancına göre atardamarlar kan değil, havayla doluydu.

Ancak Aristoteles yine de olağanüstü birtakım çıkarımlara ulaştı. Kümes hayvanlarını inceleyerek, embriyonun ilk günden itibaren son biçimini kazandığını söyleyen yaygın anlayışı çürüttü. Hayvan bedeni üstünde yaptığı çalışmalarla, civciv kalbinin, döllenmeden sonraki dördüncü güne kadar gelişmediğini ortaya koydu. Aristoteles'e göre sperma, döllenmeyi başlatan ve geliştiren etkendi. Dişi ise yumurtasıyla, embriyonun temel maddesini sağlıyordu. Aristoteles'in, vücudun çeşitli uzuvlarına yönelik tanımları ve onlara verdiği isimler de dikkat çekiciydi. Aort adını bulan oydu, erkek ürogenital sisteminin şemasını çıkarmış, hatta kedibalığı plasentasını eksiksiz resmetmişti.

Aristoteles'in biyoloji bilimine belki de en büyük katkılarından biri, cinse ve türe dayalı geliştirdiği sınıflandırma sistemiydi. Bu sistem yaşayan türleri ayırt etmede temel alındı. Örneğin, Aristoteles yavrularını doğuran ve emziren yunus balıklarının balık değil, memelilerden olması gerektiğini tahmin etti. Yaşamın evrimi üzerine yaptığı öngörülü yorumunda ise şöyle demişti: "Doğa cansız şeylerden hayvansal yaşama doğru öylesine küçük adımlarla ilerler ki, aradaki geçiş çizgisini, ya da arayapının nerede yer aldığını tam olarak belirlemek olanaksızdır."

Aristoteles'ten sonra daha az bilinen birçok Yunan ve Romalı hekim, hekimlik dışı meslek sahipleri, cerrahlar, anatomi bilginleri, tıp eserlerinin yazar ve çevirmenleri beden üzerinde çalışmayı, günümüzde an-



ARİSTOTELES

Aristoteles, doğal yaşam üstüne yürüttüğü çok sayıda çalışmayla, bedenin yapısı ve işlevlerini analiz etmeye çalıştı.

cak tıp tarihçilerince bilinen çeşitli teoriler üretmeyi sürdürdüler. Teorilerden biri hastalık nedeni olarak tahrişi öne sürüyor, bir diğeri hastalıkların bedensel sıvı, katı ya da gaz bileşenlerindeki bozulmalardan kaynaklandığını iddia ediyordu. Bir başkası ise hastalıkları vücudun belli bir bölümüne kan akışındaki artışa bağlıyordu. Ancak bunlar arasında önemli bulgular da yok değildi.

Örneğin, Aristoteles'in torunu olduğu düşünülen, anatomi bilgini Erasistratus, kalbi bir pompa gibi düşünmüş, dolaşım sistemini çözmeye çok yaklaşmıştı. (Ne var ki sistemi yanlış anlamıştı: kanın atardamar ve diğer damarlarla karaciğerden kalbe ve akciğere taşındığını ileri sürmüştü.) Duyusal sinirler ile motor sinirleri ilk kez ayırt eden ve "trake"ye (soluk borusu) adını veren de yine Erasistratus'du. Daha da önemlisi, vücut sıvıları teorisine karşı çıkmıştı.

MS 1. yüzyılda, İmparator Trajan'ın döneminde yaşayan Yunan hekim Efesli Rufus, nabız ve kalp atışını doğru şekliyle açıklayan bilgileri kağıda döktü. Rufus, göz merceği üzerine ayrıntılı bir çalışma da dahil, vücudun çeşitli kısımlarını anlatan etkili bir tez hazırladı.

Ancak iyi de olsa, kötü de olsa yarattığı rakipsiz etki 17. yüzyıla dek sürecek olan kişi, deneysel fizyolojisinin kurucusu, ikinci yüzyılın Yunan hekimi Claudius Galen'di. İmparator Marcus Aurelius'un saray hekimi ve –çok sayıda açık yara ve travmaya maruz kalmasına neden olan göreviyle– gladyatörlerin iyileştiricisi olan Galen, antik dönemin Hipokrat'tan sonra en büyük hekimlerinden biriydi. Çağdaşlarına göre rahatsız edici derecede bencil biri olsa da Galen, aynı zamanda olağanüstü yetenekli ve parlak zekalı bir deney insanıydı.

O dönemde insan ölüsü üzerinde çalışmak yakışıksız görüldüğü ve tabu sayıldığı için Galen maymunları,



GALEN
Bergama arenasında yaralanan gladyatörlerin tedavisini yapan 2. yüzyıl Yunan hekimi Claudius Galen, günümüz insan anatomisi ve fizyolojisinin temellerini attı.

insansı maymunları, besi domuzlarını, hatta fil-leri inceledi ve gözlemlerini insanlarla ilişkilendirdi. Ancak bu uygulama çoğu zaman hatalı sonuçlara neden oldu. Örneğin Galen, kanın mide tarafından sağlanan bir madde ile karaciğerde üretildiği sonucuna vardı. Sinirleri tendonlarla karıştırdı ve hayvanlarda görülen belli bazı yapı ve damarların insanlarda da olması gerektiği varsayımında bulundu. Ancak yöntemleri mantıklıydı ve (kırsal kesimde ele geçirebildiği ve inceleme şansını bulduğu insan iskeletlerinin de yardımıyla) elde ettiği sonuçların büyük kısmı, modern tıbbın gelişimi için bir başlangıç noktası oldu.

Aynı zamanda üretken bir yazar olan Galen'in kaleme aldığı bulguları arasında hatasız olanlar, günümüz doktorlarını dahi hayrete düşürecek nitelikteydi. Galen, iskelet ve kafatasını eksiksiz biçimde tanımlamış, solunum mekanizmasını hatasız açıklamış ve atardamarların hava değil, kan taşıdığını deneysel yöntemle kanıtlayarak, kabul görmüş eski bir teoriyi altüst etmişti. Ayrıca zatürree ile zatülcenp arasındaki farklılıkları da sıralamıştı. Galen kranial (kafatası) sinirleri ve sempatik sinir sistemini de tanımlayan ilk kişiydi.

Galen tüm bunların yanında, sesin akciğer değil, gırtlak tarafından üretildiğini ortaya koyarak eski inançları sarstı. Denek olarak yararlandığı hayvanlarda, omuriliğin kesilmesi yoluyla felcin tetiklenebileceğini gösterdi. Kendisinden öncekilerin, özellikle de Hipokrat ve Aristoteles'in tıbbi görüş ve başarılarını, eserlerinde ve yazılarında tutarlı bir bütün haline getirdi. Dört vücut sıvısı teorisine kucak açtı ama, fiziksel ve zihinsel hastalıklara yönelik kendi teorilerini de ekleyerek onu geliştirdi.

Galen kişinin mizacını belirleyen şeyin fiziksel durumu kadar –soğuk ve sıcak, nem ve kuruluk gibi koşullarla birlikte– dört vücut sıvısının farklı kombinasyonları olduğu fikrini savundu. Bu görüşe göre, tüm etkenlerin kusursuz oranlarda bileşimi, bireyin hem zihinsel

CLAUDIUS GALEN

Deneysel fizyolojinin kurucusu

MS 129 civarı
Cladius Galenus ya da Galen, Anadolu'daki Bergama, Misya'da doğdu.

145
Smyrna'da (şimdiki İzmir) tıp okumaya başladı ve ardından İskenderiye, Mısır'a gitti.

157
Gladyatörlere hekimlik yapmak için Bergama'ya döndü. Burada açık yaraların tedavisi ve ameliyat konularında deneyim kazandı.

162
Roma'ya seyahat etti ve orada halka açık anatomi dersleri verdi ve uygulamalarını sergiledi. Şöhreti kısa sürede yayıldı.

168
Lucius Verus ve Marcus Aurelius'un, İtalya'daki askeri seferberliğine katıldı.

169
Lucius Verus'un ölümünden sonra Roma'ya döndü.

191
Yazılarının büyük kısmı yangında hasar gördü. Sonraki yıllarda yazmayı sürdürdü.

216 civarı
Yaşamının tahmini sonu; ölüm zamanı ve yeri hakkında az şey biliniyor.

Etkileri

850 civarı
100'den fazla elyazması Arapçaya çevrildi ve İslam tıbbını büyük ölçüde etkiledi.

1543
Andreas Vesalius, Galen'in anatomik öğretilerindeki çok sayıda hatayı düzelterek *Fabrica*'yı yayımladı.

1628
William Harvey, Galen'in öğretilerini reddetti ve kan dolaşım sistemini doğru şekliyle açıkladı.

hem de bedensel anlamda ideal düzeye ulaşmasını sağlıyordu. Böylece kişi bol kanlı (iyimser), sarı safralı (kolay sinirlenen, hırslı ve kinci), balgamî (heyecansız) ya da melankolik olabilirdi. "Melankoli" sözcüğü aslında Yunancadaki kara safradan gelir.

Müslümanların bilime katkıları hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 171.

ORTAÇAĞ

Galen öyle nüfuzlu biriydi ki, zamanında kimse onun görüş ya da bulgularını sorgulamaya cesaret edememişti. Bu suskunluk 16. yüzyıla dek sürdü. Neyse ki bu ara dönemde birkaç bağımsız düşünür çıktı. Aralarında vizyoner Yahudi hekimler ve özellikle kimya ve şifa alanındaki yetenekleriyle tanınan Arap bilginler vardı. Bazı hatalar yapmış olsalar da bu erken dönem bilimcileri, insan bedenine ilişkin bilgileri sistemleştirmeye, hastalıkların organik nedenlerini anlamaya ve büyük Yunan geleneğini korumaya ve geliştirmeye çalıştılar. Galen'in katkılarının çoğunu takdir etseler de, dogmacılığını eleştirdiler ve hatalarını belirlediler. Bu sayede Galen'in görüşlerine eşlik eden katiyetin giderilmesine yardımcı oldular.

Gerçeğin izini süren İslam hekimlerinden biri de, batıda Rhazes diye tanınan, uzun adıyla Ebu Bekir Muhammed ibni Zekeriya er-Razi idi. Dokuzuncu yüzyılda Bağdat'ın önde gelen hastanesinin başhekimi olan Persli er-Razi, ampirik bir bilimciydi. Deneyselliğe inanır, hastalarını titizlikle gözlemlerdi. Er-Razi dengeli bir diyetin ve bedensel aktivitenin sağlığı koruma ve hastalığa direnme konusunda kilit rol oynadığını anlamıştı. Bu gerçek ona göre, vücut sıvıları teorisine dayalı herhangi bir tedaviye fazlasıyla bel bağlamaktan çok daha önemliydi. Er-Razi'nin tedavi teorisini birkaç sözcükle ifade etmek mümkündü: "Bir hastayı tedavi ederken ilk düşünceniz onun doğal direncini güçlendirmek olsun," demişti bir yazısında.

Kendinden öncekiler ve çağdaşlarıyla kıyaslanamayacak öngörüsüyle er-Razi, sağlık ve hastalığın basit sıvılara ve hava, ateş, su ve toprak gibi elementlere dayalı bir formülle, ampirik olarak açıklanamayacağını biliyordu. Pek çok vakayı göz önüne alan er-Razi, hastalık nedenleri ya da tedavilerinin katı ya da birbirinin aynısı olmadığını anlamıştı. "Hastalık

900 – 1573

900 civarı
Müslüman hekim Ebu Bekir er-Razi, dengeli beslenme ve fiziksel aktivitenin sağlık ve hastalıklarda önemli rol oynadığını öğretti.

1000 civarı
Arap bilgini Ebu Ali el-Hasan bin el-Heysem başta gözler ve görme yeteneği olmak üzere, insan bedeninin birçok özelliğini inceledi.

1025 civarı
Pers hekim İbni Sina *Tıp Kanunu* isimli tıp ansiklopedisini oluşturdu.

1040
İtalyan Petrocellus ayrıntılı bir tıp eseri olan *Practica*'yı yazdı.

hastadan daha güçlüyse, hekimin o hastaya yardımcı olması olanaksızdır. Öte yandan, hastanın gücü hastalığa baskınsa, o zaman da hekime gerek olmaz. Ancak bu ikisinin eşit olduğu durumlarda hastanın gücünü destekleyecek ve hastalığa karşı savaşmasına yardımcı olacak bir hekime gereksinim vardır."

Galen'den daha tartışmalı bir şöhret sahibi olan kişi ise yine bir Pers olan İbni Sina idi. Batıda Avicenna olarak bilinen İbni Sina MS 980 ile 1037 arasında yaşadı. "Hekimlerin Prensi" adıyla anılan İbni Sina, teorilerin deneyle doğrulanması gerektiği konusunda ısrar eden, açık sözlü bir ampiristti. Herhangi bir otoritenin körü körüne kabullenmesine itiraz ederdi. (Çoğu Arap hekim gibi) teori bağlamında Galenci olsa da, teşhise olan titiz ve sistematik yaklaşımıyla, Hipokrat'a daha yakındı. Yüzlerce yazılı eseri, kendisine verilen prens unvanını haklı çıkarıyordu: tıp, hijyen, ilaçlar ve bulaşıcı hastalıkların temel özelliklerini özetleyen muazzam bir bilim ansiklopedisi yazmıştı. Örneğin, kızamık ve çiçek hastalığı arasındaki farkları sıralamıştı.

Tıp uygulamalarında yüreklendirici bir gelişme 12. ve 13. yüzyıllarda hastanelerin ortaya çıkmasıyla yaşandı. Hastalara yardım amacıyla başlatılan ve Katolik Kilisesi tarafından yönetilen hastaneler, zamanla klinik eğitim merkezlerine dönüşerek, ünleriyle batının en eski tıp okulu Salerno'yu (İtalya) bile gölgede bıraktılar. Avrupa'nın tamamen tıbba ayrılan bu ilk eğitim merkezlerinin –İtal-



İBNİ SİNA

11. yüzyılın eşiğinde, "hekimlerin prensi" Pers İbni Sina, dört sıvının analizi yerine bulguların gözlemlenmesini temel alan sistematik bir tedavi yöntemi geliştirdi.

1347-1351
Hıyarcıklı veba, Avrupa nüfusunun üçte birinin ölümüne neden oldu.

1536
Venedikli anatomi bilgini Niccolo Massa, serebrospinal sıvıyı (beyin omurilik sıvısı) tanımladı.

1543
Flaman hekim Andreas Vesalius *De humani corporis fabrica (İnsan Vücudunun Yapısı)* adlı çalışmasını yayımladı.

1573
İtalyan hekim Girolamo Mercuriali, göz sinirinin anatomisini anlattığı *De nervis opticis*'i yayımladı.



İÇ GÖRÜNÜM
Hayali de olsa, İbni Sina'nın insan anatomisi çizimi, birçok doğru yönüyle dikkat çekiyor.

SALERNO
İslam âleminde tıp çalışmaları filizlenmeye başlarken, batının ilk tıp okulu İtalya, Salerno'da kurulmuştu. Salerno okulu, İtalya'daki Padova ve Bologna, Fransa'daki Montpellier ve Paris de dahil diğer birçok okulun doğuşuna önayak oldu. 1200'lere gelindiğinde Montpellier okulu, Avrupa'nın en iyi tıp okulu olmuştu.

ya'daki ünlü Padova, Pisa ve Bologna; Fransa'daki Paris ve Montpellier enstitüleri–salonlarında Ortaçağ tıbbı, Hipokrat ve Galen'in analitik mirasına kucak açmaya başladı.

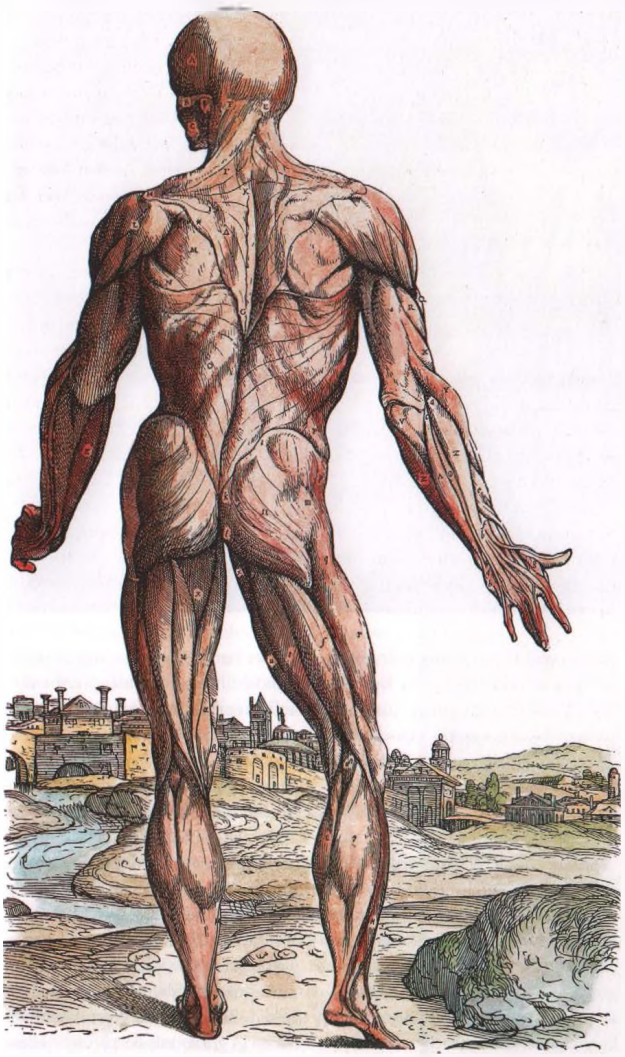
1300'lerde diseksiyon (teşrih) derslerine katılım, tüm tıp fakültelerinde zorunluluk haline geldi. (Günümüzde insan diseksiyonu çalışmalarının o dönemde clini yasağa tabi olduğuna ilişkin yaygın bir düşünce olsa da, bu aslında Ortaçağ dönemine ait çok sayıda mitten biridir.) İnsan vücudunun derinlerinde yer alan gizemli yapılar, eskilerin hayal bile edemeyecekleri bir serbestlikle incelenmeye başlandı.

BİR SANAT OLARAK ANATOMİ

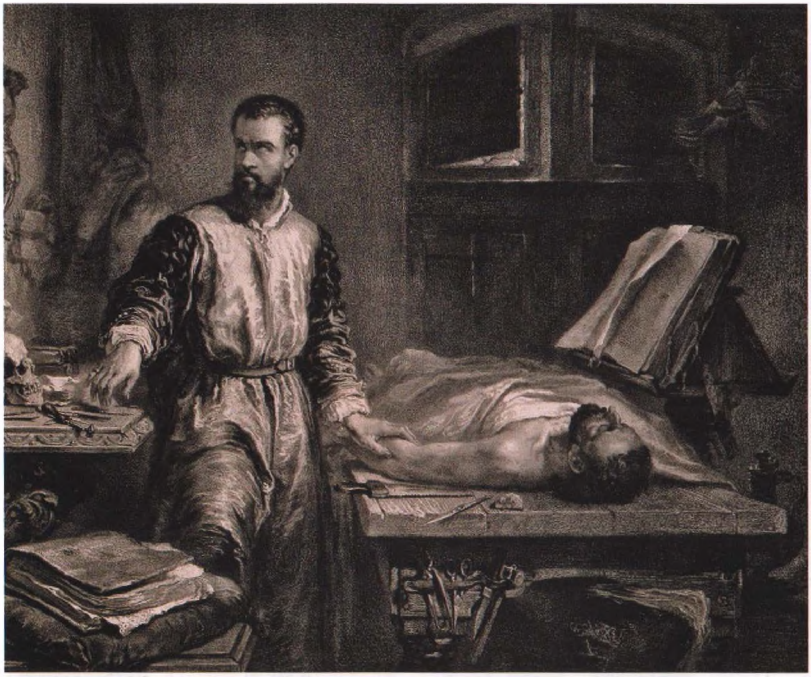
Gelişen anatomi çalışmaları ve sanatla edebiyatın canlanmasıyla birlikte, Rönesans bilginleri bedeni bir mekanizmalar sistemi olarak görmeye başladılar. Bologna'lı Mondino dei Liucci, diseksiyon üzerine bir el kitabı yazmak için Galen'in gözlemlerine başvurdu. Galen'in insan yapısına ilişkin hataları yüzünden teoride kısıtlanmış da olsa Liucci, karın boşluğu, göğüs ve kafatasını açarak yaptığı gözlemleri kayda geçirdi. Hatta bir bakire ile çocuk doğurmuş bir kadının uteruslarını karşılaştırabilmek için iki dişi kadavrası üzerinde çalışmalar yaptı. Eserleri öyle popülerdi ki, yazıldıktan sonraki iki yüzyıl boyunca tıp okullarında resmi kitap olarak okutuldu.

Bedenin karmaşık bir mekanizma olarak yorumunu benimseyen Leonardo da Vinci, diseksiyonlarını çok güzel ayrıntılandırılmış çalışmalara dönüştürdü. Bunlar bir yandan bir mekanik mühendisinin zihninden taşan, bir yandan da insan anatomisini bir sanat olarak sergileyen çalışmalardı. Da Vinci ne denli başarılı olsa da, insan anatomisi üzerine çalışmaları bilim seviyesine yükseltmek Andreas Vesalius'a düştü.

1514'te Belçika'da doğan Vesalius, darağacından ceset kaçırma alışkanlığını edinmişti. Bu alışkanlık Fransa'dan sınırdışı edilmesine neden oldu. Vesalius, mümkün olan her yerden "malzeme" topluyor, üzerinde çalışmak ve diseksiyon gerçekleştirmek için odasına getiriyordu. Diseksiyonları kendisi yapıyor –çoğu meslektaşı gibi– angaryayı bir öğrenciye ya da Galen'in hatalı olabilecek talimatlarını yüksek sesle okuyan uzmana kulak vererek çalışan bir berbere bırakmak yerine, bedeni kendisi kısım kısım kesiyordu. Vesalius'un kesme ve doğrama çalışmaları hiç kuşkusuz pek çok bilinmeyeni açığa çıkardı. Ancak bu çalışmalar bakterilerin, virüslerin ve onların neden ol-



RONESANS ADAMI
Flaman hekim Andreas Vesalius, insan diseksiyonu çalışmalarını dikkatle gözlemledi ve kayıtlarını tuttu. 16. yüzyılda yayımlanan *De humani corpori fabrica* adlı eseri, insan bedeninin işlev ve organlarına ilişkin genel bilgiyi geliştirdi.



VESALIUS
Andreas Vesalius, çalışmalarını Galen'inkilerden ayıran insan diseksiyonu derslerini 1540'ta, Bologna Üniversitesi'nde başlattı. Bundan üç yıl sonra bu çalışmaların sonuçlarını *De humani corporis fabrica libri septem (İnsan Bedeninin Yapısı Üzerine Yedi Kitap)* adlı eserinde yayımladı.

duğu hastalıkların henüz bilinmediği bir dönemde, tehlikeli ve kanlı işlerdi. Cesetler çoğu zaman çürümüş ve hastalıklı oluyordu. Diseksiyon odasında temizliği sağlamak olanaksızdı. Ancak Vesalius için bedenin gizemlerini çözmek, tüm bu risklere değiyordu.

Sonuç olarak Vesalius ardında ilk elden titiz gözlemlerle dolu saygın bir çalışma bıraktı: *De humani corporis fabrica.* Yazılara Flaman sanatçı Jan Stephanus van Kalcker'in unutulmaz gravürleri eşlik ediyordu. Oldukça ayrıntılı ve muazzam bir çalışma olan kitapta, iskeletin yalnızca bedenin çatısı ve hareket ettiricisi olarak değil, içindeki hassas organların zırhı olarak önemi ilk kez ortaya kondu.

Fabrica başka bir amaca daha hizmet etti; o güne dek Vesalius dışında kimsenin aklından geçirmeye cesaret edemediği bir amaca. Eser, anatomik bilgisini Galen'in hayvan diseksiyonları üstüne temellendirmeyi sürdüren herkes için adeta bir uyandırma çağrısıydı. Vesalius, diğer bazı Galenci görüşlerin yanısıra, kanın karaciğerde üretildiği, kalbin sağ karıncığına taşındığı ve ardından bir şekilde sol karıncığa geçerek havayla karıştığı görüşünü de çürütmeyi ba-

şarmıştı. Galen kanın tüm vücudu dolaştığını anlayamamıştı. Bu gerçek, Vesalius'un zamanından yarım yüzyıl sonra, İngiliz bir çiftçinin oğlu, William Harvey sayesinde ortaya konacaktı. Harvey, kalbin pompaladığı kanın atardamarlardan damarlara geçtiğini, sonra yeniden kalbe döndüğünü şüphe götürmez biçimde gösterdi.

Anatomi sonunda kendisini bulmuş, Galen'in tüm hatalı gözlemleri düzeltilmişti. Vesalius, *Fabrica*'da şöyle diyordu: "Diseksiyon profesörlerinin kolaylıkla lider olarak benimsediği Galen'e, şimdiye dek takipçisi olan hekimler ve anatomistlerce ne çok şey atfedildi; hem de çoğu zaman mantığa aykırı şekilde... Doğrusu Galen ve diğer anatomistlerin yazdıklarına duyduğum aşırı güvene ve aptallığıma kendim bile hayret ediyorum."

GALEN'İN GÖMÜLMESİ

Çoğunlukla yanlış iz üstünde olduğunu gösteren çok sayıda kanıta rağmen, Galen'in bazı dayanak noktaları, özellikle de vücut sıvıları teorisi hükmünü sürdürdü. Artık daha kalıcı bir etkiye gereksinim vardı ve işte tam da bunu gerçekleştirecek olan gösterişli karakter, Theophrastus Bombast von Hohenheim isimli İsviçreli hekim ve simyagerdi. Von Hohenheim, kendisine Paracelsus takma adını verdi. Bu isimle, antik dönem hekim ve yazarı Celsus'tan da iyi olduğunu ima ediyordu.

Bir hekimin oğlu olan Paracelsus, Alpler'in Tirol bölgesindeki madenler ve döküm cülerde metal ve mineraller hakkında bilgi edindi. Çingeneler, cellatlar, berberler ve ebelerden, astroloji ve geleneksel hekimliği; babasının kütüphanesinden ve bir Hipokrat çevirmeninden ise tıbbı öğrendi. Kendine has kibrini vurgulayan sözleriyle, "Ben aldatıcı ve küstah kelimelerle yazılmış şatafatlı ve hileli eserlerin yarattığı tüm fantazileri yok etmek, silip süpürmek üzere Tanrı tarafından seçildim," diye kükrüyordu bir yazısında. "Bu kelimeler ister Aristoteles'in, Ga-

ANDREAS VESALİUS

Modern anatominin babası

1514
Andre Wesele Crabbe adıyla 31 Aralık'ta Brüksel'de doğdu.

1529
Louvain Üniversitesi'nde okumaya başladı.

1533
Paris Üniversitesi'nde tıp okumaya başladı.

1537
Louvain Üniversitesi tıp dalından mezun oldu. Padova Üniversitesi'nde tıp eğitimine devam etti ve doktorasını tamamladı. Aynı üniversitede anatomi ve cerrahi dersleri vermeye başladı.

1537
İlk kitabı olan, *Er-Razi'nin Dokuzuncu Kitabının Yorumu*'nu yayımladı.

1538
Galen'in öğretilerini temel alan saygın anatomi yazılarını sorgulamaya başladı ve Galen'in ortaya koyduğu insan anatomisinin, insansı maymun bedeni çalışmaları üzerine kurulu olduğundan kuşkulanmaya başladı.

1543
İnsan anatomisinin ayrıntılı çizimlerini de içeren en ünlü eseri *De humani corporis fabrica (İnsan Bedeninin Yapısı Üzerine)* yayımladı.

1553
Brüksel'de özel muayenehane açtı.

1555
Fabrica'nın elden geçirilmiş bir baskısını yayımladı. Kitapta damar kapakçıklarının tanımı gibi önemli yeni görüşlere de yer veriliyordu.

1559
Özel muayenehanesini bıraktı, İspanya kralının hekimi oldu.

1561
Gabrielle Fallopio'nun Anatomik Gözlemlerinin İncelenmesi adlı kitabı yazdı.

1564
15 Ekim'de Yunanistan'ın Zakinthos adasında öldü.



PARACELSUS
Kendisine Paracelsus adını veren, küstah ve kibirli İsviçreli hekim, hastalık nedeni olarak vücut sıvılarını gösterenleri şiddetle kınadı. Paracelsus vücut kimyası çalışmalarını temel alan bir ilacı tanıttı.

len'in, İbni Sina'nın olsun, isterse de onların takipçilerinin dogmaları. Siz beni takip edeceksiniz, ben sizi değil. Düşün haydi şimdi peşime."

Alçakgönüllülükten yoksun olması ve tuhaf bazı karışımlar içeren gizemli şifa tariflerine rağmen –örneğin, at gübresinde dört ay "dinlendirilen" altın talaşı, öğütülmüş antimon, şarap ve tuzdan oluşan bir karışım– Paracelsus çoğunlukla doğru iz üstündeydi. Kendisine daha sonradan yakıştırılan şarlatan sıfatını hak etmiyordu. Vücut sıvılarının önemine karşı saldırıları, çevresel hastalık teorisi diye adlandırılabilecek, en etkileyici kampanyalarından biriydi.

Tıpkı Hipokrat gibi Paracelsus da, hastalık deneyiminin coğrafyaya göre farklılık gösterdiğini gözlemlemişti ancak bir maden topluluğunun hekimi olarak çalıştığı sırada, karşısına çok değişik akciğer hastalıkları çıkmıştı. Bu gözlemler tüm hastalıkların vücut içi sıvı dengesizliğinden kaynaklanamayacağına işaret ediyordu. Paracelsus hastalıkların vücuda dışarıdan giren ve vücut içinde gelişen etkilerden kaynaklandığına inanıyordu. Vücudun, dört sıvının karışımından çok daha karmaşık kimyasal bir sistem olduğunu iddia ediyor ve her hastalığın kimyasal bir nedeni, kendine ait bir tedavisi olduğunu düşünüyordu. Dolayısıyla tıp da kimyanın bir dalıydı ve hastayı iyileştirebilmek için, kimyasal dengesini yeniden sağlamak gerekiyordu.

Bu mantığın devamı olarak, organik maddeler kadar, inorganik maddelerin de iyileştirici etkisi olabilirdi. Paracelsus, civa, çinko, sülfür ve demirden yapılma çeşitli ilaçlar üretti. Bunların bir kısmı ümitsizdi ama bir kısmı da, yanlış nedenlerle verilmiş de olsa, şaşırtıcı derecede işe yarıyordu. Örneğin demir, güçlü savaş Tanrısı Mars ile ilişkilendirildiği için, halsiz hastalara demir tuzu veriyordu. Bugün artık kan ve vücuttaki demir eksikliğinin anemiye ya da halsizliğe neden olabileceğini biliyoruz. Ayrıca kas zayıflığının yetersiz potasyum alımından kaynaklanabileceğini, çinkonun gelişimde önemli rol oynadığını ve manganez ile kromun kalbe iyi gelebileceğini de biliyoruz. Bugün bile Paracelsus'un etkisini görmek için

bir multivitamin şişesinin üstündeki etikete bakmak yeterli.

Paracelsus ve çağdaşlarına ait başarıların kaza eseri gerçekleştiği söylenebilir belki ama, eskilerden daha dikkatli analizler gerçekleştiren bu insanların, kurulu tıp düzenini temelden sarstığı şüphesizdi. Paracelsus'un Ortaçağ tıp araştırmacılarının itici gücü olarak düşünülebilecek sözleriyle ifade ettiği gibi, "Bir şeyi kanıtlamak istiyorsam, bunu nüfuzlu kişilerden alıntılar yaparak değil, deneyle ve mantık yürüterek gerçekleştiririm."

Aynı yolu izleyen öncülerden biri de 17. yüzyılda yaşayan ve Sanctorius diye de bilinen, Padovalı profesör Santorio'ydu. Tıbbı ve fizyolojik süreçleri açıklamak için sırtını daha çok kimyaya yaslayan Paracelsus'un aksine Santorio ve takipçileri fizyolojik durumları fizik yasalarıyla ilişkilendirdiler. Santorio'yu belki de en ünlü yapan şey, metabolizmanın fizyolojisi ile ilgili teorisiydi. Bu teoriye, titiz deneysel kayıtları derleyerek ve ateş ile nabzı ölçmek için akıllıca yöntemler geliştirerek ulaşmıştı.

Santorio otuz yıl boyunca yediği ve içtiği her şeyin ağırlığını büyük bir özenle tarttı ve sonuçları idrar ve dışkısının ağırlığıyla karşılaştırdı. Nihayetinde vücuttan atılanın, alınandan çok daha hafif olduğunu keşfetti. Aradaki farkı açıklamaya çalışarak özel yapım tartısının üstünde saatler geçirdi. Sonunda kayıp kütleyi açıklamak için "fark edilmeyen terleme" teorisini ortaya attı. Getirdiği açıklama yanıltıcı olsa da, Santorio'nun ampirik metodolojisi yüzyıllarca kullanıldı.

HARVEY'NİN ZAFERİ

İnsan organizmasına mekanik yaklaşım, 18. yüzyıl Fransız düşünür ve matematikçisi René Descartes tarafından desteklendi. Doğaya ve içeriklerine oldukça mekanik bir bakış açısıyla yaklaşan Descartes, insan bedeninin temelde –daha sonraları "makinedeki hayalet" diye adlandırılacak olan– ruh tarafından işgal edilen bir dizi mekanizmadan oluştuğunu ileri sürdü. Madde ile zihni ilk kez net bir biçimde ayırt eden Descartes, maddenin bölünebilir olması gerektiğini ve canlı bedenin, cansız madde yasalarınca idare edildiğini düşünüyordu. Zihin ise farklıydı. Bölünmez bir yapısı vardı ve maddi dünyanın dışındaki yasalarla yönetiliyordu. Descartes kalbi bir motor olarak görüyordu ve geliştirdiği kas hareketi teorisi, bir hidrolik sistem üstüne kuruluydu.

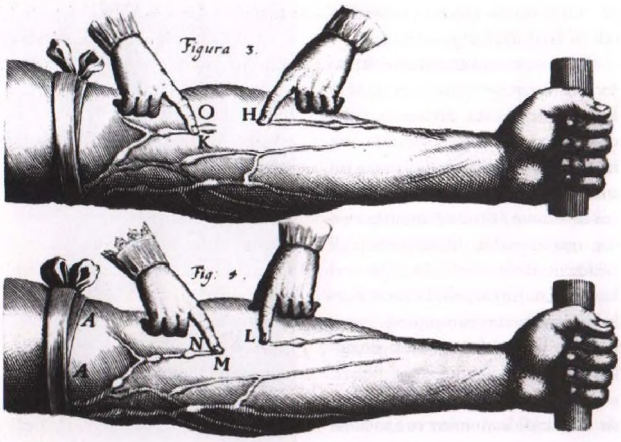
İtalyan matematik profesörü Giovanni Borelli ise kas ve organ hareketlerini, kaldıraç, dayanak noktası, yay ve pompa ilkelerinin ışığı altında açıklamayı hayatının amacı haline getirmişti. Bedenin, ayaklar üzerinde ağırlık merkezini düzenleyişi ve koruyuşunu inceleyen Borelli, onu bir ağırlıklar ve makaralar sistemi olarak düşündü. Kuvvet ve karşı kuvvet sistemlerinin tanımlamasını yaparak, yürüme, koşma ve zıplama hareketlerinin matematiksel modellerini oluşturdu. Bu biyomekanik modeli, midenin sindirim sırasındaki öğütme ve ezme hareketlerinin yorumlanmasında bile kullandı.

Bedene mekanik yaklaşımın belki de en abartılı örneklerine, bir diğer Fransız teorisyen, Julien de la Met-

KADAVRA ARAYIŞI

Tıp öğrencilerinin kadavra gereksinimini karşılanamayınca, mezar soyguncuğu 18. ve 19. yüzyıllarda Büyük Britanya'da had safhaya ulaştı. Öğrenciler çoğunlukla kadavralarını kendileri bulmak zorunda kalıyor, bu nedenle de mezar soyguncuğuna başvuruyorlardı. Tutuklanmaktan korkan öğrenciler, çoğunlukla kendileri yerine işi yapmaları için "yağmacı" kiralıyorlardı. Çinayete başvuran da oluyordu.

HARVEY
İngiliz hekim William Harvey, kan akışını göstermek için bir deneğin kolunu sargıyla sardı. Sargıyı sıkılaştırıp gevşeterek ve akışı çeşitli noktalarda durdurarak, damarların içindeki kapakçıkların, kanın tek bir yönde, kalbe doğru akmasına izin verdiğini ortaya koydu.



trie'nin eserlerinde rastlandı. La Mettrie'nin 1747 tarihli *Makine İnsan* adlı kitabı, bedenin tamamen mekanik olduğunu öne süren marjinal (ve zamanı için inanılmaz derecede ateist) bir görüşü dile getiriyordu. La Mettrie, insan davranışının temelde uyarıcılara karşı verilen bir dizi tepkiden ibaret olduğunu, insan düşüncesinin ise, tıpkı karaciğerin ürettiği safra gibi, beyin tarafından salgılandığını öne sürdü. Bu hayli mekanik bakış açısının karşısında, gitgide yandaş kazanan "vitalist" (yaşamsalcı) ya da "animist" yaşam teorisi duruyordu. Söz konusu teoriye göre, insan bedeninin birçok işlevi yalnızca bir ruhun varlığıyla açıklanabiliyordu.

Kalbin zonklayan, metalik bir pompa olarak algılanışı, tıpta yepyeni bir çağın müjdecisi oldu. Bu çağ, anatomist William Harvey'nin kan dolaşımını keşfiyle başladı. Harvey, kan dolaşımını fizik kurallarını takip eden, hayati bir süreç olarak tanımlamıştı. Bu görüş, kalbin kanı, karaciğerden akciğere taşıdığını iddia eden Galen'in görüşüyle ters düştüğünden, zamanı için fazlasıyla radikaldi. Harvey, kariyerinin çok büyük bir bölümünü kendi meslektaşlarını, günümüzde temel bir fizyolojik süreç olarak benimsediğimiz şeye ikna etmeye çalışmakla geçirdi. Harvey'nin teorisi ölümünden yıllar sonra kanıtlanabildi.

William Harvey, Padova Üniversitesi'nde okumuştu. O dönemde üniversitede profesörlük yapan Galileo Galilei ile tanışmış bile olabilirdi. Harvey, bugün çok basit gibi görünen kan hareketine ilişkin olağanüstü teorisine, çok sayıda titiz hayvan diseksiyonu, yılanlar üzerinde yapılan deneyler, otopsiler ve klinik gözlemler sonucu ulaşmıştı. Keşifleri fizyolojiyi gerçek anlamda dinamik

William Harvey hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 251.

bir bilime dönüştürecek, öne sürdüğü teori ise pek çok sonuçlar doğuracaktı.

Borelli kalp fonksiyonlarını bir pompa silindirinin pistonu gibi düşünmüş, hatta kan dolaşımını sağlamak için gereken basıncın miktarını hesaplamıştı. Harvey, kalbin dolaşım için kanı pompaladığını, atardamarlar üzerinden bedenin her yerini dolaştırdıktan sonra, damarlarla yeniden kalbe döndürdüğünü göstermişti. Aort ve damar kapaklarının işlevini açıklamış, nabzın kalp kasılmalarını yansıttığını kanıtlamıştı.

Günümüzde doğallıkla benimsediğimiz tüm bu bulguları ortaya koyabilmek, Harvey gibi yetenekli biri için bile cesaret isteyen bir işti. Kalkıştığı şeyin hayal edilemeyecek kadar zor olduğunu düşünüyor, bazen kuşkulara kapılıyordu. Bir keresinde kalp hareketlerinin "ancak Tanrı tarafından anlaşılabileceğini" düşündüğü zamanlar olduğunu yazmıştı. Daha sonraları, keşiflerinin yaratacağı etkilerden endişe duydu ve "bir avuç insanın kıskançlığı yüzünden" incinmekten, "insanlığın" onu kutsal doktrini altüst etmekle suçlamasından korktu. Ancak çalışması tamamlandığında bu tür güvensizliklerden kurtulmuş gibiydi. *Hayvanlarda Kalp ve Kan Devinimi Üzerine* adlı kitabında şöyle diyordu: "Nihayetinde zarlar atıldı ve ben gerçeğe duyduğum aşka, işlenmiş zihinlerin tarafsızlığına güveniyorum."

Harvey'nin kan dolaşım teorisinin savunucularından Malpighi'ye göre, dolaşım sistemi gerçekten kapalı bir sistemse, kanın atardamardan toplardamar sistemine dönebilmesi için, aşırı ince birtakım kan damarlarının bulunması gerekiyordu. İnsan akciğer dokusunu mikroskopla inceleyen Malpighi, bu görüşü doğruladı. İncelemede atardamarları toplardamarlarla birleştiren, gözle görülür, lifimsi damarları keşfetti. Günümüzde bunlara kılcal damar diyoruz. Harvey'nin teorisi böylece tamamlandı.

Ancak iş bu noktada son bulmadı. Harvey'nin zaferinden sonraki yıllar boyunca meraklı araştırmacılar dikkatlerini kana ve kardi-

WILLIAM HARVEY

Kan dolaşım sistemini bulan kişi

1578
1 Nisan'da İngiltere, Folkestone, Kent'te doğdu.

1593-1599
Cambridge, Caius College'da tıp eğitimi aldı.

1600
Tıp eğitimini İtalya, Padova Üniversitesi'nde sürdürdü. Burada büyük anatomist Fabricius'un öğrencisi oldu.

1602
Padova'da tıp doktorluğu unvanını aldı.

1607
Kraliyet Doktorlar Koleji üyesi seçildi.

1610
Hayvan diseksiyonu yaparak kalp ve kan dolaşımı üzerinde çalışmaya başladı.

1610-1623
Kraliyet Doktorlar Koleji'nde cerrahi dersleri verdi.

1618
İngiltere Kralı I. James'in hekimi olarak atandı.

1625
Kral I. Charles'ın hekimi olarak atandı.

1628
Hayvanlarda Kalp ve Kan Devinimi Üzerine Anatomik İnceleme'yi yayımladı ve dolaşım sistemini doğru tanımlayan ilk kişi oldu.

1645
Oxford, Merton College'a müdür olarak atandı.

1651
Karşılaştırmalı embriyoloji çalışması *Hayvanlarda Üreme*'yi yayımladı.

1654
Kraliyet Doktorlar Koleji'ne başkan seçildi ama kabul etmedi.

1657
3 Haziran'da Londra yakınlarında öldü.

yovasküler sisteme (kan ve damar sistemi) çevirdiler. Kimse dolaşımın ne anlama geldiğini tam olarak bilemiyordu. Harvey de kanın neden vücutta dolaştığını bilmiyordu. Malpighi ise akciğer dolaşımını ilk belirleyen kişi olsa da, nedeninden habersizdi. Britanyalı dinbilimci ve kimyager Joseph Priestley'nin 1774'teki keşfine dek kanın taşıdığı hayati madde oksijen tespit edilmemişti. Bu nedenle de kan dolaşımına ilişkin çok sayıda teori mevcuttu. Bunların bazıları dolaşım amacının ısıyı vücuda yaymak olduğunu düşünüyor, bazıları ise onun bir soğutma sistemi olduğunu iddia ediyordu.

Joseph Priestley hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 273.

KALP
Yetişkin kalbi dinlenme halindeyken dakikada ortalama 72 kere atar. Ortalama bir yaşam süresince kalp yaklaşık 2.5 milyar defa atar. İnsan vücudunda yaklaşık 5.5 litre kan vardır ve bu kan her dakika vücudu üç kez dolaşır.

Solunum bilgisinden yararlanarak nefes alıp vermenin hava ile kan arasındaki gaz değişimini sağlamaya yaradığını anlayan kişi, parlak zekalı ama daha az tanınan İngiliz fizyolog ve kimyager John Mayow'du. Mayow'a göre havada bulunan hayati bir şey kana karışıyordu. "Nitro-havasal bir öz" koyu renkli toplardamar kanını açık kırmızıya dönüştürüyordu. Mayow farkında değildi ama oksijeni ve onun insan bedenindeki hayati rolünü keşfetmeye çok yaklaşmıştı.

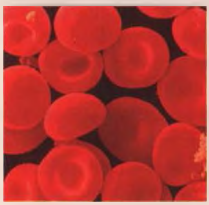
1700'lerin başında kanla ilgili başka keşifler de yapıldı. Bunların arasında, ilk başlarda kaba yöntemlerle gerçekleştirilen, hayvanlarda kan basıncı (tansiyon) ölçümü de yer alıyordu. Bir tüp doğrudan atardamara sokuluyor, tüpün içine dolan kanın eriştiği yükseklik kaydediliyordu. Aynı dönemde demirin kandaki varlığı da keşfedildi. Yaşıyor olsa bu keşif Paracelsus'u son derece heyecanlandıracak türdendi.

Kanın, hekimlerde yüzyıllar boyu ilgi uyandıran bir özelliği de kişiden kişiye aktarılabilme olasılığıydı. Sözkonusu uygulamaya ilişkin belgeler Mısır papirüslerine dek gider. Ayrıca Romalı şairlerin eserlerinde de bu uygulamaya üstü kapalı değinilmiştir. Güvenilir tıp kayıtları başlangıç tarihi olarak 1665'i gösterir. Bu tarihte Richard Lower isimli İngiliz fizyolog, iki köpeğin damarlarını birleştirerek, hayvandan hayvana ilk kan naklini gerçekleştirdi. Başarılı uygulamayı, hayvan kanını insana aktarmaya yönelik başarısız birtakım girişimler takip etti. Örneğin 1667'de, Fransız hekim Jean-Baptiste Denis, üç hastasına şırıngayla koyun kanı nakletti. Hastalardan biri

1628 – 1900

1628
İngiliz hekim William Harvey, kanın insan vücudundaki dolaşımını açıkladı.

1674
Hollandalı mikroskopist Antoni van Leeuwenhoek, alyuvarların ilk doğru tanımını yayımladı.



1735
İngiliz cerrah Claudius Amyand, ilk başarılı apandisit ameliyatını gerçekleştirdi.

kısa süre sonra öldü.

İnsandan insana doğrudan kan nakli daha sonra denendi. Denemelerin birkaçında belli oranda başarı elde edildiyse de, kan yapısı bir yana, kan tiplerinin dahi bilinmediği düşünülürse, bu nakillerin hemen hepsi hayvandan insana kan nakli kadar riskliydi. Ancak bu bilgi düzeyi 1900'lerin başında, Avusturya asıllı Amerikalı bağışıklık uzmanı Karl Landsteiner'le birlikte keskin bir değişime uğradı. Landsteiner kimyasal maddeler kullanarak farklı kan tiplerini, her hücrenin yüzeyinde taşıdığı antijenleri belirledi. Kimi hücrelerde A antijeni, kimilerinde ise B antijeni vardı. Bazıları her iki antijene sahipken, bazılarında hiç antijen yoktu. Landsteiner antijeni olmayanlara 0 adını verdi. Belli bir kan tipi, başka kan tipine sahip birine verilirse, hastanın bağışıklık sistemi, onu müdahale olarak algılıyor ve saldırıya geçiyordu.

On yıl sonra Landsteiner önemli bir başarı daha elde ederek, kandaki Rhesus (Rh) denen faktörü ayrıştırdı. Landsteiner'in deneylerinde kullandığı Rhesus türü maymundan adını alan Rh faktörü, kan grubu anlamında A, B, AB ve 0 gibi bir sınıflandırma değildir. Kanı Rh-negatif olup, Rh-pozitif kan nakledilen insanlarda yeni Rh faktörüne karşı antijen geliştiriliyor, bu antijenler de alyuvarlara saldırabiliyordu.

18. yüzyılın başlarında gerçekleşen kanla ilgili keşifler, doğal olarak onu vücutta dolaştıran organa, yani kalbe olan ilgiyi tetikledi. Kalbin karmaşık yapısı ve mekanizmaları hakkında çok az şey biliniyordu. Kalp atışının ya da tansiyon ile kalp atış hızı arasındaki ilişkinin önemini az kişi kavrayabilmişti ve kalbi tehdit eden çok sayıdaki hastalıktan az kişi haberdardı. Kalp fısıltılarının mekanizması ancak 1809'da tanımlanabildi. Edinilen bilginin bir kısmı, hekimlerin hasta göğsüne kulak dayamaya yönelik standart uygulamalarının bir sonucuydu.

1816'da parlak bir buluş, kalbin sesini çok daha duyulur hale getirdi. Stetoskop, birçokları tarafından göğüs hekimliğinin babası olarak kabul edilen René-Théophile-Hyacinthe Laennec'in beyninin ürünüydü. Bu buluş kalp ve damar hastalıklarının tanı ve tedavisini büyük bir dönüşü-

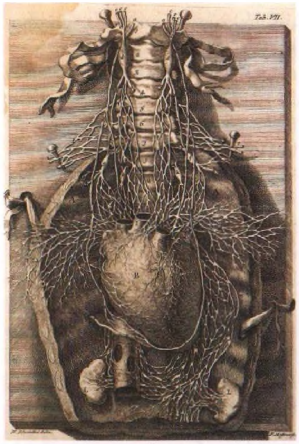
1796
İngiliz cerrah Edward Jenner çiçek hastalığı için aşı geliştirdi.

1842
Amerikalı hekim Crawford Williamson Long, anestezi kullanılan ilk ameliyatı gerçekleştirdi.

1870
Mikrobiyolog Louis Pasteur, Joseph Lister ve Robert Koch, hastalığın mikrop teorisini geliştirdiler.

1900
Avusturya doğumlu Amerikalı patolog Karl Landsteiner farklı kan tiplerini belirledi ve onları daha sonra A, B, AB ve 0 şeklinde sınıflandırdı.

İÇ ORGANLAR
İtalyan epidemiyolog Giovanni Maria Lancisi'nin 1728 tarihli ve "Kalbin Hareketi ve Anevrizmalar" başlıklı tezinde kalbi kuşatan sinirleri resmeden bir kesit yer alıyordu.



me uğratacak, çok daha karmaşık tanı teknolojileri geliştikten sonra bile temel tıp için önemini koruyacaktı.

Bronşit, zatürree ve zatülcenp gibi hastalıkların tartışmasız uzmanı olsa da, Laënnec'in ismi tıp tarihinde daha çok stetoskobun icadı ve bu icadın öyküsüyle anılacaktı. Laënnec'in kalp hastalarından biri dolgun yapılı genç bir kadındı. Doktor görgüsünden dolayı kadının heybetli göğsüne kulağını dayamaktan kaçınmıştı ya da kendi deyişiyle "hastanın yaşı ve cinsiyeti nedeniyle doğrudan oskültasyon (kulakla dinleme) olanaksızdı." Temel akustik biliminin ilkelerinden yararlanan Laënnec, birkaç parça kağıdı kıvırarak bir silindirin içine koydu ve silindirin bir ucunu hastanın göğsüne, diğerini kendi kulağına dayadı. Yöntem şaşırtıcı derecede işe yaradı ve kalp sesini, Laënnec'in çıplak kulakla duyabileceğinin çok daha ötesinde yükseltti. Çok geçmeden çeşitli boyut, biçim ve malzemeden geliştirilmiş modeller üretildi ve yeni bir tıp terimi doğdu: "aygıtlı oskültasyon".

HASTALIKLARIN NEDENİ

Laënnec'in kalp hastalıklarına "kulak vermesinden" çok önce, her tür hastalığın nedeni ya da nedenlerini bulabilmek için birçok kişi duyularından yararlanmıştı. Aristoteles bu arayışı, yüzyıllar boyu hatırlanacak olan şu sözleriyle özetledi: "Vicdanlı ve titiz hekimler, hastalıkların nedenlerini doğa yasalarına bağlar, usta bilginler ise temel ilkeler için tıbba döner." Ancak vücut sıvıları, kimya, doğa, uyuşukluk ve şeytanlara yönelik geliştirilen onca teoriye rağmen, insan sağlığını tehdit eden zanlılar, 18. yüzyılda yaşayan Britanyalı anatomist John Hunter'ın dediği gibi, "bilinmeyen ya da rastlantısal görünen koşullarda" görünmezliklerini korudular. Galen'i, takipçilerini ve "her şeyi kapsayan" türden teoriler üreten diğerlerini gözardı etsek bile, hastalık nedenlerinin aslında tartışma götürür, karmaşık ve belki de çok cepheli oldukları inkâr edilemez.

Bulaşıcı bir faktör olarak mikrop anlayışı, 1800'lere kadar kanıtlanamamış olsa da, hastalıkların gerisinde dış etkenlerin yattığı inancı yüzyıllar öncesine dek uzanıyordu. Henüz 1546'da (aynı zamanda yerbilimci, gökbilimci ve şair olan) İtalyan patolog Girolamo Fracastoro, bazı bulaşıcı, fiziksel ve cansız kimyasal faktörlerin enfeksiyona, hatta şap hastalığı gibi salgınlara yol açtığını ileri sürmüştü. Yüzyıllar boyu hüküm sürecek (ve büyük olasılıkla Hipokrat'ın kötü kokulu hava şüp-

SONRAKİ SAYFALAR
İngiliz fizyolog Claude Bernard, memeli metabolizması, sindirim sisteminin işleyişi ve endokrin organlarıyla ilgili çok sayıda keşif gerçekleştirdi. Bir canlı hayvan deneyini resmeden 1899 tarihli bu tasvirde, soldan dördüncü kişi, insan solunum sisteminin rakıma göre dengelenişini ilk kez belgeleyen İngiliz fizyolog Paul Bert (1833-1883)

hesinden kaynaklanan) daha popüler bir görüş ise miasma teorisiydi.

Miasma teorisine göre zararlı kötü hava ya da buhar, kolera gibi hastalıkların patlak vermesine neden oluyordu. Bulaşıcı hastalıklar kötü kokular üretebilen, sağlıksız ve kirli ortamlarda daha kolay yayılabildiği için, bu görüşte belli bir doğruluk payı vardı. Ancak teori nihayetinde yerini, ileride "hastalığın mikrop teorisi" diye anılacak olan görüşe bıraktı.

Aslında miasma teorisi, 1854'te Londralı hekim John Snow tarafından, şehrin Soho bölgesinde patlak veren kolera salgınının ardından çürütülebilirdi. Snow, koleranın su kaynaklı olduğunu ve vücuda kirli suyla temas yoluyla alındığını ileri sürdü. Ayrıca Broad Caddesi Tulumbası'nın kolu iptal edilirse, salgının duracağını da söyledi. Haklıydı da.

Ancak eğer kolera sudan geliyorsa, o zaman suyun taşıdığı şey neydi? Fracastoro, 1500'lerde bu sorunun yanıtıyla flört etmişti. Tıpkı bundan yüzyıl kadar sonra, bir kumaş taciri ve kostümcü olup, usta bir mercek ve mikroskop üreticisine dönüşen Hollandalı Antonie van Leuwenhoek gibi. Van Leuwenhoek, öyle eşi görülmemiş boyutlarda büyütebilen aygıtlar geliştirmişti ki, günün birinde incelediği yağmur suyunun içinde, sonraları "hayvancık" diye adlandırılacak olan canlıları gördü: gözle görülebilen en küçük sinekten binlerce kez küçük birtakım yaratıklar. Bu mikroskobik hayvancıklar küçücük ayakları ve kuyrukları ile su damlalarının içinde geziniyor gibiydi.

Van Leeuwenhoek hastayken kendi ağzından aldığı tükürüğün içinde başka hayvancıklar da keşfetti. Bunların yapıları da suyun içindekilerle benzeşiyordu ama hareketleri farklıydı. Yakalandığı hastalığın taşıyıcısı olabilirler miydi? Leeuwenhoek, hiç şüphesiz hastalıklara yol açan mikroorganizmaları belirlemenin, aynı zamanda mikrop teorisini geliştirmenin eşiğine gelmişti.

Van Leeuwenhoek ayrıca mikroskop altında

ANTONI VAN LEEUWENHOEK

Mikroorganizmaları gören ilk bilimci

1632
24 Ekim'de Hollanda, Delft'te doğdu.

1648
Warmond şehrinde aldığı temel eğitimin ardından bir manifaturacıda çıraklığa başladı.

1652
Delft'te kendi kumaş işini kurdu.

1660
Delft defterdar müdürlüğüne atandı. Bu görev, bilime yönelik hedeflerini gerçekleştirmede mali destek sağladı.

1671
Önceleri kumaş inceleme amacıyla lens kesmeye ve mikroskop üretmeye başladı.

1673
Kraliyet Akademisi ile mikroskobik keşiflerine yönelik yazışmalara başladı. Bu ilişki hayatının geri kalanında devam etti.

1674
Yağmur suyu ve salya içindeki "çok küçük hayvancıklar" şeklinde tanımladığı bakterileri ve protozoayı (tek hücreliler) keşfetti.

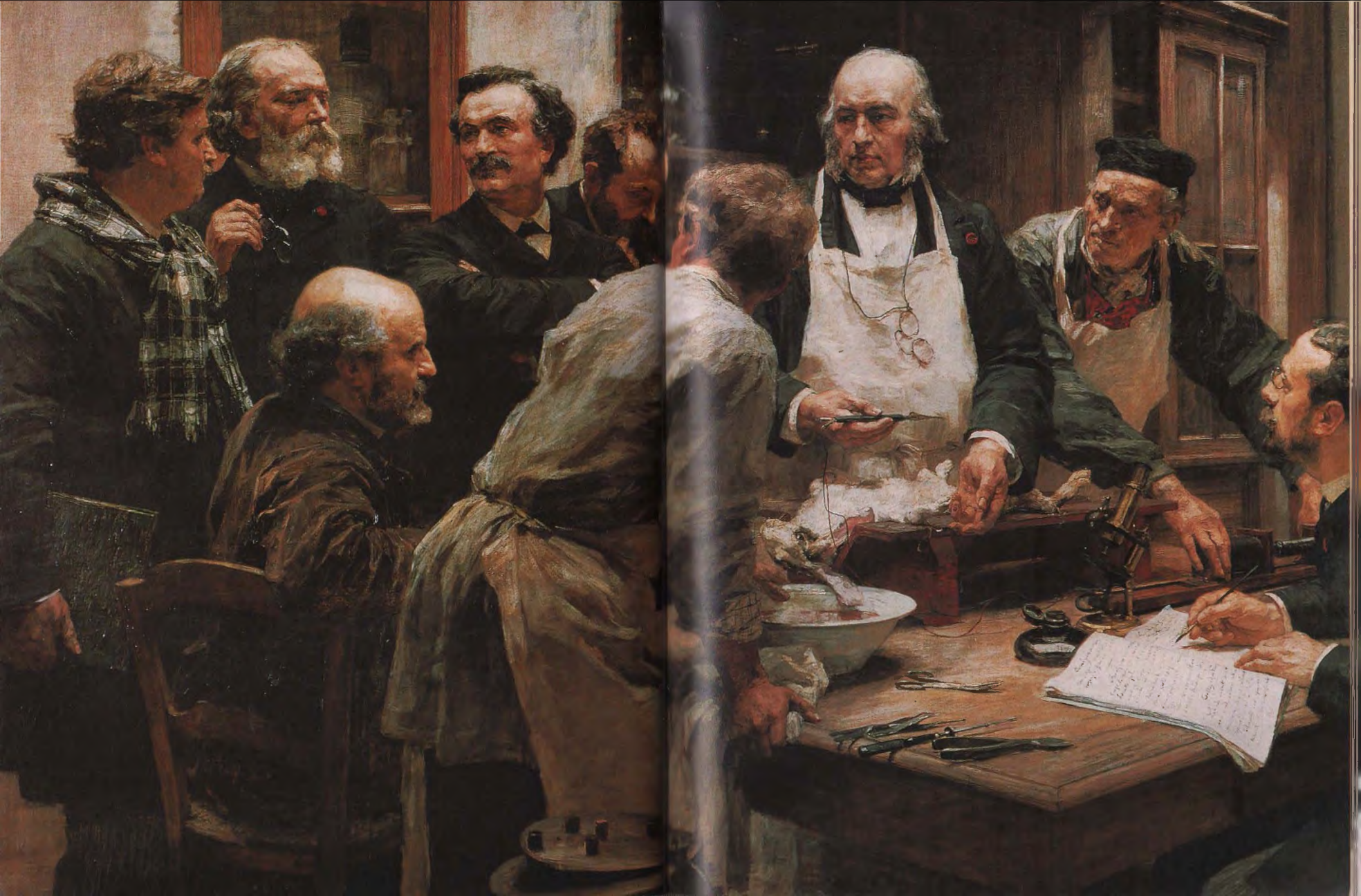
1677
Hayvan ve insan spermatozoasını (sperm hücreleri) gözlemledi ve tanımladı.

1680
Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1683
İnsan kılcal damarlarını keşfetti ve onları ilk doğru tanımlayan kişi oldu.

1716
Bilimsel başarılarına karşılık Louvain College of Professors tarafından gümüş madalya verildi.

1723
26 Ağustos'ta Delft'te öldü.



MİKROP TEORİSİ

Bilimciler mikroorganizmaların önemini kavrayana dek, insan hastalıkları tam olarak açıklanamadı. "Hayvancık" adını verdiği bu organizmaları keşfeden Hollandalı mikroskopist Antoni van Leeuwenhoek, bakterileri belirlemeye ve bir mikrop teorisi geliştirmeye ne denli yaklaştığını fark etmemişti.

Yüzyıllar boyu vücut sıvıları teorisinin yanısıra yaygın görüş, kötü kokulu havanın –miasma ya da duman– bir etken faktör olduğu yönündeydi. Ayrıca kimyasalların, kötü beslenmenin, benzeri dış etkenlerin, hatta çeşitli permütasyonlarıyla fizik yasalarının ve yıldız etkilerinin de önemli olduğuna inanılıyordu.

Mikroskobik bulaşıcı etkenlerin hastalığa neden olabileceğini öne süren devrim niteliğindeki teori, aslında tek bir kişinin ürünü değildi. Mikrop teorisi daha çok 1500'lerde yaşayan birkaç araştırmacının çıkarımlarının bir sonucuydu. Bu bilimciler bazı hastalık türlerinin gerisinde henüz belirlenmemiş varlıkların olduğundan şüpheleniyordu. Ancak mikrop teorisi özellikle 19. yüzyıl sonlarında yaşayan üç kişiye atfedilebilir: Louis Pasteur, Joseph Lister ve Robert Koch.

Pasteur, fermantasyon deneyleriyle süt ve şaraptaki çürümenin (yaygın inanış olan) doğal bir bozulmadan değil, havadaki mikroorganizmalardan kaynaklandığını gösterdi. Söz konusu mikroorganizmalar temasta bulundukları sıvıları bozuyorlardı. Pasteur ayrıca sütü belli bir dereceye kadar ısıtarak, tüberküloz ve tifonun yayılmasının da engelleneceğini keşfetti. Bu da, organizma etkilerinin bastırılabildiğini kanıtlıyordu.

Lister'in teoriye katkısı, özellikle cerrahi müdahale durumunda kullanılan mikrop öldürücü bir antiseptikti. Mikropların çürümeye etkisini ortaya koyan Pasteur'ün, kendi sterilizasyon teknikleri cerrahi müdahelelere uygun değildi. Bir cerrah olan Lister ise çalışma alışkanlığı, yara temizleme, giysileri sıkça değiştirme ve yaraları temiz tutmak amacıyla gümüş iplik kullanma gibi konularda oldukça titizdi.

Pasteur'ün ısıtma yoluyla sterilizasyon yönteminin cerrahiye fazla yararı olmadığını fark eden Lister, asit fenik gibi kimyasal antiseptiklere yöneldi. Enfeksiyonların bakterilerden kaynaklandığını ve antibakteriyellerle kontrol altına alınabileceğini kanıtladı. Lister böylece cerrahi tıpta büyük gelişmelerin önünü açtı.



Fransız bilimci Louis Pasteur hastalıklara ve şarap yapımına mikroorganizmaların yol açtığını kanıtladı.

Ancak özel olarak hazırlanmış, besin zengini ortamda, mikroorganizmalardan saf kültürler elde etmenin yeni yöntemlerini geliştiren kişi, Robert Koch'du. Cerrahların Lister'a kulak asmadığı –ve ağız ve başlarını örtmeden gündelik giysileriyle operasyon gerçekleştirdikleri– bir dönemde, ortam kirliliğinin tehlikeleri konusunda bilinçli olan Koch, steril laboratuvar koşulları talep etmişti.

Koch, Pasteur'ün bulyonu yerine, kültürler için doğru jel ve jeloz –deniz yosunundan üretilen ve bakteri kültürlerinde kullanılan jelatinimsi bir madde– kombinasyonunu buldu. Geliştirdiği yöntem işe yaradı ve yalnızca antraks basilini değil, zatürreeden sorumlu bakteriyi de ayrıştırmayı başardı. Koch dikkatini sıtmaya yoğunlaştırırken, araştırmacıları da tifo ve difterinin etkenleri üzerinde çalışmayı sürdürdü. Koch 1905'te fizyoloji, yani tıp dalında Nobel ödülüne layık görüldü ve bakteriyolojinin ve mikrop teorisinin yaratıcılarından biri olarak tarihe geçti.

kendi spermasını da inceledi ve bir kez daha çok küçük canlılarla karşılaştı. Ancak bu sefer baş kısmına benzer bölgeden uzanan aynı tipteki kuyruklarıyla, gördüğü canlıların hepsi birbirine benziyordu. Kanını mikroskopta incelediğinde ise daha başka ufak canlıları fark etti. Biz onlara günümüzde "alyuvar" (kırmızı kan hücreleri) diyoruz.

Bir diğer Hollandalı bilimcinin önerisi üzerine van Leeuwenhoek, çalışmalarının sonuçlarını uzun ve ayrıntılı mektuplarla İngiliz Kraliyet Akademisi'ne bildirdi. Yaklaşık elli yıl boyunca bunun gibi 200 kadar mektup gönderdi ve batı dünyasının en ünlü araştırmacılarından biri oldu.

Van Leeuwenhoek büyük olasılıkla hastalıkların temel nedenlerini keşfetmeye ne denli yaklaştığının farkına varmadı ama sonraki 150 yıl içinde başka araştırmacılar, bu tür organizmaların vücuda nasıl saldırdığını açıklayan bir mikrop ve hastalık teorisi geliştirdiler. Gerçekten de 19. yüzyıla gelindiğinde, farklı yerlerde ortaya çıkan bağlantılı birtakım keşiflerin de eşlik ettiği mikrop teorisi iyice yaygınlaşmıştı.

1847'de Macar doğum uzmanı İgnaz Semmelweis, Viyana'da genç bir stajyer olarak tanıklık ettiği olayları düşünmekteydi. Birden şaşkınlık verici bir şeyi keşfetti: hastanelerin doğum koğuşlarında, doğum sonrası (ya da lohusa) hummasından ölüm oranı çok yüksekti. Semmelweis bu fenomene, doktorların ve hastane personelinin gözünden kaçan bir açıklama getirdi: cerrahlar genellikle otopsiden sonra doğrudan hamilelerin yanına gidiyorlardı ve bu dikkatsiz alışkanlık da enfeksiyona yol açıyordu.

Semmelweis'ın bu soruna düşündüğü çare, hastane çalışanları arasında el yıkama ve çamaşır suyuna benzer, klorlu kireç diye adlandırılan madde ile dezenfekte etme alışkanlığını yaygınlaştırmaktı. Alınan önlemlerle birlikte ölüm oranı hemen hemen sıfıra düştü.

Semmelweis sonuca bir açıklama getirememişti ama bizler onun mikropları kontrol altın-

LOUIS PASTEUR

Mikrop teorisinin savunucusu

1822
27 Aralık'ta Fransa, Dole'de doğdu.

1843
Fen fakültesinden mezun oldu ve Paris'teki öğretmen okulu École Normale Supérieure'ye girdi.

1847
Moleküler asimetri üzerinde çalışarak, kristalografi, kimya ve optik ilkelerini birleştirdi. Bu çalışma, yeni stereokimya biliminin temelini oluşturdu.

1849
Fransa, Strasbourg'da kimya profesörü oldu.

1857
Paris'teki École Normale'de fen bilimleri başkanı oldu, fermantasyon ve kendiliğinden-oluşum üzerinde çalışmaya başladı.

1862
Fen Bilimleri Akademisi'ne seçildi.

1865
Ekşimeyi önlemek için, günümüzde pastörize işlemi olarak bilinen ısıtma işlemini geliştirdi.

1868
Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1870
İpekböceklerinin Hastalıkları Üzerine Bir Çalışma adlı kitabını yayımladı.

1881
Antraks (şarbon) aşısını buldu.

1885
Kuduz aşısını buldu ve kuduz hastalığı olan bir köpek tarafından ısırılmış dokuz yaşındaki bir çocuğun hayatını kurtardı.

1888
Paris'te Pasteur Enstitüsü'nü kurdu.

1895
28 Eylül'de Paris yakınlarında öldü.

Antonie van Leeuwenhoek hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 257-59.

da tutmayı başardığını biliyoruz. O dönemde miasma teorisi hâlâ yaygın olduğundan, Semmelweis'ın yeni uygulamalara yönelik önerileri küstahlıkla suçlanarak reddedildi. Cesareti kırılan genç doktor, Louis Pasteur'ün antraksa (belli bir hastalık) antraks basilinin (belli bir organizma) yol açtığını ortaya koymasından on yıl önce, 1850'de Viyana'dan ayrıldı. Semmelweis bir akıl hastanesinde öldü.

Mikrop teorisinin 19. yüzyıl sonlarında gelişimi ve benimsenmesinde–Joseph Lister ile Robert Koch'un yanısıra– en büyük rol oynayan kişilerden biri, Fransız kimyager ve mikrobiyolog Louis Pasteur'dü. Gerçekleştirdiği bir dizi klasik testle Pasteur, bira, şarap ve sütteki fermantasyon ve pütrefaksiyon (çürüme) işlemine mikropların neden olduğunu gösterdi.

Pasteur söz konusu mikropların (dönemin yaygın inanışına göre) ne doğrudan bozulma işleminin kendisi tarafından, ne de yalnızca oksijen tarafından üretildiğini söyledi. Fermantasyon aslında sıvılar havadaki bakterilerle temasa geçtiğinde gerçekleşiyordu. Bunu Paris, Sorbonne'da, 1864'te verdiği tarihi bir konferansta kanıtlayan Pasteur, şöyle demişti: "Kendiliğinden oluşum doktrini, bu basit deneyden aldığı ölümcül darbeyi asla atlatamayacak." Böylece bakteriyoloji tıp sözlüğündeki yerini aldı.

19. yüzyılın bu üretken yıllarında çok şey başarıldı. Fransız doktor Casimir-Joseph Davaine, bir mikroorganizma olan antraks basilini tespit etti. Başkaları tüberkülozun inek sütüyle taşındığını keşfettiler. Analiz için bakterileri boyama teknikleri geliştirildi ve bakterileri biçim ve yapılarına göre sınıflandırılmaya başlandı. Hatta William T. Helmuth, "Basile Övgü"yü yazdı. "Ey, kudretli basil," diyordu Helmuth, "Nasıl da hayretle doldurursun içimizi, her gün! Takdire şayan hedeflerin peşine düşmüş, Tıp dedektifleri, Takip ederken oyununu."

Cerrahlar gitgide mikroorganizmaların sorun yaratan, hatta ölümcül potansiyelinin farkına vardılar. 1860'larda ameliyat sonrası kan zehirlenmesinden doğan enfeksiyon ve ölümler yaygınlaşmıştı; hastaların ancak yarısı hayatta kalabiliyordu. Pasteur'ün çalışmalarından etkilenen İngiliz cerrah Joseph Lister, enflamasyon (yangı) ve yara cerahati üzerine çalışmalar yapmaktaydı. Havadaki mikropların cerrahi enfeksiyonlara neden olduğundan şüpheleniyordu.

Lister, 1865'te bacağında açık kırığı olan bir çocuk üzerinde dezenfeksiyon tekniklerini denemeye karar verdi. Yıkadığı yaranın üstüne keten tohumu yağı ve asit fenik püskürttü. (Günümüzde fenol diye adlandırılan madde, lizolün ve diğer dezenfektanların etken maddesidir. Lister'in zamanında bu madde, lağım suyu ıslahında büyük başarı sağlamıştı.) Lister temizlediği yaranın üstünü kapalı tuttu ve çocuk enfeksiyonsuz iyileşti.

Benzeri birkaç başarının ardından Lister, antiseptik yöntemlerini teşvik eden çalışmalar yayımladı. Bu yazılarında mikropların enfeksiyonlara yol açtığını ve iyileşme sürecinin normal

MİDEYE AÇILAN KAPI

1822'de 19 yaşındaki Alexis St. Martin, midesinden vuruldu ancak mucize eseri hayatta kalmayı başardı. St. Martin'in midesi iyileşse de, açılan delik kalıcıydı. Doktor William Beaumont bu delik sayesinde St. Martin'in mide hareketlerini inceledi. Beaumont'un St. Martin üzerindeki deneyleri, sindirim konusunda çığır açtı. Alexis St. Martin, 83 yaşına dek hayatını sürdürdü.

ve gerekli bir sonucu olarak görülen cerahatin, mikroplu enfeksiyonların bir sonucu olduğunu ileri sürdü. Her zamanki gibi eski yöntemler kolay terk edilmedi: 1890'lara kadar cerrahlar maske ya da kep kullanmadılar ve bazıları gündelik giysileriyle çalışmayı sürdürdü.

Pasteur ile Lister mikrop teorisinin geliştirilmesi ve benimsenmesinde büyük rol oynadı. Bakteriyolojiye bir o kadar önemli katkılarda bulunan başka bir öncü de onlara eşlik etti. Aslında teori en iyi ifadesine Alman doktor Robert Koch'un eserlerinde kavuştu.

Hindistan ve Mısır'da kolera üzerine çalışmalar yürüten Koch, Pasteur'ün üstünde çalıştığı antraks (şarbon) bakterisini ayrıştırarak, saf bir kültür elde eden ilk kişiydi. Koch, bakteriyi, etrafını kuşatan sıvıdan ayırdı. Mikrobun konakçısı dışındayken, normal formuyla yaşayamadığını gözlemledi. Mikrop hayatta kalabilmek için sporlar oluşturuyor, böylece toprakta, bir tür kış uykusu içinde yaşayabiliyordu.

Koch 1882'de tüberküloza neden olan bakteriyi belirledi ve bu başarısı ona bir Nobel Ödülü getirdi. Koch yaşamının geri kalanını, TB bakterisini kontrol altına almaya çalışarak geçirdiyse de, başarılı olamadı. Ancak önemli bir şeyi başararak, ünlü "Koch postulatlarını" ortaya koydu: bir organizmayı bir hastalığın nedensel etkeni olarak belirleyebilmek için karşılanması gereken koşullar dizisi. Koch'un kuralları arasında şunlar vardır: organizma hastalığın tüm vakalarında bulunmalı; saf kültürle aşılama sonucunda hastalık duyarlı hayvanlarda görülmeli; ve hastalığı taşıyan bu hayvanlardan, orijinal organizmayı saf kültürde üretmek mümkün olmalı.



ÜRETKEN HIPOTEZ

Her ne kadar çoğu bilimci "homunculus"a (spermatozoa içindeki küçük insan) folklorik bir unsur olarak yaklaşsa da, 17. yüzyılın insan üreme teorisyenleri aralarında ovistler ve spermistler olarak ikiye ayrılmışlardı.

HÜCRE

Malpighi'nin mikroskobunu kılcal damarlarda kan dolaşımına odakladığı dönemde, başka bazı bilimciler da aynı aleti kullanarak hayvan ve bitki dokularına göz atmaya başlamıştı. İnceledikleri şey hücreydi; yani her canlıyı meydana getiren küçücük torbalar, organizmanın bağımsız olarak işlevini yürütebilen en küçük yapısal birimi. Hücre henüz 1665'te İngiliz bilimci Robert Hoo-

HÜCRE TEORİSİ

Aynı zamanda bir mekanik deha olan İngiliz fizikçi Robert Hooke, 1665'te mikroskobuyla incelediği bir mantar parçasının içinde garip bir takım yapılar gördü. Hooke bunları "birbirinden farklı küçük kutucuklar ya da hücreler" şeklinde tanımladı ama konuyla ilgili çalışmalarını sürdürmedi. Bu küçük hücrelerin tüm bitkisel yaşamın temel yapısal birimleri olarak belirlenmesi ancak 1838 yılında gerçekleşti. Söz konusu hücreler biraraya gelerek sebze dokularını oluşturuyor, ve her biri içlerinde bir çekirdek barındırıyordu. Çekirdeğin yaşamda oynadığı önemli rol ise kısa süre sonra keşfedilecekti. Alman bilimci Theodor Schwann, bitkiler kadar hayvanların da hücrelerden oluştuğunu buldu.



Theodor Schwann'a göre hücre yaşamın temel birimiydi.

Hücreler ve onları oluşturan çok sayıda unsur, canlıları birarada tutmakla kalmaz, yaşamın bürüneceği pek çok biçimi de şekillendirir. Hücrelerin içinde organizmanın hem amacı hem de yaşam süresi şifrelenmiştir; biyolojik araştırmanın merkezini onlar oluşturur. Canlıların bağımsız olarak işlev görebilen en küçük yapısal birimi hücreler, etraftaki organik parçacıkları emen bakteriler ve protozoalar (örneğin amip) gibi başlıbaşına bir organizma olabilirler. Özelleşmiş hücreler ise biraraya toplanarak dokuları ve organları oluşturur.

Elektron mikroskobunun icadıyla birlikte biyologlar, hücreyi bir kılıf gibi saran ince, gözenekli zarı nihayet net bir şekilde görebildiler. Hücrenin karaltılı iç kısmında, yaşamın kendisini barındıran çeşitli yapılarla, çalışkan bir mikrodünyayla karşılaştılar. Nükleik asitler proteinin; karbonhidrat/polisakkaritlerin; temel kimyasal DNA içindeki genetik kodu oluşturan uzun nükleotid zincirlerinin; ve RNA'nın üretimini kontrol ediyordu. Hücrenin içinde ayrıca birbirine dolanmış biçimleriyle çift sarmallı DNA'nın ipliğimsi molekülleri, yani gen taşıyıcı kromozomlar vardı.

Araştırmacılar, bitki ya da hayvan, her canlının, yaşamının temeli olan genetik kodu sayesinde, kendine özgü ve önceden belirlenmiş bir kromozom sayısına sahip olduğunu keşfettiler. Bu sayı farelerde 42, bezelyede 14, mısırda 20, meyve sineğinde 8 ve tek hücreli bir canlı olan kökbacaklıda, ilginç bir şekilde 1500'dür. İnsanlarda ise, bir terslik olmadığı sürece 23 çift kromozom bulunur. Anne ve babanın her birinden 23 adet alınan kromozomların toplam sayısı 46'dır. İnsan kromozom sayısını kökbacaklınınkiyle karşılaştırmak, insanın karmaşıklığını açıklamak için tek başına kromozom sayısının yeterli olmadığını gösterir. Hücreyi inceleyen araştırmacılar, orada enzimlere de rastladılar. Sayıları 100.000'i aşan bu çalışkan kimyasal işçiler, vücudumuzda düzenli olarak gerçekleşen tüm değişiklikleri hızlandırır. Hücre düzenleyici enzim aktiviteleri olmasa, yediklerimizi sindirmemiz, kan hücrelerimizin yenilenmesi, yeni dokuların oluşması, hatta nefes almamız olanaksızlaşırdı.

Modern hücre biyolojisiyle belki de en çok ilişkilendirilen iki isim, James Watson ve Francis Crick'di. Watson ve Crick, DNA'nın ikili sarmaldan oluşan karmaşık moleküler, kimyasal yapısını tanımlamışlardı. Sarmal, hücre yaşamının iki önemli eylemini gerçekleştirirken kendi kendisinden ayrılabilen, bükülmüş bir merdiven gibiydi. Söz konusu eylemler, tam anlamıyla ikiye bölünerek çoğalma, yani mitoz bölünme ve protein üretimiydi. Sonuçta DNA'nın canlı ve cansız varlıklar arasındaki kayıp biyolojik halka olduğu anlaşıldı. Hücre teorisi, biyolojide, tıpta, ve canlıları anlama konusunda önemli bir sıçramaydı.

Bunu en güzel ifade eden kişi belki de Friedrich Nietzsche'ydi: "Bedende, en derin felsefeden daha yüce bir bilgelik saklıdır."

ke tarafından gözlemlenmiş ve adlandırılmıştı. Hooke, mantarın ve yeşil bitkilerin içinde gördüğü bu mikroskobik yapıları manastır odalarına benzettiği için onlara bu ismi vermişti.

Bu küçük kompartmanların yapı ve amacına yönelik temel bazı soruların yanıtına zaman içinde ulaşıldı. İskoçyalı bitkibilimci Robert Brown, 19. yüzyılda hücre araştırmalarının ön saflarında yer alıyordu. Mikroskobuyla bir sıvı içindeki maddecikleri inceleyen Brown, başka birçok şeyin yanısıra, gördüğü maddelerin durmaksızın titreştiklerini de fark etti. Günümüzde "Brown hareketi" diye adlandırılan bu titreşimlerin nedeni, sıvıdaki görünmeyen moleküllerle gerçekleşen çarpışmalardı. Brown 1831'de bitki hücrelerinin de bir iç bileşeni olduğunu gözlemledi ve ona çekirdek adını verdi. Bu gözlem, hücresel süreçleri anlamaya çalışan geleceğin araştırmacıları için çok büyük bir önem teşkil edecekti.

Birkaç yıl sonra Çek fizyolog Jan Evangelista Purkinje, ilk kez mitoza, yani hücre bölünmesine tanıklık etti. Bu işlem sırasında hücre, çekirdeğin aktif katılımıyla, iki kardeş hücre oluşturarak bölünüyordu. Oluşan hücrelerin her biri, orijinal hücreyle aynı genetik materyalleri içeriyordu. Purkinje ayrıca, hücrelerin içini doldurarak ve onların yaşamsal içeriğini oluşturan, yarı-akışkan yapıdaki maddenin, yani protoplazmanın içindeki birkaç farklı hücre tipini de tanımladı.

Ne var ki hücrenin tüm bitki yaşamının temel yapısal birimi olarak tanımlanması 1838'i buldu. Bunu başaran kişi olarak, Alman bitkibilimci Matthias Jakob Schleiden'in adı verilebilir. Schleiden, sebze dokularının grup hücrelerden geliştiğini ve oluştuğunu gördü. Çekirdek ise her hücrede en önemli rolü oynuyordu. Schleiden'in çıkarımları oldukça iddialıydı ama o, güçlü bileşik mikroskoplarla gerçekleştirdiği yıllar süren gözlemleriyle sözlerini destekleyebilecek durumdaydı. Schleiden, maddelerin hücre içindeki hareketini incelemişti. Her ne kadar hücrelerin bölünmek yerine, yüzeyden filizlendiği görüşünde yanılmış olsa da, en azından bitkibilim çalışmalarına, ileride hücre biyolojisi teorisine dönüşecek olan sağlam temeli kazandırdı. Teorinin hayvan hücrelerine uyarlanması ise bundan birkaç ay sonra, Schleiden'in arkadaşı Theodor Schwann tarafından gerçekleştirilecekti.

Alman fizyolog Schwann, hayvan fizyolojisi de dahil, çeşitli alanlarda önemli çalışmalar yürütmüş, embriyonların tek bir hücreden, ya da döllenmiş yumurtadan geliştiğini ortaya koymuştu. Ayrıca dokuların besinli bileşenlerden meydana geldiğini açıklamak için "metabolizma" terimini de bulmuştu. Ancak ileride modern hücre teorisinin temelini oluşturacak olan bilime en büyük katkısı, 1839'da yayımladığı kitabı *Hayvan ve Bitkilerde Yapı ve Gelişimin Benzerliği Üzerine Mikroskobik Araştırmalar* ile gerçekleşti.

Schwann tüm hayvan ve bitkilerin hücrelerden ve onların türevlerinden oluştuğunu ilan etti. Şöyle diyordu: "Birbirinden ne denli farklı olursa olsun, tüm organizmaların te-

Hücre teorisiyle ilgili daha fazla bilgi için bkz. sayfa 279.

MİKROSKOPLAR

Mikroskoplarda gözlem ve analiz amacıyla küçük nesnelerin görüntüsünü büyütebilmek için bir dizi lens kullanılır. Farklı mikroskop tipleri vardır: basit ve bileşik mikroskop, elektron mikroskobu, stereoskopik mikroskop, polarizasyon mikroskobu, tarama optik mikroskop, yansıtmalı mikroskop, akustik ve tarama tünelleme mikroskobu. Mikroskobu icat etmiş olmasa da Antoni van Leeuwenhoek, aygıtın ana bir kullanımıyla ilişkilendirilen ilk bilimcidir.

Jan Purkinje hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 277.

mel yapılarını ilgilendiren evrensel bir gelişim ilkesi mevcuttur. O ilke de hücre oluşumudur." Bu yeni görüş, canlı organizmaların gelişim ve yaşayışının, kolektif bir yaşamsal ruh gibi belirsiz tek bir ilkeyle yönetildiğine ilişkin tüm inanışları yok etti. Schwann'a göre fizyolojiyi anlamanın yolu, hücrenin kendisinden geçiyordu. "Temel kısımların her birinin kendine özgü bir gücü, kendine ait bir yaşamı var," diyordu. "Organizmanın bütününün varlığı ancak kısımların teker teker ve birbiriyle bağlantılı işleyişiyle mümkün."

Schwann, her hücrenin ayrı bir kimliği olduğunu, ancak hepsinin ortak amaç uğruna hareket ettiğini söylüyordu. Günümüzde artık insan vücudundaki 50 ila 75 trilyon arasındaki hücrenin tüm yaşamsal aktiviteleri gerçekleştirdiğini, çoğunun da vücut için enerji sağladığını biliyoruz. Bir grup hücre biraraya geldiğinde dokuyu oluşturur; dokular birleştiğinde ise organları.

Peki hücre nasıl ortaya çıktı? Bu noktada Schleiden ile çağdaşları vitalizme (yaşamsalcılık) dönüyordu: hücrelerin, kimyasal ve diğer fizik kuvvetlerden farklı yaşamsal bir kuvvet tarafından yönetildiğine ve jelatinimsi hammaddelerden kristalleştiklerine inanıyorlardı.

Ancak Polonya asıllı zeki ve araştırmacı anatomist ve patolog Rudolf Virchow, aynı fikirde değildi. Virchow 1858'de vitalizm teorisine saldırmış, "tüm hücrelerin hücrelerden kaynaklandığını" açık ve net bir şekilde ilan etmişti. Ona göre organizmaları şekillendiren merkezi bir yaşamsal kuvvet yoktu. Canlılar bir "yaşamsal birimler", yani hücreler "bütünü"ydü. "Bu birimlerin her biri, yaşamın tüm özelliklerini barındırıyor" du. Virchow, hastalıkların da yalnızca bozulan hücrelerden kaynaklandığını söyledi ve zamanla hücrelerin anormal koşullara, hastalığa neden olan anormal ürünler üretmeye başlayarak tepki verdiğine inandı. Hücreleri "toplumsal bir düzenin ya da toplumun" özerk vatandaşlarına benzetti. Düzen içinde her birey, komşusunun ve tüm organizmanın refahını artıracak şekilde hareket etmek zorundaydı. Ancak bazen bunu yapmıyordu ve ortaya çıkan düzensizlik hastalığa neden oluyordu. Yıllar sonra Virchow'un bazı görüşleri, hücre isyanlarının en büyüğü olan kanseri açıklamada önemli rol oynayacaktı.

ÖNLEYİCİ BİLİM

Kısıtlı araştırma olanakları ve beraberinde gelen sağlam bilgi eksikliği yüzünden 19. yüzyıl bilimcilerin, hücreleri hastalıkla ilişkilendirme yolundaki tüm girişimleri varsayımdan ibaretti ve Virchow'un hipotezlerinin ötesine gidemiyordu. Öte yandan mikropların hastalıklarda oynadıkları role ilişkin kanıtlar arttıkça, Pasteur gibi araştırmacılar hastalıkları tedavi edebilmek için dikkatlerini bu sevimsiz hayvancıkların gelişimini baskılamaya yönelttiler. Aslında Pasteur kendisini daha da yüce bir amaca adamış gibiydi. 1884'te, Paris'teki bir konuşmasında, "Bir hastalık üzerinde düşünürken, o hastalığın tedavisini değil, onu engellemenin bir yolunu ararım," demişti.

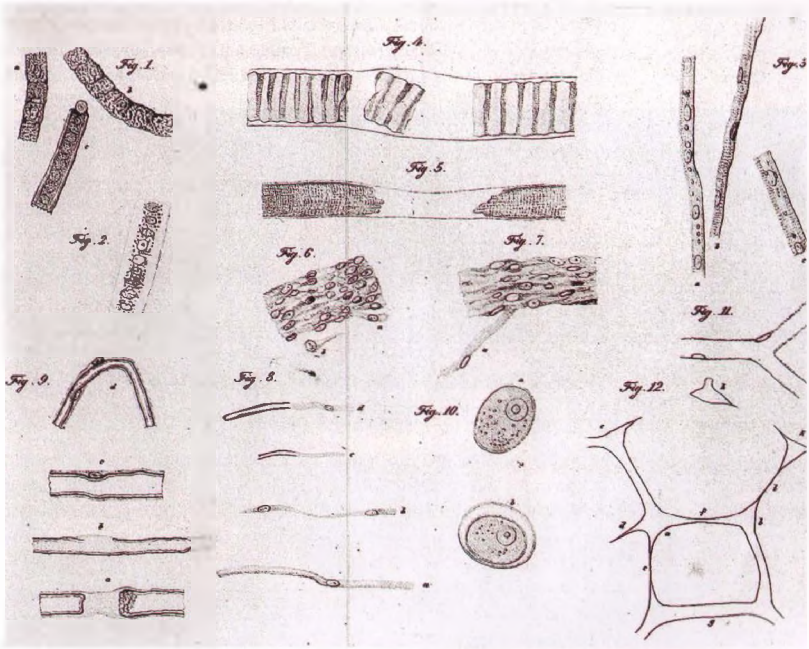
Engellemenin bir yolu. Bunlar iki temel faktöre dayalı kilit sözcüklerdi: Birincisi, bağışıklık bilimi –hastalıkların vücudu neden ve nasıl ele geçirdiğini ve vücudun onları nasıl savuşturduğu inceleyen bilim; ikincisi, bu bilim sayesinde ortaya çıkan önleyici aşılar. Pasteur, kendisinden önce yaşayan Edward Jenner'in çalışmalarını temel alarak, tıbbın en büyük zaferlerinden birini elde edene dek, bu iki faktör yeterince anlaşılamadı. Söz konusu zafer aşılamaydı. Aşıyı ilk kez 1796'da İngiliz köy doktoru Jenner keşfetti. Lister hayat kurtarmak için kendisini mikropları öldürmeye adamışken, Jenner de aynı amaçla onlardan yararlanıyordu.

Jenner, sığır çiçeğine –süt sağmakla yayılan hafif bir hastalık– yakalanan insanların, ölümcül çiçek hastalığına yakalanmadığını fark etmişti. Aynı gözlem Fransa ve Almanya'da başkaları tarafından da gerçekleştirilmişti. Jenner bunun anlamını düşünmeye başladı: sığır çiçeğine yakalanmak, kişiye bağışıklık kazandırıyordu.

Sonunda Jenner cesur bir deney yapmaya karar verdi: sığır çiçeğine maruz kalmak, insanları çiçek hastalığından koruyorsa, o zaman neden sığır çiçeği döküntüsünden sıvı alınıp, hastalığı olmayan birine aktarıl-

LENSTEN GÖRÜNEN

Hücrelerin yaşamın yapıtaşları olduğunu öne süren Alman fizyolog Theodor Schwann, mikroskobuyla gördüğü küçük birimlerin resmini çizdi.



masın ve o kişi çiçek hastalığına maruz bırakılmasın? Riskli görünse de deney öyle titiz ve dikkatli gözlemlere dayanıyordu ki, Jenner başarma konusunda şüpheli olsa, büyük olasılıkla buna kalkışmazdı. Planından, eski öğretmeni John Hunter'a bahsetti. İngiliz anatomist ve cerrah Hunter, lenfatik –bakteriyi vücut dokusundan atmak için lenf sıvısının dolaşımı– ve enfeksiyonlu dokuda cerahat oluşumu deneyleriyle Jenner'in eğitimine katkıda bulunmuştu. "Düşünme, dene" dedi Hunter Jenner'e. "Sabırlı ol ve hatadan kaçın."

Jenner'in ilk deneği, sekiz yaşındaki James Phipps'ti. Süt sağmakla görevli bir kızın elinden alınan sığır çiçeği cerahati çocuğa dikkatle enjekte edildi. Jenner bu işleme Latincede sığır sözünün karşılığı olan *vacca*'dan türettiği İngilizce "vaccination", yani aşılama adını verdi. İki ay sonra Jenner çocuğa, normalde ölümcül sonuçlar yaratabilecek miktarda çiçek hastalığı mikrobu aşıladı ama çocuk hastalığa yakalanmadı. Jenner'in büyük rol oynadığı bu başarılı önleyici yöntemin haberi kısa sürede dünyaya yayıldı.

Haber, her zamanki gibi kuşku ve eleştiriyle karşılandı. "Hassas sığır çiçeği konusundaki düşüncelerim duyulduğunda, en aydın tıp şahsiyetleri arasında dahi görülen kuşkuculuk, gerçekten takdire şayandı," demişti Jenner bir yazısında. "Hem böyle yenilikçi, hem de tıp tarihinde eşi benzeri görülmemiş bir öğretinin doğruluğunu, sıkı bir incelemeden geçirmeksizin kabul etmek, tabii ki cü-



AŞI
İngiliz doktor Edward Jenner, 1796'da sekiz yaşındaki James Phipps'i çiçek hastalığına karşı aşılayarak önleyici tıpta yeni bir çığır açtı.

retkârlık olurdu."

Pasteur, Jenner'in kazandırdığı ivmeyi devam ettirdi. Araştırmacı (fermantasyonun yalnızca kimyasal bir olay olduğunu öne süren) yaygın fermantasyon teorisini çoktan çürütmüş, asıl nedenin mikroorganizmalar olduğunu ortaya koymuştu. Ayrıca havadaki mikroplarla temas etmediği sürece, steril bir sıvının kirlenmeyeceğini de göstermişti. Sütü belli bir dereceye kadar ısıtmanın, tifo ve tüberküloz mikroplarının yayılmasını engelleyeceğini söylemişti. İleride pastörize etme şeklinde anılacak olan bu yöntem, kısa sürede ve yaygın şekilde uygulanmaya başlandı ve gerçekten de sayısız hayat kurtardı.

Ancak Pasteur, en dikkat çekici keşiflerinden birini 1880'lerde gerçekleştirdi. Tıpkı Jenner'in çiçek hastalığını, sığır çiçeği aşısıyla tedavi edebileceğini keşfettiği gibi, Pasteur de kültür ortamında yetiştirilmiş bir miktar kolera bakterisine maruz bırakılan tavukların, hastalığı ağır bir şekilde atlatmaktan kurtulabileceğini keşfetti.

Pasteur bu görüşünü, bir antraks kültürünü ayrıştırarak da test etti. Antraks (şarbon) hem hayvanları hem de insanları tehdit eden ölümcül bir hastalıktı. Pasteur kültürü kullanarak iki düzine koyunu aşıladı, sonra koyunları eşit sayıda aşılanmamış koyunla biraraya getirdi ve tamamını öldürücü dozda antraksa maruz bıraktı. Aşılanmayan hayvanların tamamı öldü; aşılananların ise tamamı hayatta kaldı. Sonuç Pasteur'e uluslararası şöhret getirdi.

Pasteur 1868'de preparatlarından birini insan üstünde denemeye karar verdi. Büyük kimyager bir süredir kuduz aşısı üzerinde çalışmaktaydı. Kuduz hastalığı sıcak kanlı hayvanlarda görülen ve merkezi sinir sistemine saldıran ölümcül bir viral hastalıktı. Pasteur'ün, antraks ve kolera aşıları için kullandığı teknikle hayvanlar üzerinde gerçekleştirdiği deneyler, kuduzun önlenmesinde başarı sağlamıştı. O günkü bilgi birikimiyle virüsü ayrıştıramadığı için, Pasteur'ün hastalığı hayvandan hayvana geçirmesi gerekiyordu. Araştırmacı hayvanlarla deneylerini sürdürür-

EDWARD JENNER

Aşının mucidi

1749
17 Mayıs'ta İngiltere, Berkeley, Gloucestershire'da doğdu.

1763
14 yaşında kasaba cerrahı Daniel Ludlow'a asistanlık yaptı.

1772
Londra, St. George's Hastanesi'nde tıp eğitimini tamamladı.

1772
Berkeley'e dönerek pratisyen hekimlik ve cerrahlık yaptı.

1783
Parazitli hastaların tedavisinde kullanılan bir kimyasal olan potasyum tartarat asidini arıtmak için yöntem geliştirdi.

1789
Guguk kuşunun yuva yapma alışkanlıklarını açıklayan bilim makalesi sayesinde Kraliyet Akademisi'ne seçildi.

1796
Sekiz yaşındaki James Phipps'i başarıyla aşılayarak, çocuğu sığır çiçeği hastalığından hazırlanan aşıyla, çiçek hastalığına karşı korudu.

1798
"Çiçek Aşısının Nedenleri ve Sonuçları Üzerine Araştırma"yı yayımladı ve burada hastalığın önlenmesinde sığır çiçeği aşısı kullanımını açıkladı.

1804
Tıp alanında elde ettiği başarılarına karşılık Napolyon'dan özel madalya aldı.

1809
Yerbilim, yerküre bilimi ve fosilleşme alanlarındaki bilgisi sayesinde Yerbilim Akademisi'ne seçildi.

1819
Günümüzde plesiosaur diye adlandırdığımız hayvanın fosil kalıntılarını buldu.

1823
26 Ocak'ta İngiltere, Berkeley'de öldü.



ken, yakın bir kasabada yaşayan dokuz yaşındaki Joseph Meister, kuduza yakalanmış bir hayvan tarafından ağır şekilde yaralandı. Meslektaşlarının uyarılarına rağmen Pasteur çocuğu aralıklarla 13 kez aşıladı. Sonuçta çocuk hayatta kaldı ve kuduz hastalığına yakalanmadı.

HASTALIKLAR İÇİN YENİ BİR NEDEN: VİRÜSLER

Belli bazı bakterilerin belli hastalıklara yol açtığı anlaşıldıktan sonra, sıradaki hedef virüslerdi. Alışılmış mikroskoplarla görülemeyecek kadar küçük olan virüsler, bakterileri yakalayan filtreleri bile aşabiliyordu. Onların varlığını tahmin eden araştırmacıların daha fazla bilgi edinebilmek için tek yapabildikleri, virüs içerdiği bilinen maddeleri bir hayvana enjekte etmek ve olanları izlemekti. Ayrıca şüpheli maddeler döllenebilir tavuk yumurtalarına aşılanıyor ve gelişen embriyondaki değişimler gözlemleniyordu.

Gözle görülemeyen virüslerin varlığını akla getiren şey neydi? Sorunun yanıtı basit: patojeni bulunamayan çok sayıda hastalık vardı ve bu hastalıkların başlangıç, gelişim ve sonlanması, mikroplarla ilintili bir etkenin varlığına işaret ediyordu.

1800'lerin sonlarında Hollandalı bitkibilimci Martinus Beijerinck, virüsü tespit edemese de, varlığını ortaya koyan şaşırtıcı bir deney gerçekleştirdi. Beijerinck, şekil bozukluğuna yol açan "tütün mozaik" hastalığına yakalanmış tütün bitkilerinin suyunu çıkardı. Elde ettiği sıvıyı mikroskopla incelediğinde herhangi bir bakteriye rastlamadı. Soruna yol açan şey, o dönemde bilinen tüm bakterilerden daha küçüktü: Beijerinck buna "virüs" adını verdi. (Jenner de sığır çiçeğine neden olan maddeye "virüs" demişti ama ona göre bu sözcük yalnızca zehirli bir maddeyi ifade ediyordu.)

Günümüzde filtrelenebilen virüs biçiminde anılan –ince gözenekli laboratuvar filtresinden geçebilen– virüsler, ayak izlerini her yerde bırakıyorlardı. İçinde saklandıkları sıvılar dikkatle incelendiğinde, neden oldukları tahmin edilen hastalıkların sayısı da artıyordu. Viral enfeksiyon araştırmaları, araştırmacıların gözünde gitgide daha büyük bir önem kazandı.

1897'de Alman doktor Paul Frosch, filtrelenebilir bir virüsün hayvanlarda şap hastalığına yol açtığını ortaya koydu. Böylece ilk kez, bir hayvan hastalığına filtrelenebilir bir virüsün neden olduğu kanıtlanmış oldu.

Peki virüslerin insan sağlığı ve hastalığındaki rolü neydi? Soru, Pasteur'ün genç Joseph Meister üstünde gerçekleştirdiği kuduz deneyiyle birlikte yanıtlanır gibi olmuş, buna ek kanıtlara da 1900'de bir ABD ordu patoloğu olan Walter Reed'in laboratuvarında ulaşılmıştı.

Reed'in hedefi, yüksek ateş ve sarılıkla ortaya çıkan bulaşıcı bir tropikal hastalık, yani sarı humma'ydı. Mississippi Vadisi'nde ve Amerika kıtalarında binlerce kişi sarı humma salgınında yaşamını yitirmişti. Hastalıktan en çok etkilenen bölgelerden biri de Küba'ydı. Geleneksel teoriye göre sarı humma, bakteriyi taşıyan giysi ve kumaşlarla bulaşıyordu. Da-

SU ÇİÇEĞİ

Su çiçeği salgını 18. yüzyılda yıkıcı enfeksiyon ve ölüm oranlarıyla dünyanın büyük bir kısmını etkisi altına aldı. Jenner'in aşısıyla birlikte hastalık kontrol altına alındı ve günümüzde hemen hemen ortadan kalktı.

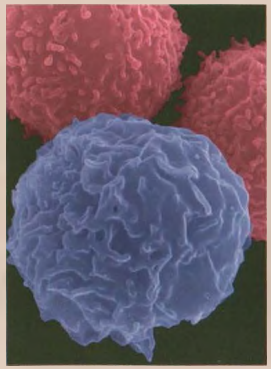
SIĞIR ÇİÇEĞİ

Sığır çiçeği hastalığı yüzyıllardır, sığırların memelerinde oluşan ülser dolayısıyla biliniyordu. İnsanlar sığırdan sığır çiçeği kaptıklarında virüs bir kesikten ya da çizikten vücuda giriyor, ülsere neden oluyordu. Araştırmacılar 1980'lerde insanların kendilerinden de sığır çiçeği kapabildiklerini ortaya koydu.

BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ

Kişinin bakteriyel ya da viral bir enfeksiyonu kapması ya da onunla savaşmayı başarması, bedenin doğal savunma mekanizmasının durumuna, yani insan bağışıklık sistemini oluşturan hücre ve hücre yan-ürünlerinin bütününe bağlıdır.

Bu sistemin ön saflarında "protein molekülleri" yer alır; yani antijen denen diğer protein maddelerini taşıyan işgalci patojenleri yok eden veya baskılayan, alyuvarlar tarafından üretilen antikorlar. Antikor-antijen denen reaksiyonu gözlemlemenin en iyi yolu, cilteki açık bir yaradan içeri giren bakterilerin dokulara yerleştiği durumları izlemektir. Sözkonusu durumda vücut anında koruyucularını harekete geçirir ve onları yaraya gönderir. Yaraya giden koruyucular işgalcileri bir yabancı olarak algılar ve saldırıya geçer.



Sırasıyla mavi ve kırmızı renkteki T ve B hücreleri bağışıklık sisteminin lenfositlerini oluşturur.

Ardından bağışıklık sistemi özelleşmiş hücreleri devreye sokar, örneğin, antijenleri tanıyan lenfositleri ve işgalcileri yutarak yok eden fagositik makrofajları. Normal bir yetişkinde alyuvarların yaklaşık yüzde 22 ila 28'ini teşkil eden lenfositler, iki tip hücre içerir; B hücreleri ve T hücreleri. Bu hücreler kemik iliğinde ortaya çıkar ve olgunlaşır. Ardından kana karışarak, dalaktaki zarımsı lenfoid bağdoku ağına ve diğer yapıların arasındaki lenf düğümlerine yerleşirler.

Sistemin merkezinde, alyuvarları barındıran akışkan sıvı, yani lenfin kendisi yer alır. Lenf, lenfatik sistem içinde dolaşır ve kana ulaşır. Lenfatik sistem kanallar, boşluklar ve damarlardan oluşan, birbiriyle bağlantılı bir düzenektir. Lenf düğümleri –lenfositleri içeren küçük oval yapılar– lenfatik damarlar üzerine dağıtılmıştır. Bu düğümlerde lenf bakteriden ve diğer yabancı parçacıklardan ayrıştırılır.

Dalaktaki lenfositler de aynı işlevi yerine getirir. Midenin sol tarafında, bol damarlı lenfoid bir organ olan dalak, kandaki yabancı maddeleri filtreler. Ayrıca kan depolar ve kanı yaşlı hücrelerden arındırır.

Sistem çok iyi işler ama bazen de otoimmünite (özbağışıklık) olaylarıyla, yani vücut içi sivil savaşla, kendi kendini sabote eder. Bazı durumlarda normal hücrelerin aleyhine dönen T hücreleri, onlara yabancı madde gibi davranarak çeşitli hastalıklara neden olurlar. Bu hastalıklar arasında cildi, eklemleri ve diğer vücut sistemlerini etkileyen Tip 1 diyabet, pernisyöz (kötücül) anemi, romatoid artrit ve lupus yer alır. Kimi zaman otoimmün hastalıkları denetim altına almak ya da nakledilen organların reddedilmesini önlemek için, bağışıklık sisteminin yararlı aktivitelerinin ışınla ya da ilaçlarla bastırılması gerekebilir.

Böbrek ya da kalp nakli durumunda bağışıklık sistemi yeni organı yabancı olarak algılar ve bu yabancı dokuyu reddetmek için hastalıkla savaşan kuvvetlerini devreye sokar. Güçlü immünosüpresif (bağışıklık sistemi baskılayan) ilaçlar bu süreci yavaşlatabilir ama aynı zamanda vücudun savunma sistemini öyle zayıflatır ki, nakledilen organın yanısıra, enfeksiyona yol açan etkenler de herhangi bir engelle karşılaşmaz. Öte yandan, genlerinin ancak yarısı annesi ile aynı olan fetüsün, dokuz ay boyunca rahimde güvenle taşındığı hamilelik durumunda, reddetme fenomeninin devreye girmemesi de ilginçtir.

ha yakından incelenen yayılma örnekleri bir böceğe, özellikle de sivrisineğe işaret edince, bu görüş önemini yitirdi.

Salgının daha da yayılmasından endişe eden ABD sağlık bakanı, hastalığın araştırılması için bir komisyon topladı ve Reed'i de başına getirdi. Reed'e göre sorumlunun sivrisinek olduğunu kanıtlamanın en iyi yolu, "daha etkin çalışmaların önünü açabilmek için" insan denekler üzerinde çalışmalar yapmaktı. Hastalık hayvanları etkilemediğinden, insan denekler büyük önem teşkil ediyordu. Küba'ya gönderilen Reed, araştırmalarına başladı.

Düzenlediği deney, "iyi bir amaç uğruna her yol mubahtır" anlayışının belki de en cesur bilimsel örneklerinden biriydi. Deneyin temel aldığı varsayıma göre, bir sarı humma hastasını sokan sivrisinek, sağlıklı birini soktuğunda hastalığı o kişiye bulaştırabilirdi. Gönüllü İspanyol göçmenlere 100 dolar karşılığı altın ödeniyordu, hastalanırlarsa 100 dolar daha alıyorlardı. Deneye katılan ABD askerlerine ise ödeme yapılmıyordu.

Yöntem hayli acımasızdı. Sivrisinekler test tüplerine yerleştiriliyor, tüpler sarı humma hastalarının kolları üstünde ters çevriliyordu. Böylece sinekler hastanın kanını emiyordu. Hastalık etkeninin sinek içinde olgunlaşması için yeterli olduğu düşünülen iki haftalık sürenin sonunda, aynı tüpler sağlıklı gönüllülerin kollarına yerleştiriliyor ve sivrisineklerin yeniden kan emmesine izin veriliyordu. İlk deneylerde, biri ağır ve hemen hemen ölümcül, diğeri ise daha hafif şekilde olmak üzere, iki denek hastalığa yakalandı. John Hopkins Üniversitesi'nde proje üstünde çalışan Dr. Jesse Lazear ise o kadar şanslı değildi: büyük olasılıkla deneysel bir sırıktan dolayı sarı hummaya yakalandı ve yaşamını yitirdi.

Sonraki deneylerde farklı sivrisinek türleri kullanıldı ve daha fazla vaka elde edildi. Vakaların 14'ü hastalık taşıyan sırıklardan, diğerleri ise hastalığın erken safhasındaki gönüllülere ait filtrelenmiş kan serumundan dolayı hummaya yakalanmıştı. Toplamda 30 kadar gönüllü sarı hummaya yakalandı, beşi öldü.



LOUIS PASTEUR
Pek az bilimci kendi döneminde Pasteur kadar şöhret sahibi oldu. Öldüğü yıl yayımlanan bir Fransız dergisinin kapağındaki bu resim, Pasteur'e gösterilen ilginin bir kanıtı.

Deney, Küba'da sarı hummanın kökünü kurutan bir "sivrisinek yok etme" programına önayak oldu ve filtrelenebilir bir virüsün, ya da en azından ultra mikroskobik bir tür organizmanın insanlara sivrisinek ısırığıyla aktarıldığını kanıtladı. Ancak eleştirilere hedef olmaktan da kurtulamadı. Her şeyden önce, ilk deneyler, gönüllülerin resmi onayı alınmadan gerçekleştirilmişti. Reed, riskleri açıklayan protokolü daha sonra düzenlemişti. Ayrıca Reed'in katılımı konusu vardı. Reed –Lazear gibi– kendini denek olarak kullanmayı kabul etmişti, ancak –yaşamını yitiren Lazear'ın aksine– sonradan deneye katılmamıştı. Bu karar meslektaşlarının eleştirisine yol açtı.

İşin ahlaki yönü bir yana (tabii, insan sağlığını ilgilendiren herhangi bir teori ve uygulama geliştirirken ahlakı bir yana bırakmak mümkün olsaydı), sarı humma deneyleri ve hastalığın ortadan kaldırılışı, geleceğin habercisiydi. Gelecekte zatürre, grip, hepatit A ve B, suçiçeği ve kızamık gibi pek çok viral hastalığa karşı önlemler alına hayali gerçeğe dönüşecekti. Sonunda hiç kimse virüs kaynaklı hastalıklarla sekteye uğramış bir sosyal yaşamı deneyimlemek zorunda kalmayacaktı. Sarı humma korkusunun hüküm sürdüğü 1793'te bir Amerikalı doktor bu deneyimi şöyle dile getiriyordu: "İnsanların öldüğü evlerin yanlarından geçerken hastalık kapmamak için çoğu kişi kaldırımdan değil, yolun ortasından yürüyordu. El sıkışma âdeti öyle gözden düşmüştü ki, el uzatmak hakaret sayılıyordu."

Hastalığa virüsün neden olduğuna işaret eden bir diğer önemli deney de, Reed'ten sonra, 1910'da New Yorklu patolog Dr. Francis Peyton Rous tarafından gerçekleştirildi. Rous bir tavuktaki sarkomdan –bağ dokularında gelişen habis ur– elde ettiği filtrelenmiş sıvıyı başka tavuklara enjekte etti. Deneyi birkaç kez tekrarladı. Sonuçlar her seferinde aynıydı: İğne yapılan tavuklarda sarkom gelişiyordu. Bu da hücrelerden arındırılan sıvının, hastalığı bulaştırabilen bir virüs taşıdığını kanıtlıyordu. Dr. Rous'un günümüzde dahi büyük önem atfedilen deneyi kendi zamanında şüpheyle karşılandı çünkü genel kanıya göre kanseri aktarabilen tek etken, kanser hücresinin kendisiydi.

Tüm bu çalışmalar büyük ölçüde etkili olsa da, bilimcilere virüslerin yapısı hakkında çok az şey söylüyordu. Ancak Dr. Rous'un deneyinden birkaç yıl sonra Amerikalı biyokimyager Wendell Stanley, tütün mozaik virüsü de dahil çeşitli virüsleri saflaştırarak ve kristalize ederek incelemeyi başardı. Böylece virüslerin moleküler yapılarını ortaya çıkardı. Daha sonraları çocuk felcine karşı canlı-virüs aşısı geliştirecek olan Amerikalı bakteriyolog Albert Sabin, 1934'te, bir maymun tarafından ısırıldıktan sonra omurilik iltihabından ölen birinin merkezi sinir sisteminden virüsü ayrıştırmayı başardı.

Patojenlerin, içlerinde nükleik asit barındıran sağlam bir protein kılıfından başka bir şey olmadıkları sonunda anlaşıldı. (Araştırmacılar daha ileride bu yapının, hücre işlevlerini ve kalıtımı denetleyen, sarmal yapılı genetik şifre taşıyıcısı DNA veya

RNA olduğunu anlayacaktı.) Bu gözlem ortaya büyük bir sorun çıkarıyordu. Görünüşe bakılırsa virüsler, bakteri ve diğer hücreler gibi canlı olmadıkları halde gelişebiliyor ve çoğalabiliyorlardı.

Araştırmacılar canlılıkla cansızlık arasındaki gri alanda gezinen virüslerin nasıl hayatta kaldıkları sorusunu sormaya başladılar. Ne şekilde bulaşıyorlardı? Virüsler, elektron mikroskobunun 1940'lardaki icadına dek fotoğraflanamadığı için, araştırmacıların verebileceği yanıtlar sınırlıydı.

1930'ların sonuna gelindiğinde bakteriyel filtrelerden sızabilen bu küçücük ajanların, varlıklarını sürdürebilmek için bir konakçı hücreye gereksinim duydukları; bunun için de hücrenin normal kopyalanma komutlarıyla birlikte mekanizmasını ele geçirdikleri biliniyordu. Virüsün komutlarıyla şaşırtılan ve genetik bilgileri değiştirilen veya silinen talihsiz hücre ise ya kendisini yok etmeden önce normal protein yerine binlerce yeni virüs üretmeye zorlanı-

SARI HUMMA
Dean Cornwell'in "Sarı Humma Fatihleri" adlı tablosu, hastalığın nedeni ve tedavisini bulmak üzere oluşturulan danışman grubunu resmediyor. Solda, sivil giysileri içinde Kübalı doktor Carlos Finlay; sağda, merdivende ise ABD ordu patoloğu Walter Reed görülüyor.



yordu, ya da yeni ve hatalı halinden sonsuz kopyalar üretecek türden bir dönüşüme uğruyordu. Gasp edilen bir bakteri hücresi tüm metabolik fonksiyonlarını birkaç dakika içinde yitirirken, insan memeli hücresi birkaç saatte yitiriyordu.

Araştırmacılar sonunda çoğu virüsün, bir şey tarafından –ilaçlar, çevresel atıklar ya da biyokimyasal bir değişim– uyandırılana dek hücre içinde sessizce uyuyabildiğini, uyandırıldıktan sonra hücrenin genetik komutlarında hastalığa yol açan değişiklikler yarattığını görmeye başladılar. İşin ilginci –o dönemde bilinmese de– AIDS'e neden olan virüs insana büyük olasılıkla ilk kez bu yıllarda geçti.

İLAÇLAR VE ANTİBİYOTİKLER

Virüs ve bakterilerin neden olduğu hastalıklara karşı verilen savaş ile tedavi ve önlem geliştirme çabaları önceliklerini hiç yitirmediler. Ancak Pasteur'ün zamanında (bugün de olduğu gibi) antiviral geliştirmek zordu çünkü düşman hem görünmez hem de karmaşıktı. Pasteur ve diğerleri bazı maddelerin, mikrop gelişimini engeller gibi göründüğünü fark ettiler ancak bu tedavilerin bir kısmı aynı zamanda mikroplu dokuya da zarar veriyordu. Asıl gereksinim duyulan şey, yalnızca bakteriye bağlanarak, hücredeki belli bazı moleküllere reaksiyon gösterecek bir maddeydi. Tıpkı günümüzün ileri derecede spesifik monoklonal antikorları gibi. Böyle bir şey, o dönemde de mevcuttu ama Alman kimyager ve bakteriyolog Paul Ehrlich'e kadar kimse bunu fark etmedi. Ehrlich'in karmaşık, organik moleküllerde yan zincir teorisi, bağışıklık ve serum reaksiyonları bilimini büyük ölçüde geliştirdi.

Ehrlich bakterileri mikroskop altında görünür kılmak için kullanılan boyayıcı maddeler üstünde çalışıyordu. Mikropları öldürebilen bir kimyaya sahip, bu boyalara benzer bir madde bulunabilseydi, antimikrobik tedavinin temelleri atılabilirdi. 1910'da yüzlerce deneyden sonra Ehrlich'in laboratuvarında frengiye neden olan spirili ortadan kaldırabilen bir bileşim –606 numara– belirlendi. Cinsel yolla bulaşan hastalıklardan biri olan frengi, hemen her durumda ölümcüldü ve çoğunlukla da ölüm öncesi deliliğe yol açıyordu.

1922 – 1960

1922
Kanadalı doktor Frederick Banting, Charles Best ve John MacLeod, diyabetik hastalara ilk kez insülin verdi.

1928
İskoçyalı bakteriyolog Alexander Fleming, stafilokok bakterisiyle deney yaparken penisilini keşfetti.

1940'lar
Kansere karşı etkin bir tedavi yöntemi olarak kemoterapi geliştirildi.

1943
Amerikalı mikrobiyolog Selman Waksman, tüberküloza neden olan bakteriye karşı etkili ilk antibiyotik olan streptomisini ayrıştırdı.



Çok geçmeden benzeri "sihirli kurşunlar" –hastalıkları tedavi eden ya da önleyen ilaçlar– keşfedildi. Bunlardan biri de, diğer birçokları gibi kaza eseri bulunmuştu. 1928'te stafilokok bakterisinin kültürleriyle deney yapan Britanyalı araştırmacı Sir Alexander Fleming, kaplardan birine istemeden mikrop bulaştırdı. Ancak tamamen bakteriyle kaplanması gereken kültür kabında, stafilokok mikrobunun bulunmadığı geniş alanlar vardı. Görünüşe bakılırsa bu alanları, güçlü bakteri öldürücü özelliğe sahip bir küf kaplamıştı. Kısa süre sonra bu küfe *Penicillium no-*

AŞILAR
Bu çağdaş ahşap gravürde, Hindistan'daki Üçüncü Gurkalar, 1893 salgınında kolera aşısı olurken resmediliyor.

1953
Amerikalı genetikbilimci James Watson ve Britanyalı biyolog Francis Crick, DNA'nın çift sarmallı yapısını ve işlevini çözdü.

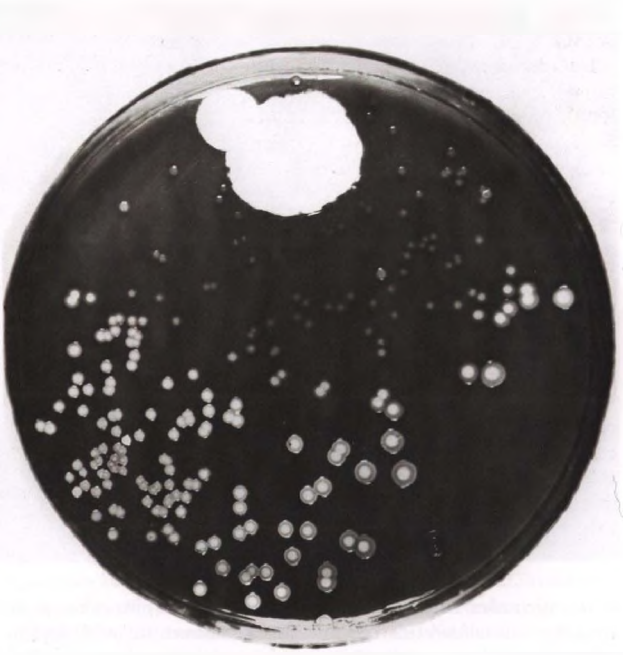
1954
İlk başarılı organ nakli, bir böbrek nakliyle, Amerikalı cerrah Joseph Murray tarafından, Boston Massachusetts'de tek yumurta ikizleri üzerinde gerçekleştirildi.

1955
Amerikalı doktor Jonas Salk'ın 1952'de geliştirdiği çocuk felci aşısı ABD'de kullanıma girdi.

1960
İlk doğum kontrol hapı Enovid-10 ABD'de geliştirildi ve pazarlandı.

ANTİBAKTERİYEL BAŞARI

Bakteri öldüren bileşenler ya çok sayıda denemelerin sonunda ya da kaza eseri keşfediliyordu. Tıpkı Alexander Fleming'in kültür kabındaki stafilokok mikroplarını öldüren penisilin küfünü keşfetmesi gibi.



tatum adı verildi. Fleming'in penisilin diye isimlendirdiği madde, birkaç biyokimyager tarafından geliştirildikten sonra, on yıl içinde tedavi amaçlı kullanılmaya başlandı. Kısa süre sonra da 20. yüzyılın en çok adı geçen antibiyotiği oldu.

Ancak penisilinin ilaç olarak kullanıma girmesinden çok önce, bir başka madde türü etkisini kanıtlamıştı. 1932'de Ehrlich'in yurttaşı Gerhard Domagk, streptokok bakterisini öldüren bir boyayıcı madde keşfetti. Madde hem Domagk'ın kendi kızını, hem de Başkan Franklin D. Roosevelt'in oğullarından birini sağlığına kavuşturdu. Çok geçmeden maddenin (sonradan Prontonsil marka adını alan) etken bileşeni sulfanilamid ayrıştırıldı ve bakteriyel gelişimi engelleyen bir dizi bileşen üretmek için kullanıldı. Bu bi-

leşenlerin tümüne günümüzde "sülfa ilaçları" deniyor.

Elde edilen tüm bu baş döndürücü başarılara rağmen, antibiyotik saldırısına inatla direnen ciddi bir mikrop vardı: akciğere ve vücudun diğer dokularına zarar veren, yaygın ve ölümcül tüberküloz hastalığının basili. 1600'lerden beri çok sayıda araştırmacı dikkatlerini bu hastalık üstünde yoğunlaştırmıştı. Sözkonusu araştırmacılardan biri olan İngiliz doktor Benjamin Marten, 1720'de akciğer tüberkülozu için bir teori geliştirdi. Teori hastalığa yol açan etkenin bir mikroorganizma olduğu varsayımına dayanıyordu. Bundan bir buçuk yüzyıl kadar sonra Koch tüberkülü keşfetti.

Tüberküloz için altın içeren karışımlardan, diyaframı felce uğratan sinir ameliyatlarına dek çeşitli tedaviler denendi. Nihayet 1943'te, Rus asıllı ABD'li biyokimyager Selman Waksman, streptomisin adlı maddeyi üreten bir küfü ayrıştırdı. Bu madde tüberküloz bakterisi için öldürücüydü. Tamamen yok edilemese de, insan sağlığını tehdit eden enfeksiyonlardan birinin daha tedavisi bulunmuştu.

VİRÜS SORUSU HÂLÂ YANIT ARIYOR

Viral hastalıklar henüz alt edilebilmiş değildi. Sorunun temelinde onları anlayabilmek yatıyordu ki, günümüzde kimi hastalıklar için hâlâ aynı şey geçerli. Tıpkı antiviral maddeleri geliştirme konusunda olduğu gibi.

Virüs bazlı bir enfeksiyonun mutlaka hastalığa dönüşmesi gerekmez. Aslında bazı virüslerin hiçbir zararı yoktur, bazıları ise anlaşılamayacak kadar hafif etkiler yaratır. Gerçekten de tedavi edilen her çocuk felci vakasına karşılık, fark edilmeyen yüzlerce vaka vardır. Bunun yanında insan bağışıklık yetmezliği virüsü HIV'in tek başına, dünya çapında milyonlarca insanı etkilediğini ve yılda üç milyondan fazla ölüme neden olduğunu vurgulamak gerekir.

Viral genetik bilgisi 20. yüzyılda gelişme gösterdi ve bilimciler virüslerin, konakçı hücrenin

ALEXANDER FLEMING

Penisilinin kâşifi

1881
6 Ağustos'ta İskoçya Lochfield, Ayrshire'da doğdu.

1906
Londra, St. Mary's Hospital Tıp Fakültesi'nden mezun oldu.

1918
I. Dünya Savaşı'nda askeri sıhhiyede görev yaptıktan sonra ders vermek ve araştırma yapmak için St. Mary's'e döndü.

1921
Antibiyotik aktivite sergileyen ve belli bazı hayvan doku ve salgılarında görülen lizozom adlı enzimi tespit etti ve ayrıştırdı.

1928
Stafilokok bakterisini incelerken *Penicillium notatum* adlı küf türünün, etrafındaki tüm bakterileri öldürdüğünü fark etti. Böylece penisilin keşfedildi.

1928
Kraliyet Cerrahlar Koleji'nde "Arris ve Gale Okutmanlığı" görevine seçildi.

1943
Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1944
Tıp alanındaki çalışmalarına karşılık şövalyelik unvanı aldı.

1945
Ernst Boris Chain ve Howard Walter Florey ile birlikte fizyoloji, yani tıp alanında Nobel Ödülü'ne layık görüldü.

1948
Londra Üniversitesi'nde emekli bakteriyoloji profesörü ünvanını aldı.

1951-1954
Edinburgh Üniversitesi rektörlüğüne getirildi.

1955
11 Mart'ta İngiltere, Londra'da öldü.

SAVAŞ DÖNEMİ İLACI

Önceki savaşlarda askerlerin ölümüne yol açan enfeksiyonlarla başa çıkan penisilin, II. Dünya Savaşı meydanlarında önemini kanıtladı. Savaştan sonra ilacın seri üretimine geçildi.

iç kimyasını yeniden düzenleme yöntemlerini anlamaya başladılar. Ancak tüm engeller aşılmış değildi. En büyük sorunlardan biri, çoğu virüs türünün DNA değil yalnıza RNA içermesiydi. RNA ise hücre çekirdeğinin dışında faaliyet gösteriyordu.

Öyleyse bu tür virüsler konakçı hücrenin DNA'sını nasıl etkiliyordu? Sorunun yanıtı "ters transkriptaz" (ters kopyalama) denen bir hücre enziminde yatıyor. Enzim, fizyoloji, yani tıp dalında 1975 Nobel Ödülü'nü kazanan Amerikalı virolog David Baltimore tarafından keşfedildi. Baltimore'un araştırması, ters transkriptaz'ın bir RNA zincirinin, kendisini yeniden DNA'ya kopyalamasını sağladığını gösterdi. Böylece (artık retrovirüs adını alan) virüs, işgal ettiği hücrenin çekirdeğindeki kimyasal komutları yeniden yazdırmış oluyordu.

Belli hepatit tiplerine neden olan virüsler gibi pek çok virüs, bilimi yenilgiye uğratmayı sürdürdü. Ancak sonunda çocuk felci virüsü aşı ile neredeyse tamamen yok edildi. 1977'de, dünya çapında yürütülen aşı kampanyaları sayesinde, binlerce yıl yeryüzünde kol gezen ölümcül çiçek hastalığına yakalanan son kişi de bulundu ve tedavi edildi. Dünya Sağlık Örgütü, dünyadaki tüm laboratuvarlarda (ABD'deki bir laboratuvar ile Sovyetler Birliği'ndeki bir laboratuvar hariç) stoklanan çiçek hastalığı virüslerinin yok edilmesini kabul etti.

Haber genel olarak olumlu karşı-



BAKTERİLER VE VİRÜSLER

Bakteriler ve virüsler önemli farklara sahip olsa da, sarsıcı hastalıklara neden olma özellikleri ortaktır. Bakteriler genelde eşeysiz, nadiren eşeyli üreyen, tek hücreli mikroorganizmalardır. İçlerinde, yarı-akıcı, saydam bir yaşamsal madde olan sitoplazmayı barındırırlar. Bakteriler yararlı olabilecekleri gibi, patojenik hale gelerek, enfeksiyon taşıyarak ya da enfeksiyona yol açarak zararlı da olabilirler. Bakteriler ağızdan, şırınga ile ya da harici olarak alınabilen antibiyotiklerle öldürülebilirler, ya da gelişimleri engellenebilir.



Her yerde bulunan *E. coli* bakterisi faydalı, zararsız ya da son derece zehirli olabilir.

Virüsler ise bakterilerden küçüktür, mikroskopla görülemezler ve canlı oldukları söylenemez. Sitoplazmadan değil, bir protein kılıfıyla kuşatılmış DNA ya da RNA özünden yapılmışlardır. Bünyesinde yaşamın temelini barındırdığı halde bir virüs tek başına varlığını sürdürme kapasitesine sahip değildir. Bunun için, yaşayan bir hücrenin içine girmesi gerekir. Virüs, içine girdiği hücrenin kopyalanma komutlarıyla birlikte mekanizmasını ele geçirir ve hasar yaratan parazitik işlevlerini gerçekleştirir. Antibiyotikler virüslere karşı etkisizdir. Virüsleri yok edebilen ya da büyüme ve çoğalmalarını engelleyen antivirallerin kullanılması gerekir.

Antibiyotik (ya da bakterinin neden olduğu hastalıklara karşı aşı) üretmek, antiviral üretmekten çok daha kolaydır. İlk antimikrobiyaller nispeten basitti: küften elde edilen penisilin, seyreltilmiş asit fenik ve diğer antibioytik maddeler. Sonraları kimyagerler yarı-sentetik ve sentetik antibiyotikleri ürettiler: örneğin, tüberküloz tedavisinde kullanılan Streptomisin, ya da Aureomisin, Teramisin ve özellikle tifoid ateşe karşı etkili Kloramfenikol gibi geniş spektrumlu antibiyotikler. Zamanla tifo, boğmaca ve tüberküloza karşı aşılar ve başka önleyici yöntemler geliştirildi.

Aşılar, bağışıklık sisteminin önceden maruz kaldığı bir durumu hatırlama becerisine dayalıdır. Vücuda sahte bir düşman göndererek, bağışıklık sistemini hastalığa yol açan saldırılara karşı korurlar. Aşının içindeki sahte düşman zayıflatılmış ya da öldürülmüş virüstür. Virüs lenfositleri tetikleyerek antikor üretmelerini sağlar, ama hastalığa neden olmaz. Hastalığın kendisi ortaya çıktığında vücut artık hazırdır.

Ancak hastalık yaratan bazı mikroorganizmalar mutasyona uğrayarak antibiyotiklere karşı dirençli hale gelirler. Böyle bir durumda ilaç dirençsiz mikropları öldürerek, mutasyona uğrayanların çoğalmalarına ve ilaç dirençlerini arttırmalarına neden olur. Gereğinden fazla antibiyotik alımı dirençli türlerin ortaya çıkmasına katkıda bulunur.

Bugün kızamık, grip, kuduz, herpes ve çocuk felci de dahil pek çok viral hastalığa karşı aşı geliştirildi. Bazı antiviraller, hücrenin reseptör proteinlerine, yani çeşitli maddelere bağlanan moleküler yapılara müdahale ederek, virüsün hücreye girişini engeller. Kimi antiviraller virüsün hücreyi ele geçirme kabiliyetini yok ederken, kimileri de virüsün üreme kapasitesini hedef alır.

Bir hastalığın farklı türlerine ait genler birleşerek, yeni ve bazen daha ölümcül bir tür oluşturduğunda, tıpkı antibiyotikler gibi, antiviraller de etkinliklerini yitirebilir. Örneğin, grip virüsü tür değiştirmekle ünlüdür. Belli bir grip türüne karşı koruma sağlayan bir aşı, bir diğerine karşı etkili olmayabilir.

AIDS'İN NEDENİ
Bu fotoğrafta gerçek boyutunun 26.000 katı olarak görülen İnsan Bağışıklık Yetmezliği Virüsü (HIV), edimsel bağışıklık yetmezliği sendromunun (AIDS) nedenini araştıran uzmanları uzun süredir uğraştırıyor. Virüs bugüne dek antiviral tedavi türlerine karşı direncini korudu.

landı ama herkes tarafından kabul görmedi. Tüm çiçek hastalığı virüslerinin yok edilmesi gerektiğini düşünen bilimcilerden Baltimore, içine düşülen açmazı şöyle özetliyordu: "(Virüsün) varlığını sürdürmesinin tek nedeni, kimi insanların çiçek hastalığı konusunda duygusallığa kapılması. Özellikle çevreciler yaşayan türleri ortadan kaldırmamamız gerektiğini düşünüyor. Elbette bu sıkça yaşanan bir durum ama bu seferki bilinçli bir tercih olacağı için, kimilerinin gönlü razı olmuyor."

İşin aslı pek çok virolog, incelenme potansiyeline sahip bir nesnenin yeryüzünden silinmesini istemiyordu. Dahası, çiçek hastalığı biyolojik saldırı amaçlı kullanılsa bile, saldırıya uğrayan ulusun aşı hazırlamak ve halkı korumak için belli bir stoğa gereksinimi olacaktı.

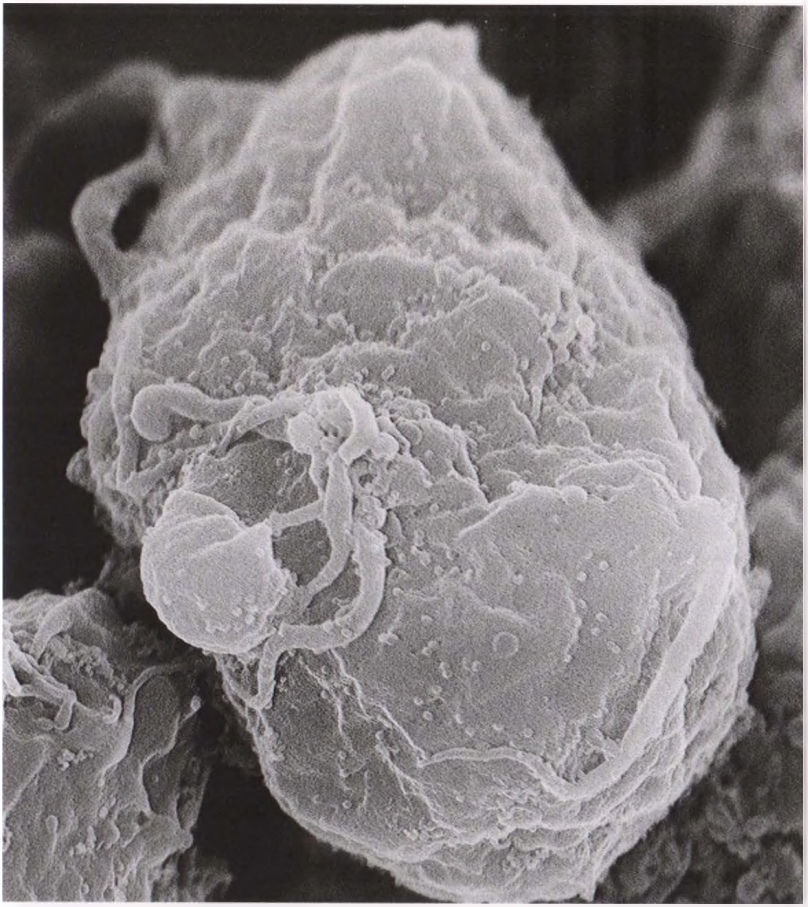
Antiviral araştırmaları sayesinde yalnızca çiçek hastalığı ve çocuk felcine karşı değil, grip, kızamık ve kabakulak gibi başka birçok hastalığa karşı etkili aşılar geliştirildi. Ne var ki özellikle AIDS'e karşı etkili aşı geliştirmekte halen zorluk yaşanıyor çünkü karmaşık birtakım nedenlerden dolayı bağışıklık sistemi şimdilik diğer virüsler gibi, HIV'i kontrol altına alamıyor. Dünyanın çeşitli yerlerindeki laboratuvarlar gen terapisini araştırıyor. Olumlu sonuç yaratabilecek bu terapiye göre, virüsün gelişimine müdahale edilebilecek genetik bileşenler taşıyan basit bir AIDS virüsü, hasarlı hücrelere gönderilecek. Baltimore'un konuyla ilgili yorumu şöyle: "Sözkonusu tedavi laboratuvarda işe yarıyor ama insanlarda da aynı sonucu yaratıp yaratmayacağını görmek için biraz zamana ihtiyacımız var."

"Prion" adlı bozuk bir proteinin, Amerikalı nörolog Stanley B. Prusiner tarafından keşfiyle birlikte daha fazla dikkat çeken başka güçlükler de varlığını sürdürüyor. "Prion", ya da "virino" denen büyük olasılıkla melez parçacık, kimi korkunç hastalıkların sorumlusu gibi görünüyor. Bunlar arasında (koyun ve keçilerde sinir sistemini etkileyen) "scrapie" hastalığı ve Britanya sığır endüstrisini 1990'larda duraksama noktasına getiren deli dana hastalığı yer alıyor. Tüm bu bulgular 19. yüzyıldan bu yana ilk yeni enfeksiyon ilkesinin ortaya çıkışına önayak oldu. Varlığı hâlâ kimi bilimcilerce sorgulansa da prion, yoğun araştırmalara konu olmayı sürdürüyor ve günün birinde yeni tedavi ve aşıların müjdecisi olma potansiyelini koruyor.

BESLENME VE METABOLİZMA

Tıp kimyasının 19. yüzyıldan itibaren kaydettiği gelişmelerle birlikte pek çok hastalık belli ölçüde kontrol altına alınabildi. Günümüzde artık kimi bilimciler dikkatlerini, normal gelişim ve bedensel aktivitelerde önemli rol oynadığı anlaşılan belli bazı organik maddeler üzerine yoğunlaştırıyor. Bu maddeleri "vitamin" adıyla tanıyoruz.

Beslenme ve metabolizma --canlı bir organizmanın yaşamını sürdürmesinde hayati önem taşıyan kimyasal ve fiziksel süreçler– dünyada büyük ilgi uyandırdı. Vitaminlerin rolüne ilişkin belki de ilk görüş, 1881'de, İsviçreli fizyolog N. Lunin'le birlikte ortaya kondu. Lunin



yapay süt diyetinin hayvan gelişimini yavaşlattığını, taze sütün ise arttırdığını buldu. Lunin'e göre, kimyasal açıdan saf yiyecekler, gelişim ve yaşamı sürdürme üzerinde önemli rol oynayan, bilinmez bir etkenden yoksundu. Söz konusu gizemli maddelerin, organik bileşenlerden "amin"ler olduğu varsayımıyla yola çıkılarak, çok geçmeden "vitamine" sözcüğü ortaya atıldı. Gizemli maddelerin aminler olmadığı anlaşılınca da, *e* harfi düştü ve "vitamin" sözcüğü kullanılmaya başlandı. İsmi bu-

lunmuştu ama neydi bu vitaminler?

Zamanla vitaminlerin bitkilerden ve hayvansal besinlerden doğal yolla elde edilebilen maddeler oldukları anlaşıldı. Bu gizemli maddeleri ayrıştırmak, tanımlamak ve nihayet sentezlemek için deney üstüne deney yapmak gerekiyordu. En iyi sonuç getiren çalışmalar ise vitamin eksikliğinden kaynaklanan hastalıklar üzerinde yapılanlardı: raşitizm, iskorbüt, beriberi ve pellagra.

Daha çok çocukları etkileyen raşitizm hastalığı bir süredir bilinmekteydi ve İngiltere'de ciddi bir sorun halini almıştı. Hastalık kemik gelişimini geciktirerek kemiklerde şekil bozukluğuna ve mineral kaybına yol açıyor, vücudu kemik kırılmasına yatkın hale getiriyordu. Yetersiz diyetle besledikleri hayvanlarda deney amaçlı raşitizm geliştiren araştırmacılar, güneş ışığı ve balık yağının hastalığa iyi geldiğini keşfettiler. 1918'de "raşitizm önleyici etken" olarak belirlenen vitamin, 1932'de ayrıştırıldı. Beslenme düzenindeki yokluğuyla hastalığa neden olan organik maddeleri "A Etkeni", "B Etkeni" biçiminde tanımlayan araştırmacılar, söz konusu vitamine "D vitamini" ismini verdiler.

Uzun süredir bilinen ve diş etlerinde gözenekli yapıya, kanamaya ve halsizliğe yol açan iskorbüt hastalığı, ilk kez 1250'de tanımlandı. 1617'de İngiliz cerrah John Woodall, hastalığı önlemek için limon ve misket limonu yenmesini önerdi. Bu öneri iskorbütün C vitamini eksikliğinden kaynaklandığını ortaya koyan araştırma bulgularının habercisi niteliğindeydi. Sonuçta sandıklarca limon İngiliz gemilerine yüklendi, denizciler limonun suyunu biralarına karıştırdılar. Bu doktor şöyle yazıyordu: "En büyük eğlencelerinden biri de birbirlerine limon kabuğu fırlatmaktı, bu yüzden de güverte daima likörle ıslanmış ve hoş kokulu olurdu. İşin iyi yanı da amiralin denizcileri vatanlarına sağlıcakla teslim etmesiydi."

Barajın duvarları 1920'lerde yıkıldı ve birbiri ardına vitaminler bulundu, ayrıştırıldı ve yokluklarında ortaya çıkan hastalıklarla ilişkileri kuruldu. Pirinç cilasında, sinir iltihabına karşı bir etken bulundu: günümüzde bu maddeye B-1 vitamini diyoruz. D vitaminiyle zenginleştirilmiş süt, pazara 1925 yılında girdi. Buğday tohumunun E vitamini içerdiği 1931'de keşfedildi, C vitamini, yani askorbik asit 1933'te sentezlendi. Market rafları henüz şişelenmiş vitamin takviyelerinin ağırlığı altında ezilmiyordu belki ama, keşifler sayesinde, süt, yumurta, taze meyve ve yapraklı sebzeler içeren koruyucu ve dengeli beslenmenin yararlarına karşı insanların gözü açılmıştı. Belli ki Jonathan Swift'in "En iyi ilaç, mutfaktan gelen ilaçtır" sözünde doğruluk payı vardı.

Vitamin hikayesinin ilginç bir yönü de mevcuttu. Nobel Ödülü vermekle yükümlü komite, vitamini keşfedenleri uzun süre ihmal etti. Tahminlere göre vitaminlerin aslında çeşitli bozuklukları açıklamakta kullanılan birtakım varsayımsal maddeler; belirlenemeyen organik gıdalar olduklarını düşünen üyeler komiteye hâkimdi. Bir bilimcinin vitaminlerden söz ederken ifade et-

tiği gibi, "Kimse onları görmemişti." Ancak 1926'dan sonra her şey değişti. Hollandalı iki bilimci B.C.P. Jansen ve W.F. Donath, sonunda pirinç cilasından saf B-1 vitamini kristalleri elde etmeyi başardı. Kristal maddenin yüzde bir miligramı bile vitamin eksikliği olan bir güvercini tedavi etmeye yetmişti. Bu bulgu ileride doğrulanacaktı. 1929'da Nobel komitesi nihayet Hollandalı bilimci Christiaan Eijkman ile İngiliz biyokimyager Gowland Hopkins'i, vitaminlerin hastalık, sağlık ve metabolizma üzerindeki etkilerine yönelik çalışmalarından dolayı ortak ödüle layık buldu.

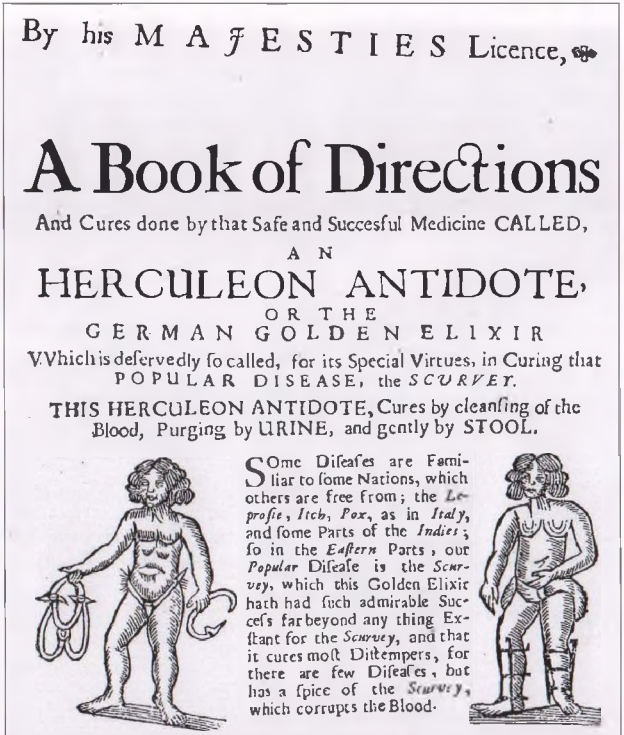
VİTAMİN KAYNAĞI

Çeşitli gül türlerinin üzerinde yetişen kuşburnu isimli meyve, ek bir C vitamini kaynağı olarak uzun süredir toplanıyor ve şuruba ya da günümüzde olduğu gibi vitamine dönüştürülüyor.



HORMONLARIN ROLÜ

Keşfedilen vitaminlerin listesi uzadıkça, araştırmacılar bu kez dikkatlerini diğer bir gizemli maddeler grubuna yönelttiler: tıpkı vitaminler gibi metabolizma, gelişim ve genel olarak sağlık üzerinde etkili olduğu anlaşılan "vücut salgıları". (Tiroid, hipofiz ve böbreküstü bezi gibi) endokrin (iç salgı) bezleri tarafından salgılanan bu maddeler, doğrudan kana karışıyordu. 1905'te onlara Yunanca "uyarmak" anlamına gelen sözcükten yola çıkarak "hormon" adı verildi. Hormonlar görünüşe bakılırsa çeşitli organların tepkisini te-



By his MAJESTIES Licence,

A Book of Directions

And Cures done by that Safe and Succesful Medicine CALLED,

AN

HERCULEON ANTIDOTE,

OR THE

GERMAN GOLDEN ELIXIR

Which is defervedly fo called, for its Special Virtues, in Curing that POPULAR DISEASE, the *SCURVEY*.

THIS HERCULEON ANTIDOTE, Cures by cleanſing of the Blood, Purging by URINE, and gently by STOOL.

SOme Diſeaſes are Familiar to ſome Nations, which others are free from; the *Leproſie*, *Itch*, *Pox*, as in *Italy*, and ſome Parts of the *Indies*; ſo in the *Eaſtern* Parts, our *Popular* Diſeaſe is the *Scurvey*, which this Golden Elixir hath had ſuch admirable Succeſs far beyond any thing Exſtant for the *Scurvey*, and that it cures moſt Diſtempers, for there are few Diſeaſes, but has a ſpice of the *Scurvey*, which corrupts the Blood.

The Symptoms and Nature of the Scurvey.

THe Scurvy is the Original of moſt violent Diſtempers, which this Golden *Elixir* preventeth, as Stoppages, Obſtructions, riſing Vapours that cauſes Swimming and Fumes in the Head, Dimneſs of Sight, Deafneſs, and Drowſineſs which makes the Body dull and heavy, and alters the Complexi-

A

on:

MAJESTELERİNİN İZNİYLE, HERKÜL PANZEHİRİ YA DA ALTIN ALMAN İKSİRİ DENEN

Güvenli ve Etkili İlaçla tedavi İçin

Talimatlar Kitabı

İlaç bu hakkı ismi YAYGIN HASTALIK İSKORBÜT'ün tedavisinde gösterdiği Çok Özel Tesirden Alır.

HERKÜL PANZEHİRİ kanı temizleyerek, İDRAR söktürerek ve DIŞKI yoluyla Tedavi sağlar.

Bazı haklar, diğer halklarca bilinmeyen kimi hastalıklara aşinadır; İtalya'da ve Hindistan civarında görülen kızamık, uyuz, frengi gibi, ya da Güney Yörelerimizde görülen Yaygın hastalık iskorbüt gibi. Bu Altın İksir, iskorbüt tedavisinde kullanılan her şeyin ötesinde başarı sergiler ve çoğu rahatsızlığı iyileştirir. Çünkü İskorbüt gibi kanı bozan çok az hastalık vardır.

İskorbüt'ün Emareleri ve Özellikleri:

Çoğu ağır hastalığın temelinde iskorbüt yatar. Altın İksir, Baş Dönmesini ve Sersemliği, Görmede Azalmayı, Sağırlığı ve Vücudu Hüsuleştirip Ağrılaştıran Uyuşukluk Halini önler, durdurur ve engeller. Cilde canlılık kazandırır.

tikleyerek, hatta duyguları etkileyerek birer aracı gibi davranıyorlardı. Tıp araştırmacıları, çeşitli hormonlar ürettiği düşünülen nefes borusunun önünde, boyunda yer alan iki loplu organı, yani tiroid bezini biraz çözmüşlerdi. Bazı tiroid hormonlarının aşırı salgılanması kilo kaybı ve asabiyete neden oluyordu. Bu salgı bezi iyot yetersizliğine bağlı olarak büyüyebiliyor ve boynun önünde gözle görülür bir şişlik, yani guatr oluşturabiliyordu.

1800'lerin sonlarında nörologlar ve beyin cerrahları, kimi zaman önsezi yle hareket ederek tiroid bezi üstünde çalışmaya başladılar. Çabaları meyve verdi: Nobel ödüllü Avusturyalı Julius Wagner-Jauregg, günümüzde her yerde satılan iyotlu tuz tedavisinin guatrı önlediğini keşfetti.

Dikkat çeken bir diğer Avusturyalı, Anton Freiherr von Eiselsberg ise bir kedinin tiroid ve paratiroid bezini uyararak, deneysel tetani yarattı. Hastalık ağrılı kas kasılma ve titremelerine neden oluyordu. Von Eiselsberg'in ameliyatı, salgı bezi fonksiyonlarındaki azalmanın yol açtığı hatalı kalsiyum metabolizmasının, tetanine neden olduğunu kanıtlıyordu. Ayrıca "miksödem" adlı rahatsızlığın tiroid özüyle tedavi edilebileceği keşfedildi. Günümüzde bu hastalığa "hipotiroidizm" deniyor ve genelde doğal ya da sentetik tiroid hormonlarının kullanımıyla tedavi ediliyor.

Japon kimyager Jokiçi Takamine 1901'de, böbreküstü bezleri tarafından üretilen adrenalini keşfetmişti. Adrenalin stresli zamanlarda kana karışarak tansiyonu yükseltiyor, mide özsularını baskılıyor, gözbebeklerini genişletiyor, kasları gerginleştiriyordu ve tüm bunlara belli bir proteinin varlığı neden oluyordu. Bunu diğer hormonlarla yapılan deneyler takip etti. Deneylerden birkaçı, erkek cinsellik hormonu testosteronu içeren erbezi özünün ilk kez ayrıştırılmasını hedefliyordu.

Cinsellik ve cinselliğin iyileştirilmesi söz konusu olduğunda tahmin edilebileceği gibi, güvenilir ve şüpheli kimi bilimciler çalışmalarını testiste var olduğu düşünülen canlandırıcı güçler üzerine yoğunlaştırdılar. Büyük olasılıkla 1848'de yapılmış az bilinen bir deneyi temel alan performans arttırıcı karışımlar kısa sürede her yanı sardı.

Arsenik zehirlenmesine karşı bir panzehir keşfeden güvenilir bilimci Alman fizyolog Arnold Adolphe Berthold, uzun vadede şöhreti üzerinde pek de olumlu etkiler yaratmayacak bir deneme gerçekleştirdi: bir yavru horozun testislerini, kısırlaştırılmış bir horozun karın boşluğuna nakletti ve horozun yeniden tavuk peşinde koşturmaya başlamasını şaşkınlık ve mutluluk içinde izledi. Ani değişimin nedeninin, kendi deyişiyle bir "iç salgı" olduğuna karar verdi. O sırada modern hormon tedavisinin eşiğine geldiğinden habersizdi.

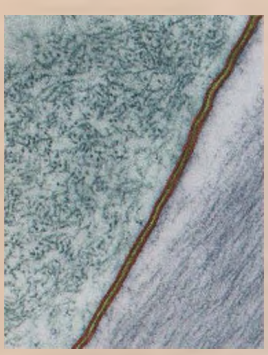
Fransız nörolog Charles-Édouard Brown-Séquard'ın çalışması ise cinsel canlılık ve yenilenmenin birbiriyle yakından ilintili olduğu görüşünü destekler nitelikteydi. 72 yaşındaki Brown-Séquard 1889'da, sperma sıvısının kana karışarak vücut sistemlerini güçlendiren salgılar içerdiğini ileri sürdü. Kendisine on kez suyla

EN İYİSİNİ İNGİLİZ DENİZCİLER BİLİR

C vitamini eksikliğinin neden olduğu iskorbüt hastalığı uzun okyanus yolculuklarında denizcilerin ölümüne neden oluyordu. 1617'de İngiliz cerrah John Woodall limon ve misket limonunun hastalığı önlediğini keşfetti. O dönemde kimse bunun nedenini bilmiyordu ama bu, kimi ilaç satıcılarının iyileştirme vaadinde bulunmasını engellemedi.

RESEPTÖRLER VE MEMBRANLAR

Hücrelerin görev yerine getiren ve neredeyse tamamı devinim halinde binlerce iç yapısı olsa da, tüm bu yapıları bir deri gibi kuşatan membran, içlerinde en dikkat çekici olanlarından biridir. Çeşitli türde moleküllerle hücreye giriş çıkışı denetleyen membranın içinde binlerce reseptör (almaç) ve çeşitli yapılar yer alır.



Bu renklendirilmiş transmisyon elektron mikrografı, iki hücre arasındaki hücre membranını gösteriyor.

Reseptörlere iki şekilde bakılabilir; birincisi, hücre içi ya da üstünde yer alan ve antijenlere, ilaçlara, sinir iletici lerine ya da hormonlara bağlanabilen moleküler yapılar veya alanlar; ikincisi, bazı duyusal uyarıcılara tepki veren özelleşmiş hücreler veya sinir ucu grupları olarak. Örneğin, bağırsak hücrelerindeki membran reseptörleri çeşitli sindirim ürünlerini içeri alır ve bu molekülleri kana aktarırlar. Kalp kası hücrelerinin dış membranlarında ise, vücudun stresli zamanlarda ürettiği uyarıcı nitelikteki "savaş ya da kaç" hormonu adrenaline yönelik reseptörler vardır. Öte yandan, hastalıkla savaşan B hücreleri üstündeki reseptörler, belli bir antijenin üstündeki bölgelere bağlanır.

Endokrin bezi tarafından kana aktarılan hormonlar, tüm hücrelerle etkileşir. Ancak, yalnızca "hedef hücre" denen belli bazı hücreler bütün hormonlara tepki verir. Hormon molekülleri hedef hücre içindeki reseptör proteinlerine bağlanır bağlanmaz, hormonlar bir dizi reaksiyonu tetikler ve belli birtakım kimyasal reaksiyonların hızlanmasına ya da yavaşlamasına neden olurlar.

Bazı hormonlar hücreye girerek sitoplazmadaki bir reseptör proteinine bağlanırlar. Hormon ile reseptör birarada çekirdeğe doğru hareketeder, kromozoma bağlanır ve hücrenin belli proteinleri sentezlemesini sağlarlar. Bazı hormonlar ise hücreye hiç girmez, yalnızca hücre yüzeyindeki reseptör proteinlerine bağlanırlar. Bu şekilde sitoplazma içine ikinci bir aracının salıverilmesini sağlar, hücrenin hormona tepkisini tetiklemiş olurlar.

"Moleküler tanıma" açısından hayati önem taşıyan bu "kilit ve anahtar" mekanizması, ilaç tasarımına çeşitli katkılar sağladı. Geçmişte yeni bir ilaç üretmek için pek çok bileşimin denenmesi gerekiyordu. Ancak günümüzde bilgisayarlar, örneğin, bir virüsün ya da hastalıkla ilişkili bir enzimin üzerindeki protein reseptör bölgelerinin simülasyonunu geliştirebiliyor, sonra da reseptöre uyacak şekilde tasarlanmış etkili bir ilaç molekülü modeli yaratabiliyorlar.

Araştırmacılar kısa süre önce (T2R'ler denen) yepyeni bir tat reseptörleri ailesi keşfettiler. Aile, genellikle zehirlerle ilişkilendirilen karmaşık tatlar dizisi "burukluğu" ayırt etmeye yardımcı, yaklaşık 80 farklı üyeye sahip. Dilde, tuzlu, ekşi, tatlı ve acı duyularını algılamamıza ve ayırt etmemize yarayan hücrelerin oluşturduğu çok sayıda tat tomurcuğu bulunduğu için, T2R reseptörlerinin yalnızca tat tomurcuklarının sınırları dahilindeki hücrelerde yer alması sürpriz değildi. Deney hücrelerine reseptör genleri verildiğinde, hücreler yalnızca burukluk bileşenleriyle reaksiyon verdiler. Öte yandan, reseptör moleküllerinin her biri buruk tada karşı oldukça ayrımcı görünüyordu. Belli bir buruk formuna reaksiyon veren bir reseptör, farklı görünen bileşimleri titizlikle gözardı ediyordu. Bu da, neden 80 farklı reseptör olduğunu ve belli bir reseptörün, neden buruk tadın farklı çeşitlerini tanıyamadığını açıklıyor.

inceltilmiş köpek ve denek hayvanı kanı ile spermasını enjekte etti. Brown-Séquard'a bakılırsa sonuçlar olağanüstüydü: gençlik gücüne yeniden kavuşmuş, iktidarsızlıktan kurtulmuştu. Laboratuvar çalışmaları artık onu halsizleştirmiyor, saatler süren çalışmaların ardından bile karmaşık konular üstüne yazılar yazabiliyordu. Sonuçları doğrulamak için Brown-Séquard enjeksyionları durdurdu ve yeniden halsizleşti. Birkaç bilimcinin daha aynı sonuçları elde ettiği söylenir.

Brown-Séquard'ın çalışması eleştirilere hedef oldu ve iddiaları ciddiye alınmadı. Kendisine biraz hormon aşılamış olabilirdi ama belki de bu enjeksiyonlar plasebo etkisi yaratmıştı. Gençlik enerjisini ve canlılığını özleyen, yaşı ilerlemiş bir erkek için böyle bir olasılık gayet akla yakındı.

Öte yandan, kandaki şeker seviyesini dengeleyen insülin hormonunun hayat veren etkisine ilişkin herhangi bir şüphe yoktu. "Diabetes mellitus", yani şeker hastalığı 1920'lere kadar ölüm fermanı anlamına geliyordu. MÖ 1550'ye tarihlenen Ebers Papirüsleri'nde bile sözü edilen hastalığın, insülin salgılayan pankreas ile ilişkilendirilmesi 1700'lerde gerçekleşti. Bilimciler durumlarını düzeltmek istedikleri diyabetiklere öğütülmüş pankreas dokusu yedirmeyi denedilerse de başarılı olamadılar. Pankreasın kendi sindirim enzimlerindeki bir şey, hormonu yok ediyordu.

Kanadalı fizyolog Frederick Banting, değişime uğramamış pankreas salgılarının, pankreası bağırsaklarla birleştiren kanalların bağlanması yoluyla elde edilebileceğini düşünüyordu. Banting'e göre, salgı maddesi ayrıştırılabilirse, diyabet tedavisinde kullanılabilirdi. Banting pankreası alarak bir köpekte diyabeti suni olarak tetikleyebilir, hipotezini test edebilirdi. Banting ve Toronto Üniversitesi'nden asistanı Charles Best deneylere başladılar.

1921'de ikili, tatmin edici sonuçlara ulaştı. Pankreası alınan Marjorite isimli bir köpek, klasik diyabet sendromu geliştirmişti. Banting ile Best, köpeğe pankreas salgı özü aşıladıklarında diyabet ortadan kalktı. Daha sonra meslektaşları insülin adı verilen bu hormonu saflaştırdılar ve incelediler. İnsülin sözcüğü Latincedeki "ada" kelimesinden geliyordu çünkü vücut salgıyı pankreasın Langerhans adacıkları denen bölümlerinde üretiyordu.

Ertesi yıl, yani 1922'de araştırmacılar ilk doz insülini, diyabetten ölmek üzere olan 14 yaşındaki bir çocuğa verdiler. Çocuğun hastalık belirtileri kayboldu, ki bu da ölümcül bir hastalığın tıbbi denetim altına alınabildiğinin ilk işaretiydi. Banting 1923'te Nobel Ödülü'nü, çalışmalarını yürüttüğü laboratuvarın sahibi John R.R. Macleod ile paylaştı. Ancak Best son anda ödülü paylaşmaktan men edildi ve bu olumsuz yaklaşım uzun süre Banting'in canını sıktı.

1936'da Amerikalı kimyager ve fizyolog Edward Calvin Kendall, böbreküstü bezlerinin diğer önemli salgılarını da ayrıştırdı. Kendall sekiz steroid hormonunun yanısıra, önceleri "E Bileşiği", sonraları "kortizon"

Ebers Papirüsü hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 75.



STEROİDİN KEŞFİ
Hormonların keşfiyle birlikte doktorlar organların işleyişine ilişkin yeni bilgiler edindiler. Amerikalı kimyager E. C. Brown, böbreküstü bezinin salgıladığı steroidleri belirledi. Bunların arasında enflamasyonu (yangı) azaltabilen kortizon da yer alıyordu.

adı verilen maddeyi ayrıştırmayı başardı. Tıpkı adrenalin gibi kortizon da vücudun stresle karşı salgıladığı bir hormondu.

Kortizon günümüzde halen enflamasyonu (yangı) azaltma amacıyla yaygın olarak kullanılıyor. 1940'ların sonunda Amerikalı kimyager Percy Lavon Julian, genellikle bağdoku rahatsızlıklarının, romatizmal hastalıkların ve akut alerjik reaksiyonların tedavisi için kullanılan sentetik kortizonu geliştirdi.

KANSER

Kanseri anlamaya ve onun kaynağına inmeye çalışan ilk bilimcilerin yaşadığı zorlukların yanında, hormon izolasyonu –hormonların kültür içinde karma bir bileşimden ayrıştırılması– oldukça kolay bir işti. Mekanizması anlaşılmasa da, kanserin en azından normal olmadığı biliniyordu.

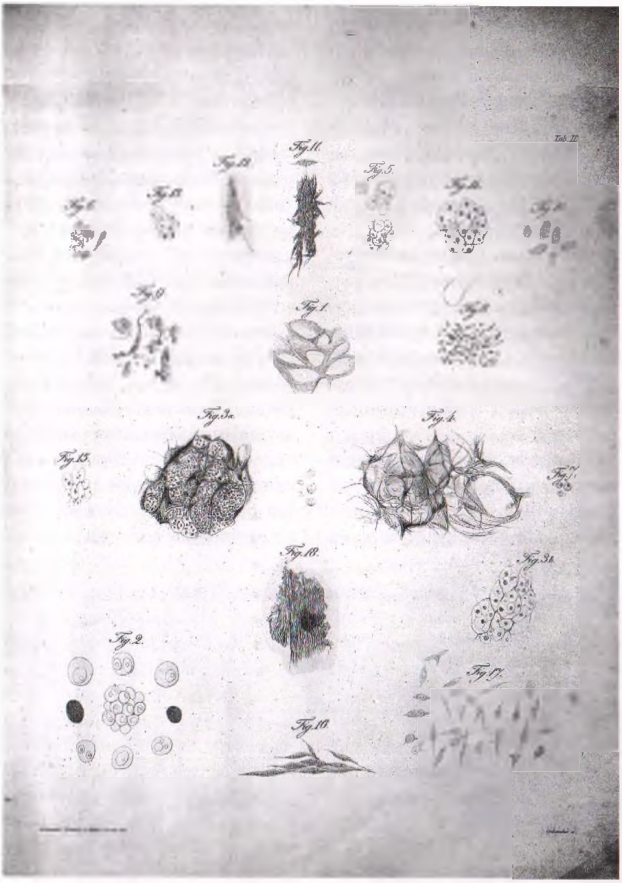
Kanser olgusu, en az ona bu ismi veren Hipokrat kadar, hatta belki daha da eskiydi. Mısır mumyalarında da tümörler bulunmuştu ama eskilerin onlara ilişkin bir fikir sahibi olup olmadığı bilinmiyor. 16. yüzyıl İngiliz hekimi Andrew Boorde, doğruyla yanlış arasında flört eden bir dille kansere dikkat çekmişti. "Karsinoma Yunanca bir kelime," diye yazmıştı, "İngilizcede buna mahpushane hastalığı denir. Bazı yazarlar ise onun, bedenin muazzam kısımlarını kemirip bitiren bir yara (kanser) olduğunu söyler. Ancak ben onu mahpushane hastalığı olarak görüyorum."

Kesin olan bir şey varsa, o da en kötü sonuca yol açması kaçınılmaz olan kanserli urların herkeste korku uyandırdığıydı. Hastalığı anlamaya yönelik sonuçsuz çabalar, insan kanser dokusundan alınan maddeleri köpeklere aktarma girişimlerinden; cilde kömür katranı sürmeye dek değişen geniş bir yelpazeye yayılıyordu.

19. yüzyılda hücre ve doku teorisi geliştirildiğinde, araştırmacılar daha fazla ilerleme kaydetmeye başladılar. Önceden bahsedildiği gibi Rudolf Virchow hastalığa serbest hücrelerin neden olduğuna ve anormal koşullar altındaki hücrelerin, anormal ürünler verdiğine inanıyordu. Bilimciler zamanla fare ve sıçanlarda kanser naklini, hatta yeniden-naklini öğrendiler, ayrıca çeşitli kimyasallar ve tahriş edici maddelerin kansere neden olabileceği de kaydedildi.

Ne var ki 20. yüzyıla dek kanserin tamamen hücresel olduğu, bölünme esnasında hücrelerin kontrolden çıkmasına neden olan karmaşık bir elementler ve mekanizmalar bileşiminden kaynaklandığı netlikle anlaşılamadı. Araştırmacılar kimyasal, fiziksel ya da viral bazı etkenlerin, hücre gelişimi ve ayrışmasını düzenleyen genleri sabote edebildiğini ve onları yeniden düzenleyebildiğini gözlemlediler. Söz konusu senaryoda tek bir hücre kontrolsüzce bölünerek çoğalıyor ve diğerleriyle birleşerek mutasyona uğramış hücreler kolonisi oluşturabiliyordu; örneğin, habis tümör.

Nedeni bilinmese de bu hücresel sapma, yeni araştırmaları tetikledi. Büyük Amerikalı tıp eğitimcisi Abraham Flexner'ın dediği gibi, "Hastalığın yalnızca belli bir kısmının tam anlamıyla biliniyor olması, uy-



KANSERİN İPUÇLARI

1830'larda tümörler üzerinde gerçekleştirdiği mikroskop çalışmaları, Alman patolog Johannes Muller'in, kanserin anormal hücrelerden oluştuğu sonucuna varmasını sağladı. Muller'in bulguları, tüm hücrelerin, hücreden gelmesi gerektiği öngörüsünü içeriyordu.

gulanan bilimsel yöntemi geçersiz kılmaz. Alacakaranlığın hâkim olduğu alanlarda, kesinliğin yerini olasılıklar alır. O alanlarda hekim gerçekten de yalnızca tahminde bulunur belki ama –en önemlisi– tahminde bulunduğunun farkındadır. Yöntemi, deneme niteliğinde, titiz, özenli ve hassastır."

Zamanla kanserin ortaya çıkışıyla ilgili çeşitli teoriler geliştirildi. Çoğu teorinin merkezinde virüsler yer alıyordu. Virüslerin kanser konusundaki tarihi düşünülünce, bu pek de şaşırtıcı değildi: kanatlılarda Rous Sarcoma Virüsü; burun ve boğaz

GÖĞÜS KANSERİ

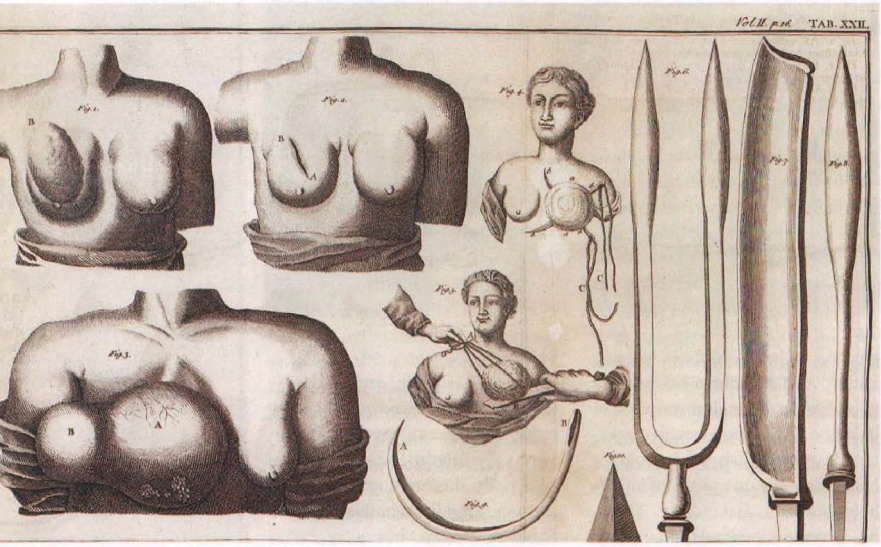
Sekiz kadından biri göğüs kanserine yakalanır. Hastalığın –kütlenin alınmasından çoğu zaman kemoterapi ya da ışın tedavisinin izlediği, kısmi, bütünsel ya da radikal mastektomiye (meme alınması) kadar– çeşitli tedavi yöntemleri mevcuttur.

kanseriyle ilişkilendirilen Epstein-Barr virüsü; Afrikalı çocuklarda görülen bir çeşit yüz kanseri, Burkitt lenfoma; ve rahim boynu kanseriyle ilişkilendirilen herpes simpleks (uçuk) virüsü. Ne var ki insanı etkileyen kanser türlerinin çoğu ile virüs bağlantısı kurulamamıştı. Ancak arayış sona ermedi.

Birçok kanser türünde kansere yol açan virüse rastlanıyorsa, bu virüslerin vücudumuzda bir yerlere yerleşmiş olması gerekiyordu. Belki de bir etkenle serbest kalana ve tümör gelişimine neden olana dek, hücre çekirdeğinde nesiller boyu gizleniyorlardı.

Bu süreçte, hücre komutlarının bir parmağı olması akla yatkın görünüyordu. Teorisyenler, viro-genlerin (bir virüsün hücre içinde sentezini sağlayabilecek genler) virüslerin içinde ortaya çıktığını düşündüler. Teoriye göre, söz konusu viro-genler bir hücrenin çekirdeğine ve DNA'sına girdiklerinde, kanser üreme süreci başlamış oluyordu. Bu sinsi sistem nesilden nesile aktarılabilirdi. Peki viral genlerin kansere dönüşmesine neden olan şey neydi? Tahminlere göre yanıt –kimyasallar ve ilaçlar, radyasyon, veya diğer virüsler gibi– çeşitli kanserojenlerdi.

Araştırmacılar bir süre sonra viral genlerin amaçlarını gerçekleştirme yöntemlerine ilişkin çeşitli sorulara yol açan bir keşifte bulundular. İşe, hayvanları etkileyen kanser virüslerini ve taşıdıkları genleri yakından inceleyerek başladılar. Sonunda hayvan hücrelerinde kansere yol açan virüslere karşılık gelen bazı genler ol-



duğunu keşfettiler. Bu durumda viral genlerle büyük benzerlik gösteren bu genler, virüsün yardımı olmaksızın kanser yaratıyor olabilir miydi? Söz konusu şüpheli genlere "proto-onkogen"ler adı verildi: yani, kendisini kansere neden olan ("onco") bir gene dönüştürme potansiyeline ("proto") sahip normal bir gen. Bu keşifle birlikte yeni bir moleküler teori, kanserin temel bir nedeni açığa çıkmış oldu.

Bilimciler dikkatlerini proto-onkogen'leri üreten mekanizmayı çözmeye yoğunlaştırdılar. Bu genlere hem hayvanlar hem de insanlarda rastlanıyordu. Normal şartlarda ve zararsız oldukları sürece hücre bölünmesi ve gelişimini kontrol ediyor, sonra ölümcül hale geliyorlardı. Bu soruları araştıranlar arasındaki kilit isimler, ileride Ulusal Sağlık Enstitüsü'nün başkanı olan Harold Varmus ve J. Michael Bishop'tı. Her iki araştırmacı da çalışmalarını San Francisco'daki California Üniversitesi'nde yürütüyordu.

1970'lerde Rous sarcoma kanatlı virüsüyle deneyler yapan Varmus ve Bishop, sıradışı bir şey keşfettiler: sarcoma kanatlı virüsünde görülen (ve "sark" diye de bilinen) "src geni", kümes hayvanlarının genomunun bir parçasıydı. Diğer bir deyişle, hücre kaynaklı söz konusu gen, yaşamına normal bir gen olarak başlıyor, ancak sonradan kansere yol açmasını sağlayan bir mutasyona uğrayabiliyordu.

Bu önemli keşif sorun yaratabilecek pek çok normal, gelişim düzenleyici hücre kaynaklı geninin, yani kanser yapıcı virüslerle benzeşen genlerin ayrıştırılmasını sağladı. Varmus, Bishop ve diğerleri, balıktan maymuna dek neredeyse tüm omurgalı türlerinde görülen bir düzine kadar gene dikkat çektiler. Ancak insan genleri buna dahil değildi. Bu bilgi kanserin genetik bir hastalık olduğunu gösteren bulguların artışıyla birlikte daha ileride ortaya çıkacaktı.

Massachusetts, Cambridge'deki Whitehead Enstitüsü'nde biyoloji profesörlüğü yapan Dr. Robert Weinberg, çalışmaların bu aşamasına büyük katkı sağlayarak, doğrudan kanser potansiyeli taşıyan genleri araştırdı. Weinberg'in ve diğerlerinin yol gösterici çalışmaları sonunda, insanda mesane, kolon, göğüs, akciğer ve lenf sistemi kanserinden sorumlu genler belirlendi.

Weinberg 1982'de, üstünde çalıştığı insan kanser genlerinin, hayvanlarda görülen kanser virüsleriyle hemen hemen aynı olduğunu doğruladı. Aynı sıralarda Ulusal Kanser Enstitüsü'nün araştırmacıları da bir hayvan kanser virüsü ile insanda görülen mesane kanseri geni arasında bağlantı kurdular. Dönüşmüş hücrelerden bir onkogen ayrıştıran Weinberg ise, çalışmalara ciddi katkı sağladı. Onkogen aşılanan normal bir hücrenin, kanserli hücreye dönüşebileceğini gösterdi.

Kanserle bağlantılı viral genler ile hücresel onkogenler arasındaki gizemli ilişkinin sırrı çözülmeye başlamıştı. Virüsün onkogenleri ile hücreninkiler artık yakın akraba kabul ediliyordu. Görünüşe bakılırsa DNA'nın tanımlanabilir, spesifik bazı kısımları radyasyona ya da kimya-

X-IŞINLARI

X-ışınları, elektrik yüklü parçacıkları yavaşlamayla veya atomlardaki elektronların hareketiyle ortaya çıkan, çok kısa dalgaboyuna sahip elektromanyetik ışınımlardır. Wilhelm Conrad Röntgen, X ışınlarını 1895'te Almanya, Würzburg'ta keşfetti.

sal zararlılara tehlikeli şekilde maruz kalarak değişime uğradığında, (virüs kaynaklı ya da normal hücresel genin değişimiyle ortaya çıkan) aynı acımasız gen, hastalığı tetikliyordu. Önceden de düşünüldüğü gibi bu durum kromozomların her yerinde ortaya çıkmıyordu. Weinberg 1997 yılında, çalışmalarına karşılık Ulusal Bilim Madalyası aldı. Varmus ile Bishop ise 1989'da Nobel Ödülü'nü paylaştılar.

Onkogenlerin daha iyi anlaşılması ve genetik bilginin olumsuz etkilenebileceğinin kavranmasıyla birlikte araştırmacılar modern biyolojinin en çok irdelenen konusu üzerine yoğunlaşmaya başladılar: "apoptozis" kavramı ve onun hücre ölümündeki önemli rolü.

İlk kez 1972'de öne sürülen apoptozis, programlı hücre ölümü, ya da kimilerinin dediği gibi, çok hücreli organizmadaki istenmeyen bir hücrenin gerçekleştirdiği "kasıtlı intihar" süreci şeklinde tanımlanabilecek, ilginç bir organik olaydır. İncinme ya da hastalık sonucu hücre veya doku ölümü anlamına gelen "nekroz"un aksine, apoptozis planlanmış bir olay ve hücrenin büzüşerek, komşu hücreler tarafından hızla sindirilmesiyle sonuçlanan çabuk ve kolay bir süreçtir. Bu olaylar dizisinin avantajları da olabilir. Sıkça sözü edilen bir örnek, gelişmekte olan embriyonun parmaklarında karşımıza çıkar: küçücük parmaklar arasındaki hücreleri gevşeten ve yok eden şey apoptozistir. Böylece parmaklar ayrılır ve özgün yapısına kavuşur.

Ortalama bir yetişkin insanın apoptozise bağlı olarak günde 70 milyar kadar hücre kaybına uğradığı tahmin ediliyor. Biyolojik sürecin normal ve önemli bir parçası olan bu süreç sayesinde gereksiz ya da hasarlı hücrelerden kurtulunur. Ancak normal denemeyecek bazı olaylar da apoptozisi körükleyebilir. Bunların arasında radyasyon ya da kanser tedavisinde kullanılan ilaçlar, viral enfeksiyon ve kortikosteroidler gibi bazı hormonlar sayılabilir. 1990'lara dek süren laboratuvar araştırmalarıyla bilimciler apoptozisin gelişmekte olan organizmaların sinir ve bağışıklık sistemlerinin şekillenmesinde rol oynadığını ve hücre şekillenmesi için büyük önem taşıdığını doğruladılar. Ayrıca bu sürecin hücre ölümü ile hücre yenilenmesi arasındaki doğal dengeyi yönlendirdiğini de gösterdiler.

Bilimcilerin endişelerinden biri, hücrenin bir şekilde hasara uğraması ve kendini öldürme becerisini yitirmesi durumunda, bu hasarın kopyalanarak tekrarlanması ve kansere dönüşmesi olasılığıydı. Apoptozis'e direncin gerçekten de birçok, hatta tüm kanser hastalarında görüldüğünü ortaya koyan bulgular zamanla arttı. Her ne kadar insan vücudu habis hücreleri ortadan kaldırma becerisine sahip olsa da, kanser hücrelerindeki mutasyonlar bu süreci engelleyebiliyordu.

Bunun üzerine bilimciler ve ilaç üreticileri, kanserli hücrelerin yok edilmesi için apoptozisi sürdürmenin yollarını araştırmaya başladılar. Ancak seçici hücre ölümünü tetiklemek kolay değildi. Çeşitli zorluklar vardı ve bu zorluklar günümüzde de

KANSER VE APOPTOZİS

Kanser türleri genellikle kimyasal ya da diğer laboratuvar testleri sonucunda ortaya çıkmadıkça veya günümüzün güçlü, keskin-gözlü tarama cihazlarıyla görüntülenmedikçe, varlıklarına ilişkin işaret vermezler. Ancak bu geçici görünmezlikleri yine de gidişatlarını engellemez; hücreleri kontrolsüzce bölünmeye ve bir mutasyona uğramış hücreler kolonisi, yani habis tümör oluşturmaya zorlarlar. Kanserli hücreler çoğu zaman kana ya da lenfatik sisteme karışarak değişime uğramış benzerlerini vücudun uzak köşelerine taşırlar. Gittikleri yerlerde ise "metastaz" denen ikincil topluluklar oluştururlar.



Cerrahlar, kanserli akciğerden parça alarak lobektomi yapıyorlar.

Kansere yakalanan bir hücrenin membranı, vücudunkilerden farklı birtakım işaretler taşıyacak şekilde küçük bir değişime uğrayabilir. Normal şartlarda bağışıklık sistemi bu yeni işaretleri tanır ve harekete geçerek değişime uğrayan hücreleri ortadan kaldırır. Vücudumuz hasara uğramış hücreleri ya da bileşenleri yok etme ya da yenileriyle değişme yoluyla metabolik hasara karşı direnen bir yapıya sahiptir. Bu süreç, vücutta kesintisiz olarak yaşanır. Aslında hücrelerde, gereksinim duyulmayan maddeleri yok eden "lizozom" ve "peroksizom" isimli özelleşmiş yapılar vardır. Bu yapılar temelde "kimyasal atık imha birimi" görevi görürler. Önemlerini vurgulamak için, bu enzimleri şifreleyen gendeki bir mutasyonun "Tay-Sachs" hastalığına yol açtığını söylemek yeterlidir. Kendisini nöbetlerle ve körlükle belli eden bu hastalık kurbanlarını genelde dört yaşından önce öldüren, kalıtımsal bir rahatsızlıktır.

Atık imha birimleri hasarlı hücre öğelerini ortadan kaldırdığında, onları oluşturan genlerin harekete geçmesiyle öğeler yenilenir. Genlerin kendisi hasara uğramış olsa da, hücrelerin DNA'yı onarma kabiliyetleri vardır. DNA'da birbirini tamamlayan iki sarmal bulunur. Bunlardan biri işlemez hale gelirse, diğeri kusursuz bir onarım için kalıp oluşturur. Ancak onarılmayan DNA, genelde hücrenin kendi kendini yok etmesine ve (hücre daimi hücre bölünmesi kapasitesine sahip bir dokunun içinde yer alıyorsa) komşu hücrelerin bölünerek yerini almasına yol açar.

Hücre intiharına bilimde "apoptozis" denir. Apoptozis Yunancada "düşmek" anlamına gelen kelimeden türetilmiştir. Apoptotik hücreler öldükçe, büzüşerek küçük parçalara ayrılır ve komşuları tarafından yutulurlar. Hücre intiharı süreci yaşam boyu devam eder. Örneğin, cildin bir katmanı durmaksızın yeni hücreler üretir. Cilt yüzeyine doğru göç eden bu yeni hücreler kendilerini öldürürler ve alt tabakadan gelen yeniler onları iterek yerlerini alırlar. Bu örnekte apoptozis kötü bir şey değildir.

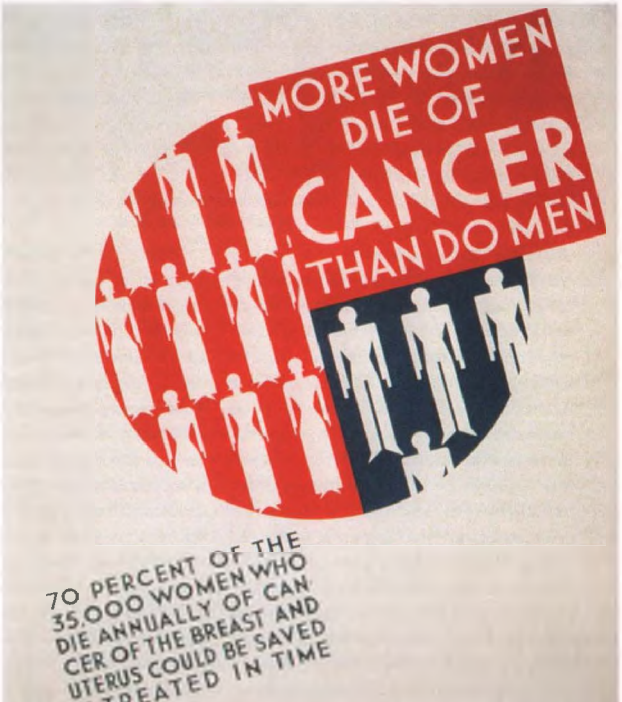
Apoptozis ayrıca kanseri önleme konusunda da yararlıdır. Hücre intiharını yöneten ve "tümör baskılayıcı" adı verilen genler vardır. Bu genler kontrolsüzce çoğalma ve tümöre dönüşme olasılığı yüksek olan hasarlı hücreleri öldürür. Ancak kimi zaman devreye "fren genleri" denen diğer genler girebilir. Bunlar apoptozisi bloke eden ürünler üreterek, tümör gelişimini tetikler ve programlı ölümü engellerler. Kaçak hücre bölünmesi anti-apoptozis etkeninin bir ürünüdür, tıpkı kanser gibi. Gerçekten de elde edilen bulgular, sonradan edinilen apoptozise direnme kabiliyetinin, birçok, hatta belki de tüm kanser türlerinin ayırt edici özelliği olduğunu ortaya koyuyor.

Bilimciler kansere karşı savaşta apoptozisi tetiklemenin yollarını araştırıyorlar. Yeni apoptozis tetikleyici ilaçların etkinliğini test eden klinik deneyler bir süredir devam ediyor. Belki de bu ilaçların bazıları, fren genlerinin protein üretimini engelleyerek, kanserli hücreleri apoptozis-tetikleyici kemoterapilere daha duyarlı hale getirebilir.

varlıklarını sürdürüyor. Örneğin, bilimciler, radyasyona ve kemoterapiye maruz kalmalarına rağmen neden bazı tümörlerin hücre intiharına direndiğini anlamaya çalışıyorlar. Apoptozisi düzenleyen şeyi daha iyi öğrenmek ve sonra kanserli hücrelerde intiharı tetiklemenin bir yolunu keşfetmek gerekiyor. Sözkonusu tedavinin ise hastalık için fazla ağır olmaması ve Sophocles'in bir zamanlar dediği gibi, nihayetinde sağlıklı hücrelerin ölümüne yol açmaması şart.

GENETİK VE DNA'NIN KEŞFİ

Bilimin en önemli başarılarından biri gerçekleştirilmemiş olsaydı, onkogenler, apoptozis ve diğer pek çok biyokimyasal olaylara ilişkin bilimsel teorileri besleyen bilgiye ulaşılamayacaktı. Sözkonusu başarı, kalıtımın ve ilgili tüm hastalıkların ana şablonu olan genetik şifrenin kırılmasıydı.



EĞİTİM VE KONTROL

1935'te kadın dernekleri tarafından başlatılan kanser farkındalığı yaratma amaçlı kampanya, binlerce gönüllüyü biraraya getirdi. Kampanya başladığında kanserin kontrolü için uğraş veren yalnızca 15.000 kişi vardı. 1938'e gelindiğinde ise bu sayı 150.000'e ulaştı.

Alıştırma yazı:
KANSERDEN ÖLEN KADINLARIN SAYISI ERKEKLERDEN FAZLA.
HER YIL GÖĞÜS YADA RAHİM KANSERİNDEN YAŞAMINI YİTİREN 35.000 KADININ YÜZDE 70'İ, ZAMANINDA TEDAVİ İLE KURTARILABİLİR.
AMERİKAN KANSER KONTROL DERNEĞİ İŞBİRLİĞİYLE BİRLEŞİK DEVLETLER KAMU SAĞLIĞI HİZMETLERİ

Nesiller boyu bilimcilerin aklını karıştıran sorunun çözümüne rehberlik eden kişi, Avusturyalı bitkibilimci ve keşiş Gregor Mendel'di. Mendel akla gelmeyecek bir laboratuvar olan sessiz sakin bir manastır bahçesinde, tanıdık bir sebzeyle deneyler yaptı.

DNA'nın henüz hayal bile edilmediği bir dönemde, hatta hücre yapısı dahi tam olarak çözülmeden önce, Mendel günümüzde genetik aktarım dediğimiz fenomeni gözler önüne serdi. Bunu gerçekleştirmek için de pek çok nesil bezelye bitkisi yetiştirdi ve her neslin tohumunu kullanarak bir sonrakini üretti. Ortaya çıkan özellikleri ise titizlikle kaydetti. Bilinen bir tohum türünden yetiştirilen ve başka türlerle karıştırılmayan saf soy bitkiler, nesiller boyu daima benzer özellikler taşıyan bitkileri türetiyordu. Örneğin saf soy kırmızı çiçekli bitkilerden sürekli kırmızı çiçekli bitkiler türüyordu.

Mendel daha sonra melez türler yarattı, yani bitkilerarası çaprazlama yaptı. Uzun bitkileri kullanarak cüceler, kırmızı çiçeklileri kullanarak beyaz çiçekliler vb. yetiştirdi. Melezler olgunlaştıkça tohumlarını topladı ve onları tekrar tekrar ekerek, yetişen bitkilerin özelliklerini gözlemledi.

Bu süreçte birkaç sürprizle karşılaştı. Örneğin, uzun bir bitkinin polenini cüce olanla çaprazlayınca, orta boylu bitkiler elde edilmiyordu. Aynı şekilde kırmızı ve beyaz çiçekli bitkileri çaprazlayınca sonuç hiç de pembe bitki olmamıştı. İşin aslı, her yeni bitki, belli özellikleri bütünsel bir birim olarak alıyordu ve –henüz gen oldukları bilinmeyen– bu birimler sonraki nesillere saf haliyle aktarılıyordu.

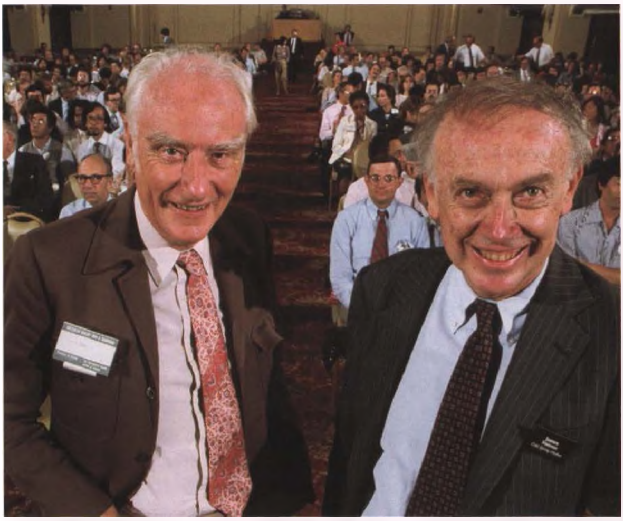
Sonuçlara bakılırsa uzun bitkileri kısa olanlarla çaprazlayınca ortaya ya uzun ya da kısa bitkiler çıkıyordu ve ilk neslin tamamı çoğunlukla uzun oluyordu. Benzeri şekilde, kırmızı ve beyaz çiçekli bitkileri çaprazlayınca ortaya iki renkten birine sahip bitkiler çıkıyordu ama çaprazlanan bitkilerin ilk nesli yalnızca kırmızı çiçeklilerden oluşuyordu.

Mendel ayrıca ilk nesil melezleri birbirleriyle çaprazladığında alternatif sonuçlar elde edebileceğini de keşfetti. Örneğin, beyaz çiçekli ve cüce bitkiler. Bu da, kısa ve uzun veya kırmızı ve beyaz çiçekleri oluşturan şeyin aslında her zaman var olduğu ve gelecek nesillerde herhangi bir zamanda ortaya çıkabileceğini gösteriyordu.

Mendel çok geçmeden bu kalıtımsal birimlerin her birinin, biri anneden, diğeri babadan gelmek üzere çiftler halinde var olduklarını keşfetti. İnsanda genlerden biri, diğerine baskın gelebiliyordu. Yani kişi babasının mavi gözlerindense, annesinin kahverengi gözlerini alabiliyordu. Genler dominant (baskın) ya da resesif (çekinik) olabiliyordu ama kalıtım yoluyla aktarılan genlerin her biri dölün genetik yapısının bir parçası olarak kalıyor ve gelecek nesillerde kendisini gösterme potansiyelini koruyordu. Geçmişte ve günümüzde bilimciler tarafından gerçekleştirilen tüm çalışmalar gibi Mendel'in görüşleri de ancak ölümünden sonra takdir edilebildi. 1900'lerin biyoloji literatürünü tarayan bilimciler, keşişin gösterişsiz bir

Gregor Mendel hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 280-85.

İKİLİ SARMAL KAHRAMANLARI
Solda görülen Britanyalı biyolog Francis Crick ve sağda görülen Amerikalı genetik uzmanı James Watson, 1951 yılında DNA'nın yapısını keşfetmek üzere yola çıktılar. 1953'te ikili sarmal görüşünü ileri sürdüler ve bu çalışmalarıyla 1962'de Nobel Ödülü'nü kazandılar.



günlüğe kaydedilmiş deneysel verilerini yeniden keşfettiler. Bu bulguları diğer araştırmacılar da bitkilerde değil ama hayvanlarda doğrulayınca, kalıtım yasaları modern biyolojinin demirbaşı haline geldi. "Armut dibine düşer" deyimi artık deneysel geçerlilik kazanmıştı.

Daha ileriye, 1944'e atlayacak olursak, New York Rockefeller Enstitüsü'nde üç araştırmacının –Oswald T. Avery, Colin M. MacLeod ve Maclyn McCarty– DNA'nın, yani deoksiribonükleik asidin, bir kalıtımsal bilgi taşıyıcısı olduğunu ilk kez ortaya koyduklarını görebiliriz. Bunu, bir bakteriden DNA'nın bir kısmını saf halde ayrıştırarak ve elde ettikleri parçacığı, ilgili başka bir bakterideki kusurlu genin yerine koyarak gerçekleştirdiler.

On yıl sonra Harvard'lı genç biyokimyager James Watson ve İngiliz fizikçi Francis Crick, DNA'nın karmaşık moleküler yapısını tanımladı. Ama daha önce, DNA'nın temel bazı bileşenlerini dikkate almaları gerekiyordu.

Üç yıl önce, Çek asıllı biyokimyager Erwin Chargaff, DNA'nın önemli kısımlarını oluşturan dört bazın –sitozin (C), guanin (G), timin (T) ve adenin (A) denen küçük kimyasal birimler– dağılımını üstüne çalıştığı sırada, tablo yavaş yavaş beliriyordu. Chargaff bu bazların her canlıda eşit sayıda var olmadığına karar verdi. T ile A'nın miktarı ya da G ile C'nin miktarı her zaman aynı oluyordu ama T ile G veya T ile C, vb. her zaman aynı olmayabiliyordu.

Watson ve Crick bunu, T'nin daima A'ya bağlandığı ve G'nin daima C'ye bağlandığı şeklinde yorumladı-

lar. Bunun dışında bir kombinasyon gerçekleşmiyordu. Böylece, karmaşık DNA molekülünün mitozla çoğalırken neden hemen hiç hata yapmadığı da açıklanmış oluyordu: bazlar birbirlerine ancak belli çiftler halinde bağlanıyordu. Yani, çoğalma gerçekleşirken uzun bir DNA sarmalı çözülerek ikiye ayrıldığında ve C-G ve T-A bağlarını ayırdığında, ayrılan her bir yarı, eksiksiz bir örnek oluşturuyordu. Bu örneklerin her biri, çevresindeki hücre materyalinden kendine uygun bazları topluyor ve otomatik olarak kendisinin tam bir kopyasını üretiyordu. Yarılardan birinde A varsa, kendisine T buluyordu. Açık olan baz C ise, o zaman bir G'ye bağlanıyordu.

Ancak tüm bunlar nasıl düzenleniyordu? DNA'nın biçimi nasıldı? Yine İngiliz araştırmacılar Maurice Wilkins ile Rosalind Franklin, daha önceleri DNA üzerinde çalışmalar yapmışlardı. İkili, çalışmalarında x-ışını kristalografisinden yararlanmıştı. Bu eski yöntem, içinden x-ışını geçirilen kristalize maddelerin kimyasal yapı analizine dayalıydı.

Ağırlıklı olarak Franklin'in elde ettiği bir x-ışını kristalografi plakasından ve kendi yaratıcılık ve çalışmalarından yola çıkan Watson ve Crick, sonunda DNA'nın yapısını tanımladı: ünlü ikili sarmal ya da kıvrılan merdiven. Hücre yaşamının en önemli iki eylemini gerçekleştirdiği sırada kendi kendisini çözebilen spiral bir merdivendi bu. Sözkonusu eylemler ikiye bölünerek kendisinin tam kopyasını üretmek, yani mitoz bölünme ve protein üretimiydi. DNA'nın çeşitli parçacıkları, yani nükleotidlerine bakan bir kimyager oldukça tanıdık maddelerle karşılaşacaktı. Merdivenin spiral tarafları "fosfor minerali, oksijen ve şekerler"in bir kombinasyonu olan fosfatlardan yapılmıştı. Basamakları oluşturan dört kimyasal bazdı ve Chargaff'ın da belirttiği gibi, her bir basamak birbiriyle ortada birleşen iki kimyasaldan meydana geliyordu.

DNA sarmalının basamakları yaşam türünü ve işleyişini belirler ve oluşturabilecekleri kom-

GREGOR MENDEL

Genetiğin Babası

1822
Johann Mendel, 20 Temmuz'da Avusturya-Macaristan'ın (şimdi Çek Cumhuriyeti'ne ait Hynice) Heinzendorf şehrinde doğdu.

1843
Moravya, Brünn'deki (daha sonraları Çek Cumhuriyeti, Brno) Augustinyen manastıra girdi ve Gregor adını aldı.

1847
Brünn'deki Augustinyen mezhebe ait Aziz Thomas Manastırı'na rahip olarak atandı.

1851-1853
Viyana Üniversitesi'nde fen ve matematik eğitimi aldı. Eğitim programına deneysel fizik ve bitki fizyolojisi de dahildi.

1856
Bezelye bitkileriyle deneylerine başladı ve sonunda kalıtım ilkesi teorisini geliştirdi; ayrıca yaklaşık 28.000 bitkiyi yetiştirmeye ve test etmeye başladı.

1863
1882'ye dek süren meteorolojik gözlemlerinin ilkini yayımladı.

1865
Bitki çaprazlama deneylerinin sonuçlarını Brünn Cemiyeti Doğa Bilim Çalışmaları'na açıkladı.

1866
"Melez Bitkilerle Deneyler" adlı makalesini yayımladı ve ileride Mendel'in kalıtım yasaları diye anılacak olan kavramlar, bu makaleyle birlikte ortaya atıldı.

1868
Brünn, Aziz Thomas Manastırı'na başkeşiş seçildi.

1872
I. Franz Joseph'in Kraliyet ve İmparatorluk Nişanı Haçı'yla ödüllendirildi.

1884
6 Ocak'ta Brünn'de öldü.

1900
Mendel'in yaşamı boyunca gözardı edilen çalışmaları yeniden keşfedildi.

DNA hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 292-295.

binasyonlar neredeyse sonsuzdur. Bir zihin egzersizi olarak kombinasyonlar yaratmak, insanı sonsuza dek meşgul edebilir. Örneğin, şöyle bir basamak dizisi düşünülebilir: CG, GC, AT, TA, TA, AT, CG, CG, GC, GC, AT, GC, A...

Bir virüste farklı şekillerde dizilmiş 200.000 DNA basamağı bulunabilir. Bir mikrobun kromozomlarında beş ya da altı milyon basamak olabilir. Sıranın en tepesinde yer alan tek bir insan hücresinde ise milyarlarcası vardır. Ancak yaşam türü ne olursa olsun –mikrop, fare ya da insan– temelde hep aynı kimyasallar bulunur; yaşamın hangi forma bürüneceğini belirleyen ve her gene, sorumlu olduğu proteinin üretimini yönlendirecek kendi özel şifresini sağlayan şey, bu dört harfli kimyasal alfabenin *dizilişidir*.

DNA'nın yapısı gözler önüne serildikten sonra araştırmacıların bir sonraki adımı, ikili sarmalın hücreye görevini nasıl bildirdiğini ve hücrenin bu bilgiyi nasıl kullandığını çözmekti. Çok geçmeden DNA'daki her bir genin, çeşitli aminoasitlerden tek bir özel proteini üretmelerini sağlayacak şifreli komutları içerdiği anlaşıldı. Genellikle yaşamın yapı taşları olarak adlandırılan aminoasitler, hücrenin akışkan sitoplazmasında yer alan organik kimyasallardı. Ancak protein oluşumunu başlatan bilgi, çekirdeğin dışına nasıl çıkıyordu? Crick, protein oluşumunda ana örneği teşkil eden bir molekülün olması gerektiği görüşündeydi.

Bu varsayımın doğrulanması, birbirinden bağımsız çalışan iki Amerikalı biyokimyager, Mahlon Hoagland ile Paul Berg'den geldi. Hoagland da, Berg de sitoplazmadaki RNA'nın bazı parçacıklarını ayrıştırmayı başarmış, her parçacığın farklı bir amino asidi yakalayacak yapıda şekillendiğini göstermişlerdi. (Transfer RNA ya da tRNA denen) bu kısa RNA iplikçiklerinin farklı dizilimleri, farklı proteinlerin biraraya gelme düzenlerini belirliyordu.

Ancak ortada yeni bir soru vardı: tRNA dizilimini belirleyen şey neydi? Her bir iplik, nereye gideceğini ve ne zaman duracağını nereden biliyordu? Sorunun yanıtı iki Fransız bilimciden geldi: Jaques Monod ve François Jacob. Monod ile Jacob, çekirdekteki genlerin insan vücudundaki kimyasal sentezi düzenleyişini

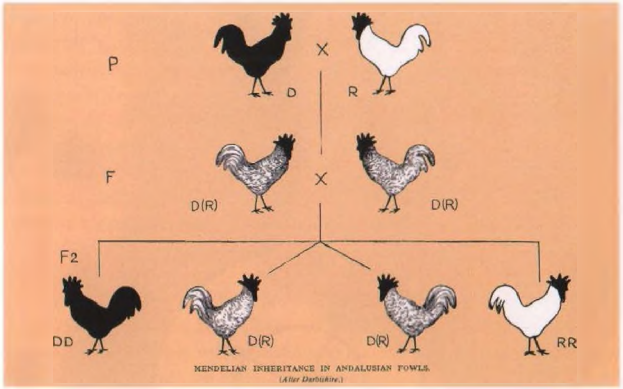
1967 – 2003

1967
Güney Afrikalı cerrah Christiaan Barnard insan üzerinde ilk başarılı kalp naklini gerçekleştirdi.



1978
Günümüzde yaygınlaşan suni döllenme yöntemiyle döllenme işlemi gerçekleştirilen ilk tüp bebek Louise Joy Brown, Manchester, İngiltere'de dünyaya geldi.

1980
Dünya Sağlık Örgütü çiçek hastalığının yeryüzünden silindiğini duyurdu.



KALITIM

Avusturyalı bitkibilimci Gregor Mendel, kalıtımla geçen özelliklerin dominant (D) ya da resesif (R) olabileceğini gösterdi. Eksik dominantlık durumunda, bu kanatlıların rengi gibi bir karışımın ortaya çıkması mümkündür. Gri kanatlılar birleştiğinde, orijinal renk genleri yeniden kendilerini gösterir.

araştırıyorlardı. "Operon" denen belli bazı genetik şifre birimlerinin, diğer genlerin aktivitesini denetlediğini ileri sürdüler.

Watson ile Crick'in kaydettiği aşamalardan on yıl sonra Monod ile Jacob nihayet çekirdekteki DNA dizisinde yer alan komutları okuyan ve daha sonra onları hücre bünyesindeki protein fabrikalarına taşıyan moleküler kurye sistemini belirlediler. Gerçekleşen şuydu: DNA'nın bir bölümü, yani bir gen, kendisini çözer ve başka bir nükleik asit oluşturur. Ortaya mesajcı RNA ya da mRNA denen farklı bir RNA tipi çıkar.

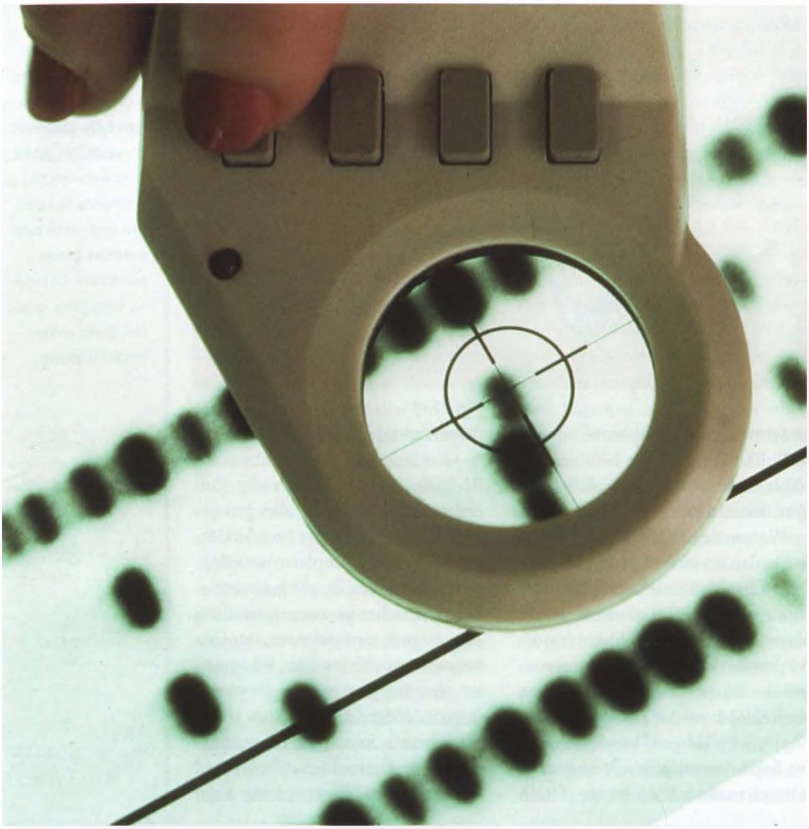
Gen, belli bir proteinin tüm şifreli bilgisini mesajcıya teslim eder. Önceden kendini çözmüş olan gen yeniden kapanır. Mesajcı ise çekirdekten dışarı, hücre sitoplazmasına doğru harekete geçerek, aldığı komutları hücrenin her yanına serpiştirilmiş olan yoğun zerreciklerden, yani ribozomlardan birine taşır. Ribozomlar temelde proteinlerin oluşturulduğu atölyelerdir. Bu oluşum süreci bir mimarın inşaat planını mühendise devretmesine benzetilebilir. Ancak sözkonusu örnekte planlar kağıt

1983
AIDS'e neden olan HIV virüsü Fransa'da Luc Montagnier ve ABD'de Robert Gallo tarafından belirlendi.

1986
Hepatit B enfeksiyonuna karşı koruma sağlayan ilk genetik mühendisliği kaynaklı aşı geliştirildi.

1998
Wisconsin Üniversitesi ve Maryland'deki John Hopkins Üniversitesi'nden bilimciler, insan kök hücrelerini ilk kez ayrıştırdılar.

2003
İnsan Genom Projesi tamamlandı, insan DNA dizilimi belirlendi ve haritası çıkarıldı. 20.000 ile 25.000 arası genin varlığı ortaya çıktı.



AYIRT EDICI ÖZELLİKLER

Her canlının kendine özgü kalıtımsal özelliği DNA'sında görülebilir. Bu tür genetik bulgular sayesinde bugün suçlular, parmak izine kıyasla daha yüksek bir doğruluk oranıyla tespit edilebiliyor.

üstünde değil, genlere şifrelenmiştir. İnşaat malzemeleri ise tuğla ve harç yerine aminoasitlerdir. Basitçe söylemek gerekirse, DNA'da saklanan genetik bilgi kopyalanarak RNA molekülüne taşınır, sonra da genetik şifre aracılığıyla proteinlerin moleküler yapısına aktarılır. Komutlar proteinin yapısı, yani işleyişi içine yerleştirildiğinde, süreç tamamlanmış olur. Proteinin kendisi, RNA'yı, DNA'yı ya da diğer proteinleri oluşturacak veriyi taşımaz.

Yaşamın temelini teşkil eden proteinlerin üretimi konusunda oynadığı rol göz önüne alındığında DNA'nın karanlık çehresi, yani hasara uğrayan kısımlarının kansere neden olabileceği gözden kaçabilir. Oysa, genetik şifredeki tek bir hata

–yanlış yazılmış bir "kelime" ya da yanlış yerleştirilmiş bir "paragraf"– birçok organı etkileyebilecek hastalıkları tetikleyebilir. Üretim hattı bozulduğunda ise önemli kimyasallar üretilemeyebilir, ya da tehlikeli miktarlarda yığılma yaparak, beyin ve damarları tıkayabilir. Şifreleme hatası ayrıca DNA'nın yanlış türde protein üretmesine de neden olabilir. Bu hatalar yaşlanma sürecinin bir parçası olarak ortaya çıktıklarında ise, hatalı proteine ve bedensel yavaşlamaya yol açabilirler.

Down sendromu gibi kimi kromozomsal anormallik durumlarında, doğanın amaçladığından daha fazla genin varlığı söz konusu olabilir. Bazı durumlarda ise eksik genler birden fazla kalıtsal kusura yol açabilir. Fenilketonüri ya da PKU adlı hastalık, kusurlu hale gelen bir genin, kendi spesifik enzimini olumsuz etkilemesine bir örnektir. Bu gibi pek çok kalıtım yoluyla geçen hastalık, zihinsel engelliliğe neden olur.

Bilimciler bir süredir hasarlı "gen ifadesi"ni baskılamanın ve yetersiz işlev gösteren genleri uyarmanın yollarını arıyorlar. Watson, Crick ve diğerlerinden yıllar sonra, temelde ciddi biyokimyasal hatalar anlamına gelen bazı durumları düzeltmeyi öğrenmek, bilim tarihinin kısa süre önce ulaştığı çığır açıcı nitelikteki bir başarının ana hedeflerinden biri oldu: insan genomunun belirlenmesi. Bu çalışma insanların tüm genlerinin, yani insan bedeninin yapı ve işleyişini belirleyen planın bir dökümünü almak anlamına geliyordu.

İNSAN GENOMU

Herhangi bir hücrenin içindeki DNA dizilimlerini okumayı öğrenerek, biyolojinin en gizemli olaylarından birinin sırrını çözen bilimciler için zaman, en doğru zamandı. Ancak görev çok zorlu, neredeyse imkansızdı: insan DNA'sındaki tüm genleri belirlemek, DNA'yı oluşturan üç milyar baz çiftinin dizilimini keşfetmek, elde edilen bilgiyi kolayca erişilebilen veritabanlarına

FRANCIS CRICK

DNA'nın yapısını keşfedenlerden biri

1916
8 Haziran'da İngiltere, Northampton yakınında doğdu.

1934
Londra, University College'da fizik eğitimine başladı.

1937
University College'dan yüksek dereceyle mezun oldu. Doktora çerçevesinde araştırmalarına başladı.

1949
İngiltere, Cambridge'deki Cavendish Laboratuvarları'nda Tıp Araştırmaları Konseyi Birliği'ne katıldı.

1951
James Watson Cavendish Laboratuvarları'nda Crick'le birlikte çalışmaya başladı.

1953
James Watson ile birlikte "Nükleik Asitlerin Moleküler Yapıları" başlıklı makaleyi yayımladı. Bu, ikilinin DNA yapısı ve işleyişi üzerine elde ettikleri bulguları tartıştıkları ilk makaleydi.

1954
Cambridge, Caius College'dan doktorasını aldı. Tez konusu "X-ışını Difraksiyonu: Polipeptidler ve Proteinler" idi.

1958
Dizilim varsayımını ve santral dogmayı öne sürdü. Her iki varsayım da günümüzde moleküler biyolojinin temel ilkeleri olarak kabul edilir.

1961
Fransız Bilim Akademisi tarafından Prix Charles Leopold Meyer Ödülü'ne layık görüldü.

1962
Fizyoloji, yani tıp dalında Nobel Ödülü'nü James Watson ve Maurice Wilkins ile paylaştı.

1976
Salk Biyolojik Çalışmalar Enstitüsü'ne geçerek, çalışma alanını bilinç ve beyne kaydırdı.

2004
28 Temmuz'da California, San Diego'da öldü.

İNSAN GENOMUNUN HARİTALANMASI

2003'te tamamlanan İnsan Genom Projesi, genomik bilim dalının ortaya çıkmasını, genetik materyalin geniş ölçekte anlaşılmasını sağlayan 13 yıllık muazzam bir çabaydı.

Proje tüm katılımcıları memnun etmeye yetecek bazı rakamlar ortaya koydu. Katılımcılar artık toplam insan gen sayısının yaklaşık 30.000 olduğunu; insan genomunun 3.164,7 milyon kimyasal nükleotid bazı (A, C, T ve G) içerdiğini; ortalama bir genin 3.000 bazdan oluştuğunu ama bu rakamların büyük oranda değişebileceğini öğrendiler. 2,4 milyon baz ile bilinen en büyük insan geni, normal kaslarda küçük miktarlarda bulunup, kas distrofisi olan kişilerde hiç bulunmayan yapısal protein "distrofin"di. Ayrıca hemen hemen bütün –yüzde 99.9- nükleotid bazların diziliminin tüm insanlarda aynı olduğu da anlaşıldı.



Broad Enstitüsü'nde insan genom çalışması liderlerinden Eric S. Lander, 2001 yılında, ilk yayımlanan genom yazarı ünvanını aldı.

Elde edilen bilgilere rağmen, bazı eksiklikler de mevcut. Örneğin, keşfedilen genlerin yüzde 50'den fazlasının işlevi bilinmiyor. Genlerin tam sayısı ise hâlâ tartışmalı. Ayrıca hastalıklarla ilişkilendirilen genler -diğer hastalıkların yanısıra, göğüs kanseriyle ve kas hastalığıyla ilişkili 30'dan fazla gen– belirlenmiş olsa da, kalp ve damar hastalıkları, diyabet, artrit ve başka pek çok hastalığın gerisinde yatan DNA diziliminin ortaya çıkarılmasında zorluklar yaşanmaya devam ediyor.

Öte yandan, projeyle birlikte ortaya çıkan bazı etik, yasal ve toplumsal sorunlar da var. Örneğin, genom projesinin sonuçlarıyla ilgili etkinliklerden biri olan klonlamanın aslında çok geniş kapsamlı bir terim olduğunu anlamanın gereği proje tarafından ortaya kondu. Bilimcilerce geleneksel olarak "çeşitli yöntemlerle biyolojik materyalin çoğaltılması" anlamında kullanılan klonlama terimi, pek çok kişi tarafından, ünlü koyun Dolly veya hayali insan kopyalar gibi birtakım canlılar yaratma şeklinde algılanıyor. Teknik zorlukların yanısıra, klonlamanın insanın fiziksel ve zihinsel gelişimini ne şekilde etkileyebileceği konusundaki bilgi yetersizliği de düşünülünce, bu tür araştırmalara yönelik endişeleri anlamak zor değil.

Ancak genom projesiyle elde edilen bilgiler farklı bazı klonlama teknolojilerinde ve genetik ikizler üretmenin ötesinde amaçlarla da kullanılabilir. Örneğin, bazı genetik hastalıkların tedavisinde rekombinant DNA teknolojisinden ya da gen klonlamadan yararlanmak mümkün. Embriyon klonlama da denen, tedavi amaçlı klonlamanın hedefi ise insan embriyonları üretmek ve üretilen embriyonlardan, insan gelişimiyle ilgili çalışmalarda ve çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılabilecek kök hücreler elde etmek.

Genom projesi yöneticilerinin de belirttiği gibi, "Halihazırda karşılaşılan kamu politikası sorunlarına bilinçle yaklaşmanın ve mümkün olan en iyi kişisel kararları almanın yolu, klonlamanın çeşitli türleri hakkında genel bilgi sahibi olmaktan geçiyor."

aktarmak ve düzenlemek, ve nihayet bu tür bir projenin tamamlanması ve etkileriyle birlikte kaçınılmaz olarak ortaya çıkacak etik, yasal ve toplumsal konuları ele almak.

Genler hiç kuşkusuz orada, olgun alyuvarlar dışındaki her hücrenin içerisinde, eksiksiz genom halinde duruyordu. Ama insandaki her bir geni kataloglamak... İşte bu neredeyse akıl almaz bir işti. Bazı genler tespit edilemeyecek kadar küçüktü; tek bir gen birkaç farklı protein ürününün, bazıları ise yalnızca RNA'nın şifresini taşıyordu; gen çiftleri çakışabiliyordu. Sonuçta ortaya göz korkutan bir tablo çıktı.

Ancak başarılması durumunda bilim, insan genetiğini çok daha büyük bir ölçekte kavrayabilecek; bir insanın görünümünü belirleyen nedenleri; insan sağlığı ve direncine genetiğin katkılarını; hatalı genlerin hastalıklara nasıl yol açtığını anlayacaktı. Böyle bir çalışma 1777'de, yani "gen" ve "DNA" sözcükleri henüz ortada yokken, Prusyalı Büyük Frederick'in sözlerine de inandırıcılık kazandıracaktı: "İnsan değişmez bir karakterle doğar."

ABD Enerji Bakanlığı ve Ulusal Sağlık Enstitüsü tarafından koordine edilen ve 13 yıl sürmesi planlanan İnsan Genom Projesi 1990'da başlatıldı. Projenin önemli özelliklerinden biri, federal hükümetin teknolojiyi özel sektöre aktarma konusundaki kararlılığıydı. Özel şirketlere teknoloji lisansları veren ve yenilikçi araştırmalar için bağışlar sağlayan proje yöneticileri, milyarlarca dolarlık ABD biyoteknoloji endüstrisini hareketlendirmeyi ve yeni tıbbi uygulamaların gelişimini teşvik etmeyi hedefliyordu.

Yürütülen çalışmalar son derece yoğundu. Eğitimsiz biri için "yaşamın şifresi" sözü boş laftan öte bir şey ifade etmiyordu. Ancak şifreyi kıran bilimciler için bu, anlamı oldukça açık bir sözdü. Çünkü onlar, gen müdahelesiyle hastalıkları iyileştirmeye giden yolun, tüm haritayı çıkarmaktan geçtiğini biliyorlardı.

Hücre çekirdeğindeki DNA'nın ipliğimsi yapılarının ve gen taşıyıcısı kromozomların daha kısa parçacıklara ayrılması gerekiyordu. Kromozomların 50 ile 250 milyon arası baz içerebildikleri düşünülürse bu hayli zorlu bir işti. Her kısa parçacığın, jel elektroforezi denen bir yöntemle bölümlere ayrılması ve bazlarını belirlemek için boyanması gerekiyordu. Otomatik dizileştiriciler, kısa gen dizilerinden (her biri 500 bazdan oluşan bloklar) bilgi taranmasına ve kaydedilmesine yardımcı oluyordu. Ardından bilgisayarlar kısa dizileri, uzun, kesintisiz dizilere dönüştürüyordu. Daha sonra bunların her biri üzerinde hata; gen şifreleme bölgesi ve diğer özelliklerin analizi yapılıyordu.

Projeye, *E. Coli*, meyve sineği ve laboratuvar faresi de dahil, insan dışı birkaç organizmanın genetik yapı çalışmaları da dahildi.

Genomun yalnızca küçük bir yüzdesinin proteini, yani bilimcilerin araştırdığı yararlı bilgiyi şifrelediği düşünülürse, yapılan iş sapla samanı ayırmaya benziyordu. Genomun büyük bir kısmı, "hurda DNA" adlı, önemli protein üretimi bilgisi içermeyen ve tekrarlanan dizilerden olu-

GENETİK BAĞLANTI

İngiliz biyolog William Bateson ile birlikte çalışan 1875 doğumlu İngiliz genetikçi Reginald Punnett, genetik bağlantıyı, cinsiyet bağlantısını, dihibridizmi, bağımsız olmayan otozomal bağlantıyı keşfetti. Punnett genetik kombinasyonların sayı ve sırasını gösteren "Punnett Karesi"ni geliştirdi. 1967 yılında İngiltere'de öldü.

şuyordu.

Proje, programlanan zamandan önce, 2003'te büyük oranda tamamlandı. Kesin sayı halen araştırılıyor olsa da, genom tarafından şifrelenen genlerin 20.000 ile 25.000 arasında, belki de daha fazla olduğu artık belirlenmişti. Ancak bu 100.000 civarındaki ilk tahminlerden oldukça farklı bir sonuçtu.

Kesin sayının belirlenmesi yıllar sürebilir ve bilimcileri çok daha yorucu deneyler bekliyor olabilir. Ancak kesin olan bir şey varsa o da İnsan Genom Projesi'nin, gen terapisi gibi pratik bazı uygulamaların yanısıra, yıllar boyu araştırmalara konu olacak biyolojik sistemlerin anlaşılmasına katkıda bulunmuş olduğudur. Üstelik bu araştırmalar yalnız insan üzerine yürütülmeyecek: proje katılımcılarının yarattığı teknikler ve derledikleri bilgiler aynı zamanda diğer birçok organizmanın genomlarının belirlenmesini sağlayacak; özellikle de fare, meyve sineği ve at solucanı gibi biyolojik araştırmalarda kullanılanların. Buradaki önemli nokta, canlı organizmaların pek çok "homolog", yani benzer geni paylaşmasıdır. Böylece örnek bir organizmadaki -örneğin yuvarlak kurt- genin dizilimi ya da işlevi belirlendiğinde, insan ya da herhangi bir organizmadaki homolog bir gen de açıklanabilir.

Ulusal İnsan Genom Projesi'nin yöneticisi Francis Collins, genom projesinin sonuçlarını, farklı kullanımlara sahip bir kitaba benzetmişti. "Bir tarih kitabı bu," demişti Collins, "türümüzün zamanda yolculuğunu anlatan bir öykü. Her bir insan hücresinin üretim planını gösteren bir el kitabı. Aynı zamanda sağlık görevlilerine hastalıkların tedavi ve önlenmesi konusunda önemli bilgiler sağlayan olağanüstü bir tıp kitabı."

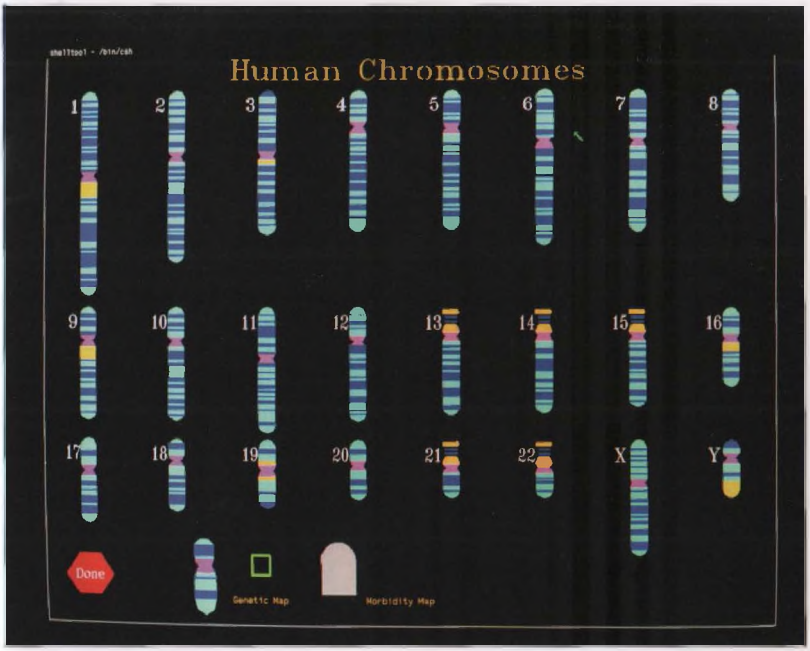
Alkışlanacak daha çok şey var. Uluslararası "HapMap" Konsorsiyumu isimli bir grup, 2005'te insan genetik çeşitliliği üzerine ayrıntılı bir katalog yayımladı. İnsan genom dizilimini temel alan katalog, astım, diyabet, kalp hastalığı ve kanser gibi yaygın hastalıklarla ilintili genlerin araştırmasına hız kazandıran büyük bir başarıydı.

ABD, Kanada, Çin, Japonya, Nijerya ve Birleşik Krallık'tan 200 kadar araştırmacı, geniş bir coğrafi alana yayılmış gönüllülerden gelen kan örnekleri üzerinde çalışmalar yürüttü. Şimdiye dek elde edilen sonuçlar, insan genom çeşitliliğinin "haplotip" denen komşu bölgelerde toplandığına ve bunların genelde bozulmamış bilgi blokları şeklinde aktarıldığına ilişkin son derece etkili bulgular ortaya koydu.

GELECEK NESİLLERİN GENOMU

"HapMap" kataloğu doktorların kişiye göre ilaç ve doz belirlemesine yardımcı olacak ve her bireyin çevresel faktörlere karşı farklı tepkiler verdiğini göz önünc alan, önleyici stratejilerin belirlenmesini sağlayacak. Katalog ayrıca araştırmacıların insan sağlığına katkısı olan, bulaşıcı hastalıklara karşı koruma sağlayan ya da sağlıklı bir uzun yaşamı destekleyen genetik faktörleri belirlemelerine de yardımcı olabilir.

Tokyo Üniversitesi, İnsan Genom



Merkezi yöneticisi Yusuke Nakamura, katalog için şöyle diyor: "Bundan yalnızca birkaç yıl önce, hayal edilemez olmasa da, uygulanamaz nitelikteki araştırmaları olanaklı kılan olağanüstü bir araç bu. Bilim camiasını büyük masraflardan kurtarıyor. Yaygın hastalıklarda kalıtımsal faktörlerin genom araştırması için yapılan harcamaları on ila yirmi katı kadar azalttı."

Hipokrat'ın zamanından HapMap'e, mikrop teorisinden insan genomuna dek insan bedeni, sadece tıp bilimcilerini değil, herkesi büyülemeyi sürdürüyor.

GERÇEĞİ GÖSTEREN LEKELER

Bir elektrik alanına maruz bırakılan DNA parçacıkları, bu işlemin hemen ardından boyanarak analiz edilebilir. Ortaya çıkan şekiller, tamamen DNA'nın alındığı kişiye özgü olacaktır.



Madde ve Enerji

MADDE VE ENERJİNİN SIRLARINI ÇÖZMEYE yönelik araştırmalar iki bin yıldan uzun bir süredir devam ediyor. Şimdiye dek pek çok bilgiye ulaşmış olsak da, araştırmanın sınırları, günümüz bilimcilerince daha da genişletiliyor. Kesin olarak öğrendiğimiz bir şey varsa o da doğal dünyanın birçok yönünün anlaşılmasında matematiğin hayati bir rol oynadığı. Ancak matematiğin –günümüzde doğallıkla benimsediğimiz– en basit yönleri bile aslında, kendi gereksinimleri ve istekleri doğrultusunda atalarımız tarafından adım adım geliştirildi. Öykümüz sayılarla başlıyor.

Yazı dili ile matematiğin insanlık tarihinin aynı döneminde geliştirilmesi bir tesadüf değil. Söz konusu becerilerin her ikisi de fizik dünyayı tanımlamanın yolları ve her ikisi de fizik dünyaya yönelik bilgileri bir dizi sembollerle ifade etmeyi gerektiriyor. Ancak semboller, insanların bir milyon yılını alan bir sürecin son aşaması. Bu sürecin başlangıcında, pek çok hayvan gibi insan da büyük olasılıkla "küçük"ü "büyük"ten, "az"ı "çok"tan ayırt edebiliyordu. Sezgisel olarak –tıpkı yuvasındaki yumurtaların sayısını sezebilen bir kuş ya da yavrusuna kaç tırtıl yedirdiğini sezebilen bir yabanarısı gibi– sayı sayabiliyor ve dört taştan oluşan bir yığının, on taştan oluşan yığından, ya da dört adımlık mesafenin on adımlık mesafeden farklı olduğunu kavrayabiliyordu. Bugün bizim anlamakta zorlandığımız şey ise ortada taş ve adım olsa da, "dört" ya da "on"un olmamasıydı.

ÖNCEKİ SAYFALAR
Maddeden enerjiye: 11 kilotonluk atom bombasının patlaması sonucu 14 Eylül 1957'de Nevada Çölü test alanı üzerinde mantar görünümlü atom bulutu yükseliyor.

GÜNEŞ SAATİ MİLİ
Ortaya çıkışı MÖ 35. yüzyıla kadar geriye giden güneş saati mili –güneş saatinin ilkel bir örneği– dünyanın ilk zaman ölçen aletiydi. Daha hassas ölçümler yapan aletler MÖ 8. yüzyılda kullanıma girdi.

Sayılara yönelik herhangi bir farkındalık varsa, bunlar kişisel farkındalıktan kaynaklanmış olabilirdi: örneğin, bir vücut, bir kafa, bir ağız üzerinden "bir" rakamının anlaşılması; ya da tüm simetrik varlıklar gibi iki kol ve iki bacağımız olmasından, "iki" rakamının kavranması gibi. "Bir" tekliğe işaret ediyordu; "iki" ise karşılaştırma ya da zıtlığa işaret ediyor olabilirdi: örneğin, erkek ve kadın, gündüz ve gece, güneş ve ay, dünya ve gökyüzü, su ve toprak, sıcak ve soğuk. Günümüzde bile ritüellerde ve dini ibadetlerde bazı sayıların kudretli ve temel gerçekleri temsil ettiğine inanılır.

SAYMA VE ÖLÇME ARAÇLARI

İnsan zihni bu tür temel gerçeklere yönelik kapasitesini geliştirmeye ne zaman başladı? Eski çağların okuma yazma bilmeyen göçebe çoban ya da avcıları, deneme yanılma yöntemiyle alet ve silahlarını ne şekilde biçimlendirip boyutlandıracaklarını, avlarına ne kadar yaklaşmaları gerektiğini ya da bir sonraki yolculuklarının ne kadar süreceğini öğrenmişlerdi. Peki atalarımız bir milyon yıl önce kesici alete dönüştürecekleri bir taşa kaç darbe vurmaları gerektiğini sayıyorlar mıydı? Ava çıkmadan önce yanlarında taşıdıkları taşları sayıyorlar mıydı? Avlarını işaretliyorlar mıydı? Günlük yolculuklarında kaç adım attıklarının hesabını tutuyorlar mıydı? Tüm bunları bir milyon yıl önce, yani insan beyninin günümüzdeki ölçüsünden 600 cm^3 daha küçük olduğu zamanlarda yapmıyorlardıysa, bu gibi sayma eylemlerine ne zaman başladılar?

Daha ileri hesaplar yapma gereksinimi, 50.000 yıl öncesinin değişen ortamlarında sürdürülen yaşamın güçlüklerinden mi doğmuştu? Bu tür hesaplar yapmak, bizimki gibi daha hacimli beyinleri mi gerektiriyordu? Sayı kavramının (hem miktar, hem düzen belirten sıralı sayılar) gelişimi, insanlık kültürünün başlangıcına mı işaret ediyordu?

İnsanın ilk sayma ve aritmetik biçimlerini ne zaman geliştirdiğine ya da güneş, ay, yıldız ve gezegenlerin düzenli hareketlerini ölçmeye ne zaman başladıklarına ilişkin bulguların sayısı oldukça az. Eğer yiyecek ve barınak aramak için amaçsızca dolaşmıyorlardıysa, yolculuklarına çeşitli

MÖ 600 – 50 civarı

MÖ 600 civarı
Miletli Thales yaşam ve dünyanın temel elementinin su olduğu çıkarımını yaptı.



MÖ 500 civarı
Pisagorcular matematik çalışmaları yaparak, geometride büyük ilerlemeler kaydettiler.

MÖ 420 civarı
Yunanlı düşünür Demokritos, maddenin yapıtaşını çok küçük, görünmez birtakım parçaların oluşturduğunu ileri sürdü ve bu parçalara "atom" ismini verdi.



GÜNEŞ SAATİ
İster karmaşık olsun, ister basit, güneş saati insanın zaman algısının doğal dünya ile olan yakın ilişkisini açıkça ortaya koyuyor.

işaretler katıyorlar mıydı? Hiç kuşkusuz tarih öncesi insanları, gölgelerin gün içinde kaydığını ve yere dikili bir çubuk etrafına çizilen daire ile günün ilerleyişini işaretleyebildiklerini fark etmişlerdi. Gnomon güneş saati mili (Yunancada "bilen" anlamında) denen bu tür aletler günümüzde de Afrikalı "Bushmen" kabilesi tarafından kullanılıyor. Ayrıca bilinen ilk ölçüm sistemlerinden bazılarının insan vücudunun çeşitli kısımlarını temel almış olması da –açık bir elin genişliği, bir kol, ayak ya da adım boyu– bu yöntemlerin uzun süredir kullanıldığının bir göstergesi.

MÖ 320-260 civarı
Euclid (Öklid) geometri bilgilerini derleyerek, ünlü eseri *Elementler*'de genişletti.

MÖ 300 civarı
Hindistan'da yaşayan matematikçiler ilk kez sıfırı rakamsal bir yer doldurucu olarak kullandılar.

MÖ 287-212
Arşimet suda yüzen bir cisme uygulanan kuvvetin, o cismin yerini aldığı sıvının ağırlığına eşit olduğunu ileri sürdü.

MÖ 50 civarı
Onluk sayı sistemi Hindistan'da geliştirildi.

İLK YAZILAR
Kil tabletler üstüne baskılanarak elde edilen piktografiar, antik Sümer'de kayıt defteri yerine geçiyordu. Çivi yazısı denen ve çiviyle biçimlendirilmiş bu sembollerle birlikte ilk yazı dili ortaya çıktı.



Sayı sayma ise apayrı bir konu. Örneğin iki ağaca bakmak ile, bu ağaçları temsilen yere iki çubuk koymak, büyük bir aşamayı gerektirir; çubuk gruplarını birbirine eklemek ise daha da büyük bir aşamayı.

İnsanbilimci ve arkeologlar 10.000 yıl kadar önce tarım ve hayvancılığın Ortadoğu'da ortaya çıkışıyla birlikte bu sürecin hızlandığını düşünüyorlar. El ya da ayak parmağıyla veya tahtaya çentik atarak sayınak, küçük sayılarda işe yarıyordu. Ancak tahıl yetiştirmek ve hayvan beslemek için verimli topraklarda yerleşik yaşama geçen avcı ve göçebelerin daha büyük sayılarla baş etmesi gerekiyordu. Yerleşimin henüz ilk dönemlerinde dahi ortak kullanımlı depolarda saklanan tahılın hesabını tutmak durumundaydılar. Böylesi büyük miktarlar, çok daha gelişkin ve kullanışlı hesaplama yöntemlerini gerektiriyordu.

MÖ 7500'lere gelindiğinde, günümüz Güney Irak'ına karşılık gelen Sümer topraklarında, çiftçilere ait depoların takibi için farklı biçimlerde kilden küçük markalar kullanılıyordu. Bunlar günümüzde çocukla-

rın karton üzerinde oynadığı çeşitli oyunlarda kullanılan markaları andırıyordu. Kilden küçük bir bilye, "bir kile tahıl"a karşılık geliyordu. Silindir marka, bir hayvanı, yumurta şekilli küçük marka ise bir kavanoz yağı temsil ediyor olabilirdi. Şimdiye dek eski çağlara ait küre, disk ve küçük piramit şeklinde bu tür markalar bulundu.

Bu tarihi eserler, kilin yüksek ısıda şekillendirildiği, ustalıklı çömlek yapımının geliştiği Bronz Çağı'na aitti. Sözkonusu markaların her biri tek bir birimi temsil ediyordu ve kişinin stokunu belirlemek için markalar sayılıyordu.

Daha çok sayıda eşya üretildikçe –kumaş, parfüm, alet– markaların sayımı da geliştirildi ve arkeolog Denise Schmandt-Besserat'ın görüşüne göre, medeniyetin yepyeni bir alanında kullanıldı: vergi toplama. İçlerine konan sembollerin işareti dış kısma kazınmış kilden kürelerde markalar saklanıyordu. Çok geçmeden markaları resmeden işaretler markaların yerini almaya başladı ve kilden küreler düzleştirilerek daha kolay işaretlenebilen tabletlere dönüştürüldü. 50 tane yumurta şekilli marka yerine, kil tabletin üstüne taş kalemle 50 adet yumurta şekilli işaret kazınıyordu.

Schmandt-Besserat'a göre MÖ 3100 civarında büyük bir gelişme yaşandı; 50 kile tahıl, 50 adet tahıl markasının resmiyle anlatmak yerine, yeni bir sistem geliştirildi. Bu sistemde bir kile tahıla karşılık gelen sembolün önüne, 50 sayısını temsil eden özel bir işaret ya da işaretler kombinasyonu geliyordu. Sayılar henüz belli bir adete işaret edecek şekilde, tam anlamıyla soyutlaştırılmamıştı. Örneğin, "iki" hâlâ tek başına bir şey ifade etmiyor, yalnızca belli bir cismi nitelediğinde anlam kazanıyordu. Ancak farklı şeylerin miktarı için aynı sembollerin kullanılıyor olması bile, basit sayma eyleminin çok ötesine doğru atılmış dev bir adımdı. Ayrıca her ne kadar ilk başlarda yalnızca iki sayı sembolü kullanıma girmiş olsa da, yine de bu iki sembol, basit bir onluk sistem yaratmaya hizmet etmişti. Bu, belki de insanın el parmaklarının sayısından dolayı, içgüdüsel olarak gelişti. Yeni sistemde çivi işareti "bir"i temsil ediyordu, çember ise "on"u.

MÖ 3000'lerde kilden markaların modası geçti ve yerlerini yine kilden yapılma, dayanıklı hesap tabletleri ile Ortadoğu'da ilerleyen 3000 yıl içinde kullanılacak ve geliştirilecek olan yeni bir piktografik veri depolama sistemi aldı. Tarihin bu dönemi ayrıca yazı dilinin başlangıcına tanıklık etti. Bu da "çivi biçimli" anlamına gelen "cuneiform" yani çivi yazısı isimli yeni bir oyma semboller dizisinin kullanımıyla birlikte gerçekleşti. Bu görünürde basit ilerleme, aslında 4000 yıldan uzun bir sürede gerçekleşti. Ne var ki insanlar yeni gözlem ve fikirlerini tanımlamak ve ölçmek için sayıları kullandıkça, dünyaya yönelik bilgide çok büyük aşamalar kaydedildi.

Mezopotamya Bereketli Hilal kültürlerinin bir parçası olan Babilliler, Sümerlerin kaydettiği gelişmeleri daha da ileri götürdüler. Daha çok sayıda rakamsal işaret ürettiler ve tıpkı günümüzde kilogramı grama dö-

ÇİVİ YAZISI

Antik çağ Ortadoğusu'nda en önemli ve yaygın yazı sistemi, yine antik Ortadoğu'nun Latin alfabesine karşılık geldiği söylenen çivi yazısıydı. Çivi yazısını kullanan, bilinen en eski halk Sümerlerdi.

TOPRAK, HAVA, ATEŞ, SU

Dünya neden yapılmıştır? İnsan duyuları bu temel soruya farklı kültürlerde (önce MÖ 2000 civarı Çin'de, sonra antik Hindistan'da ve nihayet MÖ 5. yüzyılda Yunanistan'da) hep aynı yanıtı verdi; madde birkaç temel elementten oluşur. Çinlilere göre bu elementler su, metal, odun, ateş ve topraktı; Yunanlar ve Hintliler için toprak, hava, ateş ve su. Eski çağ insanlarına göre fizik ve metafiziği ayrı düşünmek zordu ve bu elementler gerçek olduğu kadar, kavramsal birtakım niteliklerle de yüklüydü.

Dört element görüşünü ilk kez MÖ 5. yüzyılın başlarında Yunanistan'da Empedokles dile getirdi. Bir şair, düşünür, politikacı ve Pisagor takipçisi olan Empedokles'e göre toprak, hava, ateş ve su tüm yaşamın ve maddenin "rizomata"sını, yani köklerini oluşturuyordu. Her şeyin atomlardan ya da boşluktan oluştuğuna inanan Demokritos gibi atomistlerin; ya da maddenin yoktan var edilemeyeceğine ve yok edilemeyeceğine inanan Parmenides'in aksine Empedokles, elementlerin sonsuz bir değişim ve gerilim içinde olduğunu düşünüyordu. Bu iki özelliğin temelinde evrenin iki büyük kuvveti yatıyordu; çekme ve itme, ya da kendi deyişiyle sevgi ve çekişme. Bu kuvvetler dünyanın sürekli tekrarlanan yaratım ve yıkım süreçlerini meydana getiriyordu.

Empedokles'in maddenin yaratılıp sonra yok edilebileceğine ilişkin görüşü, Aristoteles'in her şeyin belli bir amaçla yaratıldığı görüşüyle ters düşüyordu. Aristoteles, toprak, hava, su ve ateşin tüm maddelerde bileşik halde bulunduğu görüşüne katılıyordu ancak bu bileşim, düşük seviyeli ve cansızdan, insana ve ilahi olana dek uzayan bir varlık zinciri üstündeki tüm varlıkların kusursuzluğuna katkı sağlayacak şekillerde oluşuyordu.



1496 tarihli bu İtalyan gravüründe, toprak, hava, ateş ve su –dört element– birbirinin içine giriyor.

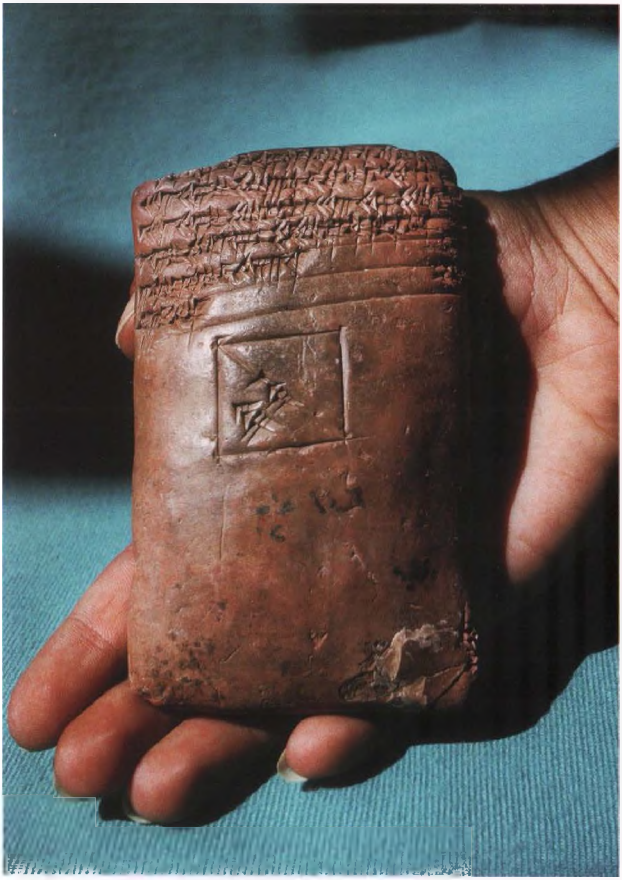
Aristoteles, zıttıyla eşleşen dört elementin birbirlerine dönüşümleri –toprağın havaya, suyun ateşe– üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapmıştı.

"Örneğin, tek bir özelliği değişirse, ateş havaya dönüşür," demişti. "Çünkü gözümüzle gördüğümüz gibi ateş sıcak ve kurudur, hava ise sıcak ve nemli. Yani nem kuruluğa üstün gelirse, ortaya hava çıkar... Sırasıyla, ateşin suya, havanın toprağa, ve yine su ile toprağın ateşe ve havaya dönüşümü ise olanaklı olsa da, çok daha zordur çünkü daha fazla niteliğin değişimini gerektirir."

MÖ 5. yüzyılda yaşayan hekim Hipokrat ise sağlığın dört vücut sıvısının dengesiyle sağlandığına inanıyordu –kan, balgam ve iki tür safra– ki bu sıvılar da dört ana organa, dört mevsime, insan yaşamının dört evresine ve dört elemente karşılık geliyordu. Ortaçağ süresince bu sembolik nitelikler sistemi, elementlerin kendileri kadar önemliydi. Islaklık ve kuruluk, sıcak ve soğuk dengesi, ruhsal ve fiziksel sağlığın göstergesiydi.

Aristoteles'in pek çok görüşü gibi, dört element ve onlara karşılık gelen vücut sıvıları teorisi de uzun süre benimsendi. Ortaçağ döneminde simyacılar maddelerin gerçek fiziksel bileşenlerini keşfettikçe, Aritoteles'in elementler teorisi sorgulanmaya başlandı.

İngiliz kimyager Robert Boyle 1661'de dört elementin yapısını tartışmaya açtı. Boyle'a göre elementler başka maddelere ayrıştırılamaz ya da başka maddelerden dönüştürülemezdi. Rönesans döneminde elementlerin yorumu bilimsel değil, metaforik anlamda algılandı. 18. yüzyılın sonlarında ise Fransız kimyager Antoine Lavoisier, Boyle'ın kriterlerini temel alan bir elementler listesi yayımlayarak, günümüz periyotlar tablosunun ilk şeklini hazırlamış oldu.



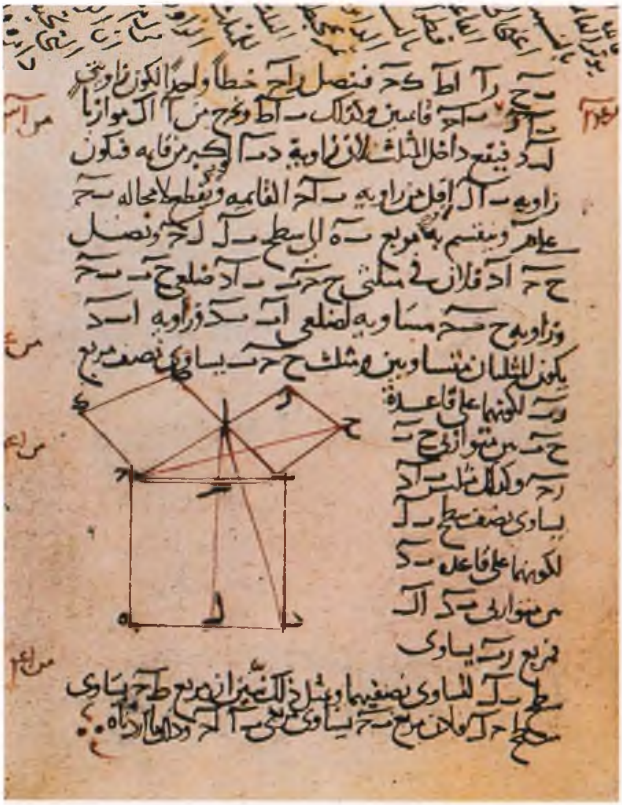
KAYIP BİR EV ÖDEVİ Mİ?
El büyüklüğünde tipik bir Babil kil tableti üzerine çizilmiş bu şekiller, büyük olasılıkla bir matematik problemini temsil ediyor. Çözüm ise çivi yazısıyla problemin üstüne yazılmış.

nüştürdüğümüz gibi birbirine dönüştürülebilen sistemler yarattılar. Örneğin, on koni bir küçük daireye eşitti. Altı küçük daire ise bir büyük koniye. On büyük koni, içinde bir çemberi olan bir büyük koniye eşitti ve bunlardan altısı da büyük bir daire ile temsil ediliyordu. Babilliler, bizim açı ve zaman birimlerimize benzer altmışlık birimlerle çalışıyordu. İçinde küçük bir daire olan büyük bir daire, on büyük daireye eşitti: 10x6x10x6x10, yani 36.000 birime.

Farklı şeylere farklı sayma sistemleri uygulanıyordu –tahıl stoku sayımı için kullanılan sistem, hayvan sa-

DIK ÜÇGENLER

Pisagor günümüzde daha çok dik üçgenin kenarları arasındaki ilişkiyi açıklayan kişi olarak biliniyor. Bu açıklamayı yapan ilk kişi o muydu, bilinmez ama, kavram kısa sürede dünyanın çeşitli yerlerine yayıldı. Resimde görülen 13. yüzyıla ait belge, Öklid'in Pisagor teoremi kanıtının Arapça yorumu.



yımında kullanılandan farklıydı– ama her sistemin sembolleri aynı olabiliyordu.

İlerleyen bin yıl boyunca bu geçiş döneminin karmaşası, yalnızca iki sembole dayalı bir sisteme dönüştürüldü: dik duran çivi işareti 10'dan küçük sayıları; sola eğimli çivi işareti ise 10 sayısını temsil ediyordu. Toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri günümüzdeki gibi gerçekleştiriliyor, ancak sayılar 10 değil, 60 üzerinden aktarılıyordu. (Örneğin 53 dakika ile 20 dakikayı toplayacağınızı düşünün: 53'e 7 dakika ekleyince bir saat olur, kalan 13 dakika ise sonraki saate aktarılır.) İşleri kolaylaştırmak için Babilliler geniş kapsamlı çarpma ve bölme tabloları oluşturdular. Böylece büyük hesaplar küçük parçalara ayrılabiliyor, sonra birbirine eklenebiliyordu. Bu

sistemle Babilliler karmaşık hesapların üstesinden gelebildiler.

Babil halkının matematiksel tablolar yaratma eğilimi, genel matematik formülleri konusunda kendini göstermemişti. (Çarpımı ve toplamı bilindiği sürece bir dikdörtgenin enini ve boyunu bulmak gibi) cebir hesapları yapabiliyorlardı, ancak bunu da bizim denklem dediğimiz sistemle değil, bir dizi işlemle gerçekleştiriyorlardı.

Yunanlar eskiye dayanan bilgilerinin Mısırlılardan geldiğini iddia ederdi. Her ne kadar Mısır o dönemde daha gelişkin bir medeniyet gibi görünse de, matematik alanında onluk sistemi pratik aritmetiğin fazla ötesine götürememişti. Ancak Yunanlar gerçekten de MÖ 7. yüzyılda Mısırlılarla ticareti geliştirmiş, MÖ 3. yüzyıla gelindiğinde ise Mısır, Yunan imparatorluğunun bir parçası haline gelmişti.

Matematik, antik dünyada gelişim gösterdiği her yerde kültürlere gitgide artan varlıklarını, üretkenliklerini ve bilgilerini ifade etmenin yeni bir yolunu sundu (Çin ve Hindistan'da ise, tıpkı Batı Yarımküre'deki İnkalar arasında olduğu gibi, bağımsız olarak gelişti). Aynı dönemlerde gelişen yazı dili de hemen hemen aynı amaçlara hizmet etti. Tıpkı yazı mutlaka felsefe anlamına gelmediği gibi, ölçüm de doğal fenomenleri araştırma amaçlı kullanılana dek bilime dönüşmedi. Matematik dilini bilimsel keşiflere adapte edebilmek için geçilmesi gereken bir aşama daha vardı: doğanın da matematik kurallarına tabi olduğunu anlamak.

Peki bu anlayış nasıl gelişti? Mevcut ilk bulgu MÖ 7. yüzyılda, Yunanistan'ı işaret ediyor. Ülke o dönemde Ege boyunca uzanan Yunan anakarasından Türkiye kıyılarına dek ulaşan; özgür düşünceye sahip, siyasi anlamda hareketli ve bağımsız eyaletlerden kurulu bir konfederasyondu.

Afrika, Ortadoğu, Hindistan ve Çin'den eşya ve fikir alışverişine açık bir ticaret ağının ortasına kurulu bu İyonya medeniyeti, kuruluşundan itibaren entelektüel meraktan ilham alarak, kısa sürede yükselişe geçti. Küçük adalarda ya da gelişmekte olan şehirlerin ortasında açılan felsefe okullarının kurucuları dillerden düşmedi. 7. yüzyılın sonu, 6. yüzyılın başlarında –Thales, öğrencisi Anaksimander ve onun öğrencisi Anaksimenes de dahil– İyonya'nın Türkiye kıyısındaki Milet şehrinde yaşayan doğa filozofları, karmaşık bazı kozmogoniler geliştirdiler. Çalışmaları onları, basit matematiksel oranlarla evrenin tanımlanabileceği sonucuna vardırdı.

İtalya'daki Pisagorcular ise bu görüşü alarak iyice geliştirdiler. Yapılan çalışmaların Yunan düşüncesi –ve daha sonra tüm bilimsel düşünce– üzerinde büyük etkisi oldu. Sözkonusu öğretilerden günümüze bir şey kalmamış olsa da, Pisagor'un matematik, bilim ve batı düşüncesi üzerindeki etkileri inkar edilemez.

MÖ 560'da Türkiye kıyılarının hemen açığındaki Samos adasında doğan Pisagor, gençliğinde Mısır ve Babil'e yolculuk yaptı. Samos'a döndüğünde çileciliği, vejetaryenliği, ölçülülüğü, politikayı, felsefeyi, astronomiyi, reenkarnasyonu, müziği ve matematiği benimseyen ve kadın ve



ÖNCEKİ SAYFALAR
Salvator Rosa'ya ait bu 17. yüzyıl tablosunda, hem matematikçi hem de bir mistik olan Pisagor'un yeraltından çıkışı resmediliyor.

DÜNYACA ÜNLÜ
Pisagor teoremi dünyanın her yerinde uygulanır ve saygı görür. Örneğin, Uganda'ya ait bu madeni paranın üstünde bir dik üçgen, teoremin formülü ve Pisagor'un kendisi resmedilmişti.

erkeklerden oluşan tarikat benzeri bir grup kurdu. Pisagor ve takipçileri bir gamın notaları arasındaki boşlukları belirleyen sayısal oranları keşfettiler. Araştırmalarını müzikten matematiksel ilişkilere, oradan da geometrik biçimlere ve sayı dizilerine doğru ilerleterek, uyum ve simetri arayışını durmaksızın sürdürdüler.

Bizim için bu gelişmelerin önemi, ses kadar doğal bir unsurun, matematik yasalarına tabi oluşunun benimsenmesinde yatıyor. Pisagorcular bu anlayışı teorik bir disipline dönüştürdüler: matematiksel önermeler, sağlam kanıtlar gerektiriyordu. Onlara göre, "her şey sayılardan oluşuyor"du. Pisagorcular yıldız ve gezegenlerin düzenli hareketlerinde de "kürelerin müziği"ni aradılar. İddialarına göre geometri insanlar için evreni anlamanın ve yaşama uyum kazandırmanın bir yolu olabilirdi.

Tuhaf bir keşif Pisagorcuları hayrete düşürmüştü: herhangi bir dik üçgenin hipotenüsü ile iki kenar uzunluğu arasında sabit bir oranı olduğunu anlamış, ama bunu bildikleri sayılarla kesirli olarak ifade edememişlerdi.

Tam anlamıyla ifade edilemeyen bu sayı nasıl bir sayıydı? Pisagorcular, günümüzde "oransız (irrasyonel) sayılar" dediğimiz kavramı keşfetmenin eşiğine gelmişlerdi. Çalışmalarının sonunda bugün "Pisagor teoremi" diye adlandırdığımız formül bulundu.

Teorem matematiksel olarak $a^2 + b^2 = c^2$ diye ifade edilir. Formülde "a" ve "b" üçgenin kenar uzunluklarını, "c" ise hipotenüsün uzunluğunu temsileder. Üçgenin kenarları birer birim uzunluğundaysa, teoreme göre "c", yani hipotenüsün uzunluğu, ikinin karekökü'dür. Pisagorcular haklıydı: bu değeri, iki sayının oranı olarak göstermenin yolu yoktur. Günümüzün onluk sistemine göre, ondalık virgülünden sonra gelen sayılar (1.414213...) ne belli bir düzeni takip eder, ne de sonlanırlar. Bir dairenin çevresinin çapına olan oranı, yani "pi" sayısı da yine bilinen sayılarla ifade edilemeyen bir olguydu.

Pisagor'dan sonra Yunan düşünürler geometrik biçimlerde tinsel bir cazibe de keşfettiler. Platon gündelik yaşamda gözlemlediğimiz ya da karşılaştığımız her şeyin, dünyevi insan deneyimlerinin ötesindeki bir âlemde var olan, zamansız birtakım ideal formların kusurlu yansımaları olduğunu ileri sürdü. Pisagor'un yolunu izleyen Platoncular, doğanın form ve fenomenlerinin özlerinde, keşfedilmeyi bekleyen matematiksel simetriler –yeni doğrular– barındırdığını iddia ettiler.

Matematiğin doğayı tanımlamasına ilişkin görüş kavramsal açıdan devasa bir adımdı. Örneğin, gezegenlerin görünürde düzensiz yörüngelerinin ardında yatan düzenli, uyumlu ve matematiksel anlamda kusursuz hareketlerini bulmaları için öğrencilerini teşvik eden Platon'un, aslında matematiksel astronomiyi başlattığına inanılır. Platonik bakış açısı, yüzyıllar boyu tekrarlanan bir özdeyişle ifade edilir: "Tanrı'nın işi daima geometriyledir."

Yaklaşık iki bin yıl sonra Galileo da temelde aynı şeyi söyleyecek ve evren "matematik dilinde yazılmış... yüce bir kitaptır. Varlıkları ise üç-

Platon'nun (Eflatun) formlar teorisi hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 239.



MATEMATİK HER YERDE

Pisagor ve takipçileri gerçekliğin yapısı itibarıyla matematiksel olduğuna inanıyordu. Yoğun bir çalışmayla, evrenin gizli uyumu ve matematiksel düzenini kavramak mümkündü.

genler, daireler ve diğer geometrik şekillerdir" diyecekti.

MÖ 300 civarında yaşayan ve geometrik doğru arayışından ilham alan Euclid (Öklid), antik Babil'den MÖ 400'lerdeki Eudoxus'un (Ödoksos) çalışmalarına dek, o güne kadar elde edilen tüm geometrik bilgileri derlemeye karar verdi.

Ortaya çıkan *Elementler* adlı eserde Euclid, tüm geometrinin dört temel postulattan kaynaklandığını söyler: herhangi iki nokta bir doğruyla birleştirilebilir; herhangi bir doğru, doğru biçiminde sonsuza dek uzatılabilir; herhangi bir doğru parçası kullanılarak, o doğru parçası yarıçap oluşturacak ve bir ucu merkezi teşkil edecek şekilde daire çizilebilir; ve bütün dik açılar birbirine eşittir.

PEK ÇOKLARININ ÖĞRETMENİ
Yunan matematikçi Euclid (Öklid) birçokları tarafından geçmiş ve günümüz geometrisinin en büyük öğretmeni olarak kabul edilir.



Öklid'in *Elementler*'deki titiz ve birbirini adım adım takip eden matematiksel çıkarımları, zamanla matematiksel kanıtlamanın standardını oluşturdu.

Öklid'in eseri 2000 yıldan uzun bir süre temel geometri kitabı görevini gördü. Hollandalı matematikçi B.L. van der Waerden bir yazısında, "*Elementler* neredeyse yazıldığı günden ve neredeyse günümüze dek toplumsal olaylar üzerinde sürekli ve önemli bir etki yarattı," demişti. "Kitap, 19. yüzyılda Öklidci olmayan geometrinin ortaya çıkışına dek, geometrik usavurumun, teorem ve yöntemlerin temel kaynağını oluşturdu."

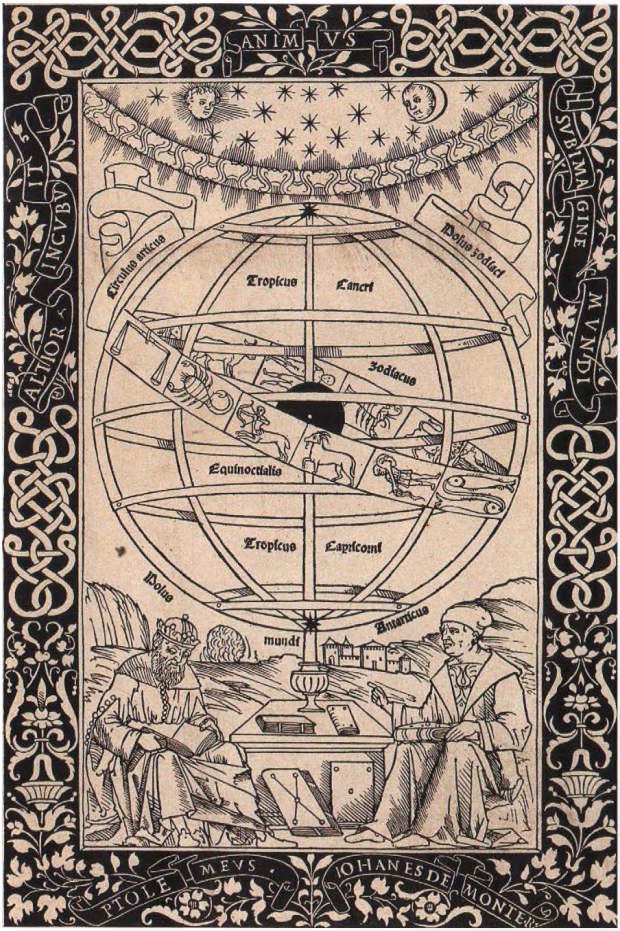
YUNANLAR: ZİHİN VE MADDE

Tıpkı geometri, matematik ve astronomide kaydedilen ilerlemeler gibi, fizik adı verilen doğa biliminin kökleri de Yunanlara uzanıyordu. Bu erken dönem doğa felsefecileri madde dünyasını sorguladılar. Madde nasıl ortaya çıkmıştı? Evrenin yapıtaşı neydi? Hava mı, su mu, ateş mi, yoksa hepsinin bileşimi mi? Madde hiçbir şeyden gelmemiş olabilir miydi? Bir yaratıcı var mıydı? Yaşamın bir amacı var mıydı, yoksa varlıklar rastgele mi ortaya çıkıyordu? Madde evreni hep aynı mıydı, sürekli değişiyor muydu? Pek çokları için bunlar, matematiksel çözümlere tabi olamayacak metafizik sorulardı.

MÖ 7. ve 6. yüzyılda yaşayan kimi düşünürler evren görüşlerini temel bir elementin ya da elementler bileşiminin etrafında yapılandırdılar. Madde biçimlerinin --cansızdan canlı varlıklara dek– çok farklı ve çeşitli olması bu elementlerin sürekli değişim halinde oldukları ve varoluşla yokoluş arasındaki bir noktada dengeyi buldukları anlamına geliyor olmalıydı. Bu kavramlar MÖ 5. yüzyıla dek tartışmaların özünü oluşturdu ancak 5. yüzyılda yol çatallandı.

MÖ 515 civarında doğan Elealı Parmenides, maddenin varlıktan yokluğa gidişinin, yokluğun belli bir noktada var olduğunu gösterdiğini ileri sürdü. Ancak böyle bir şey olamazdı çünkü varlık vardır ve eğer varsa, var olmaya devam edecektir. Parmenides, "Doğruluğun Yolu" adlı şiirinde şöyle diyordu: "Var olmayan vardır, görüşü asla hüküm sürmeyecek: Düşüncelerin o yola sapmasın sakın!"

Parmenides'in çağdaşı, belki de öğrencisi Empedokles durağan bir evrenin, bir kez ortaya çıktıktan sonra değişmeyeceği görüşünü paylaşıyordu ama içinde yaşadığımız dün-

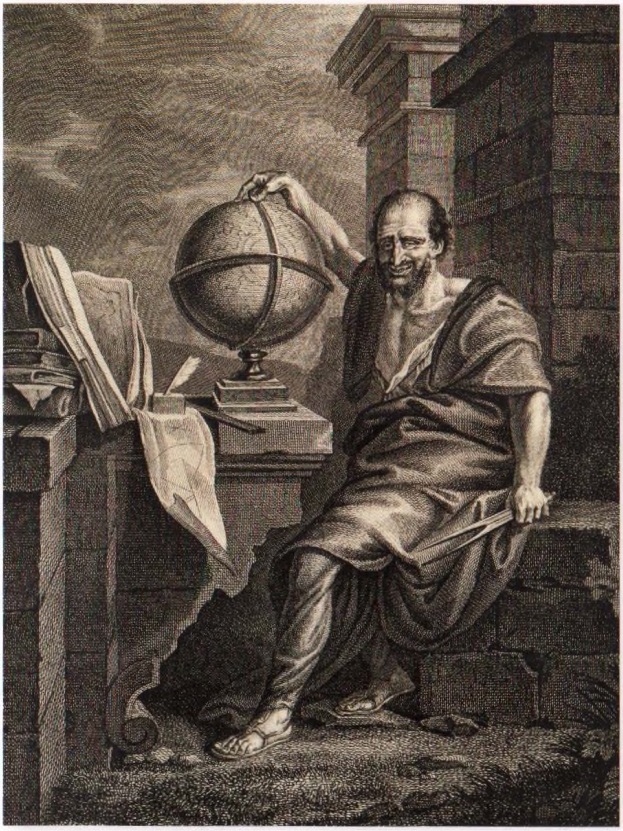


GÖKSEL DÜZEN
Öklid'in geometri alanındaki öğretileri Dünya ile yıldızlar, güneş, ay ve gezegenler arasında ilişkiler kurulmasını teşvik etti. Batlamyus, evrenin merkezine Dünya'yı koyarak doğrulanması zor bir hata yaptı.

yada değişimin, maddenin dört "kökü" arasındaki hassas etkileşim sayesinde mümkün olduğunu ileri sürmüştü. Bu kökler toprak, su, hava ve ateşti. Dört kök, "sevgi" ve "çekişme" ile birbirinden ayrılabilir ya da birbirine doğru çekilebilirdi. Empedokles çekme ve itme kuvvetlerine bu isimleri vermişti. Her kökün kendine has özellikleri vardı ve tüm madde bu köklerin farklı bileşimlerinden meydana gelmişti. Bu bile-

GÜLEN FİLOZOF

Yunan filozof Demokritos uzay ve maddenin atom denen, sonsuz sayıda ve yok denecek kadar küçük birimlerden oluştuğuna inanıyordu. Demokritos'a göre atomlar sürekli hareket içindeydi ve birleşerek görünürde katı biçimlere dönüşebilirdi.



şimler kısa süre sonra "elementler" diye anılacaktı.

Abderalı Demokritos tartışmaya farklı yaklaşıyordu. MÖ yaklaşık 460'ta doğan Demokritos, insanın çeşitli halleriyle eğlendiği için "gülen filozof" olarak anılırdı. Kendisinin yüz yaşına dek yaşadığı söylenir.

Demokritos varlık ile yokluğun birarada bulunmaması için bir neden göremiyordu. "Yokluktan daha küçük şey yoktur," diye çıkışırdı Parmenides takipçilerine. Ona göre dünya, içinde farklı biçim ve boyutlardaki algılanamayacak kadar küçük ve nüfuz edilemez atom yağmurları olan (Yunancada *atomos* sözcüğü, kesilemez ya da bölünemez anlamına geliyordu) devasa bir boşluktu. Atomların rastgele çarpışma-

ları sonucu ortaya cisimler çıkıyordu; atomlar ayrılınca bu cisimler de parçalanıyordu.

Platon öğrencilerini dünyanın kusurlu görünümü ardında saklı sonsuz gerçekliği aramaya yönlendirirken, en ünlü öğrencisi Aristoteles, doğrudan doğa gözlemine büyük önem veriyordu. Aristoteles yalnızca Platoncular ve Pisagorcuların öncelik verdiği yüce gök hareketlerini değil, solucandan deniz varlıklarına dek, doğal dünyanın çeşitli sıradan varlıklarını da incelemişti.

Aristoteles mantık bağlamında atom teorisini reddetmiş, onun yerine Empedokles'in dört elementi olan ateş, su, toprak ve havaya dayalı çok ayrıntılı bir teori geliştirmişti. Ona göre canlı ve cansız varlıklar bu elementlerden oluşuyordu. Ancak Aristoteles, elementlerin değişebildiklerine ilişkin görüşüyle Empedokles'ten ayrılıyordu. Elementler ıslaklık ya da kuruluğa, sıcak ya da soğuğa bürünebiliyor ya da bunlardan sıyrılabiliyor, ayrıca birbirlerine dönüşebiliyorlardı.

Doğal dünya üzerinde yaptığı gözlemler –balıklar nasıl yüzer, inekler nasıl çiğner– Aristoteles'e, doğadaki her şeyin bir tasarımı ya da amacı olduğunu söylüyordu. Aslında ona göre yaşamın kendisi yukarı doğru yükselen bir amaçlar düzenine sahipti. Bu düzen cansız varlıklarla başlıyor, büyüyerek kusursuzluğa erişen bitkilerle devam ediyor, sonra yiyecek bularak kusursuzluğa erişen hayvanlara geçiyor ve nihayet kusursuzluğu düşünce ve mutlulukla yakalayan insanla sonlanıyordu.

Aristoteles'in dünyası dinamikti. Başlıca özellikleri değişim ve hareketti. Her cismin ardında, onun deyişiyle dört neden yatıyordu; bu nedenler öğrenilirse, amacın kendisini anlamak mümkündü. Nedenlerden ilki, cismin yapısını oluşturan maddeydi. İkincisi, maddenin aldığı biçimdi. Etkin neden denen üçüncüsü, cismi meydana getiren şeydi. Dördüncü ve son neden ise Aristoteles'e göre en önemli nedendi. Nihai neden diye adlandırılan bu ne-

ANTİK DÖNEM MATEMATİKÇİLERİ

Soyut usavurumu kusursuzlaştıranlar

MÖ 1900-1600 civarı
İleride "Pisagor teoremi" diye anılacak olan bilgi Babil'de mevcuttu.

MÖ 580 civarı
Pisagor Samos'ta doğdu.

MÖ 535 civarı
Pisagor Mısır'a seyahat etti ve bir Mısır istilası sırasında Pers Kralı Camyses (Kambiz) tarafından esir alındı. Çok geçmeden Pers topraklarına getirildi ve oradan büyük olasılıkla Hindistan'a geçti.

MÖ 532 civarı
Pisagor Güney İtalya'ya taşındı ve Croton'da bir okul kurdu.

MÖ 500 civarı
Pisagor, Güney İtalya'da, Metapontum'da öldü.

MÖ 400 civarı
Eudoxus (Ödoksos) Anadolu, Kindos'ta doğdu.

MÖ 372 civarı
Eudoxus rahiplerle birlikte çalışacağı Mısır'a gitmeden önce Atina'da iki ay boyunca derslere katıldı.

MÖ 350 civarı
Yaşamını öğretmenlik ve yasa koyucu olarak geçiren Eudoxus Knidos'ta öldü.

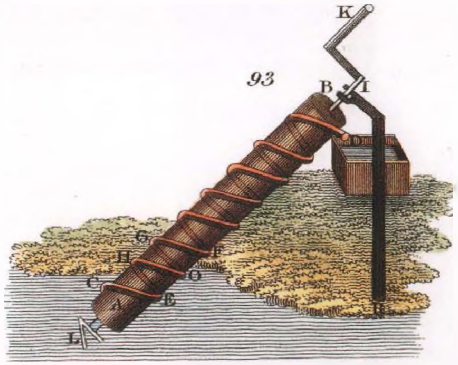
MÖ 330 civarı
Euclid tahminlere göre Mısır'da İskenderiye yakınlarında doğdu.

MÖ 300 civarı
Euclid çığır açan geometri kitabı *Elementler*'i tamamladı.

MÖ 287 civarı
Arşimet Sicilya, Syracuse'da doğdu.

MÖ 212
Arşimet, Syracuse'un Romalılar tarafından yağmalanması sırasında öldü.

MÖ 260 civarı
Euclid öldü.



YARATICILIK VE HAYRANLIK

Yukarıda görülen Arşimet vidası, su taşımak için basit bir mekanizmadan yararlanıyordu. Rembrandt 1653'te antik dönem düşünürü Aristoteles'i (yan sayfa) kendisinden de önce yaşamış şair Homeros'un büstüne bakarken resmediyor.

den, bir şeyin ne işe yaradığını, amacının ne olduğunu, neden var olduğunu açıklıyordu.

Doğal olan her şey –insan elinden çıkan yapay işlerin aksine– kendi içinde, onu amacına ve nihai nedenine doğru götüren itici bir ilkeyi barındırıyordu.

Örneğin, bir meşe palamudunun amacını gerçekleştirmek, yani olgun bir meşe ağacına dönüşmek için dışarıdan gelen bir itici güce gereksinimi yoktu. Sonuç olarak Aristoteles'e göre maddi varlıklar sürekli bir değişim içinde, bir durumdan diğerine geçiyorlardı. Bunu sağlayan ya içlerindeki kendi sonlarına doğru değişim gösterme ilkesiydi, ya da sanatkâr insanların eli aracılığıyla başka amaçlara yönlendirilmeleri.

Demokritos'tan bir yüzyıl kadar sonra, Epikür (Epicurus) onun atom teorisini ele aldı ve zihninde ruhun, tanrıların ya da yaratıcının etkisi olmaksızın bir boşluk içinde hareket eden atomlardan yapılma materyalist bir dünya canlandırdı. Demokritos'unkilerin aksine, Epikür'ün atomlarının ağırlığı vardı; yolları aniden değiştirilebilir ve çarpıştırılabilirlerdi; belli bazı biçimlere bürünüdüklerinde koku ya da tat gibi duyumlar yaratabilirlerdi. Epikür'e göre, doğal olayların hiçbir amacı yoktu; her şey atomların rastlantısal eylemlerine bağlıydı. Zihin bile atomlardan oluştuğu için bedenden farksızdı. Ölüm geldiğinde hem zihnin hem de bedenin atomları havaya yayılıyordu.

Yunanlar geriye temel bazı fizik kavramlarını bıraktılar: atom yapısına sahip olan veya olmayan elementler, tüm maddenin yapıtaşlarıdır; madde yaratım ve gelişim, bozunma ve yıkım süreçlerinden geçer; değişim geçirdiği için maddenin

1600 – 1704

1600
İngiliz doktor William Gilbert, *De magnete (Mıknatıs Üzerine)* adlı eserini yayımlayarak manyetizma alanındaki bilgiye büyük katkıda bulundu.

1604, 1609
İtalyan gökbilimci Galileo Galilei, kütleçekimi, ivme ve hızla ilgili deneyler gerçekleştirdi.

1621
Hollandalı gökbilimci Snell, yansıyan ışığın izlediği yolu belirleyen yasayı keşfetti. Bu yasa ileride "Snell yasası" olarak adlandırıldı.

1654
Fransız matematikçi ve düşünür Blaise Pascal, sıvı içinde kuvvetin tüm yönlere doğru eşit olarak iletildiğini açıkladı.



1662
İngiliz düşünür Robert Boyle, sabit ısıda tutulan gazın hacminin, basıncıyla ters orantılı olduğunu belirledi. Bu yasa ileride "Boyle yasası" olarak adlandırıldı.

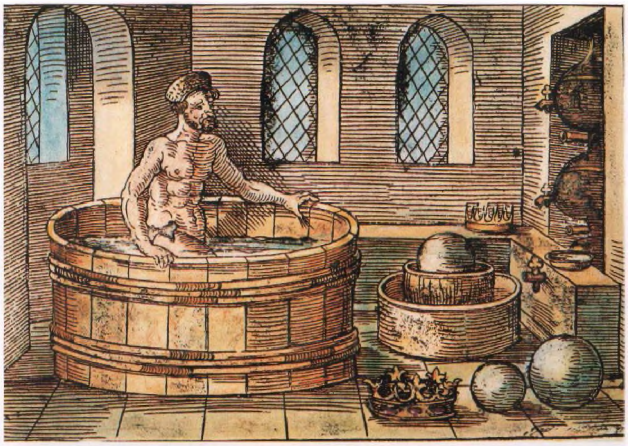
1668
İngiliz fizikçi Isaac Newton, bir cismin doğrusal momentumunun, kütlesi ile hızının çarpımına eşit olduğunu belirledi.

1687
Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*'yı (Ya da kısaca *Principia*) yayımlayarak, hareket yasalarını ve evrensel kütleçekim yasasını ortaya koydu.

1704
Newton ışık ve tayf üzerine çalışması *Opticks*'i yayımladı.

BANYODA GELEN İLHAM

Efsaneye göre Arşimet ünlü "evreka" anını, kralın yeni tacının altın mı, alaşım mı olduğunu anlamak için taşarı sudan yararlanabileceğini anladığında yaşamıştı.



formları genelde geçicidir. Tüm bunlar bilimci ve düşünürlere, 2500 yıl sonra bile ilham vermeyi sürdüren görüşlerdi (bazen de sorular).

"EVREKA!"

(Aristoteles'in şahsen ders verdiği) genç Büyük İskender'in Afrika ve Asya'daki olağanüstü fetihleri sonucunda Yunan bilgi ve kültürü MÖ 4. yüzyıldan itibaren dünyanın dört bir yanına yayılmaya başladı. İskender'in 323'teki erken ölümünü takiben imparatorluk generaller arasında paylaştırıldıysa da, Helenistik kültür birleştirici gücünü korumayı başardı.

Bilim ve matematik açısından belki de en çok Helenikleşmiş ve kesinlikle en üretken olan bölge Mısır'dı. Mısır'ın (Makedonyalı generalin adıyla kurulmuş on iki kadar kentten biri olan) İskenderiye kenti, antik dünyanın en kozmopolit bölgesi haline geldi. Farklı uluslardan tüccar ve bilginler bu kalabalık kente akın ettiler.

Geometri ustası Euclid, İskenderiye'den çıkmıştı, büyük olasılıkla antik dünyanın üretken matematikçisi Arşimet de öyle. MÖ 287'de Sicilya, Syracuse'da doğan Arşimet, gerçeklerden çok efsaneleriyle bilinir. Bu efsanelerin en ünlüsü de suya batırılan bir cismin, hacmine eşit miktarda suyu taşırdığını keşfeden Arşimet'in, banyo yaptığı küvetten çırılplak fırlayıp, "*Evreka!*- Buldum!" diye bağırarak sokaklarda koşmasıdır. Arşimet pratik zekası sayesinde bilgisini yaşama geçirebilen, süreçleri anlamaya ve arkalarında yatan matematiksel ilkeleri çözmeye çalışan bir düşünürdü.

"Evreka" anı ise buna güzel bir örnekti. Syracuse kralı, Arşimet'ten bir tacın saf altından mı, alaşım mı olduğunu belirlemesini istemişti. Öyküye göre banyosundaki küvete giren Arşimet, küvetten dışarı taşan

suyun kendi hacmine eşit olması gerektiğini kavradı. Böylece altın tacın tam hacmini ölçmenin yolunu keşfetmişti. Altın en yoğun metal olduğundan, Arşimet'in tek yapması gereken, taç ile aynı miktarda su taşıran bir saf altın külçesi yapmak ve taç ile külçenin ağırlıklarını karşılaştırmaktı. Taç külçeden hafif gelirse, daha hafif bir metal ile karıştırılmış bir metalden yapılmış olmalıydı. Ancak sonuçta ağırlıkların eşit olduğu ve tacın saf altından yapıldığı ortaya çıktı.

Arşimet Eudoksus'un geometri çalışmalarını geliştirdi ve bir dairenin çevresinin çapına olan oranını, yani "pi" sayısını büyük bir titizlik ve doğruluk oranıyla hesapladı. Ayrıca kürenin alan ve hacim hesabı için formüller üretti. (Küre hacminin formülü konusunda kendisiyle öyle gurur duyuyordu ki, formülün mezar taşına kazınmasını istedi.) Tüm bunların yanında bir cismin kütle merkezini belirlemek için de formül geliştirdi.

Arşimet'in ilk mekanik buluşunun, suyu yukarı doğru taşımak için geliştirilmiş bir alet olduğuna inanılır. "Arşimet vidası" diye bilinen bu düzenek, döndürüldüğü zaman akan suyu yukarı, karaya doğru çekebilen spiral biçimli bir pompaydı.

Arşimet kaldıraç yasasını da ayrıntısıyla ortaya koydu. Yasaya göre, dengede duran cisimlerin dayanak noktasına olan uzaklıkları, ağırlıklarıyla ters orantılıdır. Tıpkı makara, takoz ve çıkrıkta olduğu gibi.

Kaldıraç o dönem için yeni bir buluş olmasa da, sistemin gerisindeki matematiği formüle döken Arşimet artık her ağırlık için gerekli kaldıraç uzunluğunu hesaplayabiliyordu. Dillere destan bir uygulamalı gösteride, Syracuse kralına devasa bir gemiyi yalnız bilek gücüyle hareket ettirebileceğini kanıtlamak için makaralı bir düzenek bile kurmuştu.

Arşimet aynalar ve yansıyan ışıkla da deneyler gerçekleştirdi. Ancak bir dizi aynadan yararlanarak Roma donanmasını yakmaya çalış-

LORD KELVIN

Mutlak sıfırın kâşifi

1824
26 Haziran'da Irlanda'da Belfast'ta doğdu ve William Thomson adını aldı.

1834
Glasgow Üniversitesi'ne başladı.

1841
Cambridge Üniversitesi, Peterhouse College'a girdi.

1845
Matematikten dereceyle mezun oldu ve Cambridge, Peterhouse College üyesi seçildi.

1846
Glasgow Üniversitesi'nde doğa felsefesi profesörlüğüne başladı; Kraliyet Felsefe Akademisi üyesi oldu.

1848
Mutlak Termometrik Ölçek Üzerine isimli çalışmasını yayımladı. Önerdiği ölçek daha sonra "Kelvin ölçeği" adıyla anıldı.

1851
Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1852
James Prescott Joule ile birlikte sıkıştırma oranı değiştikçe, gazın ısısının değiştiğini keşfetti. Bu keşif ileride "Joule-Thomson Etkisi" diye adlandırıldı.

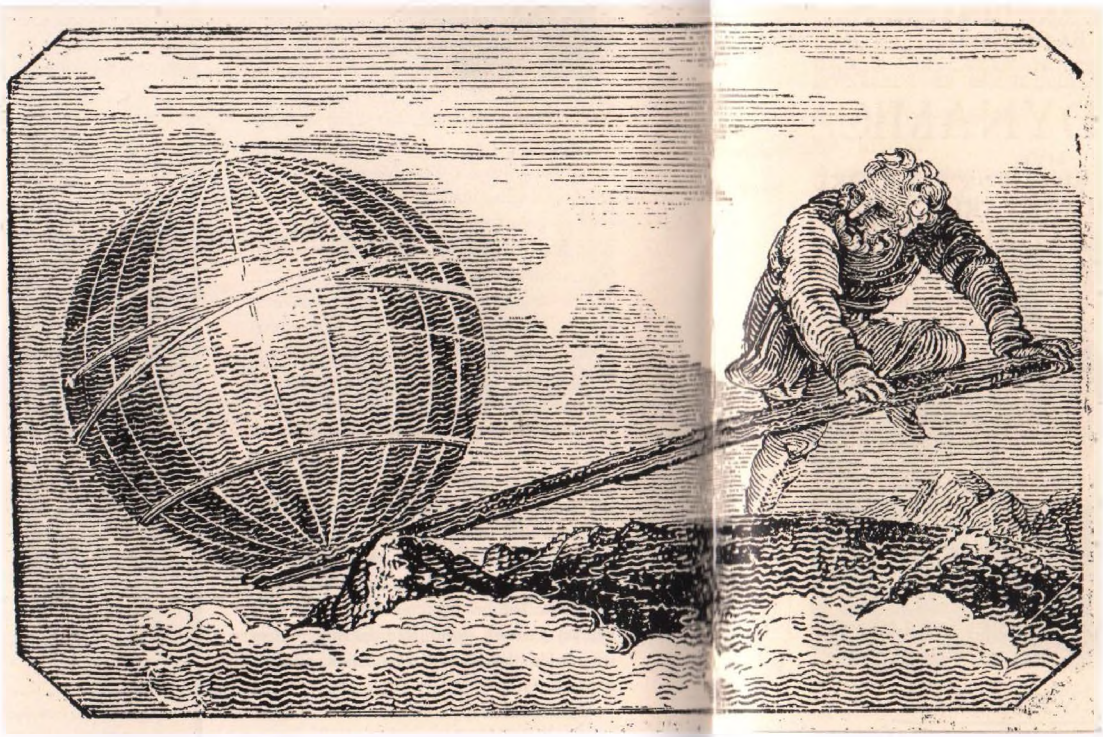
1854
Telegrafik iletişim cihazını geliştirerek, kardeşleri James ve William Rankine ile birlikte ilk patentini aldı.

1857
H.M.S *Agamemnon* ve U.S.S. *Niagara* gemileriyle Atlantik telgraf kablosunun döşenmesi girişimini üstlendi.

1860
Maddelerin termoelektrik, termomanyetik ve piroelektrik özellikleri üzerine önemli yazılar yayımladı.

1907
17 Aralık'ta İskoçya'da Ayrshire yakınında öldü.

MEKANİK BİLGİ
Sahip olduğu kaldıraç yasası bilgisinden destek alan Arşimet, kendinden emin, şu ünlü sözünü söylemişti: "Bana bir dayanak noktası gösterin, dünyayı yerinden oynatayım."



tığı söylentisi büyük olasılıkla asılsızdı. İşin aslı Romalılar Syracuse'u yağmalamış, Arşimet ise arbedede yaşamını yitirmişti. Buna rağmen Romalılar Arşimet'i zekası ve mekanik dehası yüzünden takdir ettiler ve bilginin şöhreti antik çağın ötesine dek uzandı. Arşimet'in matematik alanındaki başarıları, onun çalışmalarını MS 8. yüzyılda yeniden keşfeden Arap matematikçilerden de büyük takdir topladı. Arşimet İtalyan Rönesansı'nda bir kez daha popülerlik kazandı ve Kuzey İtalya'daki yeni ve olağanüstü üretken İtalyan mühendisler kuşağı için örnek teşkil etti. Ünü buradan Avrupa'nın pek çok yerine yayıldı. Arşimet'in itme gücü, yüzen cisimler ve hidrolik gibi konular üzerine teorik araştırmaları kadar, icatları da 16. ve 17. yüzyılda analitik arayışlara ve yaratıcı çalışmalara ilham kaynağı olmayı sürdürdü. Örneğin, 1600'lerin ortasında bir kaptaki sıvıya uygulanan basıncın, sıvının her yerine eşit şekilde taşındığını keşfeden Fransız matematik dehası Blaise Pascal, Arşimet'in çalışmalarından yola çıkmıştı. Deneyleri Pascal'ı, şırınganın ve günümüz hidrolik fren mekanizmaları için halen büyük önem taşıyan hidrolik presin icadına yönlendirmişti.

Arşimet ve Pascal durgun sıvı bilimi "hidrolik" üzerinde çalışmalar yapmışlardı. Ancak sıvılar genelde hareket halinde olduğundan, 18. yüzyılda kaçınılmaz olarak "hidrodinamik" doğdu: borulardan geçen akıntıları ve dalgaları, hatta pencere pervazlarına düşen yağmur damlalarını ilgilendiren akan su fiziği.

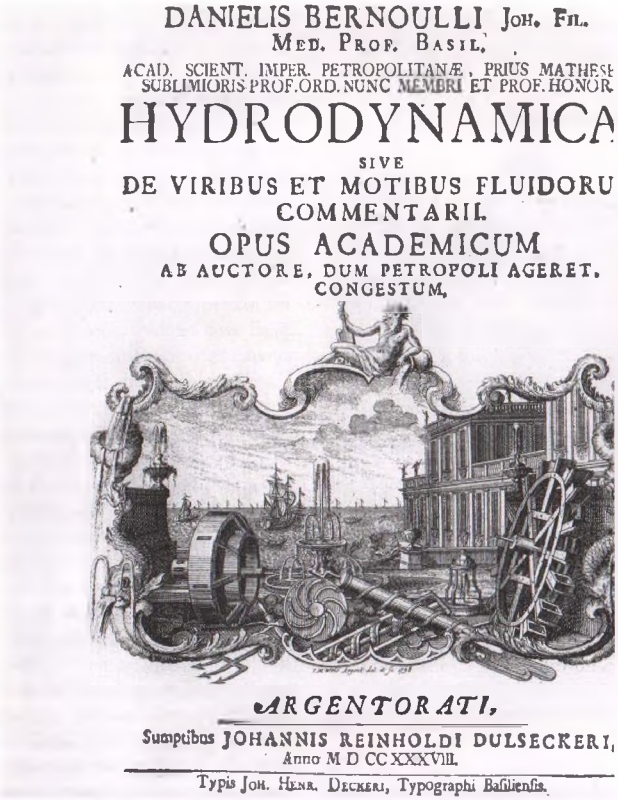
Arşimet hidrostatik için neyi temsil ediyorsa, Daniel Bernoulli de hidrodinamik için aynı şeyi temsil ediyordu. Hollanda'da Groningen'de, 1700'de doğan Bernoulli, matematikçi üç erkek kardeşten biri olan İsviçreli Johann Bernoulli'nin oğluydu. Matematiği oğluna babası öğretmişti ama oğulun çalışmaları kısa sürede babasınınkileri gölgede bıraktı. Genç Bernoulli matematik ve fizik öğrendi ve 1738'de çığır açıcı nitelikteki çalışması *Hydrodynamica*'yı yayımladı. Daniel Bernoulli çalışmasında kendi adını taşıyan ilkeyi tasarlamıştı. İlkeye göre hızı artan sıvının basıncı azalıyordu. İşte bu ilke akışkan dinamiği biliminin temelini oluşturdu. Böylece nehirde akan sular kadar, borulardan akan suyun hareketine de açıklık getirilmiş oldu. Kuş ve uçak kanatlarının işleyişine yönelik anlayışın ise ilk temelleri atıldı. Aslında hava da bir akışkandır ve kanatlar yukarıdan hava basıncını azaltacak, aşağıdan kaldırma sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Daniel Bernoulli ile babası, 1734'te Paris Bilim Akademisi tarafından verilen astronomi büyük ödülünün ortak sahipleri ilan edildiler. Baba Bernoulli, ödülü oğluyla paylaşmaktan dolayı büyük bir öfkeye kapıldı ve Daniel'ı evden attı. Johann Bernoulli daha sonraları bile oğlunun büyük eseri *Hydrodynamica*'nın kendi çalışmalarından kopyalandığını iddia etti. Aldatıcı iddialarını desteklemek için ise sahte basım

BAROMETRE
Barometre atmosferik basınç seviyesini ölçer. Hava basıncı aynı zamanda deniz seviyesine olan uzaklığa karşılık geldiği için barometre ile rakımda ölçülebilir. Barometre hızla düştüğünde genellikle fırtına beklenir, hızla yükseldiğinde ise havanın iyi olacağı öngörülebilir.

AERODİNAMİK İLKESİ

Arşimet ve Pascal durgun sularla ilgili konulara açıklama getirmişlerdi. Öte yandan matematikçi Daniel Bernoulli hareket halindeki sıvıların farklı fiziksel özellikleri olduğunu keşfetti. Bernoulli bulgularını Yunancada akan su anlamına gelen *Hydrodynamica* adlı çalışmasında açıkladı.


DANIELIS BERNOULLI Joh. Fil.
MED. PROF. BASIL.
ACAD. SCIENT. IMPER. PETROPOLITANÆ, PRIUS MATHESE SUBLIMIORIS PROF. ORD. NUNC MEMBRI ET PROF. HONOR.
HYDRODYNAMICA
SIVE
DE VIRIBUS ET MOTIBUS FLUIDORU
COMMENTARII.
OPUS ACADEMICUM
AB AUCTORE, DUM PETROPOLI AGERET,
CONGESTUM,
ARGENTORATI,
Sumptibus JOHANNIS REINHOLDI DULSECKERI,
Anno M D CC XXXVIII.
Typis Joh. Henr. Deckeri, Typographi Basilienſis.

1738 – 1827

1738
İsviçreli matematikçi Daniel Bernoulli, akışkanın hızı arttıkça, basıncının azaldığını belirledi. Bu ilke kanatların işleyişini açıkladı ve insanın uçmasını olanaklı hale getirdi.

1785
Fransız fizikçi Charles Augustin de Coulomb, elektrik yükleri arasındaki kuvveti keşfetti, yasa ileride Coulomb yasası adını aldı.

1798
Amerika doğumlu Britanyalı fizikçi Benjamin Thompson, ısı üzerine çalışmalar yaptı ve ısının madde yapısında bulunan bir şeyden değil, sürtünmeden kaynaklandığını ileri sürdü.

1800
İtalyan fizikçi Alessandro Volta, elektrik bataryasını icat etti.



tarihli ve (Daniel'inkine) benzer başlıklı bir kitap yayımlayacak kadar ileri gitti.

İSLAM DÜNYASININ KATKILARI

Roma İmparatorluğu'nun çöküşü ve Avrupa'nın barbarlar tarafından istilasının yarattığı karmaşanın ardından bilimsel düşüncenin yeniden yeşermesi MS 800 ile 1300 arasında, henüz yükselmekte olan Müslüman dünyada, özellikle de başkent Bağdat ile Kurtuba'da gerçekleşti. Kısmen halifelerce desteklenen büyük bir çeviri projesi sonunda yüzlerce Yunan belgesi Arapçaya çevrildi. İslam dünyasının bilginleri çalışmalarını büyük ölçüde bu Helenistik temelin üstüne yapılandırdı.

İslam biliminin altın çağının örneklerinden biri, MS yaklaşık 965'te Basra'da (bugünkü Irak) doğan Ebu Ali el-Hasan bin el-Heysem'di (Latince söylenişiyle Alhazen). El-Heysem genç yaşlarında bilim çalışmalarını yürütebilmek için küçük bir devlet memurluğu görevini geri çevirmişti. Özellikle Aristoteles'in çalışmalarına ilgi duyan el-Heysem, çok geçmeden matematikçi ve doğa felsefecisi olarak adını duyurdu. Mısır'ın Fatımiler tarafından yönetildiği dönemde Kahire'ye taşındı. Fatımiler, isimlerini peygamber Muhammed'in kızı Fatma'dan alan bir İslam hanedanıydı. Bu hanedan Kuzey Afrika'nın bir kısmı ile Sicilya'yı yönetiyordu ve Kahire'yi imparatorluklarının başkenti yapmıştı. Fatımi halifesi el-Hakim'in bilime büyük bir merakı vardı ve Kahire'de, Bağdat'ın kütüphane, arşiv ve kayıt dairesi olan Bilgelik Evi'ne rakip bir eğitim merkezi inşa ettirmişti.

Mısır'a yerleşen el-Heysem, yıllık Nil taşkınlarını kontrol altına almanın yollarını düşünmeye koyuldu. Tahminlere göre bir noktada kendisi el-Hakim'in desteği için başvurdu, veya halife proje için onu çağırdı. Sonuçta el-Heysem kendisini, yanındaki mühendis grubu ve komisyon ile birlikte, bir kontrol mekanizması kurmak üzere Nil'e doğru giderken buldu.

El-Heysem nehre varır varmaz planının işe yaramayacağını anladı. Sonuçta durumdan hiç de memnun olmayan halifenin yanına döndü ve bilim dışı bir devlet görevine atandı. Ancak halifenin kendisiyle işinin he-

1803
İngiliz kimyager John Dalton, her elementin atomlardan oluştuğu ve bu atomların biraraya gelerek bileşikleri oluşturdukları sonucuna vardı.

1811
İtalyan fizikçi Amedeo Avogadro, eşit hacme sahip gazlarda, aynı sıcaklıklarda eşit sayıda molekül olduğunu gösterdi.

1821-1825
Fransız fizikçi Andre Marie Ampère, hareketli elektrik yüklerinin manyetik alan yarattıklarını keşfetti.

1827
Alman fizikçi Georg Simon Ohm, voltajın akım ile direncin çarpımına eşit olduğunu belirten yasasını yayımladı.

ARAP ETKİSİ
Ortadoğulu düşünürlerin matematiğe çok büyük katkıları oldu. 1508 yılına ait bu tasvir, hesaplamada aritmetik algoritmaların, geleneksel hesap cetveline karşı kazandığı zaferi yüceltiyor.

nüz bitmediğini hissetmişti. El-Hakim istediğini elde etmeye alışkın biriydi ve kültürlü olduğu kadar, kimi zaman tehlikeli de olabiliyordu. Örneğin, bir düşman kenti fethettikten sonra havlamalarından rahatsız olduğu için bütün köpekleri öldürtmüştü. Şüphe götürmez bir bilim dehasına sahip olan el-Heysem, deli numarası yaparak kendisini korumaya karar verdi. Çalışmalarını devam ettirdi ancak el-Hakim'in 1021'deki ölümüne dek, deli portresi çizmeyi sürdürdü.

El-Hakim öldüğünde ellili yaşlarında olan el-Heysem, ışık, görüntü, renk ve yansımayı kapsayan optik biliminde büyük yeniliklere imza atmıştı. Görüntünün görsel bir ışık olarak gözden yayıldığını ileri süren Yunan görüşünü reddetti. Aydınlatılan cisimlerin her yöne doğru ışık yaydıklarını kanıtlayabilmek için matematiksel modellere ve deneylere başvurdu. Işığın doğrusal çizgiler halinde hareket ettiğini öne sürdü ve bunlara "ışın" adını verdi. Ona göre, göz merceği bu ışınları içine alıyor ve çevreyi görmemizi sağlıyordu. El-Heysem, gözün optik sinirlerle bağlantısını anlayabilmek için anatomiye bile merak sardı.

Ortaçağ'ın İslam bilginleri gökbilim, tıp, erken dönem kimyası ve mekanik alanlarında da özgün keşifler yaptılar ve önemli katkılar sağladılar. İslam ilminin en geniş kapsamlı ve önemli alanlarından biri, basit ve karmaşık matematikti. Bu konuda (büyük eserlerinin orijinal Arapça nüshaları kayıp olsa da) çok şey borçlu olduğumuz başlıca isimlerden biri ise Muhammed bin Musa el-Harezmi'dir.

El-Harezmi 780 civarında Bağdat'ta doğdu. Halife el-Memun'un 813'te başa geçtikten sonra yaptırdığı Bağdat Bilgelik Evi'nde âlim ve Yunanca metin çevirmeni olarak çalışmaya başladı. Ancak sonunda el-Harezmi'nin kendi yazdıkları, en az çevirdiği eserler kadar önemli hale geldi. El-Harezmi "aritmetiğin en kolay ve kullanışlı yönlerini" anlatmak istiyordu. "Örneğin, insanların miras meselelerinde, vasiyetlerde, mal bölüştürmede, davalarda, ticarette ve birbirleriyle tüm ilişkilerinde, ya da arsa ölçümünde, kanal kazılarında, geometrik hesaplarda ve diğer konularda yararlanabilecekleri yönleri."

Amacını gerçekleştirmek için el-Harezmi okuyucuya, problemin terimlerini bildirebileceği bir yol önerdi. Bu yolla tüm fonksiyonlar, çözülebilir bir denklemin içine yerleştirilebilecek ifadelere dönüştürülebilecekti. El-Harezmi –denklemden negatif terimleri çıkararak– bu işlemin ilk kısmına *el-cebir*; denklemin eşitlik kısmına ise *el-mukabele* adını verdi. Günümüzde kullanılan "algebra" (cebir) sözü bu ilk terimden ileri gelir, el-Harezmi'nin isminin Latincedeki karşılığı ise "algoritma" sözcüğünü ortaya çıkarır.

El-Harezmi yalnızca bunları başarmış olsa bile yeterince şey yapmış olurdu ancak bir sonraki kitabı *Hint Hesap Sanatı* Arap rakamlarının standartlaştırılması sürecini başlattı ve yine aynı derecede önemli bir işlevi gerçekleştirerek sayısal yazı dilinde "sıfır"ın belli bir yeri işaret etmesini sağladı. El-Harezmi'nin çalışmaları


PVS A·
RITH=
TICAE·
BOETIVS

Mikroskoplar hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 252-255-259.

ARAP RAKAMLARI

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 0 rakamları genelde "Arap" rakamları olarak bilinir ancak doğru isimleri "Hint-Arap" rakamlarıdır. Hintliler bu sistemin büyük bir kısmını MÖ 3. yüzyılda geliştirdiler. Ancak Arap bilgini el-Harezmi'nin sıfır rakamı bilgisine ulaşması MS 9. yüzyıla rastladı. Bu rakamların çoğu Hindistan kaynaklı olsa da, onları Avrupa'ya tanıtan Araplardı. Bu yüzden de Avrupalılar bunları yanlışlıkla "Arap rakamları" şeklinde benimsediler.

yüksek matematiğe katkılar sağlamış olsa da, kendisinin de hedeflediği gibi matematiği gündelik yaşamın içine sokmayı başardı. Takip eden 700 yıl boyunca, matematiksel ve analitik yetkinlikleri sayesinde Arap matematikçi, gökbilimci ve bilim gereçleri üreticileri Batı dünyasına hâkim oldular.

Bilim ileri adım atmadan önce genellikle teknolojik bir gelişimi bekler. El-Heysem'in optik üzerine çalışmaları zamanının çok ilerisindeydi. Cam mercekler henüz onun teorilerini kanıtlayacak kadar geliştirilememişti. Galileo, kenarlarında "kromatik sapma" denen renk distorsiyonlarını yaratmayan mercekler üretmeye çalışarak teleskobu geliştirmeyi denediyse de sonunda vazgeçti. Bu arada, Ortaçağ döneminde Robert Grosseteste ve Roger Bacon birbirlerinden bağımsız olarak büyüteçlerin araştırmacılara, yalnızca uzaktaki değil, gözle görülemeyecek kadar küçük cisimleri görmede de yardımcı olabileceğini öngörmüşlerdi. Ancak ileri aşındırma tekniklerini ve kullanışlı saydam camları geliştirmek yüzyıllar aldı.

İlk mikroskoplarda iki metal parça arasına monte edilmiş tek bir mercek ve cismi odaklamada kullanılabilen bir burgu vardı. 1590'larda Hollandalı mercek üreticisi Hans Jansen, iki mercekli bileşik mikroskobun cisimleri daha da büyütebildiğini keşfetti. Ancak merceklerin titizlikle eşleştirilmesi ve hizalanması gerekiyordu. 17. yüzyıl sonlarında Antoni van Leeuwenhoek, 250 kattan fazla büyütme sağladı ve önceden gözle görülemeyen pek çok cismin yapısını gözler önüne sererek bilim dünyasında şaşkınlık yarattı.

17. ve 18. yüzyıllarda optik alanında kaydedilen ilerlemeler de araştırmacıları ışığın yapısını düşünmeye sevk etti. Bir mercekten ya da sıvının içinden geçen ışık ışınının kırıldığı açık şekilde gözlemlendi ve 1621'de Leiden'li Willebrord Snell, sözkonusu kırılma açısı için bir matematik formülü geliştirdi. Işığın neden kırıldığı ise başlı başına bir sorundu. Sorunun yanıtı için başlatılan arayış nihayetinde dünyanın enerji formlarının tümüne bakışın değişmesine neden oldu.

17. yüzyılda ışığın sonsuz hızla hareket ettiği düşünülüyordu. 1676'da Danimarkalı gökbilimci Ole Rømer, Jüpiter ile Dünya'nın birbirlerine en uzak oldukları zamanda, Jüpiter uydularının düzenli tutulmalarının yapılan hesaplardan daha geç gerçekleştiğini ortaya çıkardı. Jüpiter ile Dünya birbirine yaklaştığında ise bu aykırılık yaşanmıyordu. Rømer söz konusu gecikmenin ışık hızıyla ilgili olduğunu öne sürdü. Işığın, güneş sisteminin diğer yanından bize ulaşması daha uzun sürüyordu. Rømer'in hesaplarına göre ışık saniyede 140.000 mil (225.308 km) hızla yol alıyordu. Hesap yüzde 25 kadar hatalı olsa da, anlamı vurgulamak için yeterliydi.

Yaklaşık aynı dönemde Hollandalı matematikçi Christiaan Huygens ışıkla ilgili başka bir görüş ileri sürdü. Huygens 1659'da, merceklerini kardeşiyle birlikte aşındırıp cilaladıkları teleskobu kullanarak, Satürn'ün halkalarını keşfetmişti. Işığın görünmez ama her yerde ve her



NEWTON'UN TELESKOBU
Isaac Newton yansıtmalı teleskobunu 1668'de geliştirdi. Gözlemlenen cismin ışığını toplamak için mercek yerine aynalardan yararlanan Newton, camdan geçen ışığın prizma etkisinin doğurduğu bulanıklıktan da kurtulmuş oldu.

zaman var olan "eter"in içinde dalgalar halinde hareket ettiğine inanıyordu. Işık dalgaları dışa doğru, suya atılan bir taşın yarattığı dalgalar gibi yayılıyordu. Başka cisimlerle karşılaştıklarında ise, yine sudaki dairesel dalgalar gibi, çarparak geri dönüyor –yani yansıyor– ve Huygens'in deyişiyle "ikincil dalgacıklar"ı oluşturuyordu.

Huygens'in görüşleri hemen kabul görmedi. Işık dalgaları daha yoğun bir ortama girdiklerinde yavaşlıyor gibi görünüyorlardı, öyleyse çıktıklarında nasıl yeniden hızlanıyorlardı? O dönemde İngiltere'de Cambridge'de profesörlük yapan Isaac Newton, ışık dalgalarının karşılarına çıkan engelin etrafında neden bükülmedikleri sorusunu sordu.

Huygens hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 37.

STATİK ELEKTRİK
İngiliz fizikçi William Gilbert statik elektriğin özelliklerini inceledi ve bulgularını manyetik etkilerle karşılaştırdı. Bu 19. yüzyıl tablosunda (arkada, ayakta duran) Gilbert, Kraliçe I. Elizabeth'in ve meraklı birkaç kişinin karşısında bir elektrik deneyi gerçekleştiriyor.



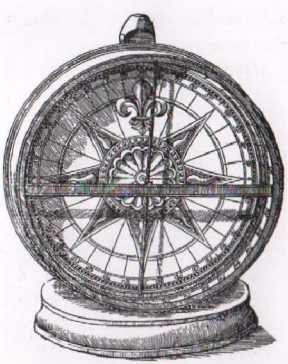
MANYETİZMA
Manyetizma üzerine ilk kitabı 1600 yılında, William Gilbert yazdı. Ancak eski Yunanlar miknatıs taşı ile demir arasındaki çekim kuvvetinden haberdardı ve Romalı şair Lucretius da çalışmalarında manyetizmaya değinmişti.

Newton, yaklaşık aynı zamanlarda yerçekim teorisinin ve hareket yasalarının taslağını hazırlamaya başlamıştı. Cambridge'de 26 yaşında profesör olmuştu ama üniversite dışında fazla tanınmıyordu; ta ki 1668'e kadar. Bu tarihte Newton, ışığı toplamak için aynadan yararlanan bir yansıtmalı teleskop tasarladı.

Teleskop tasarımı için aldığı övgülere rağmen, merceklerdeki kromatik sapma problemini ele almaktan vazgeçmedi. Kromatik sapmadaki renkler nereden geliyordu? O dönemde –güneş ışığı gibi– saf ışığın renk içermediğine inanılıyordu. Pek çok insan prizmaların, su yüzeyindeki yağın ve merceklerin gökkuşağı renklerinde bir ışık demeti yaratabildiğini görmüştü, ama genel kanıya göre bu renkler, ışığın değdiği cismin kendisinden geliyordu. Newton ise beyaz ışığın renksiz olmak bir yana pek çok renkten oluşan bir tayf içerdiğini kanıtlamayı hedefliyordu. Işık ışınını tayfa dönüştürmek için bir prizma kullandı, ardından renkleri yeniden tek bir beyaz ışına dönüştürmek için bir prizmadan daha yararlandı. Daha da ileri giderek, prizmadan renkli bir ışık ışınını geçirdi. Işın herhangi bir değişikliğe uğramadı; böylece tayf renklerinin daha fazla ayrıştırılamayacağı kanıtlanmış oldu. Newton ayrıca –prizmadan geçerken ışınları bükülen– farklı renklerin farklı açılarla kırıldıklarını da saptadı.

Çok geçmeden Newton, Huygens'ten ve yine ışığın dalgalar halinde hareket ettiğine inanan Robert Hooke'dan farklı bir ışık görüşü öne sürdü. Ona göre ışık parçacıklardan oluşuyordu. Farklı renklerin farklı açılarla kırılmaları yüzünden, kromatik sapma yaratmayan mercekler tasarlamak olanaksızdı. Newton *Optiks* adlı çalışmasını 1704'te yayımladı. *Optiks* olağanüstü bir yapıttı ve Newton 1705'te İngiltere Kraliçesi Anne tarafından şövalye unvanına layık görüldü.

Ancak Newton'un, başka konuda olmasa da, mercekler konusunda yanıldığı kısa süre sonra kanıtlandı. İngiliz avukat Chester Moor Hall, iki



YÖN BULMADA TEMEL ARAÇ
Pusula gravürü William Gilbert'ın *De Magnete*'sini başarıyla tasvir ediyor çünkü Gilbert'ın sözünü ettiği manyetik kuvvetler, bu yön bulma aracının işleyişine temel teşkil ediyor.

tür camdan yapılan bir teleskoptaki bir camın, diğerinin kromotik sapmalarını ortadan kaldırabildiğini tespit etti. Ancak temel soru hâlâ yanıtını bekliyordu: Işık nedir? Parçacık mı, dalga mı?

MANYETİK ÇEKİM

Bu soruya yönelik araştırmaların temeli 1600'de, İngiliz fizikçi William Gilbert'in *De magnete, Magneticisque Corporibus et de Magno Magnete Tellure*'yi *(Mıknatıslar, Manyetik Cisimler ve Büyük Mıknatıs, Dünya Üzerine)* yayımlamasıyla birlikte atılmış oldu. Gilbert çalışmalarına yalnızca kendi gözlem ve ölçümlerini temel almış, eski çağlardan beri bilinen ancak hiçbir zaman ayrıntısıyla araştırılmamış olan bir kuvveti incelemişti.

Antik dünya, doğal yollarla meydana gelen ve bir tür demir oksit olan mıknatıs taşının manyetik özelliğinden haberdardı. Bu taş, manyetit diye de biliniyordu. Ancak antik çağ insanları için taşın yarattığı kuvvet açıklanamaz türdendi. Yunanlar mıknatıs taşını biliyorlardı. Hatta "manyetizma" sözünün kendisi, Anadolu'daki Magnesia kentinin yakınında bulunan taştan geliyordu.

Bilim tarihçisi Colin Ronan'a göre antik dönem Çin falcıları iki diskten oluşan bir fal tahtası kullanırlardı. Alttaki disk dünyayı, üstteki dönen disk ise gökleri temsil ederdi. Her iki tahta da mıknatıs göstergeleriyle işaretlenmişti. Sembolik nesneler tahtanın üstüne atılır, nesne nereye düşerse gelecek ona göre yorulurdu.

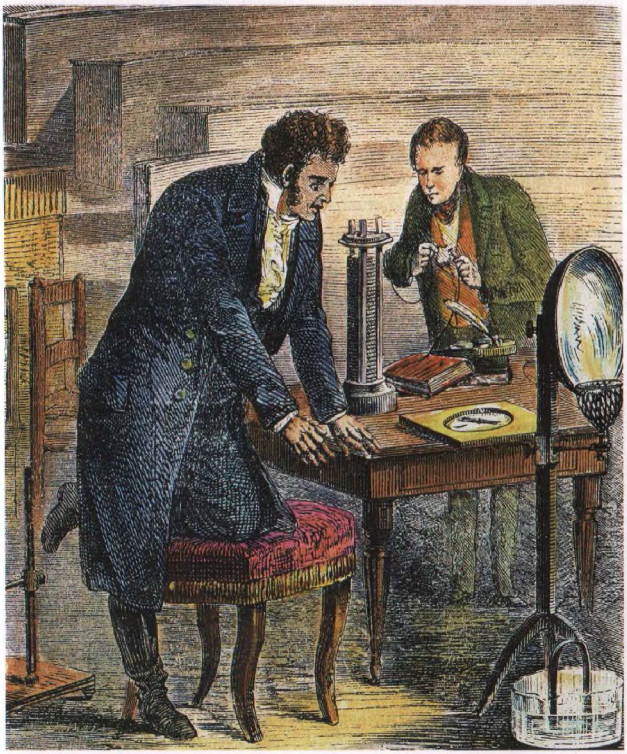
MS 1. yüzyıl içinde üstteki diskin yerini, Büyük Ayı'yı sembolize eden, dönen kaşık aldı. Daha ileri bir tarihte ise falcılar tahtayı ve kaşığı mıknatıs taşından yapmaya başladılar. Böyle olunca da kaşık sapının sürekli aynı yönü gösterdiğini fark ettiler. Sihir gibi bir şeydi bu. Ronan'a göre "güneyi gösteren kaşık" adını alan bu kaşık, zamanla bir ibreye dönüştü. En sonunda da fal tahtası dışında kullanılmaya başlandı.

İlerleyen dönemde, mıknatıs taşına sürtünen veya ateşte ısıtılıp, güney-kuzey doğrultusunda soğutulan demirden ibrelerin manyetize olabildiği keşfedildi. Bu önemli pratik bilgi, pusulaların, inşaat alanı hizalamasında kullanılmasını sağladı. 10. yüzyılda ise pusulalar yön bulma aracı olarak kulanıma girdi. Ayrıca Çinli bilginler, Batılı bilginlerden 700 yıl kadar önce manyetik kuzey ve güneyin –yani pusulaların gösterdiği yönlerin– coğrafi kuzey ve güneyle aynı olmadığını keşfettiler.

13. yüzyıla gelindiğinde Çinlilerin manyetik pusulası Batı'ya ulaşmıştı. Fransız Haçlısı, bilgini ve askeri mühendisi Pierre Pèlerin de Maricourt

(Latincede Perigrinus) 1269'da Batı biliminin mıknatıs özellikleri üzerine yazılmış ilk tezi olan *Epistola de magnete*'yi *(Mıknatıslar Üzerine Mektup)* yazdı. Peregrinus, mıknatısın zıt uçlarına "kutup" adını veren, aynı kutupların birbirini ittiğini keşfeden ve mıknatısın pratik kullanımları üzerinde düşünmeye başlayan ilk kişiydi. O dönemde İtalya'nın Lucera kentini kuşatmış olan Anjou'lu I. Charles'ın ordusunda askerlik yaptığı düşünülürse, Peregrinus mıknatıs bilimine oldukça iyi bir giriş yapmıştı.

William Gilbert'in 1600'de yayımlanan *De magnete*'si bilim yazımında yepyeni bir kavramı temsil ediyordu. Tarihçi Stuart Malin ve David Barraclough'in dediği gibi bu, "Bacon'un *Novum organum*'unun yayımlanmasından yirmi yıl önce uygulamaya geçmiş, duyumlar yerine deney ve gözlemi temel alan Baconcu bilim"di. Gilbert'in Latince metni, Kepler'in *Astronomia no-*



ELEKTRİK VE MIKNATISLAR
1820'de Hans Christian Ørsted, manyetik ibrenin elektrik akımına yaklaştırıldığı zaman, akıma dik açı aldığını gözlemledi. Bu fenomeni not ettiyse de, ona bir açıklama getiremedi.

va'sından dokuz yıl, Galileo'nun ilk astronomik gözlemlerini anlattığı *Siderus nuncius*'tan ise on yıl önce basılmıştı.

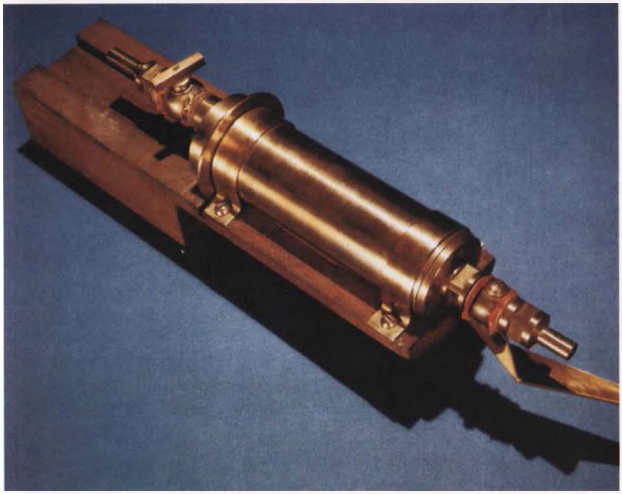
Kullanıldığı ve tanımlandığı yüzyıllar boyunca hiç kimse mıknatısın işleyişini anlamaya Gilbert kadar yaklaşmamıştı. *De magnete*'nin altı bölümünün ilkinde Gilbert, dünyanın kendisinin bir mıknatıs olduğu sonucuna varmıştı. Ardından mıknatısların çekme özellikleri ile "elektrik kuvveti" adını verdiği özellik arasında (sonraları önemli bir benzerlik olduğu anlaşılan tartışmalı ve) önemli bir ayrım yapmıştı. Bu kuvvet, kehribar gibi belli bazı materyaller kumaşa ya da kürke sürtündüğünde ortaya çıkıyor ve madde, hafif cisimleri kendisine çekebiliyordu. Gilbert, minyatür bir yerküre yerine geçen, *terrella* adını verdiği küre şeklindeki mıknatıs taşını kullanarak, jeomanyetizmanın etkileri üzerinde çalıştı.

Bundan iki yüzyıl sonra, Kopenhag Üniversitesi'nde fen bilimleri profesörlüğü yapan Hans Christian Ørsted, elektrik akımı taşıyan bir telin mıknatıs ibresinin üzerinde tutulması halinde, ibrenin tele dik açı oluşturacak şekilde durduğunu kamtladı. Peki neden böyle oluyordu? Ørsted'in yayımladığı bulgular, duruma herhangi bir açıklama getirmiyordu.

Francis Bacon hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 250-51.

YENİ ELEMENTLER

Henry Cavendish varlıklı biriydi. Devonshire Dükü ve Kent Dükü unvanlarını taşıyan dedeleriyle, köklü bir aristokrat aileden geliyordu. 1783'te, yani 52 yaşındayken, mirasının tamamına hak kazandığında, İngiltere Merkez Bankası'ndaki en yüklü hesabın sahibi olmuştu. Hid-



GAZ ÖLÇER

(Yunancada saf hava ölçümü anlamındaki) "eudiometre" İtalyan fizikçi Allessandro Volta tarafından yanma sonrasında gazları ölçmek üzere icat edilmiş bir aletti. Bu model ise 1766'da hidrojen gazını ilk kez belirleyen İngiliz kimyager Henry Cavendish geliştirdi.

rojeni keşfeden ve atmosfer yapısını analiz eden ilk kişi olmasına rağmen, kolları fırfırlı soluk mor takım elbisesi ve modası çoktan geçmiş üç kenarlı şapkasıyla, özensiz bir giyim sergiliyordu. Öyle utangaç biriydi ki, hizmetçilerle karşılaşmamak için evin içinde kendisine özel bir merdiven yaptırtmıştı. Hizmetçileriyle, yazdığı notlar aracılığıyla iletişim kuruyordu. Parasını kendisi için hiç harcamıyor, bağış talebinde bulunulduğunda ise en büyük ödemeyi yapan kişiyi öğrenerek, aynı miktarı veriyordu. Portresini yaptırmıyor, kimya ve fizik alanındaki önemli keşiflerini bildirmesi için ikna edilmesi gerekiyordu.

Ancak tüm tuhaflıklarına rağmen Cavendish, yorulmak bilmez bir deney insanıydı. Gökyüzü gözlemleri yaptığı ağaçlara tırmanabilmek için evinin ön tarafına bir platform inşa ettirmiş, çatıya ise dev bir termometre yaptırmıştı. Amacı, gazların yapısını ve bileşimini öğrenmekti. Bu konu, karbondioksidi ilk kez ayrıştıran İskoç kimyager Joseph Black'ten Joseph Priestley'ye ve bilimsel başarıları nedeniyle yaşamı giyotinle son bulan, en az Cavendish kadar varlıklı Fransız Antoine Lavoisier'e dek, dönemin önde gelen bilimcilerinin ilgisini çekiyordu.

Cavendish, katı ve sıvı maddelerin tepkimesiyle ortaya çıkan gazları analiz etmek için titiz deneyler gerçekleştirdi. Kendi deyişiyle –laboratuvarda ayrıştırılabilen ama doğada bulunmayan– bu "suni" gazlar ayrıştırılabiliyor, bir yerde kapalı tutulabiliyor ve ağırlıkları ölçülebiliyordu. Cavendish o güne dek adı konmamış bir gazı keşfetti ve bunu nihayet 1766'da Kraliyet Akademisi'ne rapor etti. Söz konusu gaz, tüp içinde yandığında, su açığa çıkarıyordu. Keşfin haberini alan Lavoisier, yalnız su değil, aynı zamanda asitlerin metal üstünde etkimesiyle "yanıcı hava" da üreten deneyler gerçekleştirdi. Lavoisier sonunda suyun iki bileşeni olduğunu kanıtladı: kendisinin "oksijen" adını verdiği bir gaz ile Cavendish'in bulduğu gaz. Lavoisier bu ikinci gaza "hidrojen" adını verdi; Yunancada "su yapan" anlamına geliyordu bu söz. 3000 yıl boyunca dört temel elementten biri sayılan suyun, iki gazdan oluşan bir bileşik olduğu anlaşılmıştı.

Henry Cavendish hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 322.

Cavendish deneylerini sürdürerek, içinden elektrik kıvılcımı geçirdiği havanın, nitrojen oksitleri oluşturacak şekilde birleşmesini sağlamaya çalıştı. Ardından nitröz asit üretebilmek için oksitleri suda çözdü. Dünyadan elini eteğini çekerek, muhteşem Londra villasının laboratuvarında bir Ortaçağ simyageri gibi çalışan münzevi Cavendish, havanın da bir element olmadığını keşfetti. Hava, Cavendish'in "dörde bir" olduğunu tahmin ettiği oranda, bir nitrojen ve oksijen karışımıydı. Bu tahmini oran, aslında beşe bir olan gerçek orana şaşırtıcı derecede yakındı. Cavendish ayrıca havadaki nitrojen ile oksijeni birleştirmek için ne kadar çabalarsa çabalasın, geride her tür kimyasal tepkimeye direnen küçük miktarda bir şeyin kaldığını gördü. Cavendish'in söyleyişiyle "tepkimeye girmeyen" (inert) türden bu madde, aslında varlığı bir yüzyıl kadar daha doğrulanamaya-

cak olan "argon" elementiydi.

18. yüzyılın sonuna gelindiğinde kimya, bilimin zirvesini teşkil ediyordu. Lavoisier ve Cavendish'in çalışmaları madde bileşenlerini temel alarak kimya terminolojisinin yeniden düzenlenmesinin önünü açtı. 19. yüzyılın ilk yıllarında Joseph Louis Gay-Lussac, aynı sıcaklık artışı altında, eşit hacimli tüm gazların eşit genleştiklerini keşfetti. Gay-Lussac atmosfer ölçümleri yapabilmek için 1804'te hidrojen balonuyla 7000 metreye kadar yükselen gözüpek bir kimyagerdi. Onun gazların genleşmesini açıklayan bulgularına, Jacques Charles anısına Charles Yasaları adı verildi. Jacques Charles aynı sonuca on beş yıl kadar önce ulaşmış ama çalışmasını yayımlamamıştı. Gay-Lussac 1808'de, farklı gazların daima belli tam sayılardan oluşan hacim oranlarında birleştikleri sonucuna vardı: örneğin, ikiye bir, ya da beşe üç gibi. Bunun nedeni neydi? Ayrıca, Gay-Lussac'ın bulguları gazların birleştiklerinde daha az yer kapladıklarına işaret ediyordu. Bu durumun açıklaması neydi?

Demokritos hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 162-163.

Soruya ilk yanıt Manchester'lı, Quaker mezhebi üyesi bir öğretmenden, yani John Dalton'dan geldi. Dalton bilimi kendi kendine öğrenmiş ve 30 yaşına dek günlük hava durumunu kaydetmişti. Ayrıca kendisinin de muzdarip olduğu renk körlüğü üzerine sistematik çalışmalar yürütmüştü.

Atmosfer üzerine düşünceleri Dalton'u, Gay-Lussac'ın problemine, Cavendish'in keşfi ışığı altında yaklaşmaya yöneltti; yani havayı farklı ağırlıklarda iki ayrı gazın bileşimi olarak ele almaya. Örneğin, neden ağır olan gaz, hafif olandan ayrışmıyordu? Neden farklı gazlar, farklı miktarlarda çözünüyordu? Dalton'un da fark ettiği gibi gazlar kimyasal olarak birleşmiyorlar, büyük olasılıkla ısıyla birarada tutulan gaz partiküllerinden oluşuyorlardı. Antik Yunan Demokritos'un onuruna Dalton bu partiküllere "atom" adını verdi. Doğal elementleri tek ve birleşik öğeler biçiminde gören yaklaşımın bir devamı olarak Demokritos'un atomları birbirinin aynıydı. Dalton'un atomları ise birbirlerinden farklıydı.

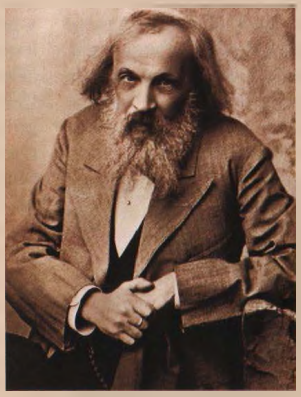
Dalton'a göre, farklı türlerde atomların varlığı, bileşiklerin neden ağırlığa göre hep aynı oranlarda birleştiğini açıklıyordu. Her gazın, her elementin kendine özgü atomları ve özellikleri vardı. Örneğin, ağır gazların atomları da ağırdı. Dalton atomların ağırlığa göre farklı oranlarda birleşerek farklı bileşikleri oluşturabildiklerini öne sürdü. Dalton'un verdiği ismiyle "kat oranlar yasası"na göre, oranlarına bağlı olarak, örneğin, bir karbon-oksijen karışımından ortaya karbonmonoksit ya da karbondioksit çıkabiliyordu. Üstelik kimyasal tepkimeler temel parçacıkları birleştirebiliyor ya da ayrıştırabiliyordu; sonuçta ortaya ne yeni bir atom çıkıyor, ne de var olan bir atom yok oluyordu.

Dalton ilk sunumunu 1803'te Manchester Edebiyat ve Felsefe Derneği'nde gerçekleştirdi ama konuşmanın yankılara çok uzaklara ulaştı. Belli bir maddenin belli miktardaki hacminin daima aynı sayıda atom içerdiği varsayılırsa, kimyasal tepki-

PERİYODİK TABLO

Periyodik tablo, fen laboratuvarının duvarında asılı duran ve her biri harf ve rakamlarla dolu rengarenk karelerden oluşan o tanıdık tablodur. Öğrenciler için elementlerin periyodik tablosu bir korkulu rüyadır. Bilimciler için ise tüm maddenin yapı ve davranışlarının bir ifadesi.

Elementler tablosunu ilk kez Rus kimyager Dmitri Mendeleyev 1869'da oluşturdu. Mendeleyev elementleri atomik kütlelerine göre sıraladı. O güne dek belirlenip analiz edilmiş olan 50 elementi sıralarken, her elementin, tabloda kendisini takip eden sekizinci elemente benzediğini fark etti. Örneğin, lityum sodyuma; ve her ikisi birden de potasyuma benziyordu.



Dmitri Mendeleyev'in periyodik tablosu 1871'de şüpheyle karşılandı.

Açıklama olarak Mendeleyev "periyodik yasa" dediği yasayı önerdi: "Atom kütlelerine göre sıralanan elementlerin belli özellikleri tekrarlanır."

Bilinen tüm elementleri özelliklerine göre sıralayan Mendeleyev, tablosunda bazı boşluklar olduğunu gördü. Teorisine ve doğanın düzenine öyle inanıyordu ki, henüz keşfedilmemiş bazı elementler olduğuna ve bulundukları ve analiz edildikleri zaman, özellikleriyle bu boşlukları dolduracaklarına kanaat getirdi.

İşin ilginci, Mendeleyev haklıydı. Yeni keşfedilen, incelenen ve eklenen elementler tablodaki yerlerini aldılar ve Mendeleyev'in öngördüğü düzeni takip ettiler.

Sonraki 50 yıl içinde tablo son şeklini aldı. 1911'de bir elementin özelliklerini belirleyen şeyin atom numarası –çekirdekteki artı yüklerin, yani protonların sayısı– olduğu anlaşılınca, bu sayı, tablodaki atom kütlesinin yerini aldı. Periyodik tablo, atomların belli bir düzen içinde olduklarını; birbirini izleyen protonlar çekirdeğe eklendikçe, element kimliklerinin değiştiğini ortaya koyar.

Günümüzün periyodik tablosu, elementleri soldan sağa artan atom numaralarına göre düzenler. Tablodaki yedi yatay sıraya periyot, sekiz dikey sıraya da grup denir. Her periyottaki elementler metallerle başlar, metal olmayanlarla devam eder, en sağ uçta ise asal gazlar yer alır. Bugün periyodik tabloda 92 doğal element, 20 (nükleer reaksiyonlarda oluşan) yapay element yer alır.

Mendeleyev'in yasası günümüzde hâlâ elementlerin birbirleriyle ilişkilerine ışık tutmaktadır. Tablo ise benzeri sertlik derecesine, ergime noktasına ve yoğunluğa sahip atom gruplarının fiziki temsilini oluşturur ve elementlerin birbirlerine nasıl ve ne şekilde bağlandıklarını açıklamaya yardımcı olur. Periyodik tabloya hâkim birisi, bir elementin atom yapısının ne derece kararlı olduğunu ve belli bir elementin elektrik ve ısıyı ne kadar iyi ilettiğini tek bir bakışta anlayabilir. Mendeleyev'in çalışmaları, bilimcilerin doğal fenomenlere ilişkin bilgiye yeni bir ışık altında yaklaşmalarını ve bu bilgileri yeni bir bakış açısıyla yapılandırmalarını sağladı.

meye giren maddelerin kütlesi ölçülerek, ilgili atomların göreceli kütlesi hesaplanabilmeliydi. Dalton hidrojene bir birimlik ağırlık atayarak, onu standart aldı ve bir göreceli atomik kütle tablosu hazırladı. Günümüzde de karbonun atom kütlesi 12 üzerine kurulu benzeri bir sistem kullanıyoruz.

Birleşen gazların, birleşmemiş hallerinin hacmine oranla neden daha az yer kapladığı sorusunun yanıtı ise birkaç yıl sonra geldi. Turin'li Amedeo Avogadro, birleşen gazların atom grupları oluşturduğunu öne sürdü. Avogadro bu gruplara Latincede küçük küme ya da yığın anlamına gelen *molecula*'dan esinlenerek "molekül" ismini verdi.

İLK ELEMENTLER TABLOSU
İngiltere'de Manchester'da fen öğretmenliği yapan John Dalton, modern atom teorisini formülleştirerek 1808 yılında, atom kütlelerini içeren bu elementler tablosunu yayımladı.



Dalton, Londra ve Edinburgh Kraliyet Akademisi'ne, Fransız Bilim Akademisi'ne seçilmiş, (Anglikan olduğu için onu normalde asla kabul etmeyecek olan) Oxford'tan da onur ödülü almıştı. Sonunda kralın nezdinde izleyiciler karşısında konuşma yapmak üzere davet edildi. Ancak bunların hiçbiri Dalton'un alışkanlıklarını değiştirmişe benzemiyordu. O, 1787'den beri yaptığı gibi, doğum yeri Lake District'in günlük hava durumunu kaydetmeye devam etti. Son hava durumu raporunun tarihi ise öldüğü gün olan 27 Temmuz 1844'tü.

1800'de, bilinen elementlerin sayısı 30'du. Dalton'un ölüm yılı olan 1844'te ise sayı ikiye katlanmıştı. Çok geçmeden kimyagerler bu listenin bir kontrol listesinden öteye gitmediğini düşünmeye başladılar. 1864'te Britanyalı kimyager John Newlands, neden bazı elementlerin benzeri kimyasal özellikler gösterdikleri sorusunu sordu. Soru, elementler arasında bir tür sınıflandırmaya işaret ediyordu. Öğrenci protestolarını desteklemek gibi sıradışı bazı davranışları yüzünden St. Petersburg Üniversitesi'nden atılan Sibiryalı eksantrik profesör Dmitri Mendeleyev'in eğlencelik alışkanlıkları olmasa, bu görüş daha ileri götürülemeyebilirdi.

Yeni bir kimya çalışması yapan Mendeleyev, kendisine 60 karttan oluşan bir set hazırlamış, her bir kartın üstüne bilinen elementlerin isimlerini ve özelliklerini yazmıştı. Tut-

kulu bir "solitaire" oyuncusu olan Mendeleyev, kartları kütlelerine ve kimyasal özelliklerine göre dizmeye başladı. Yaptığı düzenlemelerden birinde, benzeri şekilde davranan elementlerin hepsinin aynı dikey sırada yer aldıklarını fark etti. Bu, Newlands'ın ima ettiği kavramın görsel bir kanıtı gibiydi: Kimyasal özellikler periyodik olarak tekrarlanır. Mendeleyev 1869'da "periyodik tablo"sunu yayımladı ve şemanın, hâlâ bilinmeyen bazı elementlere işaret ettiğini vurguladı. Tablodaki alanları boş bıraktı ama pozisyonlarına bakarak, bu elementlerin sahip olmaları gereken özellikleri tahmin etti.

1860'ta Almanya'da Heidelberg'te Gustav Kirchhoff ve Robert Bunsen adlı iki bilimci, ilk kez 1814'te Alman optisyen Joseph von Fraunhofer tarafından denenen bir görüşü geliştirmeye karar vermişti. Fraunhofer, deneyleri sırasında güneş tayfının kesintisiz bir renkler dizisi olmadığını, farklı genişlikte yüzlerce karanlık çizgiyle bölündüğünü keşfetmişti. 1820'lerin başlarında Fraunhofer bu çizgilerin, biraz farklı şekillerde de olsa, parlak yıldızlardan gelen ışığın içinde var olduğuna ya da ışınların mercek yerine paralel tellerle ayrıştırılması durumunda ortaya çıkacağına karar vermişti. Ne anlama geldiklerini bilmese de, çizgileri adlandırmak için A'dan K'ya kadar harfleri kullandı.

Fraunhofer'inkinden daha iyi çözünürlüğe sahip bir aletle çalışan Kirchhoff ve Bunsen, deneyi tekrarlayarak, o dönemde "Fraun-hofer çizgileri" diye bilinen şeyi gördüler. Daha da ilginci, her elementin kendine özel bir dalgaboyu kombinasyonunu soğurduğunu ve yansıttığını keşfettiler. Bir tür parmak izi görevini gören, elemente özgü bir çizgiydi bu.

Sonunda bir maddenin bileşiklerini öğrenme yöntemi olarak, uzun ve yorucu kimyasal analizlerin yerini tayf analizi aldı. Bilinen elementlerin tayfları belirlendikten sonra bilimciler laboratuvardaki ve doğadaki maddeler arasında, hatta uzaydan gelen ışıkta yeni çizgi kalıpları aramaya başladılar. Çok geçmeden yeni elementlere ulaştılar. Yeni elementlerin özelliklerini analiz ettikten sonra ise onların, Dmitri Mendeleyev tarafından kendilerine ayrılan yerleri doldurduklarını gördüler. Bugün dünyanın dört bir yanındaki fen sınıflarında asılı duran Mendeleyev'in "solitaire" benzeri elementler tablosu, 100'den fazla elementi içerecek şekilde genişlemiş durumda.

HER YERDE ELEKTRİK

William Gilbert'ın kehribarın sürtünmesiyle ortaya çıkan manyetik etkileri "elektrik" diye isimlendirmesi, adeta bir kehanet gibiydi. Gilbert'ın çalışmalarını geliştirmeyi üstlenenlerden ilki, Alman Otto von Guericke'ydi. Maharetli bir amatör bilimci olan von Guericke, 1602'de, yani Gilbert'ın *De magnete*'yi yayımlamasından iki yıl sonra Magdeburg'da doğmuştu.

Von Guericke kısa bir dönem resmi eğitim almış, 24 yaşında belediye meclis üyesi seçilerek, yaşadığı yerde ün salmıştı. Bu görevi 50 yıl sürdürdü.

Von Guericke uzayın yapısına karşı büyük bir ilgi duyuyordu. Bir

HAVA NEDİR?

18. yüzyılın parlak zekâlı bilimciler, görünmez olsa da, havanın farklı gaz bileşenlerinden oluştuğunu anladılar. Bugün artık bu bileşenlerin yaklaşık yüzde 78 oranında nitrojen, yüzde 21 oranında oksijen, yüzde 1 oranında argon, karbondioksit ve çok az miktarda da çeşitli elementler şeklinde olduğunu biliyoruz.

vakumun, yani madde içermeyen bir boşluğun gerçekten var olup olamayacağını sorguluyordu. Böyle bir şeyin olabileceğini hem Aristoteles, hem de Descartes inkâr etmişti.

Konuyla ilgili diğer iki soru da, gezegenlerin yörüngelerinde nasıl hareket ettikleri ve birbirleriyle nasıl bir etkileşim içinde olduklarıydı. Kepler ile Gilbert bunun için manyetik bir neden ileri sürmüşlerdi, von Guericke ise bu olasılığı araştırmaya karar verdi. Kısmi vakum yaratan bir araç geliştiren von Guericke, 1650'ye gelindiğinde kendi buluşu olan pompayla, çeşitli ortamların içindeki büyük miktardaki havayı boşaltabiliyordu. Böylece havanın elastikiyetini ve vakum üretmenin mümkün olduğunu göstermişti. Von Guericke vakumun da özelliklerini inceledi. Örneğin, vakum içinde yanma meydana gelemiyordu ama vakumun içindeki bir mıknatıs çekim gücünü yitirmiyordu.

1657'de Magdeburg'da gerçekleştirilen ünlü bir deneyde von Guericke iki adet bakır yarımküreden oluşan bir küre yaptı ve kürenin içindeki havayı dışarı pompalayarak, iki yarımkürenin çevre hava basıncıyla birbirlerinin üstüne kapandığını gösterdi. Hava basıncının gücünü kanıtlamak için sekiz attan oluşan iki takım, yarımküreleri çekerek birbirinden ayırmaya çalıştı ve başarama-

JOHN DALTON VE RENK

Kendi renk körlüğünü test etmek –ve bu fenomeni bilimsel olarak anlamak– isteyen İngiliz atom teorisyeni John Dalton, renkli ipliklerle dolu bu kataloğu hazırlamıştı.



ELEKTROMANYETİZMA

Elektromanyetizma, elektrik ile manyetizma arasındaki ilişkiyi inceleyen fizik dalıdır. Bu ilişki uzun süre araştırıldı ancak 1819'a kadar kanıtlanamadı. 1819'da bir elektrik akımının ya da değişen elektrik alanının manyetik alan yarattığı ortaya kondu. Öteyandan değişen manyetik alan da elektrik alanı üretiyordu.



İskoç fizikçi James Maxwell, ışığın bir elektromanyetik ışınım türü olduğu sonucuna vardı.

Bu keşfin önünü açtığı kullanışlı araçlardan biri elektromıknatıstı. Demir bir göbeğin etrafına tel dolayarak, tel sarmala elektrik verildiği sürece demir göbekte manyetizma üretmek mümkündü. Bu basit düzenek günümüzde halen kapı zilinde, şalterde, telefon alıcılarında ve başka araçlarda kullanılır.

Diğer yandan, manyetik kuvvet de, elektromanyetik indüksiyon denen işlemle elektrik üretebilir. Değişen manyetik alan iletken maddenin içinde bir elektrik alanı oluşturur. Yapılan ilk deneylerde tel sarmalın içinde hareket ettirilen çubuk şeklindeki mıknatıs manyetik alanı değiştiriyor, böylece elektrik akımı tel boyunca hareket ediyordu. Günümüzde tel sarmal güçlü bir mıknatısın kutupları arasında döndürülüyor. Sarmal kapalı devrenin bir parçası olarak bağlanıyor ve tel sarmal döndükçe düzenekten elektrik çekilebiliyor.

Elektromanyetik indüksiyon, tarihin en önemli buluşlarından biri olan elektrikli jeneratörün gerisindeki temel süreçtir. Jeneratörler olmasa tüm ışıklarımız kesilir, elektronik cihazlarımız işlemez hale gelir ve sanayimiz dururdu.

Teknolojik yaşamımızın bir diğer önemli aracı olan elektrikli motorlarda ise tam tersi bir süreç işler. Jeneratörde kullanılan aynı temel donanımla, manyetik alanda yer alan iletken üzerinden elektrik akımı gönderilir. Bu, tel sarmalın hareket etmesini sağlar ve elektrik enerjisi mekanik enerjiye çevrilir.

1864'ten itibaren İskoç matematikçi ve fizikçi James Clerk Maxwell, elektrik ile manyetizma arasındaki ilişki üzerine var olan araştırmaları ele almaya başladı. Maxwell sonunda elektrik ile manyetizmanın birbiriyle ilişkili olmakla kalmayıp, birlikte hareket ettiklerini ve ışınım enerjisi şeklinde dışarı yayılan elektromanyetik dalgalar ürettiklerini ileri sürdü. Maxwell ayrıca görünür ışığın, elektromanyetik dalgaboyu tayfının sadece küçük bir bölümünü oluşturduğunu da iddia etti. Daha sonraki deneysel bulgular Maxwell'in haklı olduğunu gösterdi.



VOLTA TABANCASI
İtalyan fizikçi Alessandro Volta'nın bataryaları, bir kısmı pek de ciddi olmayan bazı kullanım alanlarına girdi. "Volta tabancası" denen bu tasarım, içine hidrojen ya da oksijen gibi patlayıcı gazların konduğu silindir biçiminde bir borudan oluşuyor. Namlu, mantar tıkaçla kapanmış. Elektrik şarjı uygulandığında karışım bir kıvılcımla tutuşuyor ve mantar tıpa fırlıyor.

dı. Von Guericke bu dramatik gösterisini Viyana ve Berlin saraylarında da yineledi.

Manyetizmanın vakum içinde hareket ettiğini gösteren von Guericke, aynı kuvvetin gökcisimlerini de etkileyip etkilemediğini araştırmaya koyuldu. Gilbert'ın mıknatıs taşından yapılma "terrella"sı ile gerçekleştirdiği deneyleri inceleyen von Guericke, sülfür dahil kilden çeşitli malzemelerle yapılmış daha büyük bir küre üretti.

Gilbert, küreyi döndürerek ve elini dönen küreye sürterek, elektrik diye algıladığı etkileri yaratabileceğini keşfetmişti. Küre bu şekilde çekimsel özellikler kazanıyor, kıvılcımlar yaratıyordu. Ortaya çıkan etkiler ise küre döndürülmediğinde bile devam ediyordu. Deneyden etkilenen von Guericke, küreyi manivela aracılığıyla döndürebilen bir makine icat etti. Daha sonra kayışla işletilen ve küreyi daha da hızlı döndürebilen bir makine geliştirdi. Von Guericke sülfür kürenin ışıldamasını sağlamayı başarmıştı. İlk deneyi "elektrolüminesan"ı gösterebilmek için yapmıştı. Von Guericke'nin makinesinin taklitleri ciddi bilimsel çalışmalarda olduğu kadar, eğlence amaçlı da kullanıldı. 18. yüzyılın ilk yarısında cam küre ve disklerden, hatta bira şişelerinden yapılma statik elektrik makineleri her yerde görülmeye başlandı.

İngiltere'de Stephen Gray, statik elektrikle ilgili iki şeyi keşfetti: Birincisi, statik elektrik boşalımı ipek bir lif üzerinden aktarılabiliyordu; ikincisi, elektriklenmiş kaynağın yanına yaklaştırılan cisimler de elektrikleniyordu.

Fransa'da ise Charles François de Cisternay du Fay, elektriklenmiş cisimlerin birbirlerini itebildiklerini ya da çekebildiklerini keşfetti. Bu da onu iki tür elektrik boşalımı olduğunu düşünmeye itti; reçinemsi ve camsı.

Gittikçe geliştirilen bu makineler

1827 – 1864

1827
İskoç bitkibilimci Robert Brown suda asılı küçük partiküllerin içindeki hareketi keşfetti, buna daha sonra "Brown hareketi" adı verildi.

1835
Fransız fizikçi Gaspard de Coriolis, dönen bir referans sisteminde cisimlerin dönmeye bağlı olarak eğimli bir rota izliyor gibi göründüklerini ortaya koydu; buna "Coriolis etkisi" dendi.



1842
Avusturyalı fizikçi Christian Johann Doppler, kaynağın hızına bağlı olarak dalganın frekansında meydana gelen kaymayı öngördü. Buna daha sonra "Doppler etkisi" adı verildi.



NAPOLYON U ETKİLERKEN

Volta 1800'de (oturan) Napolyon Bonapart'a ve diğer bilimcilere bataryasını –gümüş ve çinko tabakalardan oluşan bir "yığın"– sergiliyor. Napolyon bu gösteriden öyle etkilendi ki Volta'ya Şeref Nişanı verdi ve onu kont ilan etti.

1848
İskoç fizikçi William Thomson (Lord Kelvin) sıcaklığın mutlak sıfır noktasını keşfetti.

1850'ler
Termodinamiğin birinci ve ikinci yasası, fizikçi William Rankine, Rudolf Clausius ve William Thomson (Lord Kelvin) tarafından geliştirildi.

1859
Fizikçi Robert Bunsen ve Gustav Kirchhoff, elementlerin kendilerine özgü ışık dalgaboyları yaydıklarını keşfettiler. Bu elementlerin tayflarında belli soğurma çizgileri eksikti.

1864
İskoç fizikçi James Clerk Maxwell, elektrik ve manyetizma ile ilgili dört denklemini açıkladı.



FRANKLİN'İN UÇURTMASI
Benjamin Franklin'in ünlü uçurtma deneyi yalnızca yıldırımın elektriksel özelliğini kanıtlamakla kalmadı, aynı zamanda Amerikalı eksantrik yayımcı, yazar, devlet adamı ve mucide ikonik bir imaj kazandırdı.

daha fazla miktarda statik elektrik üretmeye başladılar. Elektriklenmeyi arttırma konusundaki tek sorun, onu depolamaktı. Bu sorun iki kişinin –1745'te Alman mucit Ewald G. von Kleist'ın ve 1746'da Leiden Üniversitesi'nden Hollandalı bilimci Pieter van Musschenbroek'in– birbirlerinden bağımsız olarak elektrik depolamaya yarayan araçlar geliştirmesiyle ve kondansatörleri icat etmesiyle birlikte çözüldü.

Yarıya kadar suyla doldurulmuş ve ağzı mantar tıpayla kapatılmış bir kavanoz alındı. Bir tel, mantarın içinden kavanoza doğru uzatıldı ve suya değdirildi. Ardından tel, statik elektrik jeneratörünün yanına götürülerek elektrikle yüklendi. Kavanoz jeneratörden uzaklaştırıldığında, dokunan herkesin anlayabileceği üzere, hâlâ elektrik yüklüydü. 4 Şubat 1745'te *Kraliyet Akademisi'nin Felsefe Kayıtları*'nda yayımlanan bir mektup, kavanoza dokunan kişiyi şöyle tarif ediyordu: "Birkaç dakikalığına nefesi kesildi, ardından bütün sağ kolunda öyle büyük bir acı hissetti ki bir an için kötü bir şeyler olduğundan endişe etti."

Von Kleist camı metalle kaplayarak sistemi geliştirdi. Bu sayede elektrik yükü camdan suya geçecekti. Üstünlük rekabetine sahne olan tek-

nolojinin bu erken döneminde, Musschenbroek camın hem içini hem de dışını metalle kapladı, böylece dışandaki metal içeridekini şarj edecekti. Musschenbroek bu deneyle metal tabakalar arasındaki cam ne kadar inceyse, kavanozdan yayılan kıvılcımın o kadar büyük olduğunu keşfetti. Bu da elektriğin iki değil, tek akışkan olduğunu gösteriyor gibiydi: bu varsayım Amerikalı mucit Benjamin Franklin tarafından kanıtlanacaktı. Musschenbroek'in cihazına "Leyden kavanozu" adı verildi. Kavanozun bazı çeşitleri günümüzde hâlâ kullanılır.

Bu tarihlere, yani 1700'lerin ortasına gelindiğinde elektrik gözde bir bilim olmaya başlamıştı. İnsanlar döndürülerek şarj edilen, şarjdan sonra ters yöne doğru dönen armatürlere sahip çeşitli cihazlar üretiyorlardı. "Elektrik ayrıcalıklı entelektüellere has, gizli kapaklı bir meşgale olmak yerine, hızla halkın sohbet konusu haline dönüştü" diyordu bilim tarihçisi Patricia Fara. "Çoğu varlıklı aile kendi aparatlarını yanında taşıyor, aristokrat kadınlar parmaklarından ya da balina kemiğinden yapılma iç eteklerinden kıvılcımlar çıkarıyor, veya hayranlarını elektrikli öpücüklerle –acı vererek de olsa– heyecanlandırıyorlardı." Benjamin Franklin, statik elektriğe maruz kaldığında çalan bir zil geliştirdi. Şarlatanlar ise baş ağrısından hastalıklara dek her derde deva elektrostatik şarjlar pazarlamaya çalıştılar.

Elektriğin tehlikeli yanı Leyden kavanozlarında daha büyük miktarda şarjın birikmesiyle ve çalışma amacıyla büyük miktarlarda elektrik depolayabilmek için binbir çeşit Leyden kavanozunun birbirine bağlanmasıyla ortaya çıktı. 1750'de Franklin, metal uçlu ve ipek saplı bir uçurtmayı fırtınalı havada uçurarak, bir Leyden kavanozunu şarj edebileceğini gösterdi. Franklin yıldırımın statik elektrik olduğunu kanıtlamıştı. Bataryasını yıldırımla şarj etmeye çalışan bir başka kişi ise yaşamını yitirdi ve adli tıp görevlisinin raporuna bakılırsa, "al-

BENJAMİN FRANKLİN

Amerikan Biliminin Babası

1706
17 Ocak'ta Boston, Massachusetts'de doğdu.

1718-1723
Erkek kardeşi James'in yanına basımcı çırağı olarak girdi.

1729
Pennsylvania Gazette'yi yayımlamaya başladı.

1730
Pennsylvania'nın resmi basımcısı seçildi.

1732
Fakir Richard'ın Almanağı'nın ilk nüshasını yayımladı.

1737
Philadelphia postane müdürü seçildi.

1744
Evleri daha etkili ısıtan tasarımıyla, geliştirilmiş bir şömine olan Franklin Sobası'nı yarattı.

1746
Elektrik fenomenini araştırmaya başladı.

1751
Elektrik Üzerine Deneyler ve Gözlemler'i yayımladı.

1753
Londra Kraliyet Akademisi tarafından Copley Madalyası'na layık görüldü. Kuzey kolonilerinin PTT genel müdürü seçildi.

1756
Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1770
Meteoroloji araştırmalarına başladı; Gulf Stream akıntısının haritasını çıkardı.

1776
Bağımsızlık Bildirgesi'ni imzaladı.

1790
17 Nisan'da Philadelphia, Pennsylvania'da, hem Amerikalılar hem de Fransızlar için bir kahraman olarak öldü.

FARADAY'IN DİNAMOSU
Resimde 1831'de laboratuvarında görülen İngiliz fizikçi Michael Faraday, mıknatısları tel sarmal içinde hareket ettirerek elektrik akımı yaratabileceğini keşfetmişti. Bu keşifle birlikte ilk elektromanyetik dinamoyu üretti.



nında küçük bir delik, sol ayakkabısında bir yanık, ayağında ise mavi bir leke" oluştu. Yeryüzünde var olan ile, gökyüzünden gelen elektriğin kesinlikle aynı türden boşalım olduğunu ortaya koyan acı bir deneydi bu.

Joseph Priestley hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 92.

Joseph Priestley 1765'te Benjamin Franklin ile tanıştı ve politika sohbeti sırasında –her ikisi de Aydınlanma'nın liberalleriydi– ikili, elektrikle ilgili çalışma notlarını karşılaştırdı. Franklin, Priestley'yi çalışmalarını yayımlamaya teşvik etti ve 1767'de Priestley, *Özgün Deneylerle Elektriğin Tarihi ve Günümüzdeki Durumu* adlı çalışmayı yayımladı. Priestley çeşitli görüşlerin yanısıra, elektrik yükleri arasındaki çekme ya da itme kuvvetinin, aralarındaki mesafenin ters karesine bağlı olarak değiştiğini ileri sürdü. Bu, Newton'un kütleçekim ile ilgili bulgularının tıpatıp aynısıydı.

1785'te Fransız fizikçi Charles de Coulomb, Priestley'in varsayımını kanıtlayan hassas bir mekanik aygıt icat etti. Daha ileride benimsenen adıyla "Coulomb yasası"na göre, iki elektrik yükü arasındaki kuvvet, yüklerin çarpımı ile doğru, yüklerin arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Coulomb, yasanın manyetik çekime de uygulanabilir olduğunu keşfetti.

Peki ama elektrik neydi? Her bir Leyden kavanozu yalnız bir kez deşarj edilebiliyordu, ki bu da araştırmaları güçleştiriyordu. Ancak koşul-

lar, İtalyan fizikçi Alessandro Volta'nın çalışmaları sayesinde 19. yüzyıl başında değişti.

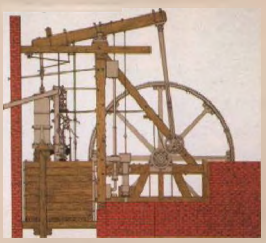
Volta "hayvansal elektrik" adı verilen gizemli kuvvete şüpheyle yaklaşıyordu. Kuvveti keşfettiğini duyuran kişi, Volta'nın arkadaşı ve yurttaşı Luigi Galvani'ydi. Galvani kurbağaların bacaklarına metal aygıtlar saplamış ve temasla birlikte bacak kaslarının seğirdiğini görmüştü. Bu durum onu, metalin bir tür elektrik akışını serbest bıraktığı varsayımına yönlendirmişti. Galvani'nin deneylerini tekrarlayan Volta ise elektriğin kurbağanın kas dokusundan değil, nemlilik koşullarından ve sonda aygıtında farklı metallerin kullanımından kaynaklandığını düşündü.

Volta sonuca ulaşmak için olduk-

TERMODİNAMİK YASALARI

Enerji rastgele hareket etmez. Bilimciler tarafından 19. yüzyıl ortalarında ifade edilen termodinamik yasalarını takip eder.

Termodinamiğin birinci yasasına göre –aynı zamanda enerji korunumu yasası olarak bilinir– ortaya çıkan enerji, kullanılan enerjiye eşittir. İki çubuktan elde edilen ısı miktarı, ağacın içinde depolanan enerji ile çubukları birbirine sürterken uygulanan enerjiye eşit olacaktır. Bir buhar makinesinin ürettiği enerjinin miktarı, makineyi çalıştırmak için kullanılan kömürün enerjisinden büyük olamaz.



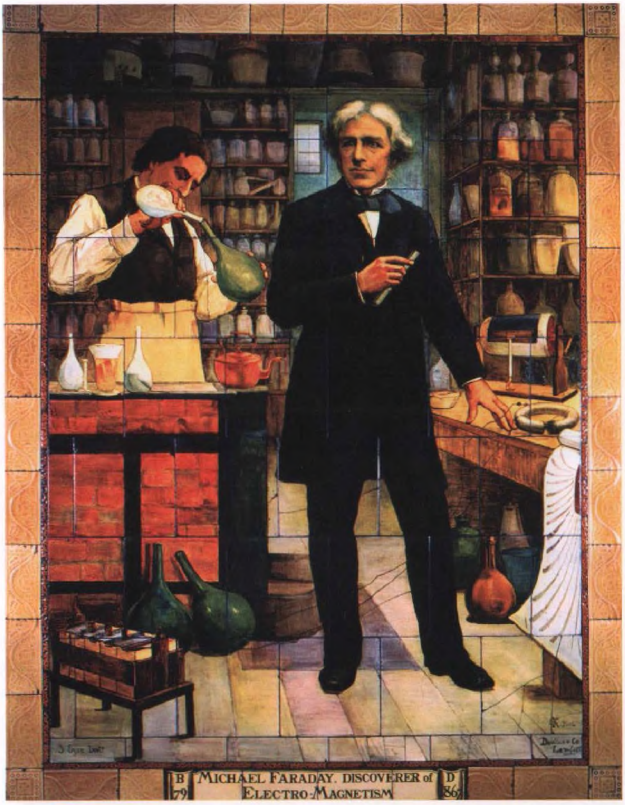
Şemada James Watt'ın 1788 yapımı buhar makinesinin iç yapısı görülüyor.

Termodinamik yasası ayrıca sistemlerin kararlılığa olan eğilimlerini de inceler. Soğuk bir fincana sıcak kahve koyarsanız, ısı enerjisi kahveden fincana doğru hareket eder ve çok geçmeden her ikisi de aynı ısıya erişir. Peki neden ısı kahveden fincana geçtikten sonra yeniden kahveye dönmez? Bu noktada devreye termodinamiğin ikinci yasası girer: Enerji akışı yalnızca tek yöne doğru gerçekleşir. Bir kilometre koşuyla yaktığınız kaloriler, koşmayı bıraktığınızda bedeninize geri dönmez; tıpkı koşarken yakılan enerjinin geri dönmeyeceği gibi. Bir motor nasıl sürekli yakıta gereksinim duyarsa, insan da yiyeceğe gereksinim duyar.

İkinci yasanın ikinci kısmı vardır. Buna göre, söz konusu geri dönüşsüz süreçte, enerjinin bir kısmı iş yapma için kullanılamaz. Örneğin, koşma sürecinde yakmakta olduğunuz kalorilerden gelen enerjinin bir kısmı kullanılamayacaktır. Burada kaloriler düzenli bir denge içinde var olan potansiyel enerjiyi temsil eder. Siz koşarak bu enerjiyi kinetik enerjiye dönüştürdüğünüzde, onu yerinden edersiniz ve ortaya çıkan düzensizlik içinde, enerjinin bir kısmı yitirilir. Bu enerji yitimine, Yunancada değişim anlamına gelen *entropee* sözünden dolayı "entropi" denir.

Isıya neden olan şey, moleküllerin hareketidir. Yani hareket durursa ısı aktarımı gerçekleşmez ve entropi de olmaz. Termodinamiğin üçüncü yasasına göre mutlak sıfır noktasında entropi de sıfırdır. Diğer bir deyişle, enerji yoksa, enerji yitimi de olamaz. Ancak bu durağan durumun ötesinde, yeryüzü –ve evren– geri dönüşsüz süreçlerle doludur. Termodinamik yasaları doğruysa eğer, bu süreçler ne kadar devam ederse, her sistemin entropisi o kadar artacaktır. Nihayetinde çöküş kaçınılmaz olabilir.

MICHAEL FARADAY
John Eyre'ye ait 1886 tarihli bu temsili çalışmada, Michael Faraday resmediliyor. Tasvir, Edinburgh, İskoçya'daki Cafe Royal'i süsleyen ve ünlü bilimcileri resmeden bir dizi çiniden biri.



ça dolaysız bir deney gerçekleştirdi: dilinin üstüne gümüş ve kalay, pirinç ve demir gibi metal çiftleri yerleştirdi. Metaller ekşi bazı duyumlar yaratınca Volta buna neden olan şeyin, tükürük yoluyla metalden metale gerçekleşen akım geçişi olduğunu tahmin etti. Farklı metal kombinasyonları, farklı yoğunlukta ekşilik yaratıyordu. Volta bunları dikkatle kaydetti. Daha sonra birbirinden tuzlu suya batırılmış kâğıtla ayrılan gümüş ve çinko diskleri üst üste yığarak, deneyin yapay bir versiyonunu uyguladı. Sonuçta ortaya kesintisiz bir elektrik akışı çıktı. Volta, ileride volta pili diye anılacak olan aygıtı icat etmişti; yani ilk pili. Aygıt, çeşitli çalışmalar yürütmeyi olanaklı kılacak miktarda akım üretiyordu ve hâlâ tam olarak anlaşılamayan elektrik kuvveti araştırmalarına, kimya

dalını önemli bir faktör olarak kazandırmıştı.

Volta'nın çalışmalarını ele alanlardan ilki, İngiliz kimyager Humphrey Davy'ydi. Voltaik pilin olası kullanım alanları, gazlarla gerçekleştirdiği yaratıcı deneylerle tanınan Davy'nin ilgisini çekmişti. Kimyasal tepkimeler elektrik üretiyorsa, elektriğin de maddeleri tepkimeye sokarak, onları meydana getiren elementlere ayrıştırıp ayrıştıramayacağını merak ediyordu.

Davy devasa bir voltaik pil üretti ve külün suya batırılmasıyla ortaya çıkan potas adlı madde gibi bileşiklere elektrik akımı uyguladı. Sonuçta bir bataryadan çıkan teli bağladığı bir öbek potasın içinde, parlak metalik damlacıkların oluşmaya başladığını ve sonra patladığını keşfetti. Davy yeni bir element keşfetmişti: potasyum. Kimyager, başka elementleri de ayrıştırdı: sodyum, baryum, magnezyum, bor ve silikon. Davy 18. yüzyıla özgü anlatımıyla da ifade ettiği gibi, artık "kimyasal ve elektriksel çekimlerin aynı nedenlerle ortaya çıktığından" emindi.

Humphrey Davy'nin çok sayıda mirasından biri, atomların elektriksel kuvvetlerin sağladığı bir düzen sayesinde birbirlerine bağlanarak bileşikler oluşturduklarına olan inancı; bir diğeri ise Faraday isimli bir genci desteklemesiydi. Davy bir deney sırasında gerçekleşen patlamanın ardından geçici körlük yaşadığı sırada Faraday'i yanına asistan olarak almıştı.

1791'de doğan Michael Faraday, bir demircinin oğluydu. Sık sık hastalanan Faraday, 13 yaşında okulu terk ederek bir mücellitin yanına çırak olarak girmişti. Ciltlenmesine yardım ettiği pek çok bilim kitabını okuyarak gizli bir yetenek geliştirmiş, Humphrey Davy'nin verdiği bir dizi kimya konferansına katılmıştı. Faraday konferansları sonsuz bir ilgiyle takip etmiş, ayrıntılı notlar almıştı.

Deney kazası geçiren Davy bir asistana gereksinim duyduğunda ona Faraday önerildi. Davy, Faraday'in titizliğini gösteren notlarına bakarak onu işe aldı. O dönemde uluslararası şöhrete sahip bir konuşmacı olan Davy, 18 ay sürecek bir tur için kıtadan ayrılmak üzereydi. Asistanı 22 yaşındaki Faraday'i de yanına aldı. Davy'nin eşi, genç adama hizmetkar muamelesi yapıyordu. Faraday ise Davy'nin konferanslarına katılmaktan, deneylerini gözlemlemekten ve Avrupa'nın ünlü bilimcileriyle tanışmaktan dolayı memnundu.

Bir süre sonra Faraday, özellikle elektrik ve manyetizma arasındaki ilişkiye odaklanan kendi araştırmalarını başlattı. 1820'de Hans Christian Ørsted, mıknatıs yakınındaki bir elektrik akımının, mıknatısı akımın yönüne dik açıyla konumlandırdığını açıklayan tezini henüz yayımlamıştı.

Fransız fizikçi André-Marie Ampère, Ørsted'in çalışmalarını izleyerek, 1821 ile 1825 arasında gerçekleştirdiği çalışmalarla elektrik ve manyetizma arasında temel bir ilişki keşfetmişti. Ampère, içinden aynı yönde elektrik akımı geçen iki telin manyetik olarak birbirlerini çektiklerini, içinden zıt yönde elektrik geçen tellerin ise birbirlerini ittiklerini

TRANSFORMATÖR
Faraday tıpkı elektrik akımının manyetizma üretmesi gibi, manyetik alanın da akım üretebileceğinden şüpheleniyordu. Bu varsayımını 1831'de ilk transformatör sayılan bu aygıtla kanıtladı.



ortaya çıkardı. Telden sarmallar yapan ve içlerinden elektrik akımı geçiren Ampère, eklenen her sarmalla birlikte gücü artan elektromıknatıslar üretebileceğini fark etti. Sarmallar bir demir çubuk etrafına dolandıklarında ise mıknatıs daha da güçleniyordu. Ampère manyetik kuvvetin, teldeki ve demirdeki tüm atomları sıraya dizen elektrikten kaynaklandığını ileri sürdü.

Ørsted ve Ampère'in çalışmalarının ışığı altında (Ørsted'in dönen pusula ibresini temel alarak küçük bir elektrikli motoru çoktan geliştirmiş olan) Faraday, kendisine şu soruyu sordu: Eğer elektrik manyetik alan yaratabiliyorsa, manyetizma da elektrik yaratabilir mi? Etrafına tel sarılı demir bir çubuk –Ampère'in elektrik devresinin elektriksiz olanı– kullanan Faraday, bir çift güçlü mıknatısı çubuk boyunca hareket ettirdi. Elektrik tespiti yapan galvanometre, tel sarmalda akım oluştuğunu söylüyordu. Ardından Faraday, mıknatısları sabit tutarak ve aralarına bakır bir disk yerleştirerek, düzeneği daha da geliştirdi. Mıknatıslar arasındaki disk döndürüldüğünde elektrik üretiliyor ve üretilen elektrik bir tele aktarılıyordu. Telin bir ucu dönen diskin kenarına yakın yerleştirilmiş, diğer ucu ise diskin üstünde döndüğü mile bağlanmıştı.

Faraday bu düzenekle birlikte ilk elektromanyetik dinamoyu üretti. 19. yüzyıl içinde elektromanyetik indüksiyon ilkesi yepyeni bir motor ve makineler dünyası yaratacak, ulaşım

ve iletişim alanlarında devrim niteliğinde değişikliklere neden olacaktı.

Dinamo nasıl işliyordu? Faraday bu soru üzerinde yıllarca çalıştı ancak henüz hareketleriyle elektrik akımını yaratan parçacıklar, yani elektronlar hakkında bilgi sahibi değildi. Bu bilgiye ancak bir nesil sonra ulaşılacaktı. Ne var ki Faraday bir varsayımda bulundu: Bir maddenin içinden elektrik akımı geçtiğinde, akım bu atomik kuvvet alanlarını gerilimle yüklüyordu ve atomlar onu bir sonraki gruba aktardığında gerilim geçiyordu. Diğer bir deyişle elektrik, iletken madde üzerinden gerilim hatları boyunca ilerliyordu. Tıpkı suda ilerlerken zirvesini koruyan dalga gibi: Bu örnekte de karaya doğru ilerleyen şey suyun kendisi değil, enerjiydi. Faraday yıldırımın da bu şekilde ortaya çıkıyor olabileceğini düşündü, tıpkı statik elektriğin oluşumu, ya da akımın bir voltaik pil içinde ilerleyişi gibi. Faraday hâlâ elektriğin ne olduğuna ilişkin net bir görüş sahibi değildi ama yanıta yaklaşmış gibiydi.

TAM TAYF

19. yüzyıl, uzun süredir tartışılan "Işık neden yapılmıştır" sorusunun tüm azametiyle canlanışına tanıklık etti. Parçacıklardan mı (Newton'un deyişiyle zerrecikler) yapılmıştı, yoksa Huygens gibi Kıta Avrupalı teorisyenlerin öne sürdüğü üzere dalgalardan mı? Çekişme, görme fizyolojisine ilgi duyan Britanyalı doktor ve fizikçi Thomas Young'ın deneylerine başlamasıyla henüz 1800'lerde hareketlendi.

Young bir engelin üstündeki küçücük bir deliğe ışık yansıttı. Bu engelin ardında üstünde iki tane delik olan ikinci bir engel vardı, onun da gerisinde bir perde. Perdeye ulaşan ışık, karanlık ve aydınlık alanlardan oluşuyordu. Bu da bazı noktalarda ışık dalgalarının birbirini iptal ederek karanlık bantlar, bazı noktalarda ise birbirlerini güçlendirerek aydınlık bantlar oluşturduklarını gösteriyordu.

Ortaya çıkan görüntü parçacık davranışı de-

JAMES CLERK MAXWELL

Modern Fiziğin Babası

1831
13 Haziran'da İskoçya'da Edinburgh'da doğdu.

1847
Edinburgh Üniversitesi'ne başladı ve doğa felsefesi, etik felsefe ve zihin felsefesi eğitimi aldı.

1854
Cambridge, Trinity College'ın matematik bölümünden mezun oldu.

1855-72
Bir dizi inceleme yayımladı; *Renk Algısı ve Renk Körlüğü.*

1859
"Satürn Halkalarının Kararlılığı Üzerine" başlıklı makalesi ile Cambridge'de Adams ödülünü aldı.

1860
Londra, King's College'da profesörlüğe başladı. Renkler üzerine çalışmalarıyla Kraliyet Akademisi tarafından Rumford Madalyası'na layık görüldü.

1861
Londra Kraliyet Akademisi'ne seçildi.

1864
Kraliyet Akademisi'ne elektrik ve manyetizma ilişkisini ortaya koyan –ve günümüzde Maxwell denklemleri olarak bilinen– denklemleri sundu.

1865
King's College'da fizik ve astronomi kürsü başkanlığına geçti.

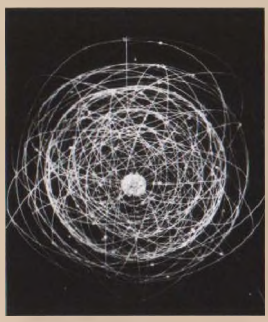
1866
Ludwig Boltzmann'dan bağımsız olarak, Maxwell-Boltzmann kinetik dağılım yasasını formülleştirdi.

1871
Cambridge'de ilk Cavendish Fizik Profesörü oldu.

1879
5 Kasım'da Cambridge'de öldü. İskoçya'da Patron'da küçük bir kilise mezarlığına gömüldü.

ATOMİK KUVVETLER

Fizikçi Ernest Rutherford'un keşfettiği gibi –maddenin temel birimi olan– atomun büyük bir kısmı boş alanlardan oluşur. Proton ve nötronlardan meydana gelen artı yüklü bir çekirdek, bu alanın ancak milyarda birini işgal eder. Çekirdeğin etrafında eksi yüklü elektronlar yer alır; yani doğadaki en hafif yüklü parçacıklar. Onları yerlerinde tutan şey elektrik kuvvetidir, ama yakınlardaki artı yüklere de kolayca bağlanabilirler. Elektronların çekirdek etrafındaki dizilimi, her elemente kendine özgü kimyasal ve fiziksel özelliklerini kazandırır. Atomik dizilim, atomun ısı ya da elektriği ne kadar iletebildiğini, ne kadar hızlı eridiğini ve diğer elementlerle ne kadar kolay bileşim oluşturabileceğini belirler.



92 elektron ve 143 protonlu uranyum atomu kolayca parçalanarak büyük miktarda enerji açığa çıkarabilir.

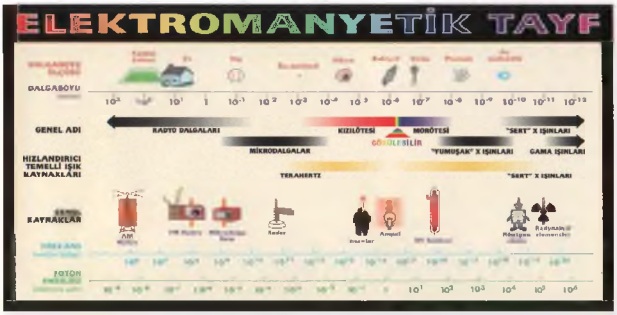
Rutherford, tıpkı güneşin etrafında dönen gezegenler gibi, merkezdeki çekirdeğin etrafında dönen elektronları temel alan bir atom modeli oluşturdu. Günümüzde atomun en bilinen tanımı buna benzer olsa da, aslında söz konusu tanım yüz yıl öncesine aittir. Bugün bilimciler elektronların çekirdek etrafındaki hareketini betimlerken, sabit bir dalga-modelli bulut örneğine başvuruyorlar. Bulutun içindeki herhangi bir elektronun gerçek konumu ise diğer tüm konumları arasındaki tek bir olasılığı teşkil ediyor. Çekirdeğin içindeki proton ve nötronlar da yine dalga modelleri yaratıyorlar.

Radyoaktif maddelerin keşfiyle birlikte atom yapısının proton, nötron ve elektronlardan ibaret olmadığı düşüncesi ağırlık kazandı. 1932'de ise pozitron bulundu: Elektronun kütlesine ama onun ters yüküne sahip bir parçacık. 1960'lardan itibaren çekirdeğin içinde yeni parçacıklar keşfedildi ve onlara "kuark" adı verildi.

Temel kuvvetlerden biri olan elektromanyetizm, yüklü parçacıklar arasındaki ilişkiyi aydınlattı ve bilimcilerin atom elementlerinin nasıl dağılmadan birarada tutulduklarını anlamalarını sağladı. Ancak bu kuvvet, muazzam atomaltı dünyasına hükmeden kuvvetleri tam olarak açıklamıyordu, çünkü bu görünmez ama fark edilebilir evrende "kütle" ve "parçacık" gibi terimler pek bir anlam ifade etmiyordu.

Araştırmacılar iki yeni kuvvet keşfettiler. Güçlü kuvvet denen ilk kuvvet, çekirdekteki proton ve nötronları birarada tutuyordu. Zayıf kuvvet denen diğeri ise –örneğin radyoaktif bozunmayla– çekirdeğin kompozisyonunu değiştiriyor ve atomaltı varlıkların geliş gidişlerini ve etkileşimlerini etkiliyordu.

Bu dört kuvvetten en güçlüsü, maddenin çekirdeğini birarada tutan güçlü kuvvettir. Ancak güçlü kuvvetin etkileri yalnız çok kısa mesafelerde korunabilir. Öte yandan kültleçekim kuvveti, dünyada gelgite yol açan ay örneğinde görüldüğü gibi, büyük mesafelerde etkisini gösterebilir. Elektromanyetik kuvvet de, güçlü kuvvet kadar olmasa da güçlüdür ve etkisini gösterebileceği belli bir mesafe aralığı vardır. Adından da anlaşılabileceği gibi zayıf kuvvet ise çok zayıftır. Tıpkı güçlü kuvvet gibi, onun da etki alanı çok sınırlıdır. Bilimciler bu dört temel kuvvetin nasıl birleştiğini bir gün keşfedeceklerine inanıyorlar. Beklenen keşfin adı çoktan belirlendi: Büyük Birleşik Teori.



GÖRÜLEBİLİR VE ÖTESİ

Görülebilir ışık ve gözle gördüğümüz renkler, elektromanyetik tayfın ancak küçük bir bölümünü oluşturur. İnsan görüşünün ötesinde ise kısa dalgaboyuna sahip gama ışınları ile uzun dalgaboyuna sahip radyo dalgaları bulunur.

ğil, net bir şekilde dalgamsı modeller sergiliyordu. İngiltere'deki Newton yandaşları Young'ın bulgularını inandırıcı bulmadılar, ama bulgular Kıta Avrupası'nda kabul gördü. Burada, Fransız fizikçi Augustin-Jean Fresnel, Young'ın çalışmalarını doğrulamıştı.

1850'lerde (yazışmalar sayesinde Faraday ile dostluk kuran) İskoç fizikçi James Clerk Maxwell, Faraday'in elektrik ve manyetik alanlarını açıklamanın yollarını arıyordu. Maxwell, ileri geri hareket eden bir elektrik şarjının, birbiriyle bağlantılı ve titreşen elektrik ve manyetik dalga modelleri yaratabileceğini keşfetti.

Maxwell altı yıl süren yoğun bir matematiksel çalışmayla, Faraday'in ve kendisinin elde ettiği bulguları doğru olarak tanımlamaya ve elektrik ile manyetizma kuvvetlerini birleştirecek bir formül geliştirmeye çalıştı. Nihayet 1864'te şaşkınlık yaratan sonuçlarını açıkladı: Elektrik akımının yarattığı manyetik alanı tanımlayan denklemler, ışık dalgalarının yayılmasını tanımlamak için kullanılan denklemlerle neredeyse tamamen aynıydı. Sonuçlar ayrıca manyetik dalgaların saniyede 300.000 km, yani ışık hızıyla aynı olduğunu da gösteriyordu. Maxwell elektrik ile manyetizmanın aynı şey olduğu ve ışığın da elektromanyetik ışınımın "tek" türü değil ama, "bir" türü olduğu sonucuna vardı. Denklemleri akla, tahminlerin ötesinde büyüklükte bir dünyanın varlığını getiriyor ve görünebilir ışıktan uzun ve kısa dalgaboyları olduğuna işaret ediyordu.

Maxwell'ın teorisi bilim camiasını hareketlendirdi; özellikle de genç Alman fizikçi Heinrich Hertz'i. Hertz, Maxwell'in çeşitli elektromanyetik ışınımların varlığına ilişkin öngörüsünü test etmeye karar verdi. 1888'e gelindiğinde, Hertz ihtiyacı olan malzemeleri biraraya toplamıştı: Küçük bir kıvılcım aralığı olan bir elektrik devresi ve elektromanyetik dalgalara tepki verecek şekilde tasarlanmış (bugün anten diye bildiğimiz) metal bir aygıt. Devreyi kapamak, kıvılcımın aralıktan atlamasını sağlayacaktı. Hertz'in tahminine göre bu kıvılcım görünmez olsa da metrelerce ötedeki antenle tespit edilebilecek dalgalar üretecekti. Bu

KORKUSUZ CURIE
Fransız fizikçi Marie Curie, radyoaktif yayılımı daha iyi anlayabilmek için uranyum, radyum ve polonyum ile deneyler yaptı. Curie radyoaktiviteye maruz kalmanın neden olduğu zehirli etkiyi bilmiyordu.



tahmin doğruydu. Ardından Hertz söz konusu elektromanyetik dalgaların yaklaşık otuz santimlik bir boyu olması; ve Maxwell'in öngördüğü üzere –tıpkı ışık ve ısı dalgaları gibi– duvarlardan yansıması, çeşitli maddelerce kırılması, hatta polarize olması (yani bir düzlemde titreşmesi) gerektiğine karar verdi. Ayrıca, o dönemde Hertz dalgaları denen, günümüzde ise radyo dalgaları diye anılan bu dalgalar ışık hızında hareket ediyor gibiydi.

Hertz'in çalışması on yıl önce yaşamını yitirmiş olan Maxwell'in alan teorisini doğruluyordu. Çalışma aynı zamanda İtalyan fizikçi Guglielmo Marconi'nin yaratıcı dehasını da tutuşturmuştu. Hertz'in aygıtını parça parça geliştiren Marconi, kıvılcımı telgraf anahtarlarıyla kontrol etti, anteni büyüttü ve Hertz dalgala-

rını tespit etmek için dalga alıcısı denen bir cihazdan yararlandı. Marconi iki buçuk kilometre kadar bir mesafeye hızla dalga göndermeyi ve almayı başardı. 1901'e gelindiğinde, radyo dalgalarını Atlantik boyunca başarıyla iletebilir durumdaydı.

Ancak önemli bir konu hâlâ gizemini koruyordu. Su dalgaları suda; ses dalgaları ise hava basıncındaki dalgalanmalarla ilerliyordu. Peki tüm bu elektromanyetik dalgaları, özellikle de uzaydan yıldız ışığı getirenleri taşıyan ortam neydi?

Aristoteles'in zamanından beri her şeyi kuşatan görünmez bir ortamın, her şeyin içinde hareket ettiği derinliksiz bir eterin varlığı evrensel bilgi olarak benimsenmişti. 1887'de Albert Michelson ve Edward Morley adlı iki Amerikalı fizikçi, bu tahmini eterin etkilerini ölçmeye karar verdiler. Michelson ve Morley "L" biçimli pratik bir buluştan yararlandılar; girişim ölçer. Aygıtın iki kolu dikti. Her kolun ucunda bir ayna vardı. İki kolun birleştiği merkezde ise bir ışık kaynağı ve ışık ışınını ikiye ayırabilen bir cihaz vardı. Cihaz ikiye ayrılan ışınların her birini bir aynaya gönderiyor, aynadan yansıyan ışınları ise yeniden birleştiriyordu. Michelson ile Morley girişim ölçerin tek kolunu, yerkürenin uzayda hareket ettiği yöne bakacak şekilde yerleştirdiler.

Teoriye göre yerküre hareketsiz eterin içinde yüzüyordu ve yerküre yörüngesi yönünde hareket eden ışın, yerkürenin hareketinden de biraz destek alarak, daha hızlı gidecekti. Dik açıyla ilerleyen ışın ise yalnızca ışık hızıyla hareket edeccekti. Bu nedenle ışınlar merkeze biraz farklı zamanlarda varacaklardı, dolayısıyla eşzamanlı hareket etmeyen ışık dalgaları birbirlerine engel olacaktı. Ne var ki yapılan hiçbir ölçümün sonunda bir fark görülemedi. Bilim nihayet eter diye bir şeyin ya da en azından tespit edilebilir türden bir eterin olmayabileceği olasılığıyla yüzleşmişti. Görünüşe bakılırsa ışık ve elektromanyetik dalgaların, içinde ha-

MARIE CURIE

Radyoaktivitenin öncüsü

1867
7 Kasım'da Polonya'da Varşova'da doğdu ve Maria Sklodowska adını aldı.

1893
Paris Üniversitesi fizik bölümünden mezun oldu.

1895
Pierre Curie ile evlendi. Araştırma uzmanı oldu ve tavlanmış çeliğin manyetik özelliklerini incelemeye başladı.

1896
Radyasyonun kimyasal tepkilemelerin değil, atomun bir özelliği olduğunu keşfetti.

1898
Eşi Pierre ile birlikte polonyum ve radyumu keşfetti.

1903
Pierre Curie ve Henri Becquerel ile paylaştığı Nobel fizik ödülünü kazandı.

1904
Doktorasını tamamladı.

1906
Paris Üniversitesi'nde fizik profesörlüğüne başladı.

1910
Radyoaktivite Üzerine Tez'i yayımladı.

1911
Nobel Kimya Ödülü'nü kazandı ve bilim dalında iki Nobel ödülü alan tek kişi oldu.

1914-19
Kızıl Haç Radyoloji Servisi'nin başına geçti, I. Dünya Savaşı sırasında Fransız ordusu için mobil röntgen birimleri organize etti.

1918
Paris Üniversitesi Radyum Enstitüsü'nde kendi laboratuvarında yöneticiliğe başladı.

1934
4 Temmuz'da Fransa'da Sallanches yakınında öldü.

reket etmek için belli bir ortama gereksinimi yoktu.

19. yüzyılın sonuna gelindiğinde elektromanyetik radyasyona ilişkin pek çok soru çözülmüş gibiydi; tabii onun yapısına dair gizemin kendisi dışında. Ardından aniden ortaya çıkan, beklenmedik bir dizi keşif, hem radyasyonun, hem de atomun yapısına ilişkin bilimsel birikimin gizemini artırdı.

1895'te pek çok meslektaşı gibi Alman fizikçi Wilhelm Röntgen de katot ışınları fenomenini araştırmaktaydı. Bilimciler bir süredir akımın bataryadan ya da diğer elektrik depolama aygıtlarından çıkış noktası olan katodun, yani eksi elektrodun özelliklerini inceliyordu. Vakumlu tüpün içine yerleştirilen bir katot, ancak belli bazı kimyasallarla temas halinde belirlenebilen tuhaf bir emisyon yayıyordu.

Röntgen katot ışını aygıtını karanlık bir odaya yerleştirerek, aygıtın tüpünü siyah kartonla kapladı. Sonra şans eseri, çok garip bir şeyi fark etti. Birkaç adım ötedeki bir cisim parlamaya başlamıştı. Röntgen, katot tüpünü kapatınca, parlama da durdu. Anlaşılan tüpten ışınlar yayılıyordu.

Ancak bu hiç akla yatkın değildi çünkü Röntgen –ne olduklarını bilmese de– katot ışınlarının havada birkaç santimden fazla ilerleyemediklerini biliyordu. Bu durumda farklı bir şey keşfetmiş olmalıydı. Röntgen, kısa süre sonra ışınların elinin içinden geçerek, kemiklerinin silüetini perde üstüne yansıtabildiklerini fark etti. Haftalar süren titiz deneylerin ardından çok özel bazı elektromanyetik dalgaların varlığını ilan etti ve bu özel dalgalara "X" adını verdi.

Çok geçmeden x-ışınları tıpta kullanılmaya başlandı. Ancak bilimciler hâlâ onların ne olduğunu ve yaptıkları şeyi neden yaptıklarını bilmiyorlardı. Cambridge Üniversitesi fizikçilerinden profesör Joseph John Thomson, içinden ışın geçirilen gazın, elektriği iletebildiğini keşfetti. Fransız fizikçi Antoine Henri Becquerel, floresan konusunda, yani güneşe maruz kalan bazı maddelerin ışık saçmasında, yine Röntgen ışınlarının rolü olabileceğini düşündü.

Becquerel kalınca siyah kâğıda sarılı bir fotoğraf plakasını bir maddenin altına yerleştirdi ve onu güneş ışığına maruz bırakmayı planladı. Tahminine göre (bu örnekte uranyum olan) madde, parıldama sırasında x-ışını yayarsa, ışınlar plakayı bulanıklaştıracaktı.

Ancak o gün hava bulutlandı ve Becquerel uranyum ile fotoğraf plakasını, güneşli bir günü beklemek üzere çekmecesine kaldırdı. Çekmeceden çıkardığında plakayı yine de işleme soktu ve ışık almış olduğunu hayretler içinde fark etti. Uranyum tek başına bir tür radyasyon yayıyordu. Peki neydi bu? Becquerel, uranyum ışınlarının da, tıpkı Röntgen ışınları gibi gazın elektrik akımını iletmesini sağladığını anlamıştı.

Polonya doğumlu Fransız fizikçi Marie Curie de çok geçmeden, kendisinin radyoaktivite adını verdiği özelliğin, uranyuma ve toryum denen başka bir elemente özgü olduğunu keşfetti. Diğer maddeleri de test eden Curie, bir uranyum cevheri olan uraninitin, saf uranyumdan

daha yüksek radyoaktivite değerine sahip olduğunu gördü.

Bunun nedenini araştırmak için, yine fizikçi olan eşi Pierre ile birlikte Paris'teki kasvetli laboratuvarda tonlarca cevher üzerinde çalıştılar. Nihayet 1898'de iki yeni madde bulduklarını duyurdular; polonyum ve radyum. Radyum bilinen en radyoaktif cevherdi ve güçlü ışımları çevredeki havayı elektrikle yüklüyordu.

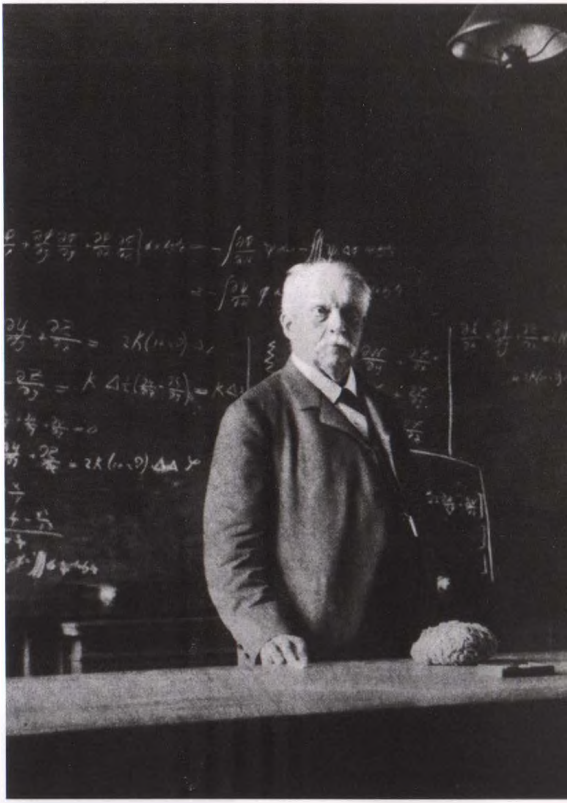
ISININ GİZLİ YAŞAMI

Elektromanyetik radyasyon üzerine yürütülen çalışma ve keşiflerin bilim manşetlerini ele geçirdiği dönemde, başka türde bir enerjiyle ilgili çalışmalar da sessiz adımlarla ilerliyordu. Söz konusu enerji "ısı" idi ve bu öyle tanıdık bir başlıktı ki ilgili çalışmaların haber değeri yok gibiydi. Ne de olsa ateşin sıcak olduğunu, su kaynatmak ve yemek pişirmek için ısı gerektiğini ve 18. yüzyılın ortalarında motorları, kısa süre sonra da tren, gemi ve makineleri çalıştıran buhar için ısıya ihtiyaç duyulduğunu bilmeyen yoktu.

Ancak bilimciler için ısı da elektrik kadar gizem doluydu. Isınan maddenin genleştiği gerçeğini temel alan Galileo termometreyi geliştirmişti. Kısmen sıvıyla dolu ters şişe görünümlü bir tüpün içine biraz hava sıkıştırmıştı. Sıcaklık değiştikçe hava genleşerek ya da sıkışarak sıvı düzeyini aşağı ya da yukarı çekiyordu. Sıvı hareketini derecelendiren bir ölçeği olmayan aygıt, yalnızca sıcaklıktaki göreceli değişiklikleri gösteriyordu.

Bir sonraki adım –sabit noktaları olan bir ölçek yaratma– nihayet 18. yüzyılın başında atıldı. 1675'te ışık hızını ilk kez ölçen Danimarkalı gökbilimci Ole Rømer, sıvı olarak alkolü kullandı ve bir termometre yaptı. Rømer, suyun donduğu noktayı 0°, suyun kaynadığı noktayı da 60° olarak rastgele işaretledi.

Polonya doğumlu Hollandalı aygıt yapımcısı Daniel Gabriel Fahrenheit, 1708'de Rømer'i ziyaret etti. Ardından Hollanda'ya dönerek ken-



ENERJİNİN KORUNUMU

Alman doktor ve fizikçi Herman von Helmholtz, insan fizyolojisi üzerine yaptığı çalışmalarla enerjinin korunumu yasasına ulaştı: Herhangi bir sistemden çıkan enerji, o sisteme giren enerjiye eşittir.

di alkollü termometresini üretti ve biranın donduğu noktayı 0°, insan vücut ısısını da 100° olarak aldı. Bu ölçeğe göre Rømer'in belirlediği sıcaklık noktalarından oldukça farklı olarak su 32°'de donuyor, 212°'de kaynıyordu. İsveçli gökbilimci Andres Celsius, suyun donma ve kaynama noktaları arasına tam 100 derece yerleştiren bir termometre yarattı. Celsius ilk başta 0°'yi kaynama noktası, 100°'yi ise donma noktası olarak belirlemişti ama Celsius'un 1744'teki ölümünden sonra İsveçli biyolog Carolus Linnaeus ölçeği tersine çevirerek, bugün kullandığımız sıcaklık ölçeğini oluşturdu. Ancak bu termometreler tam olarak neyi ölçüyordu? Kimileri ısının maddenin içinde meydana gelen titreşimlerden kaynaklandığını, kimileri ise onun madde içinde bulunan ve bir yerden diğerine akan ağırlıksız bir sıvı olduğunu düşünüyordu (bu sıvıya kalorik adı verilmişti). 18. yüzyılın sonunda, İngiltere'de yaşayan Amerikalı Benjamin Thompson tartışmadaki yerini aldı.

Boston yakınlarında doğan Thompson, 1776'da ülkesinden kaçmıştı. Amerikan Devrimi'nin ilk günlerinde Britanya'nın tarafını desteklemiş, Britanya askeri kumandanı ve casusu olarak görev yapmıştı. Bir dönem zina ve cinsel sapkınlıkla da suçlandı. (Kendisinden 20 yaş kadar büyük) eşini ve kızını terk eden Thompson, İngiltere'ye yerleşti ve bilim kariyerine başladı. 1779'da Kraliyet Akademisi üyeliğine aday gösterildi.

Thompson, Fransa seyahati sırasında Prens Maksimilyan tarafından Bavyera'ya davet edildi. Süvari tümgenerali ve devlet danışma kurulu üyesi yapılan Thompson, orduyu geliştirmek amacıyla çalıştı ve Münih çevresine İngiliz bahçeleri inşa ettirdi. Sonunda kont unvanını kazanarak, eşi ve kızının yaşadığı New



TELGRAFIN HABERCİSİ
William Thomson'un 1858'de patentini aldığı hassas aynalı galvanometresi, uzun mesafe telgraf kablosunun kullanımını olanaklı hale getirdi.

Hampshire kasabasına atfen, Kont Rumford adını aldı.

Münih savaş gereçleri görevini yürüttüğü sırada Thompson, talimlerde topların çok fazla ısındığını fark etti ve açığa çıkan ısı miktarının, metalin içindeki ısıdan daha fazla olduğu sonucuna vardı. Aksi takdirde metalin içindeki ısı kendi kendine azalıp giderdi. Bu da kalorik; yani metalin içinde bulunan sıvı anlamındaki ısı kavramının olanaksız olduğunu kanıtlıyordu. Thompson ısınmaya neden olan şeyin sürtünme olduğunu anlamıştı. Anahtar kelime "hareket"ti. Thompson daha da ileri giderek, belli miktarda hareketin üretebileceği ısıya ilişkin tahminlerde de bulundu. 1798'de ise *Isının Sürtünme Yoluyla Ortaya Çıkan Kaynağı Üzerine Araştırma*'sını Kraliyet Akademisi'ne sundu.

Thompson renkli bir karakterdi. Fransa ile İngiltere savaş halindeyken iki taraf da onu casus olarak görüyordu, ki iki taraf da haklı olabilirdi. İngiltere'deki Kraliyet Enstitüsü ile anlaşarak Humphry Davy'yi okutman olarak işe almıştı. Mucitliği meslek edinerek, şömine ve ocakları ısıyı muhafaza edecek şekilde yeniden tasarlamış; merkezi ısıtma, dumansız baca ve ocak ızgarasını geliştirmiş; ipek ve termal iç çamaşırları üzerine deneyler yapmıştı. Bir servet edinip kaybetmiş, en sonunda büyük Fransız kimyager Antoine Lavoisier'in ölümüyle dul kalan varlıklı eşiyle evlenmişti. Son bir ilginçlik olarak Amerikan Sanat ve Bilim Akademisi Rumford Ödülü'nü ve Devrim Savaşı sırasında Britanya yanlılığı merkezi haline gelen Harvard Üniversitesi'nde de Rumford Profesörlüğü'nü başlatan kişi oldu.

Thompson'un çalışmalarını Manchester'lı bir bira üreticisinin oğlu olan James Prescott Joule devam ettirdi. Muhafazakar ve dindar biri olan Joule, tüm enerji biçimlerinin tek olduğuna ve her birinin diğerine dönüştürülebileceğine inanıyordu. Bu, John Dalton'un yanında çalışmış da olsa, bir bira ustası için kanıtlaması zor bir önermeydi ama Joule vazgeçmedi.

İşe elektrikle başladı. Joule 1840'ta bir elektrik devresinin ürettiği ısı değerinin, akımın karesi ile direncin çarpımı ($I^2 \times R$) sonucu çıkan değerle orantılı olduğunu keşfetti. Daha sonra hem elektrik akımının, hem de mekanik hareketin öngörülebilir miktarlarda ısı üretip üretmeyeceğini araştırmaya koyuldu. Thompson bunu düşünmüş ama tahminde bulunmakla kalmıştı. Tıpkı Thompson gibi, Joule da enerjinin bir biçimden diğerine dönüşümünün, varsayıma dayalı kalorik sıvılara başvurmadan açıklanabileceğine inanıyordu.

Matematik eğitiminin yetersizliği yüzünden Joule görüşlerini benimsetmekte zorlanıyordu. Ancak araştırmacılar onun titiz deneylerini tekrarlamayı başarmıştı; özellikle de 1847'deki keşfini. Söz konusu deney, suyun sıcaklığını, bir çarkla işleyen sistemle Fahrenheit ölçeğine göre bir derece arttırmak için gerekli mekanik kuvveti ele alıyordu. Joule ısı makinesinin gerçekleştirdiği iş miktarının, enerjiyi işe çevirirken kaybedilen ısı miktarıyla orantılı olduğunu buldu. Standart iş birimine o günden bugüne dek jul (joule) denir.

FAHRENHEIT VE CELSIUS

Fahrenheit da Celsius da sıcaklık ölçümü için ayrı ayrı ölçekler geliştirdiler. Bu iki ölçek arasında sabit bir oran vardır. Celsius'u Fahrenheit'a çevirmek için kullanılabilecek formül şöyledir: 9/5 x (°C) + 32. Fahrenheit'ı Celsius'a çevirmek için gerekli formül ise 5/9 x (°F) – 32 şeklindedir.

ERGİME NOKTASI
Ergime noktası katı bir maddenin sıvı hale geçtiği sıcaklık noktasıdır. Donma noktası sıvının katıya dönüştüğü sıcaklıktır. Teoride, bu ikisi birbirinin aynısıdır. Kaynama noktası ise bir sıvının gaz haline geçtiği sıcaklıktır.

Joule çalışmalarını (daha sonra Lord Kelvin adını alan) William Thomson ile birlikte yürütüyordu. Thomson da ısı ve elektromanyetizma üzerine gerçekleştirilen çalışmaların birleşik bir enerji teorisine doğru ilerlediği fikrine sahipti. Joule ile ikisi araştırma sonuçlarını birbirleriyle paylaşıyorlardı. Sonunda Thomson kalorik ısı teorisine olan inancını gözden geçirdi. Bilimsel işbirliğine açık biri olan Thomson, ısının matematiği, elektrik ve manyetizma üzerine birçok çalışma yaptı.

Joule deneylerini yürütürken, sonraları fizikçi olan Alman fizyolog Herman von Helmholtz de fiziğin en temel ve yararlı kavramlarından birini formülleştirmekle meşguldü; enerjinin korunumu yasası. Yasaya göre doğa, belli miktarda enerjiyi içerir ve bu enerji ne artış ne de azalma gösterir. (Enerji sözcüğü Yunancadaki "iş içinde" anlamına gelen *energia* sözünden gelir.) Bu yasa, enerjinin bir biçimden diğerine dönüşmesi halinde de geçerlidir; örneğin ısı enerjisinden mekanik enerjiye, kimyasal enerjiden elektrik enerjisine ya da kinetik enerjiden potansiyel enerjiye. Yasa ayrıca bir değirmenin, akan suyun ya da yanan yakıtın ürettiği enerjiye de uygulanır. Vücudun ürettiği enerji de aynı yasaya tabidir ve sonraları yasanın kütleçekim, ışık ve nükleer enerji için de geçerli olduğu anlaşılmıştır. Belli bir sürecin herhangi bir noktasındaki toplam enerji ölçüldüğünde sonuç daima aynı çıkacaktır.

Joule ile Alman doktor ve fizikçi Julius Mayer, benzer kavramları çoktan ifade etmişlerdi, ama yasa en değerli ifadesine Helmholtz'un 1847 tarihli kitabında kavuştu: *Kuvvetin Korunumu Üstüne*. Helmholtz'un enerji korunumu görüşü yeni doğmakta olan termodinamik bilimi için bir anahtar niteliğindeydi ve ilk yasa olarak kabul edilecekti. Enerjinin bir biçimden diğerine dönüşebileceğinin kavranmasıyla birlikte açıklanamayan pek çok gözlem, anlam kazanmaya başladı.

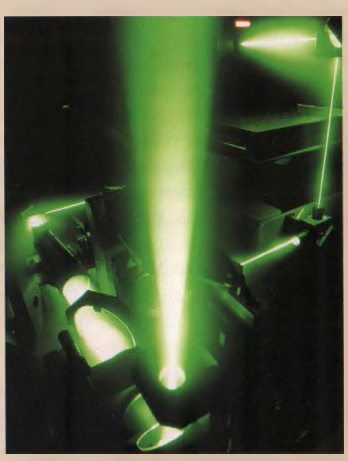
Fransız fizikçi Nicolas Sadi Carnot, buhar makinesi veriminin, makine içindeki en yüksek ve en düşük sıcaklık arasındaki fark ile ilişkili olduğunu keşfetmişti. Diğer bir deyişle, bir ısı makinesinden elde edilebilecek işin miktarı, ısı kaynağı (kazanın ürettiği buhar gibi) ile ısı alıcı (motorda ısının en son iletildiği bölüm) arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Bu ilişkinin varlığı biliniyor ve kabul ediliyordu ama kimse nedenini bilmiyordu. Kalorik teoriyi temel alan Carnot, ısının motor içinde hiç değişmeden ilerlediğini farz etmişti. Durum bu olsaydı, demişti Alman fizikçi Rudolf Clausius, ısı yeniden kullanılarak, motor sonsuza dek çalıştırılabilirdi.

Clausius'un vardığı sonuca göre doğada ısı daima ve kendiliğinden tek bir doğrultuda hareket ediyordu; sıcaktan soğuğa. Geri çevrilemez bir yönelimdi bu. Aksi olsaydı, bir fincan kahve çevresini kuşatan havadan ısıyı çekerek gün boyu sıcak kalırdı. Clausius ayrıca zaman içinde bir sistemdeki enerjinin küçük bir kısmının hep yitirildiğini ve iş yapma kabiliyetinden yoksun kaldığını gözlemledi. Sistemdeki bu düzensizlik yine zaman içinde birikiyordu; söz-

FANTASTİK IŞIK: LAZER

Lazeri Einstein icat etmemiş olabilir ama katkıda bulunduğu kesindir. Einstein atomların fotonu, yani tek bir ışık birimini iki ayrı şekilde yaydıklarını henüz 1916'da öngörmüştü.

Bunlardan biri bildiğimiz ampul ışığını üreten, kendiliğinden ışımadır. (Örneğin, ampulün içindeki tungsten telinden geçen elektrik akımıyla) uyarılan atomların elektronları daha yüksek yörüngelere atlar. Ancak doğa daima en düşük enerji konfigürasyonuna ayrıcalık gösterdiği için (suyun yukarıdan aşağı akmasının nedeni de budur) elektronlar, fazla enerjiden kurtulmak için bir foton yayarak, neredeyse anında ilk pozisyonlarına dönerler. Yayılan bu fotonlar göze ışık olarak görünür.



Kusursuz olması gereken ayna ve merceklerin yapımı sırasında, hataları tespit etmek için lazer ışınlarından yararlanılır.

Ancak Einstein'a göre, daha önceden uyarılmış bir atoma, tamı tamına doğru enerjiye sahip bir foton fırlatılarak elektronun iki foton yayması sağlanabilirdi; ilk baştaki foton ile onunla birebir aynı, ikinci bir foton. Teoride bu şekilde, tüm fotonları aynı dalgaboyu, doğrultu ve fazda olan, dolayısıyla birbirlerini engellemeyen çok güçlü bir ışık ışını üretmek mümkündü.

1954'te Amerikalı fizikçi Charles Townes, Einstein'ın sözünü ettiği etkiyi yaratabilmek için bir aygıt üretti. Aygıta "maser" adını verdi. Townes bir amonyak atomları bulutunu uyararak ardından mikrodalga ışınım bombardımanına tuttu. Bulut içine girenden daha fazla mikrodalga yayarak Einstein'ın ikinci atomik emisyon görüşünü kanıtlamış oldu.

Bundan altı yıl sonra başka bir Amerikalı, Theodor Maiman aynı şeyi görülebilir ışık için gerçekleştirebilen bir aygıt geliştirdi. Maiman yakuttan bir silindiri bir ksenon flaş lambasıyla uyararak ışık yayılmasını sağladı ve ilk lazeri üretmiş oldu. (Aslında aygıtın adı İngilizcedeki "Uyarılmış Radyasyon Yayılımı ile Işığın Güçlenmesi" anlamındaki cümlenin –light amplification by stimulated emission of radiation– baş harflerinden oluşan kısaltmadır.) Bu buluş 1960'ta herhangi bir kullanımı olmayan, iyi bir fikirden öteye gidememişti.

Ancak lazerler için kullanım alanı yaratmak fizikçilerin fazla zamanını almadı. Farklı güç ve dalgaboylarında lazerler üretildi ve cerrahi, ölçümleme, malzeme kesimi ve baskı gibi çeşitli alanlarda kullanıldı. Lazer sondalarıyla aya olan uzaklık ölçüldü, alışveriş marketlerindeki her barkod okuyucusu lazerden yararlandı.

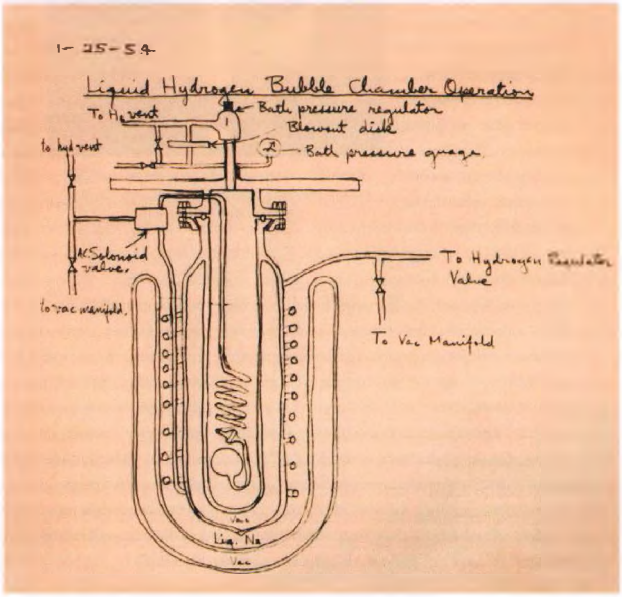
Fiberoptik tellerin icadı ise lazer için yepyeni kullanım alanları yarattı. Fotonlar artık fiberoptik kabloyla, bir tel üzerinden ilerleyen elektron dalgalarına kıyasla çok daha hızlı hareket ediyordu. Bugün lazer ışık flaşları telefon, televizyon, bilgisayar modemi ve daha birçok enformasyon ve iletişim cihazının kullanımında önemli rol oynayan sinyaller taşıyor. Üstelik bakır tellerle ilerleyen elektrik sinyallerinden çok daha yüksek bir hız ve kapasiteyle.

konusu duruma sonradan "entropi" adı verildi. İşte bu aksiyomların tümü termodinamiğin ikinci yasasını oluşturur ve İngiltere'de William Thomson ve Lord Kelvin tarafından, birbirlerinden bağımsız olarak geliştirilmiştir.

(Lord Kelvin ikinci yasayı ustalıkla tersyüz ederek, eğer bir gaz mekanik kuvvete ve ısı yitimine neden olabiliyorsa tersinin de geçerli olması gerektiğini söyledi: Bir gazı sıkıştırmak için mekanik kuvvet kullanarak ısı, düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklık alanına doğru hareket ettirilebilir. Bu görüşün kanıtlanmasıyla birlikte soğutma sanayii 19. yüzyılda gelişmeye başladı.)

İkinci yasanın ardından Viyanalı fizikçi Ludwig Eduard Boltzman yeni bir görüş ileri sürdü: Eğer enerji atomların hareketinden kaynaklanıyorsa, termodinamik matematiksel olarak analiz edilebilmeliydi. Boltzman hem moleküller arası enerji dağılımı, hem de entropinin etkileri için denklemler geliştirdi.

Bir sistemin içindeki düzensizlik tam olarak değilse bile, olasılıklarla ölçülebilir, diyordu Boltzman. Maddelerin atom yapısı ile, onları etkileyebilecek tüm enerji biçimleri arasında istatistiksel ilişkiler kuran Bolztman, Maxwell ile birlikte madde ve enerji ilişkisini dile getiren ve bu çalışmaları sentezleyen kilit isimlerden biri oldu. Aynı dönemde atom teorisine karşı tepkiler de geliş-



HİDROJENİ SOĞUTMAK

Hidrojeni sıvıya dönüştürecek kadar soğutabilmek için mühendis John Wood ile A. J. Schwemin 1954'te bir kabarcık hücresi kurdular. Basınç altında -423F°a (-252°C) kadar ısıtılan hidrojen gazı sıvıya dönüşür.

ti ve teorinin en ateşli savunucularından Boltzman, kendisini akademik savaşların ortasında buldu. Zamanla enerjisi tükenen ve depresyona giren fizikçi, 1906'da kendisini asarak hayatına son verdi.

MUTLAK SIFIRIN TUHAF DÜNYASI

Isı yapısının açığa kavuşturulması, elektriksel ve kimyasal enerjiyle ilişkisinin kurulmasıyla birlikte, maddenin soğuk haliyle ilgili sorular yükselmeye başladı. Lord Kelvin hiçbir şeyin daha fazla soğuyamayacağı nokta olarak mutlak sıfırı –yani -470°F ya da -273°C– belirlemiş ve bu düşük ısıya yaklaşan maddelerin elektrik direncinin arttığı, enerjiden uzaklaştığı varsayımında bulunmuştu.

Isı ve termodinamik üzerine yürütülen çalışmalar, Kelvin'in varsayımına ilişkin soru işaretleri uyandırdı. Hareket yalnızca ısı üretmekle kalmıyor, aynı zamanda sıvı ve gazları da benzer şekilde etkiliyor gibiydi. Hollandalı fizikçi Johannes Diderik van de Waals, sıvı ve gazların moleküler durumunun yalnızca sıcaklığa değil, aynı zamanda basınç ve hacme bağlı olduğunu belirlemişti. Sıcaklık düştükçe, moleküllerin ısı üreten gelişigüzel hareketleri de yavaşlıyordu.

Fizikçiler 1877'de oksijeni 90K'ya kadar (Kelvin denen bu birim, Celsius ölçeğindeki derecelerle aynıdır ancak sıfır noktası mutlak sıfırdır) soğutmayı başardılar. Gaz bu noktada sıvıya dönüştü. Yeni yüzyıla girilmeden hemen önce hidrojen de 20K civarında sıvılaştırıldı. 1908'de ise Hollandalı fizikçi Heike Kamerlingh Onnes, helyumu 4.2K'da sıvıya dönüştürdü. Kamerlingh Onnes ayrıca, Kelvin'in varsayımının aksine, bu sıcaklıklarda maddelerin tüm dirençlerini yitirdiklerini ve günümüzdeki adlarıyla "süperiletken"lere dönüştüklerini keşfetti. Bazıları ise tüm viskozitelerini yitirerek "süper akışkan"a dönüşüyordu. Örneğin, 2.19K'da helyum sıvısı bir camın kenarından yukarı doğru, tepesinden ve en küçük çatlaklarının arasından akıyordu.

Maddenin süperiletkenlik denen bu hali tam olarak neydi? 1950'lerin sonlarında Amerikalı üç fizikçi –John Bardeen, John Schrieffer ve Leon Cooper– atomların belirgin geometrik biçimlerde sıralandığı maddenin süper soğuk hali durumunda, (atomun temel bileşenlerinden olan) elektronların enerjiyi eşit şekilde yayan ve soğuran çiftler oluşturduklarını, böylece hareketlerini engelleyecek bir şeyin kalmadığını ileri sürdü. Örneğin, 2.19K halindeyken tüm atomların momentumu aynıydı. Birbirlerine bağlanmış koşucular gibi, biri hareket ettiğinde, hepsi birden ediyordu. Isı öyle hızlı iletiliyordu ki, maddenin içinde bir dalga oluşturuyordu. Süperiletken, bir manyetik alana yaklaştığında ise maddenin en dış tabakalarında elektrik akımı girdapları oluşuyor ve manyetik alanı itiyordu. Aslında süperiletkenler manyetik alanların üstünde havada asılı kalabilirler. Bu özellik günümüzde trenleri tren yolu üzerinde tutabilmek ve tekerlerin raya sürtünmeden ilerlemesini sağlamak amacıyla kullanılıyor. Süperi-



letkenlik konusu, gündelik araçlar ve makinelerde kullanılabilecek sıcaklık derecelerinde süperiletken olabilen maddeler için yeni bir teknoloji yarışı başlattı.

ATOMUN İÇİ

Britanyalı fizikçi Joseph John Thomson katot ışınlarını incelerken, elektrik ve manyetik alanlar sayesinde yönleri saptırılabilen eksi yüklü parçacıklar olduğunu keşfetti. Thomson bu parçacıkların hidrojenin atom kütlesinin yaklaşık binde birine sahip olduklarına inanıyordu. Thompson onlara "zerrecik" adını verdi ancak parçacıklar bugünkü isimlerine İrlandalı fizikçi George Stoney'nin sayesinde kavuştular: Elektron.

Atomların elektriksel anlamda nötr olduğu bilimcilerce biliniyordu. Eksi yüklü bir parçacık taşıyorlarsa, artı yüklü parçacık da taşımaları gerekiyordu. Konuyla ilgili en çok benimsenen teori, elektronların, etraflarını kuşatan artı yüklü atomik maddelerin içine gömülü oldukları yönündeydi; tıpkı pudingin içindeki kuru üzüm taneleri gibi. Bu görüş, Yeni Zelanda doğumlu fizikçi Ernest Rutherford tarafından ustalıkla çökertildi. 1900'lere gelindiğinde, başka birçok fizikçi gibi Rutherford da –alfa, beta ve gama adını verdiği– üç tür radyoaktif yayım olduğu ve bu yayımlar sırasında bazı elementlerin başka elementlere dönüştüğü sonucuna varmıştı.

Rutherford'a göre ağır alfa parçacıkları, elektronları olmayan helyum atomlarıydı. Rutherford ince metalik levhaları alfa parçacıklarına maruz bıraktığında neler olacağını görebilmek için deneyler düzenledi ve dağılımı ölçtü. Parçacıkların çoğu çok az sapma göstermişti. Ancak 1911'de bir gün Rutherford'un asistanları inanılmaz bazı sonuçlara ulaştılar: 8.000 alfa parçacığından bir tanesi levhaya çarptıktan sonra, geldiği yön ile hemen hemen aynı yönde geri dönüyordu. Ruherford o günü şöyle anlatıyor: "Hayatım boyunca başıma gelen en inanılmaz olaydı. Adeta bir kağıt parçasına 38'lik fişekle ateş ettikten sonra fişeğin geri dönüp size çarpması gibi bir şeydi."

Rutherford yansıyan parçacıkların atomun küçücük çekirdeğine isabet ettiği sonucuna varmıştı. Çekirdeğin atom kütlesinin hemen hemen tamamını oluşturduğuna, ancak çok küçük bir hacmi olduğuna inanıyordu. Bu mantıktan kaçış yoktu: Atomlar neredeyse bomboş alanlardan meydana geliyordu. Ayrıca 1919'da Rutherford ve diğer fizikçiler doğru türde radyasyon bombardımanına tutulan atomların önemli parçacıklarının çekirdekten çıkartılabileceğine, hedef maddenin bir elementten diğerine dönüştürülebileceğine karar verdiler. Eski dönem simyacılarının maddeyi dönüştürmeye yönelik hayalleri sonunda gerçek olmuştu. Günümüzde bu kilit parçacıklara "proton" diyoruz.

Atomun şifresini kırmak ve bileşenlerini incelemek büyük zorluklar içeriyordu. Bilimciler proton ve elektron gibi parçacıkları elektrik yüküne maruz bırakarak hızlandırmanın mümkün olduğunu biliyorlardı. Ancak parçacıkları çekirdeğe çarpacak kadar hızlı hareket ettir-

HELMHOLTZ

Termodinamiğin önemli şahsiyetlerinden biri 1881 tarihli bu tabloda görülen Hermann von Helmholtz'du. Enerjinin korunumu yasasını formülleştirmenin yanısıra von Helmholtz tıp alanına da büyük katkılar sağladı. Göz içini incelemeye yarayan oftalmoskobun icadı da bunlardan biriydi.

mek ya da onlara benzeri ilginç numaralar yaptırmak için ulaşılamayacak kadar büyük görünen voltajlar gerekiyordu.

Doğada kozmik ışın adı verilen biçimde birkaç yüksek enerjili parçacık kaynağı bulunuyordu. Bunlar bilinen anlamıyla ışın değil, çeşitli kaynaklar üzerinden uzaydan dünyaya ulaşan ve çarpan yüklü parçacıklardı. Elektronları kopartabilecek bir enerjiyle atomlara çarpan bu parçacıkların etkilerini, gazla (buhar hücresi) ya da sıvıyla (kabarcık hücresi) dolu bir kavanozda gözlemlemek mümkündü. Bu tür ortamlara giren parçacıklar belirgin izler bırakıyordu.

Ancak kontrollü parçacık çarpıştırma çalışmaları için yapay hızlandırma araçları gerekiyordu. Fizikçi John Cockcroft ile Ernest Walton 1932'de, protonlarla lityum atomlarını çarpıştırabilen bir hızlandırıcı ürettiler. Makine öyle güçlüydü ki protonlar lityumu iki helyum çekirdeğine ayrıştırabiliyordu. Amerikalı fizikçi Robert Van de Graaff ise daha da yüksek voltaj kapasitesine sahip bir jeneratör geliştirmeyi başardı. Bu jeneratörün tasarımı günümüzde son teknolojiye sahip tesislerde kullanılıyor. Ancak çok geçmeden bilimciler daha fazla enerjiye gereksinim duydular.

Amerikalı fizikçi Ernest Lawrence bir çıkış yolu bulmuş gibiydi. Parçacıkları tek bir seferde hızlandırmak yerine, uygun bir fizik yasasından yararlanarak onları bir çember içinde hareket halinde tutmak mümkün olmalıydı. Söz konusu yasaya göre manyetik alandaki yüklü parçacıklar yana doğru ilerleme eğilimindeydi. Lawrence mıknatıs etrafında çember çizmesini sağlayabildiği takdirde bir parçacığa her turda fazladan 1-2 kez elektrik şarjı verebileceğini ve sonunda onu inanılmaz enerji düzeylerine yükseltebileceğini düşündü.

Lawrence'ın "siklotron" adını verdiği buluşun ilk örneği olan makine, yalnızca 13 cm uzunluğundaydı ama yine de iş görüyordu. Çok geçmeden daha büyük modeller her parçacığı milyonlarca volta yükseltmeyi başardı.

1930'da elektronlar ve protonlar, atomun bilinen tek bileşenleriydi. Bilimciler her elementin atomunda kaç elektron olduğunu ve aynı sayıda da proton olması gerektiğini biliyor-

HIZLANDIRILAN PARÇACIKLAR

Parçacık hızlandırıcısı atomik ya da atomaltı parçacıklar üretir ve onları büyük bir hızla demet halinde fırlatır. Günümüzde bu karmaşık makine radyokarbon tarihleme, kanser tedavisi, radyoizotop üretimi ve atom çekirdeğiyle ilgili araştırmalarda kullanılıyor.

1868 – 1905

1868
İngiliz fizikçi Joseph Norman Lockyer, güneş tayfındaki soğurma çizgilerini analiz ederek güneşteki helyumu keşfetti.

1869
Rus kimyager Dmitri İvanoviç Mendeleyev, kendi yarattığı periyodik tabloda elementlerin sırasını belirledi.

1877
Avusturyalı fizikçi Ludwig Boltzmann, sıcaklık ile atomların enerjisi arasında bağlantı olduğunu keşfetti.

1886
Radyo dalgaları Alman fizikçi Heinrich Hertz tarafından keşfedildi.



GÜÇ DOLU URANYUM
Korumalı eller uranyum-235 filizini sergiliyor. Uranyum elementinin bu yüksek radyoaktiviteli formu nükleer reaktörlerde yakıt olarak ve nükleer silahlarda patlayıcı olarak kullanılıyor.

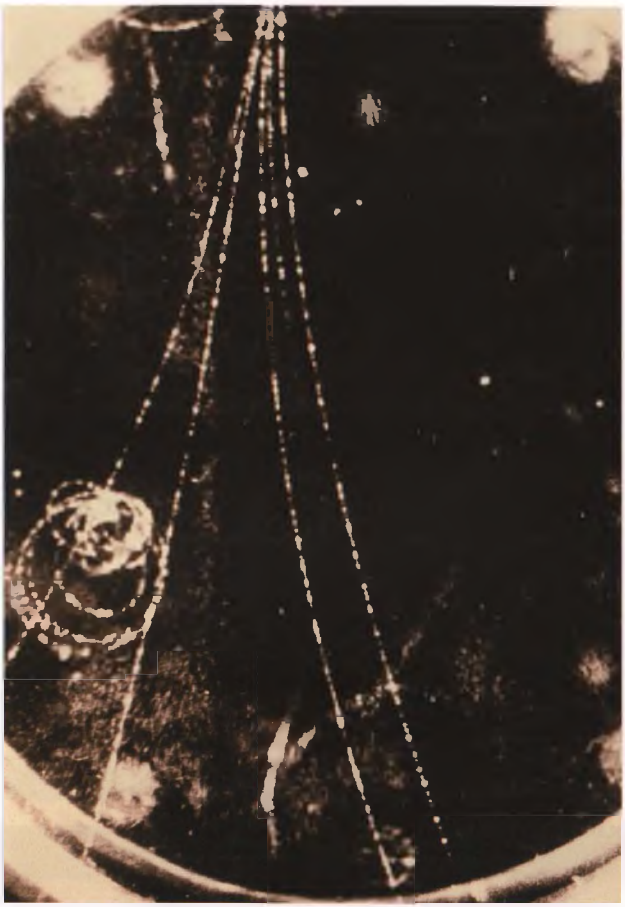
1897
İngiliz fikizçi Joseph John Thomson atomun daha sonradan elektron adını alan bileşenini keşfetti.

1900
Alman fizikçi Max Planck kara cisimlerin tüm dalga boylarında radyasyon yaydığı sonucuna ulaştı.

1905
Alman fizikçi Albert Einstein özel görelilik teorisini yayımladı.

1905
Termodinamiğin üçüncü yasası geliştirildi.

KOZMİK IŞINLARIN İZİNDE
Kozmik bir ışına ait üç elektron ile üç pozitronun bir buhar hücresi duvarında izler bıraktığı görülüyor.



lardı. Ancak bu doğru olsa, atomların çok daha hafif olması gerekirdi.

Örneğin, karbonun altı elektronu vardı, yani altı tane de protonu olması gerekiyordu. Oysa kütle ağırlığının 12 protona eşit olduğu iyi biliniyordu. Bu durumda geriye kalanlar neredeydi? Ya çekirdekte gezinen altı tane daha proton-elektron çifti vardı ya da atomlarda, protonla aynı kütleye sahip ama elektrik yükü olmayan başka bir nükleer parçacık yer alıyordu. 1932'de Britanyalı fizikçi James Chadwick, onlarca yıldır

gözlemlenen ancak üç radyasyon kategorisinden hiçbirine uymayan gizemli bir tür nükleer yayımın aslında uzun süredir aranan "nötron" olduğu sonucuna vardı.

Nükleer tepkimelerin neredeyse kütlesiz bir ürünü olan nötrinonun durumu da benzeri bir gizem içeriyordu. Radyoaktivitenin enerji ürünlerinin toplamı beklenen sonucu vermeyince, nötrinonun varlığıyla ilgili görüş ileri sürülmüştü. İtalya'da fizikçi Enrico Fermi'nin 1934'te adlandırdığı ve tanımladığı bu parçacığın varlığını tespit etmek için 20 yılın daha geçmesi gerekiyordu. Benzeri şekilde 1930'da Britanyalı fizikçi Paul Dirac da elektronun kütlesine ve zıt yüküne sahip bir parçacık olan "antimadde"nin varlığını öngörmüştü. İki yıl sonra söz konusu parçacık bulundu ve "pozitron" adını aldı.

1930'ların sonuna gelindiğinde atom çekirdeğinin temel bileşenleri belirlenmiş, neler olacağını görmek isteyen araştırmacılar çekirdeği proton bombardımanına tutmaya başlamışlardı. Fermi ise proton yerine nötron kullanmayı düşünüyordu. Protonlar çekirdekteki diğer protonlar tarafından elektriksel olarak itiliyordu. Buna karşılık nötronlar içeri sızarak radyoaktivite üretebilirdi. Fermi onların yeni izotoplar, yani farklı nötron sayısına sahip atom varyantları yaratacağını tahmin ediyordu. 1938'de faşist yönetim altındaki İtalya'dan ABD'ye kaçmadan önce Fermi, nötronları bir çekirdek tarafından kolayca yakalanabilecek kadar yavaşlatabileceğini keşfetmişti.

Aynı yıl Alman araştırmacı Otto Hahn ve Fritz Strassmann da, doğal elementlerin en ağırı olan uranyumu parçalamak için yavaş nötronlar kullanıyorlardı. Sonuç hayli şaşırtıcıydı: Uranyum, atom ağırlığı daha küçük olan elementlere dönüşmüş gibiydi. Oysa bunun olanaksız olduğu düşünülüyordu. Uranyum öyle büyük bir atomdu ki hiçbir şeyin onu parçalayamayacağına inanılıyordu.

Bu sonuçların haberi Avusturya doğumlu

ENRICO FERMI

Atom Fizikçisi

1901
29 Eylül'de İtalya, Roma'da doğdu.

1922
Kazandığı bursla Pisa Üniversitesi'nde fizik doktorasını tamamladı.

1924-26
Floransa Üniversitesi'nde matematiksel fizik ve mekanik dersleri vermeye başladı.

1926
Atomaltı parçacıklara hükmeden istatistiksel yasaları keşfetti. Bunlara günümüzde "Fermi istatistiği" adı veriliyor.

1927
Roma Üniversitesi'nde teorik fizik profesörlüğüne başladı.

1929
İtalya Kraliyet Akademisi'ne seçildi.

1935-36
Yavaş nötronları keşfetti ve bu keşif nükleer fisyon (bölünme) keşfinin önünü açtı.

1938
Nükleer fizik alanındaki çalışmalarından dolayı Nobel Ödülü aldı. İtalya'dan ayrılarak ABD'ye yerleşti.

1939
Columbia Üniversitesi'nde fizik profesörü oldu.

1942
Manhattan Projesi'nden sorumlu olduğu Chicago Üniversitesi'nde nükleer enerji ve atom bombasının geliştirilmesi üzerinde çalıştı.

1945
Yeni geliştirilen atom bombasının New Mexico'daki ilk denemesine katıldı.

1954
28 Kasım'da Chicago'da öldü.

KUANTUM MEKANİĞİ

Elektromanyetik dalga içinde hareket eden "kuanta" adlı enerji paketlerinden ismini alan kuantum mekaniği, atom ve atomaltı seviyede madde ve enerjiyi inceleyen bilim dalıdır. Kuantum çalışmaları enerji ve maddenin bu ölçekteki anlaşılması zor etkileşimleri dolayısıyla büyük zorluklar içerir. Öte yandan ölçüm eyleminin kendisi, ölçülen şeyi etkilediğinden, kuantum dünyasında doğru ölçüm yapmanın olanaksızlığı çalışmalar için daha da büyük engel teşkil eder. Gözlem ışık gerektirir, ışık enerjidir, ışık kuantası ise gözlemlemeye çalıştığınız şeyi etkiler.

Atomun içindeki madde miktarı, boşluk miktarına oranla çok küçüktür. Katı bir madde üstüne ışık tutarsanız, atomaltı ölçekte bir miktar ışık enerjisinin maddenin içinden geçmesi için her tür olasılık mevcuttur. Kuantum mekaniğinde bu işleme "tünelleme" denir. Söz konusu ölçekteki madde çok sık dokunmuş bir ağ, kuanta ise bu ağa doğru atlayan küçücük, kör pireler gibi hayal edilebilir. Bazı pireler ağa ulaşacak enerjiye sahip değildir, büyük bir kısmı ise ağa takılır. Ancak birkaç tanesi ağdan geçebilir. Ağa takılıp kalan pirelerin yapısı, ışığın dalga modeline benzetilebilir.



Atom parçacıklarına ilişkin kuvvetleri kavramaya çalışan fizikçiler, bulgularını ifade etmek için yüksek matematikten yararlanır.

Birçok insan madde ve enerjiyi ancak makro ölçekte tanır, bu yüzden de kuantum mekaniğine ait görüşlerin çoğunu, düpedüz tuhaf olmasa bile, en azından gizemli bulur. Ne var ki, enerji üzerine yapılan çalışmaların elektrik ile manyetizma bağıntısını ortaya koyması gibi, kuantum mekaniği de atomaltı seviyede madde ve enerji arasındaki ayrımın kaybolduğunu gösterdi. Görünüşe göre madde de enerji de hem parçacık -kuanta- hem de dalga özelliklerine sahip ve her ikisi de aynı belirsizlik yükünü taşıyordu.

1913 – 1970

1913
Danimarkalı fizikçi Niels Bohr, kuantum atom modelini sundu.

1916
Albert Einstein genel görelilik teorisini yayımladı.

1924
Avusturya doğumlu fizikçi Wolfgang Pauli, iki elektronun aynı anda aynı durumda bulunamayacağını ileri sürdü. Bu ilke günümüzde "Pauli ilkesi" olarak anılıyor.

1925
Atom dağılma teorisi tanımlandı. Teoriye göre ışık farklı maddelerin içinden, maddenin özelliklerine bağlı olarak farklı hızlarla geçer.

fikizçi Otto Frisch ve (Hahn ile çalışmış ancak Yahudi olduğu için Almanya'dan kaçmış olan) Lise Meitner'in kulağına gitti. İki fizikçi uranyum çekirdeğinin fisyona uğradığına, yani daha küçük çekirdeklere bölündüğüne ve bu işlem sırasında iki nötron saldığına karar verdiler. Fisyon ürünlerinin toplam kütlesi, orijinal uranyum atomundan biraz daha düşüktü. Aradaki kütle farkı Meitner'in hesaplarına göre enerjiye dönüşmüştü; hem de büyük miktarda enerjiye.

Savaşın yaklaşmasıyla birlikte Almanya'nın atom fisyonunu gerçekleştirmiş olması kaygı vericiydi. Bunun üzerine ABD nükleer fisyonu araştırmak ve kontrol edebilmek amacıyla Manhattan Projesi isimli yoğun ve son derece gizli bir araştırma programı başlattı. Fermi ilk nükleer reaktörü Chicago Üniversitesi'nin stadyum duvarlarının altına inşa etti. Fermi, fisyonla açığa çıkan nötronların başka çekirdeklerin de parçalanmasına neden olarak, bir reaksiyon zinciri başlatacağını doğrulamak istiyordu. Fermi'nin reaktörü nötronları soğuran karbon ve kadmiyumla dolu olduğu için zincirleme reaksiyon ağır ağır gerçekleşti. Ancak bu durumda bile çok büyük bir ısınma oldu. Denetim altına alınmamış olsaydı bir fisyon zincir reaksiyonu patlak verebilirdi.

New Mexico, Los Alamos'taki gizli ekip ise ilk atom bombasını yaptı ve 1945 yazında patlattı. Birkaç hafta sonra atom bombaları Pasifik'e taşınarak Japonya'ya atıldı. Savaş birkaç gün içinde son buldu.

Hiroşima ve Nagazaki'yi altüst eden bombaların ardından dünya, nükleer fisyon ile enerji salınımının muazzam bir güç kaynağı olduğunu anladı. 1957'ye gelindiğinde fisyon enerjisi ticari elektrik santrallerinde elektrik üretimi için kullanılmaya başlanmıştı ve günümüzde hâlâ dünyanın dört bir yanında aynı amaçla kullanılıyor.

Atom hâlâ çözülmeyi bekleyen sırlarla doluydu. 1960'larda Amerikalı fizikçi Murray Gell-Mann tarafından ileri sürülen bir görüşe göre protonlar ve nötronlar "kuark" denen daha da küçük birtakım parçalardan oluşuyorlardı. Teoriye göre altı çeşit kuark vardı ve bu altı kuarkın sonuncusu nihayet 1995'te tespit edildi.

1932
İngiliz fizikçi James Chadwick nötronu keşfetti.

1932
Amerikalı fizikçi Carl Anderson, antiparçacıkların varlığını belirlemek için buhar hücresinden yararlandı.

1968
Gabriele Veneziano, güçlü etkileşimin ikili rezonans modelini yayımladı ve çalışması günümüz sicim terosine ilham verdi.

1970
Stephen Hawking karadeliklerin radyasyon yaydıklarını gösterdi, buna daha sonra "Hawking radyasyonu" dendi.

SİCİM TEORİSİ

Dünyanın işleyişini açıklamaya çalışan fizikçiler, ister istemez daima evrendeki madde, enerji ve kuvvetlerin tüm ölçeklerde birbirleriyle ilişkili olması gerektiği görüşüyle hareket ederler. Bu bağlamda elektromanyetizma; elektrik, manyetizma ve ışık teorilerinin birleştirilmesini sağladı. Kuantum teorisi; elektromanyetik dünya ile maddenin atomaltı dünyasını birleştirdi. Einstein'ın teorisi ise ışık ile kütleçekimini ve zaman ile enerjiyi ilişkilendirdi. Ardından Einstein yaşamının son 20 yılını, (kütleçekimi açıklayan) kendisine ait genel görelilik teorisi ile (atom dünyasının elektromanyetik kuvvetini açıklayan) kuantum teorisini ilişkilendirmeye çalışarak geçirdi. Ne var ki "birleşik teori" diye adlandırılan amaca yönelik tüm çabaları başarısızlıkla sonuçlandı ve fizikçiler ellerinde çok küçük ve büyük ölçekteki cisimleri tanımlayan farklı formüllerle kaldılar. Kütlenin etrafını saran uzayın bükülmesi sonucu ortaya çıktığı anlaşılan kütleçekim, tek başına kalmış gibiydi.



Britanyalı fizikçi Stephen Hawking modern evrenbilimin coşkusunu dünyayla paylaştı.

Peki tüm bu teorileri, atomaltı ve makrokozmosun tüm madde ve kuvvetlerini tanımlayan tek bir teoriye dönüştürmek mümkün mü? Böyle bir teori yaratılsa bile, kanıtlanabilir mi? İşte madde ve enerjinin temelinde titreşen sicimlerin, yani sonsuz küçüklükteki tellerin yattığı teorisini savunanların yüzleşmek zorunda olduğu sorular bunlar. Teoriye göre her sicimin/telin, onu belli bir parçacıkla ilişkilendiren kendine özgü titreşimleri vardır; tıpkı kemanın telindeki titreşimlerin tek bir notayla ilişkili olması gibi.

Bu sicimler oldukça küçüktür (yaklaşık 10^{-33} santimetre: noktayı izleyen 32 sıfır ve bir adet 1; veya bir santimetrenin milyarda birinin, milyarda birinin, milyarda birinin milyonda biri büyüklüğünde). Sicim teorisini geliştirenlerden biri olan Amerikalı fizikçi Brian Greene'in de açıkladığı gibi, "Eğer tek bir atom, güneş sisteminin boyutlarında büyütülseydi, tek bir sicim bir ağaç büyüklüğünde olurdu."

Sicim teorisi ilk kez 1960'larda ortaya çıktı. Araştırmacılar o sırada protonlarla nötronları atom çekirdeğinin içinde birarada tutan güçlü kuvveti araştırmaktaydı. Görünüşe bakılırsa, çalışmaların sonucunda ortaya çıkan matematiksel analizler, enerjiyi titreşen teller biçiminde tanımlıyordu.

Sicim teorisine göre temel kuvvetler -kütleçekim, elektromanyetik radyasyon, güçlü ve zayıf kuvvetler- arasındaki ilişkiler, bu sicimlerin pek çok boyuttaki rezonansı sayesinde gerçekleşir. Varsayımlara göre toplam 11 boyut vardır ancak bizim deneyimlediğimiz üç boyut dışındakilerin hepsi öyle küçüktür ki, onları göremeyiz. Titreşimlerin bu boyutlar arasındaki bir sicimden diğerine, bir parçacıktan diğerine, bir kuvvetten diğerine geçişi, hepsini birleştiren şey olabilir. Kütleçekiminin bu atomaltı kuvvetlerle ilişkisi "graviton"lar üzerinden gerçekleşir. Maryland Üniversitesi fizikçisi Sylverster James Gates'e göre gravitonlar "uzay-zamandaki kütleçekimsel kuvveti iletmekten sorumlu, kütleçekim enerji dalgalarıdır."

Einstein'ın aradığı birleşik teori bu muydu? Pek çok kişi bundan pek emin değil ama sicim teorisyenleri karmaşık matematik hesaplarıyla mevcut görüş üzerindeki çalışmalarını sürdürüyorlar. Parçacık hızlandırıcıları hareket halindeki sicimleri belirlemedikçe, ampirik kanıt elde edilemeyebilir.

Ancak iş bu noktada bitmiyor olabilir. Günümüz hızlandırıcıları kilometrelerce uzunlukta dairesel parçacık raylarına sahipler ve parçacıkları ışık hızına yakın hızlara kadar çıkarabiliyorlar. Araştırmacılar bu tür cihazlarla, gezegenimizin yakındaki enerji konsantrasyonlarında ortaya çıkmayan türden egzotik bazı parçacıkları belirlemeyi başardılar. Gelecek nesil çarpıştırıcıları en büyük iki sırra açıklık getirebilir: Büyük patlama sonrasında neden madde antimaddeye üstünlük sağladı; ve neredeyse boyutsuz, noktamsı elektronlarla kuarkların neden kütleleri var?

EINSTEIN'IN ENERJİSİ

Isaac Newton ışığın zerrecik diye adlandırdığı parçacıklarla yayıldığını ileri sürmüştü. Thomas Young'ın 19. yüzyıl başlarındaki deneyleri ise ışığın dalgadan ibaret olduğunu açıkça ortaya koyuyor gibiydi. Bu düşünüş yüzyıl boyunca benimsendi ve pek çok problemin çözümüne yardımcı olduğu gibi, ışık, manyetizma ve ısı arasındaki ilişkiye yönelik deneysel ve istatistiksel bulguların elde edilmesini de sağladı.

Işığın, deneylerle ortaya konan özelliklerden çok daha fazlasına sahip olabileceğine ilişkin ilk işaretler, katot ışınlarının ve maddeye nüfuz eden x-ışınlarının, elektronlara yönelik bazı bulgular sağlamasıyla birlikte ortaya çıktı. Elektronların enerji kazanımını gözler önüne sermek için yeni bir deney düzenleyen Alman fizikçi Philipp Lenard, tek frekanslı bir ışık demetini metal bir yüzeye odakladı ve ışığın metal levhadan elektronlar çıkarttığını gördü. Hassas bir akım-ölçer cihaza bağlı başka bir levha ise atılan elektronları topluyordu. Kurulan ayrı bir elektrikli ızgara ise, içinden geçerek ilk plakaya doğru ilerleyen ışık demetinin voltajını değiştirebiliyor ve toplayıcı plakaya doğru atlayan elektronların yükünü etkileyebiliyordu. Lenard ızgaranın voltajını yükselttiğinde, toplayıcı plakaya çarpan elektronları ölçen

ALBERT EINSTEIN

Görelilik teorisinin babası

1879
14 Mart'ta Almanya'nın Ulm kentinde doğdu.

1896-1900
Zürih Politeknik Enstitüsü'ne devam etti.

1905
Özel görelilik, Brown hareketi ve ışık kuantumu ile fotoelektrik etkisinin etkileşimleri üzerine makale yayımladı.

1911
Prag'daki Karl-Ferdinand Üniversitesi'nde profesörlüğe başladı; ışık bükülmesini öngördü.

1914-33
Almanya, Kaiser Wilhelm Fizik Enstitüsü'nde fizik profesörlüğü ve teorik fizik direktörlüğüne başladı.

1915
Genel görelilik teorisini yayımladı.

1921
Fotoelektrik etki çalışmasıyla Nobel fizik ödülünü kazandı.

1930
Genişleyen evren modelini geliştirdi.

1933
Nazilerin iktidarı ele geçirmesinin ardından Almanya'dan ayrıldı ve New Jersey, Princeton'da, İleri Araştırma Enstitüsü'nde göreve başladı.

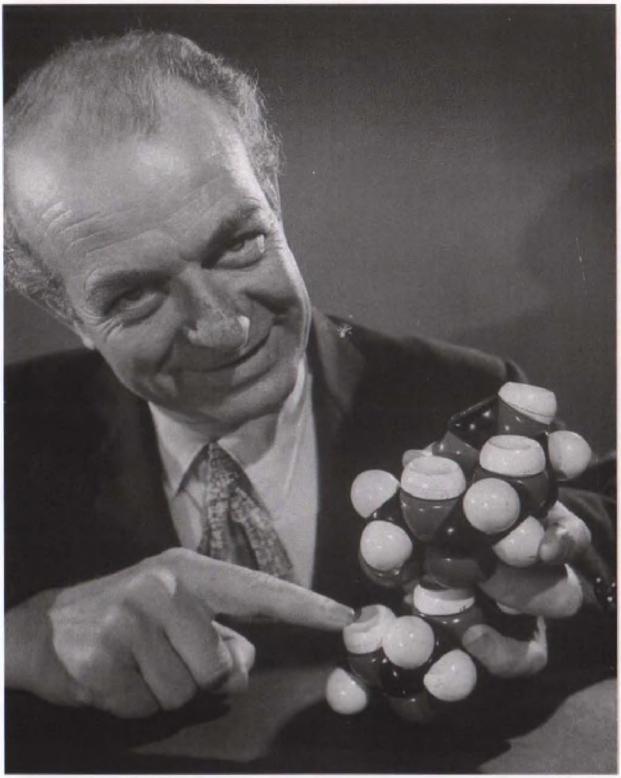
1946
Atom Bilimleri Acil Durum Kurulu başkanlığını yaptı.

1952
İsrail başkanlığı teklif edildi; geri çevirdi.

1953
Göreliliğin Anlamı'nı yayımladı.

1955
15 Nisan'da Princeton'da öldü.

HER ŞEYİN ANAHTARI
İki Nobel ödüllü Amerikalı kimyager Linus Pauling, ahşap bir model üzerinde protein molekülünün karmaşıklığını sergiliyor.



akımın –fotoelektrik etkisi– hızla düştüğünü gördü. (Toplayıcı plaka şimdi eksi yüklüydü ve eksi yüklü elektronların çoğunu itiyordu.) Belli bir noktada akım tamamen kayboldu. Ancak elektronlara daha fazla enerji vermek için ışık yoğunluğu arttırıldığında, deney sonucunda herhangi bir değişiklik olmadı.

Avusturyalı fizikçi Albert Einstein, 1905'te konuya bir açıklama getirdi. Einstein, sıcak cisimlerin neden ön-

görülen türde bir "kızılötesi; görülebilir; ve morötesi ışık" karışımı yaymadıklarını anlamaya çalışan Alman fizikçi Max Planck'ın, 1900'de matematiksel bir formüle ulaştığını biliyordu. Formül, Boltzmann'a ait termodinamiğin ikinci yasasını temel alıyordu ve enerjinin her tür büyüklükteki kesintisiz bir akım biçiminde değil, her birine "kuantum" adı verilen ayrık parçalar halinde salındığını kanıtlıyor gibiydi. Einstein, Le-

Einstein hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 57-60.

nard'ın ışık demetinin parçacıklardan ya da fotonlardan oluştuğunu varsayıyordu ve bunların her biri, enerjisini ilk plakadaki elektrona aktarıyordu. Bu plakadan yayılan elektronlar, elektrik verilen ızgaradan geçerek toplayıcı plakaya doğru ilerlerken enerji tüketiyordu. Böylece bazı elektronlar toplayıcıya ulaşıyor, bazıları ulaşamıyordu. Büyük olasılıkla ulaşmayı başaranlar, daha az mesafe kat edecek olan, yüzeye en yakın elektronlardı. Ardından ışığı arttırmak, fotonlara ya da elektronlara daha fazla enerji sağlamıyor, yalnızca daha fazla foton ekliyordu. Bu da daha çok sayıda elektronun kaçmasına neden oluyordu. Araya giren voltaj yeterince yükseltiğinde, elektronların hiçbiri toplayıcı plakaya ulaşamıyordu.

Bu durumda ışık parçacıklardan mı oluşuyordu?

Elektronun keşfini ve atomların çoğunlukla boş alandan oluştuğuna ilişkin kendi çıkarımını temel alan Rutherford, 1911'de minyatür bir güneş sistemine benzeyen atom modelini geliştirdi. Modele göre merkezde –toplam alanın milyarda birini, atom kütlesinin ise büyük bir kısmını teşkil eden– artı yüklü çekirdek yer alıyordu. Eksi yüklü elektronlar ise, tıpkı gezegenler gibi çekirdeğin yörüngesinde dönüyordu.

1912'de Danimarkalı fizikçi Niels Bohr, elektronların bu şekilde hareket etmeleri halinde enerjilerini hızla yitireceklerini ileri sürdü. Planck'ın ve Einstein'ın çalışmalarını da göz önüne alan Bohr, modelin ele aldığı elektron kavramını değiştirecek bir yöntem önerdi. Yeni model, ısı ya da elektromanyetik radyasyon alan elektronların kendine özgü dalgaboylarında tepki verdiklerini göstermeliydi. Bunlar bir maddeyi diğerinden ayıran tayfsal parmak izleriydi. Elektronlar çekirdeğin yörüngesinde dönüyorlardı ama yol alabilecekleri yörüngeleri sabit ve her atomda farklıydı. Atom ışık enerjisi aldığında ise enerji elektronlar arasında dağıtılıyor, ardından elektronlar

LINUS PAULING

Biyokimya ve fizik alanında bir öncü

1901
28 Şubat'ta Oregon'un Portland kentinde doğdu.

1925
California Teknoloji Enstitüsü'nde kimya doktorasını tamamladı. Sonraki 38 yılı Caltech'de geçirdi.

1933
Ulusal Bilim Akademisi'ne seçildi. Seçilen en genç üyeydi.

1937
Gates Laboratuvarı yöneticiliğine ve Caltech Kimya ve Kimya Mühendisliği Bölümü başkanlığına atandı.

1939
Kimya ve biyokimyanın klasiği *Kimyasal Bağın Yapısı*'nı yayımladı.

1942
Dan Campbell ve David Pressman ile birlikte, yapay antikorların başarıyla üretildiğini duyurdu.

1954
Kimyasal bağ araştırmalarına karşılık kimya dalında Nobel Ödülü'nü kazandı.

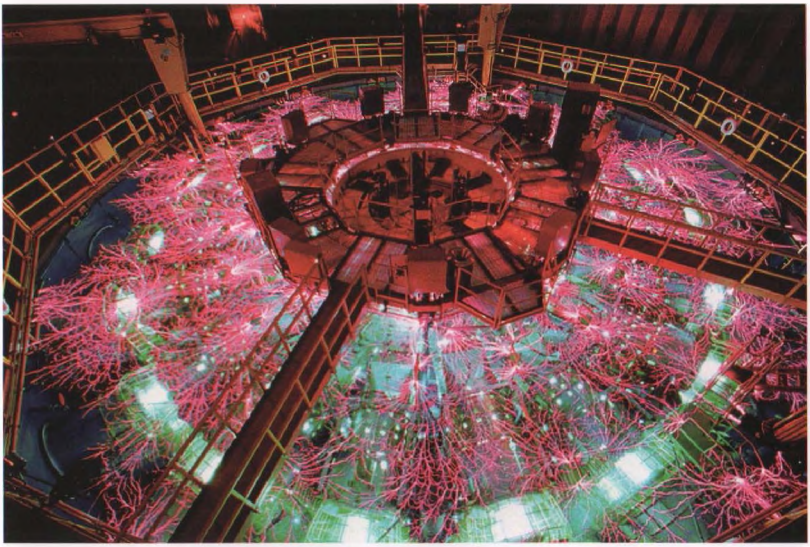
1955
50'den fazla Nobel sahibiyle birlikte, Mainau Bildirisi'ni yayımladı. Bildiri nükleer silah kullanımının terk edilmesi çağrısında bulunuyordu.

1958
Savaşa Son adlı eserini yayımladı; yöneticilerden gördüğü düşmanlık yüzünden Caltech'ten ayrıldı.

1963
Nobel Barış Ödülü'nü kazandı.

1973
Ortomoleküler Tıp Enstitüsü'nü kurdu. Enstitü daha sonra Linus Pauling Bilim ve Tıp Enstitüsü adını aldı.

1994
19 Ağustos'ta California'daki çiftliğinde öldü



FÜZYON GÖRÜNTÜLERİ
New Mexico, Albuquerque'deki Parçacık Demeti Füzyon Hızlandırıcısı II, 1990'larda, dünyada ya da uzaydaki nükleer patlamaların merkezinde olup bitenleri araştırmak üzere kullanıldı.

bir sabit yörüngeden diğerine atlıyorlardı. Yeniden ilk yörüngesine dönen elektron, atomun kendine özgün dalgaboyunda ışık fotonları salıyordu.

Bu görüşler ışığın hem parçacık hem de dalga olduğuna işaret ediyordu. Çok geçmeden –Almanya'dan Werner Heisenberg, Avusturya'dan Erwin Schrödinger ve Fransa'dan Louis de Broglie de dahil– birkaç Avrupalı teorisyen Bohr'un kuantum teorisini mantıklı sonucuna ulaştırdılar: Parçacıklar gerçekten de dalga gibi davranıyorlardı ki bu da onların kuantum yapılarını açıklıyordu; ancak ışık dalgalarının da momentum gibi parçacığımsı bazı özellikleri vardı. Aslında madde öyle dalgamsı yapıya bir sahipti ki, prensipte bir elektronun belli bir anda nerede olduğunu söylemek olanaksızdı; ölçülene dek herhangi bir yerde değildi, onu ölçmenin ise hiçbir yolu yoktu. Elektron aynı anda her yerdeydi ve belli bir pozisyon ve hızda olması yalnızca bir olasılıktı. Einstein bile bu fikri kavramakta güçlük çekmişti. "Tanrı evrenle zar atmaz" demişti. Ancak ne kadar akıl karıştırıcı olursa olsun, kuantum mekaniği teorisinin doğruluğu kısa süre içinde ortaya konacaktı.

EINSTEIN'IN UZAY-ZAMANI

Alman fizik dergisi *Annalen der Physik*'in Eylül 1905 sayısı, fizikçi Max Born'a göre, "Bilim literatürünün en muhteşem sayılarından biri"ydi. O zamanlar Bern'deki İsviçre Patent Bürosu'nda denetçi olarak

çalışan 26 yaşındaki Albert Einstein, derginin bu sayısında üç makale yayımlamıştı. Bu üç makale uzun süredir benimsenmiş Galileci/Newtoncu bakış açısının üstüne bir perde çekerek o güne dek saklı kalmış bir evreni gözler önüne seriyordu. Söz konusu evrende zaman, uzay, madde, enerji ve kütleçekimi olanaksız gibi görünen hünerler sergiliyordu.

Einstein'ın çığır açıcı teorilerini takdir etmeye nereden başlamalı? Öncelikle, görelilik dünyasının, aşina olduğumuz dünyadan, yani zaman, hız, uzay, mekân ve maddenin somut gerçeklikler olduğu dünyadan farklı olduğunu anlamakta yarar var. Bizler zamanı saatle ölçüyor, en hızlı yolculuğumuzu araba ya da uçakla yapıyor, konumumuzu temel koordinatlar sistemiyle belirliyor ve maddenin katı olduğunu düşünüyoruz. Oysa Einstein'ın sözleriyle, gündelik yaşamlarımızda, "Tüm düşünce ve kavramlarımız duyulara dayalı deneyimlerimizle oluşur ve yalnızca duyu deneyimleri üzerinden anlam kazanır." Einstein'ın teorileri zor gibi görünür çünkü bizi duyu deneyimlerimizin dışına çıkarır. İlk kez 1905'te yayımladığında bu teoriler çoğu fizikçinin de deneyimlerinin dışında gibiydi.

20. yüzyıla girildiğinde ışığın yapısıyla ilgili çok şey öğrenilmişti ama fizikçiler hâlâ hareket eden bir cisimden bile çıkmış olsa, ışık hızının neden aynı kaldığını anlamakta güçlük çekiyorlardı. Saatte iki kilometre hızla ilerleyen bir dalgayla birlikte, saatte bir kilometre hızla yüzerseniz, toplam hızınız saatte üç kilometredir. Dalga boyunca yüzerseniz, hızınız yeniden saatte bir kilometreye düşer.

Bilimciler 19. yüzyılda dünyanın görünmez ama sıvımsı bir "eter" içinde yüzdüğüne inanıyorlardı. Einstein ise eter diye bir şeyin olmadığını; ve kaynaklandığı cisim ister hareketli olsun, ister hareketsiz, ışık hızının sabit olduğunu ileri sürdü. Bu görüş, en azından ışığı ele alışı açısından Newton fiziğine aykırıydı, çünkü Newton fiziğinde hızlar birbirine ekle-

RICHARD FEYNMAN

Teorik fizikçi

1918
11 Mayıs'ta New York, Queens'te doğdu.

1939
Massachusetts Teknoloji Enstitüsü fen fakültesinden dereceyle mezun oldu.

1941
Princeton Üniversitesi'nde atom bombası projesi üzerinde çalışmaya başladı. Çalışmalarına daha sonra New Mexico, Los Alamos'ta devam etti.

1945
New Mexico'da atom bombasının patlatılmasını gözlemledi; Cornell Üniversitesi'ne teorik fizik profesörü olarak atandı. Burada kuantum elektrodinamiğinin temel kuralları üzerine çalışmalar yürüttü.

1950
California Teknoloji Enstitüsü'nde teorik fizik profesörlüğü görevini kabul etti.

1950'ler
Süper akışkanlık teorisini kuantum mekaniği ile açıkladı; radyoaktif bozunumla ilişkilendirilen zayıf kuvvete açıklama getiren teoriyi geliştirdi.

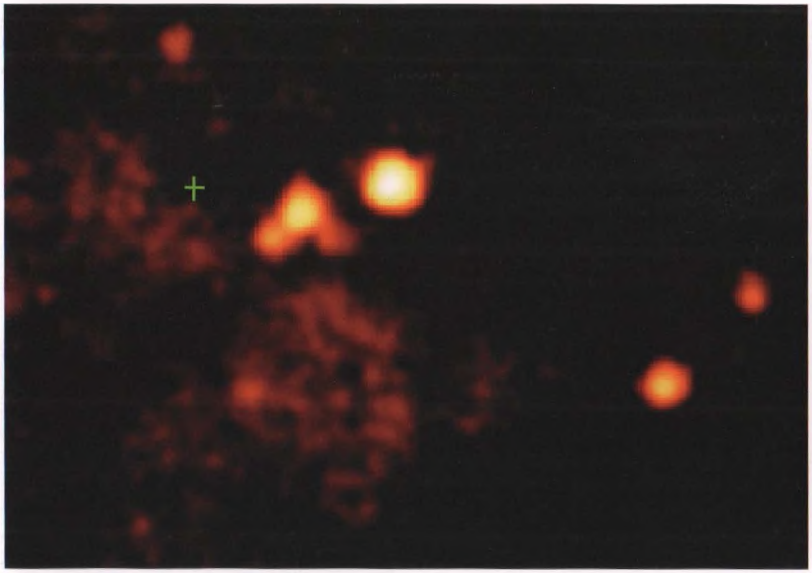
1959
Caltech'e Richard Chace Tolman Teorik Fizik Profesörü olarak atandı.

1961
Kuantum Elektrodinamiği ve *Temel Süreçler Teorisi*'ni yayımladı.

1965
Kuantum termodinamiği alanındaki önemli çalışmalarına karşılık Nobel Ödülü'nü kazandı, Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1986
Challenger uzay mekiği kazasını soruşturan komisyonda görev aldı.

1988
15 Şubat'ta California'nın Los Angeles kentinde öldü.



KARADELİK
Yoğun yıldız oluşumu içeren M82 galaksisinin, Chandra X-ışını Gözlemevi tarafından x-ışınıyla elde edilmiş bu görüntüsü, galaksi merkezi dışında belirlenen ve büyük olasılıkla yeni bir tür olan ilk karadelik örnegidir.

nirdi. Einstein, "İnsan ışık hızında yol alabilse neler olurdu" diye düşünmeye başladı.

Duyu temelli deneyimlerimiz bize zamanın her yerde aynı oranda hareket ettiğini söyler. Örneğin, sokakta duruyorsak ve başımızın üstünden bir uçak geçiyorsa, uçaktaki yolcuların saatlerinin, bizimkiyle aynı hızda ilerlediğinden en ufak bir kuşkumuz yoktur. Dahası, uçağın ilerisinde ve gerisinde, yere aynı anda yıldırım düştüğünü görürsek, uçaktaki herkesin aynı şeyi gördüğünü farz ederiz, çünkü zaman hepimiz için aynıdır. Einstein tüm bunların bulunduğumuz yerle ve bizim ya da aynı şeyi gören başka birinin hareket hızıyla bağlantılı olduğunu fark etti.

Ben arabamla saatte on kilometre hızla ilerliyor olsam da, farlarımdan çıkan ışık saniyede 300.000 kilometre ile ilerler. Başka biri saatte 20 kilometreyle yol alıyorsa, onun farlarından çıkan ışık da yine saniyede 300.000 kilometre hıza sahiptir. Eğer ikimiz de ışıktan hızlı ilerleyemiyorsak ve eğer hız, mesafenin zamana bölünmesi ise (kilometre bölü saat), o zaman farklı hızlarla ilerleyen arabalardan yola çıkan ışık hızının sabit oluşu, yalnızca mesafe ve zamanın değişebiliyor olmasıyla açıklanabilir.

Einstein'ın teorisi şöyle der: Bir cismin hızı arttıkça, o cisim için zaman yavaşlar. Amerika Doğa Tarihi Müzesi'ndeki Hayden Planetaryum'un yöneticisi Neil Tyson bir tablo oluşturdu ve burada ışık hızının yüzde 25'inde –saniyede 75.000

km– bir saniyenin 0,03 saniye uzadığını gösterdi. Tabloya göre ışık hızının yüzde 50'sine varıldığında bir saniye 0,15 saniye kadar uzar; ışık hızının yüzde 99'unda ise bir saniye, dünyada yaşananın 7.09 katı uzunluğa erişir. Işık hızının yüzde 99,99999999'una ulaşıldığında, bir saniye, dünyadakine kıyasla 19,6 saat uzunluğa erişir.

Bu yalnızca bir kavram değildir. Hızlı bir uçakla giderken ölçüm yapılarak Einstein'ın teorisine ilişkin bulgu elde edilebilir ve teori, atom parçacıkları gibi gerçekten de ışık hızına ulaşabilen cisimler sözkonusu olduğunda göz önüne alınması gereken önemli bir gerçekliğe dönüşür. Bir atom hızlandırıcısının içinde de bu tür parçacıkların kütlesi artar gibi görünür. Işık hızında cismin kütlesi sonsuz olacaktır. Einstein'ın zamanında böyle teknolojiler mevcut değildi ama o yine de düşüncelerini kütleye ve kütlenin enerji ile ilişkisine yöneltti.

Özel görelilik teorisini yayımladıktan birkaç hafta sonra –*Annalen de Physik*'in bir sonraki sayısında– Einstein genel görelilik teorisinin ilk bölümlerini yayımlamaya başladı. Yeni bir dönemin başlangıcını oluşturan makalesinin parlak başlığı şöyleydi: "Bir Cismin Ataleti Onun Enerji İçeriğine mi Bağlıdır?" Bu makale, madde ya da enerjinin yaratılamayacağı ve yok edilemeyeceğine ilişkin yerleşik teoriyle çelişiyordu. Manyetik enerji elektrik enerjisine; sıvı gaza dönüşebilirdi, ama madde ve enerjinin korunumu yasaları ihlal edilemez gibi görünüyordu.

Einstein aksi görüşteydi. Ona göre madde ve enerji aynı paranın iki yüzü gibiydi. Maddeden enerji yaratılabilirdi, enerjiden de madde. Einstein'ın bu geçişi açıklayan bir denklemi bile vardı: $E=mc^2$. Denklemde "E" enerjiyi, "m" kütleyi, "c" ise ışık hızını temsil eder. Işık hızının karesi çok büyük bir sayı olduğundan –saatte 448.900.000.000.000.000 milin karesine yakın– çok küçük bir kütleden, büyük miktarda enerji elde etmek mümkündür.

STEPHEN HAWKING

Karadelik teorisyeni

1942
8 Ocak'ta İngiltere, Oxford'ta doğdu.

1962
Oxford Üniversitesi'nden dereceyle mezun oldu, evrenbilim doktorası için Cambridge Üniversitesi'ne kaydoldu.

1963
Motor nöron veya Lou Gehrig Hastalığı olarak da bilinen Amyotrofik Lateral Skleroz hastalığı teşhisi kondu.

1966
Doktorasını tamamladı; Cambridge, Gonville ve Caius College'dan burs kazandı.

1970
Karadeliklenn radyasyon yayabildiklerini gösterdi, bu fenomene daha sonra "Hawking radyasyonu" adı verildi.

1974
Kraliyet Akademisi'nin en genç üyelerinden biri olarak seçildi.

1979
Cambridge Üniversitesi'ne Lucasian Matematik Profesörü olarak atandı. Bu kürsü 1669'da Isaac Newton'a verilmişti.

1985
Zatürreeye yakalandı, trakea ameliyatı oldu ve konuşma kabiliyetini tamamen yitirdi. Bilgisayar yoluyla yazarak iletişim kurmaya başladı.

1988
Zamanın Kısa Öyküsü'nü yayımladı.

1998
Stephen Hawking'in Evreni:Kainatın Sırları'nı yayımladı.

2004
Karadelik paradoksuna çözüm bulduğunu duyurdu; İrlanda, Dublin'de genel görelilik ve kütleçekim konulu uluslararası konferansta bulgularını sundu.

2005
Smrthson Bicentennial Madalyası'na layık görüldü.

ALBERT EINSTEIN VE ATOM BOMBASI

Albert Einstein'in kendisi, atom bombasının ABD'de geliştirilmesiyle doğrudan ilgilenmemiş olsa da, ismi atom çağıyla her zaman ilişkilendirilecektir. Einstein bir barışseverdi ama Alman bilimcilerin yıkım yaratabilecek bir silah üzerine araştırma yaptıklarını öğrendiğinde, Başkan Franklin Roosevelt'i durumdan haberdar etti. Bu da Manhattan Projesi'nin başlatılmasına ve atom bombasının Japonya üzerinde kullanılmasına neden oldu.

Einstein, Marie Curie'nin üzerinde çalıştığı radyumun bir kısmının aslında enerjiye dönüştüğünü anlamıştı. Bugün radyoaktivite olarak adlandırdığımız şey, kütlenin enerjiye dönüşümüdür ve Einstein'ın teorisi de tam olarak bunun ölçümünü yapar. Bu denklemle birlikte kütleden enerji elde etmek için atomların parçalanması işleminin, yani nükleer fisyonun önü açıldı. Söz konusu teknoloji, Einstein'ın pişmanlığına rağmen, atom bombasının yapımına yol açtı.

Nükleer füzyonla, yani atomların birleştirilmesi ile daha da büyük miktarda enerji elde etmek mümkündü. Güneşteki yoğun ısı, hidrojen atomlarını parçalayarak, artı yüklü çekirdeklerle eksi yüklü elektronları birbirinden ayırır. Dört hidrojen atomu, bir helyum oluşturduğu için, ayrılan parçacıklar çarpışarak helyum atomlarını meydana getirir. Ancak sonuçta ortaya çıkan helyumun kütlesi, ilk baştaki hidrojenden daha azdır. Aradaki fark küçük nükleer parçacıklara ve enerjiye dönüşür. Günümüzde bilimciler güneşe ve yıldızlara enerjisini veren bu işlemi taklit etmeye başladılar.

Einstein'ın özel görelilik teorisi başka bir soruyu gündeme getirdi. Eğer güneşin kütleçekimi dünyayı etkiliyorsa, kütleçekiminin bir anda 150 milyon kilometre yol alması gerekiyordu ki bu da ışık hızından fazlaydı. Einstein hiçbir şeyin ışıktan hızlı yol alamayacağını belirlediğine göre, ya dünyayı yörüngesinde tutan şey kütleçekiminden başka bir şeydi, ya da kütleçekimi Newton'un zannettiği şey değildi.

Einstein'ın hesaplarına göre, kütleçekimi diye adlandırılan kuvvete neden olan şey, uzayın kütle etrafında bükülmesiydi. Newton yasasına göre kütleçekim kuvveti, iki cisim arasındaki mesafeye bağlıydı; Einstein'ın genel görelilik teorisi ise bu mesafelerin, maddenin uzayı bükmesiyle ortaya çıkan kıvrımlardan oluştuğunu söylüyordu.

İşin içine büyük kütleler girdiğinde uzay bükülür ve ışık demetleri, bükülen uzayın kıvrımları boyunca kütleçekim tarafından çekilir. Güneş de kütlesiyle ışık ışınlarını bükebilir ama bu bükülme, bir yıldızın çökmesi ve kütlesinin çok küçük bir hacim içine sığmasıyla ortaya çıkan uzay bükülmesine kıyasla, fark edilemeyecek kadar küçüktür. Yıldız çökmesi durumunda uzay bükülmesi öyle büyük, kütleçekim ise öyle yoğun olur ki, ışık bile bundan kaçamaz. Bu tür girdaplara karadelik denir.

Einstein'ın özel ve genel görelilik teorileri fizikçilerin evren anlayışını değiştirmekle kalmadı, aynı zamanda düşünen tüm insanların, evrendeki yerimize bakışını da değiştirdi. Einstein, teorilerinin felsefi etkilerinin farkındaydı. Bir yazısında şöyle demişti: "Matematikçi olmayan birisi "dört boyutlu" cisimleri duyduğunda tuhaf bir ürpertiyle sarsılır. Bu his büyüyle ilgili düşüncelerin insanda uyandırdığı hisse benzer. Oysa 'içinde yaşadığımız dünya, dört boyutlu uzay-zaman sürekliliğinden ibarettir' sözünden daha beylik bir söz olamaz."

KUANTUM MEKANİĞİ

Araştırmacılar kuantum mekaniği



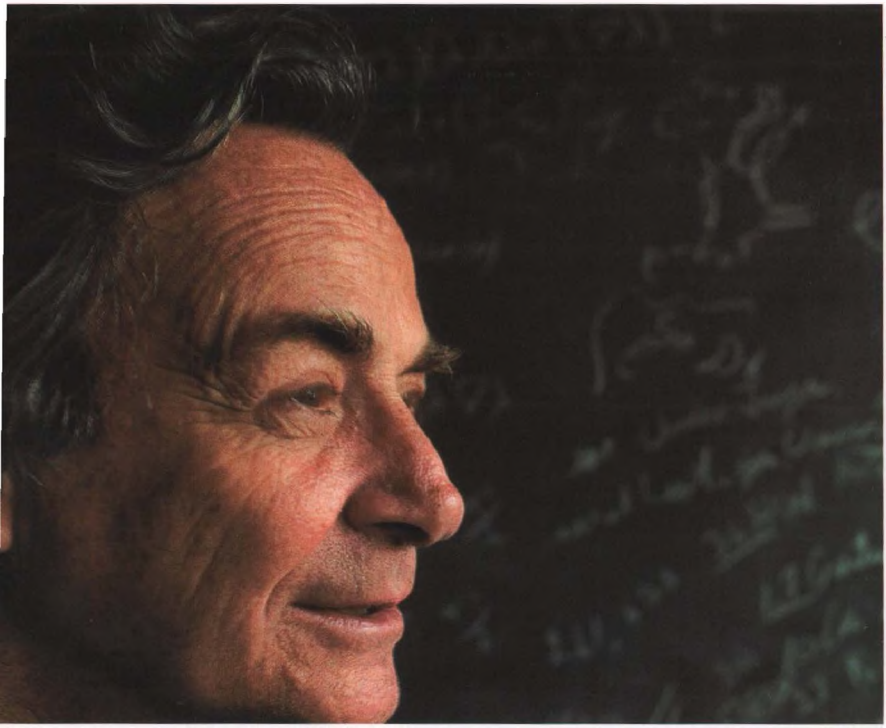
NÜKLEER FİSYON
Japonya'daki Tokai Araştırma ve Geliştirme Merkezi'nde, nükleer fisyonla elde edilen nötronlar sayesinde araştırmacılar madde ve yaşam bilimlerini inceliyorlar.

teorilerini, atomların görünmez ama gerçek dünyadaki işleyişlerini analiz etmek için kullanmaya başladılar.

Kuantum teorisinin ortaya attığı çok sayıda sorudan biri de, yeni atom-yapısı anlayışı dahilinde, kimyasal bağların ne şekilde oluştuğuydu.

1920'lerde Amerikalı kimyager Linus Pauling, sabit bir yapıya sahip olmayan atomlar gibi, kimyasal bileşikleri oluşturan atom kombinasyonlarının da yapısal biçimler arasındaki, ara durumlarda var olduklarını keşfetti. Bu fenomene "rezonans" deniyordu. Pauling 1929'da bu tür bağlarda yer alan elektronlar arasındaki ilişkilerin keşfini sağlayan kuralları belirlemeyi başardı. Kurallar sayesinde ortaya çıkan bileşiklerin özellikleri daha iyi anlaşılıyordu.

Pauling'in çalışmaları, kimyasal bağların hem sabit hem de değişken olabildikleri gerçeğinin kavranmasının yanısıra, teorik ve pratik kimyayı birleştirme becerisiyle de öne çıkıyordu. Sözkonusu çalışmalar fizikçiyi, orak hücre anemisini araştırmaya yönlendirdi ve sonunda Pauling bu hastalığın, hemoglobin moleküllerinin yapısındaki bir değişimden kaynaklandığını keşfetti. Pauling'in "Orak Hücre Hemoglobini: Moleküler Bir Hastalık" başlıklı makalesi



RICHARD FEYNMAN
Nobel ödüllü Amerikalı fizikçi Richard Feynman, Mart 1983'te California, Los Angeles'ta, kendi notlarıyla dolu karatahtanın önünde görülüyor.

yalnızca orak hücre anemisi değil, başka birçok hastalığın genetik nedenleri konusunda büyük katkılar sağladı.

Pauling ayrıca DNA molekül yapısının modelini oluşturmak üzere çalışmalar da yürüttü. 1953'te kristalograf Robert Corey ile birlikte yayımladığı kitapta Pauling, üç sarmallı ve üç boyutlu DNA modeli üzerine tartışmalara ve çeşitli görsellere yer verdi. Pauling 1954'te, kimyasal bağlarla ilgili çalışmalarıyla Nobel Ödülü'nü kazandı. Kimyager 1963'te ise ikinci Nobel'ini aldı. Bu kez nükleer silahsızlanmayla ilgili çalışmalarıyla ödüle layık görülmüştü. DNA molekülünü bir sarmal eksik tasarlamış olsaydı, üçüncü bir Nobel kazanabilirdi ancak bu konuda ödül, DNA molekülünün üçlü değil ikili sarmalını keşfeden Francis Crick ile James Watson'a verildi.

Kuantum fiziğinden ilham alan bir diğer araştırmacı da Amerikalı fizikçi Richard Feynman'dı. Kuantum fiziğinin belirsizliği Feynman'ın içindeki bağımsızlık duygusunu tetikle-

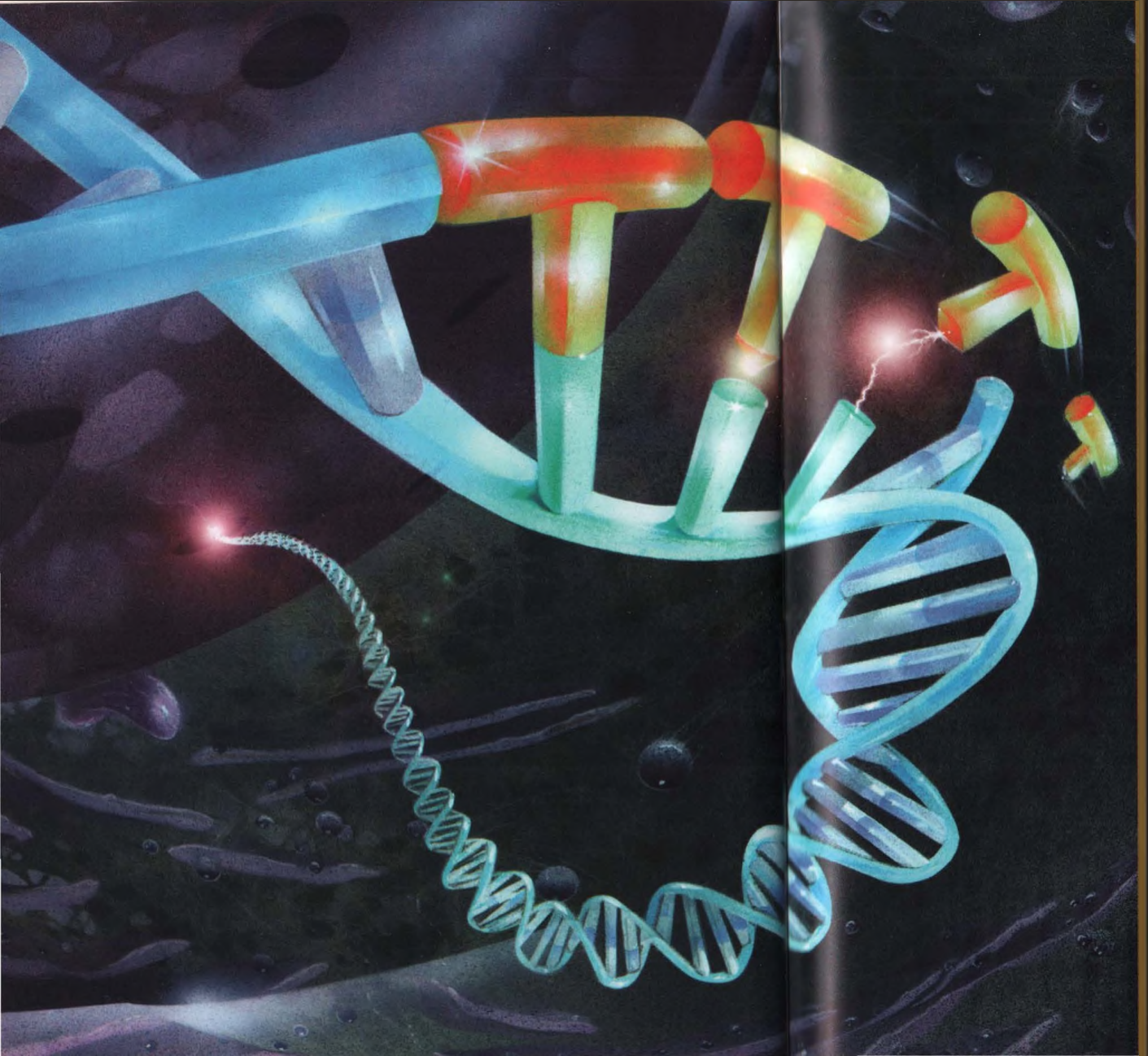
miş gibiydi. Kuantum mekaniğinin karmaşık matematiğiyle çalışmalar yapan Feynman, elektromanyetik radyasyon sürecine hükmeden atomaltı kuvvetleri kavramayı başarmıştı; yani, atomun belirsiz yapısı içinde fotonların elektronlarla, ve onların artı yüklü karşı-parçacıkları olan pozitronlarla olan etkileşimini. Fizikçi ayrıca, "Feynman diyagramları" diye adlandırılan çizimlerle, parçacıklar arasındaki kuvvet alışverişini ve çarpışmaları da resmetmişti. Feynman, kuantum mekaniği alanındaki çığır açıcı nitelikte çalışmalarına karşılık Nobel Ödülü'nü kazandı.

Fizikçi Murray Gell-Mann ile birlikte çalışan Richard Feynman, radyoaktif bozunum sürecine hükmeden kuvvetleri tanımlamayı da başardı. "Zayıf kuvvet" adı verilen bu özellik, atomun içinde bulunduğu varsayılan en küçük parçacıklara –fermiyonlar, bozonlar, W parçacıkları ve Z parçacıkları– ışık tutuyordu. Genellikle tepkimeye yavaş giren bu parçacıklar çok yüksek ısı ve basınç altında daha büyük reaksiyonları tetikleyebiliyordu. Sözkonusu parçacıkların nükleer füzyonun temelini oluşturdukları ortaya çıktı. Karizmatik ve parlak zekalı Feynman, bilimi sevdiren önemli isimlerden biri oldu. Öykü anlatma yeteneğinden yararlanarak, fizik alanında kaydedilen ilerlemelerin mantığını ve olası sonuçlarını kendine özgü anlatımıyla ifade eden Feynman, bilim dünyasının içinde ve dışında yer alanları büyülemeyi başardı.

21. yüzyılda, bazı bilimciler madde ve enerji alanında, geçmiş dönemlerin evrenbilim çalışmalarına geri dönüyor. İngiliz fizikçi Stephen Hawking, kuantum fiziğini Einstein'ın genel göreliliğiyle birleştirmeye çalışıyor. Hawking –ilki atomaltı dünyayı, ikincisi ise büyük kütleleri ele alan– bu iki kavramı biraraya getiriyor ve "evrenin başlangıcı" ya da "ışığın kaçmasını önleyecek kadar güçlü yerçekimine sahip karadelikler" gibi insan aklını zorlayan çeşitli konuları anlayabilmek için entelektüel senteze başvuruyor. Hawking'e göre karadelikler, tek bir proton boyutuna sıkışmış olan milyarlarca ton ağırlığındaki kütlelerdir. Böyle bir durumda parçacık, kuantum teorisine göre hareket eder: radyasyon yayar ve ardından yavaş yavaş dağılarak yok olur.

Hawking daha sonraları, Avrupa Nükleer Araştırma Örgütü'nden Thomas Hertog ile birlikte geliştirdiği formülle, cesur bir görüş öne sürdü: herhangi bir parçacığın belli bir andaki momentumu ya da yerini bilmemiz olanaksız. Ancak evrenin başlangıcı olan parçacık, kuantum teorisi ile uyum içindeydiyse, evrenin kendisinin de bir kuantum olayı olması gerekir. Durum buysa, Hertog'un deyişiyle, "Evren tek bir tarihe değil, her biri kendi olasılığını barındıran, mümkün olan her tarihe sahiptir."

Antik çağdaki bilimciler göklere bakarak ve madde ve enerjiyi merak ederek işe başladılar. Günümüzde genel göreliliğin yalınlığı ve kuantum mekaniğinin açıklanamaz hakikatleri gözönünde bulundurulduğunda, kendimizi hâlâ benzer bir merak halinde buluyoruz.



Yaşamın Kendisi

DOĞAL DÜNYAYI GÖZLEMLEME VE ELDE edilen bilgileri hayatta kalabilmek amacıyla kullanma becerileri düşünüldüğünde, ilk insanlar ilkel olmaktan çok uzaktı. Tüm bilimsel birikimimize karşın, yaban hayatın içine bırakıldığımız takdirde, bundan 150.000 yıl önce Afrika'dan göç etmeye başlayan ve onu izleyen 100.000 yıl içinde dünyanın geri kalanına yayılan yazı bilmez insanlarla yarışmamız mümkün değildir.

Göçebe yaşamı karmaşıktır. Zindelik ve adaptasyon becerisi, daha da önemlisi, doğal dünyanın işleyişine ilişkin ayrıntılı bilgiyi gerektirir. Tek bir yere aşinalık kazanmak yetmez. İçinden geçtiğiniz, kamp kurduğunuz, avlandığınız, yiyecek aradığınız ya da sürüleri otlattığınız her ortamın özelliklerini bilmeniz gerekir. Bu tür bir varoluşun sırrı, doğru zamanda, doğru yerde olmaktır: su akarken, çimler büyürken, ağaçlar meyve verirken, bitkiler tohum verirken, avladığınız sürüler göç etmeye hazırlanırken orada olmak. Doğal olayların zamanlamasını inceleyen çalışma alanına günümüzde "fenoloji" adı veriliyor. Her ne kadar 18. yüzyıla dek resmi anlamda bilim olarak tanımlanmasa da bu alan belki de yaşama geçirilen en eski doğal bilimlerden biriydi. Ne yazık ki yazı olmayınca fenolojik bilgiler de on binlerce yıl kayıtlara geçirilemedi ve nesiller boyu ağızdan ağıza aktarıldı.

ÖNCEKİ SAYFALAR
Gen mühendisliğiyle DNA sarmalına, değiştirilmiş nükleotid baz çiftleri verilebilir.

Ancak elimizde ilk insan kültürlerine ve onların doğal dünya bilgilerine ilişkin hiç bulgu olmadığı da söylenemez. Arkeologlar ilk insan gereçlerinin, kamplarının ve daha da önemlisi, bu insanların uçurumlarda ya da mağaralarda bıraktıkları hayvan, av ve kendi resimlerinin izlerini buldular. Sayıları az ve tükenmekte de olsa, günümüzde varlığını sürdüren göçebe kabilelerden de bazı bilgiler edindik. Bu kabilelerin sahip oldukları bilginin boyutlarını ise yeni yeni takdir etmeye başladık.

Örneğin, insanlar Avustralya'da en az 50.000 yıldır yaşıyorlar. Oraya Endonezya'dan gelmek bile açık denizlerde yol alabilen tekneler yapmayı gerektiriyordu. Kıtaya ulaşmayı başaran insanların ise tamamen farklı bir iklime uyum sağlaması gerekiyordu. Varlığını sürdüren (ki 50.000 yıl içinde bunu başarabilen kaç kültür olabilir?) aborijin kültürlerden elde edilen bulgular, bu insanların güneş ya da ay yerine, mevsim değişimlerini temel alan karmaşık takvimler geliştirdiğini gösteriyor. Takvimler belli bitkilerin gelişimini ve sık görülen rüzgarların değişimini gösteren işaretler taşıyor. Amerika kıtalarının yerli halkları da yetişen bitkilere ve gördükleri kuşlara göre, somon balığının ya da karibunun göç zamanlarını tahmin ediyordu.

BİLİMİN ÖNCÜLERİ

Doğal dünyaya olan bu yakınlıkları ilk insanları yaşamın, dünyanın ve kendilerinin var oluşu üzerine düşünmeye itmiş miydi? Yine yazılı kayıtların yokluğunda, elimizde yalnızca yetersiz arkeolojik bulgular ile günümüz göçebe kabilelerinin inançları mevcut. Bazı insanbilimciler defin törenlerinin, insan yaşamına yönelik bilinçli saygının ilk örneklerini teşkil ettiğine inanıyorlar. İnsanbilimcilere göre 20.000 yıl öncesine ait mezarlıklar, en azından kimi kabilelerin ölülerine saygıyla yaklaştığını ve onları sonraki yaşamlarında kullanacaklarına inandıkları kişisel eşyalarla birlikte gömdüklerini gösteriyor.

Tayland'ın batı kıyısı açıklarında yer alan Andaman Denizi'nin göçebe balıkçı halkı gibi bazı günümüz kabilelerine bakan insanbilimciler, ilk insanların kendi yaşamlarını, çevrelerindeki canlılarla karşılaştırdıkları ve baktıkları her yerde benzerlikler

MÖ 15.000 – MS 70 civarı

MÖ 15,000 civarı
Fransa'daki en erken dönem mağara resimlerinde hayvan tasvirlerine rastlandı. Bu, insanın doğal dünyaya duyduğu merakın ilk kanıtıydı.



MÖ 570 civarı
Yunan düşünür Anaksimender ilk canlıların suda yaşadığı, sonra kara hayvanlarına dönüştüğü sonucuna vardı.

MÖ 560 civarı
Yunan düşünür Ksenofanes fosilleri inceleyerek yaşamın gelişimi üzerine tahminlerde bulundu.



TARİH ÖNCESİNDE DE VAR OLAN BİR TÜR BAL

Orta Avustralya'nın verimsiz topraklarında yaşayan aborijin kabile insanları, iğnesiz yabanarılarının ürettiği, günümüzde "şekertorbası" diye adlandırılan bala büyük önem veriyordu.

gördükleri sonucuna varıyorlar. Tıpkı insanlar gibi hayvan ve bitkiler de doğuyor, yaşıyor ve ölüyordu. Onların da anne ve babaları vardı; onlar da kendilerine eş buluyor, ürüyor ve yavrularını koruyarak büyütüyorlardı. Yiyecek ve su olmadığında ister bitki olsun ister hayvan, tüm canlılar criyip ölüyordu. Bu anlamda insanlar için tüm canlıların çocukluk, gelişim, cinsel olgunluk, hastalık ve yaşlanmayı yaşadığı sonucuna varmak çok da zor değildi. Tüm bunlar doğruysa da, yine insanlar gibi tüm canlıların duyguları, arzuları, hatta hayalleri olmalıydı. Onlar da acı ve zevki tadıyorlardı. Kendilerini ifade edebiliyorlardı. Örneğin, sonbaharda donmuş göllerden gürültülü çatırtılar geliyordu ve belki bazı göller üstlerini kaplayacak, onları soğuktan koruyacak karlara gereksinim duyduklarını söylüyordu. Eğer canlılar insanlara bu kadar benziyorsa, onlarda da benzeri bir ruhsal öz, bir yaşam duygusu olmalıydı.

Doğal dünyanın bu yorumuna

MÖ 380 civarı
Yunan düşünür Platon (Eflatun) vatanı Yunanistan'da toprak erozyonunun, aşırı otlatmanın ve ormanların yok edilmesinin sonuçlarını açıkladı

MÖ 350 civarı
Yunan düşünür Aristoteles hayvanları kategorize etmeye çalıştı; *Hayvanların Tarihi* ve *Hayvanların Kısımları*'nı yazdı.

MÖ 320 civarı
Yunan bilgin Theophrastus (Teofrast) sistematik bitki çalışmalarına başladı. Önemli kitaplar yazdı: *Bitkilerin Tarihi* ve *Bitkilerin Amaçları Üzerine*.

MS 50-70 civarı
Romalı âlim Büyük Pliny (Gaius Plinius Secundus) tarafından *Historia Naturalis* yayımlandı.

AVCI-TOPLAYICILAR
Güney Afrika'daki Kalahari Havzası'nda son 11.000 yıldır yaşayan yerli avcı-toplayıcılara *San* ya da *Khoisan* deniyor. Halkın çiftçilik yapmak zorunda kalmamış olan bölümü, Paleolitik yaşam tarzlarını halen sürdürüyor.



"animizm" (canlıcılık/ruhçuluk) denir. Bu isim Latincede nefes ya da ruh anlamına gelen animus sözcüğünden gelir. Animist insanlar doğal dünyaya tıpkı birbirlerine yaklaştıkları gibi yaklaşırlar: Kendilerine yiyecek, giysi ya da barınak sağlayan bitki ve hayvanlara saygılarını gösterirler. Cömert rüzgarlara ya da denizlere şükranlarını iletir, kendilerine zarar getirebileceğini hissettikleri şeylerden korkarlar. Gerekli gördüklerinde doğal dünyayla iyi ilişkileri sürdürmek için adaklar sunarlar, çünkü etraflarındaki dünyada yaşayan varlıkların bunlara karşılık şük-

ranlarını bildirip, onları ödüllendireceğine inanırlar.

Animizm doğaya tapınmakla aynı şey değildir. Animistler doğal dünyaya boyun eğdiklerine değil, onunla ortak bir bağları olduğuna inanırlar. Doğa onlarla konuşur. Peki bu bir bilim mi (idi)? En azından bir anlamda bilgelik olduğu söylenebilir.

Andaman'ın Moken halkı, Hint Okyanusu havzasında on binlerce kişinin ölümüne yol açan 2004 Aralık tarihli tsunamiden sağ çıktı. Bilimciler uyarı göndermek için geç kalındığını düşünmüşlerdi ama denizin ada kıyısından çekildiğini gören Moken halkı, Andaman'da en az 500 yıldır böyle bir tsunami olmadığı halde, bunu yükseklere tırmanmak gerektiğine dair bir işaret olarak algıladı.

Bundan 10.000 yıl kadar önce yerküre üstünde büyük değişiklikler gerçekleşti. Kuzey Kutbu'ndan Kuzey Yarımküre'nin ortalarına dek uzanan binlerce metre derinliğindeki buzullar geri çekilmeye başladı. Kuzey iklimlerde yaşayan insanların hayatı kolaylaştı, ayak değmemiş bölgelere göç başladı. İnsanlar buralarda –yani o dönemde dünyanın hemen her yerinde– tarımsal faaliyetlere girişti.

Birçok insan, göç sırasında yanlarında götürdükleri hayvanları evcilleştirmeyi başardı. MÖ 5000'lere gelindiğinde, biyolojik kalıtım kavramı, en azından hayvanlar kadar bitkileri de seçerek yetiştirme yoluna girilecek kadar anlaşılmıştı. Akılla ya da tesadüfen dönüşümlü ekin ekmenin, sulamanın ve toprağı işlemenin yararları keşfedilmişti.

Yiyecek peşinde koşmaktansa onu yetiştirme becerisini geliştirmek, insanla doğa arasındaki ilişkiyi de değiştirdi. Bu, aynı zamanda insanın, yaşamın ortaya çıkışıyla ilgili düşünüşünü de etkiledi. İnsan belki de artık kendisini bitki ve hayvan ruhuyla benzeştirmiyordu, çünkü onları kendi amacına göre idare etmeye başlamıştı. Topluluklar, kasabalar ve kentler oluştukça da, yeni toplumsal yapıların gerekleri, yepyeni fikirleri doğurdu. Hangi nedenle olursa olsun insan, doğayı ve güçlerini anlamak için daha büyük sistemler geliştirmeye başladı.

Ortadoğu'da evreni başlatan ve insan, hayvan ve bitkilere onun içinde bir yer veren tanrılar doğdu. Uzakdoğu'da dünya, çeşitli modeller ve döngülerden oluşuyordu ve insanın bunlara hükmeden kural ve ilişkileri kavraması gerekiyordu. Kültürden kültüre bu yaklaşımlar da farklılık gösteriyordu. Bu tür spekülasyonların sürdürülmesi –tarım ve ticaretin gerekleri ve yazı dili ile matematiğin de gelişimiyle birlikte– milattan önceki son yüzyıllarda yaşamın doğasına yönelik ilk araştırmaların önünü açtı.

BİLİMİN KÖKLERİ

Yunanistan ve bugün Türkiye adıyla anılan topraklar ticaret ve seyahatin kavşaklarıydı. Liman kentleri Akdeniz'in dört bir yanına dağılmış kültür merkezlerinden gelenleri karşılıyordu. Yunanlar deniz ticaretinde aktif bir halktı. Ticaret ise eşya olduğu kadar, fikir alışverişine de aracılık ediyordu ki MÖ 6. yüzyıl dünyası da yepyeni fikirlerle doluydu.

Aynı dönemde Kuzey Hindistan'da Sidarta Gautama, manevi hazinenin arayışı uğruna dünyevi servetini terk etmişti. Geçici diye adlandırdığı dünyada, yaşamın özüyle ilgili kendisine binbir soru soran bu gezgin düşünür, bilgeliği yüzünden Buda diye anılacaktı.

MÖ 6. yüzyıl Çin'inde ise teknolojinin yanısıra, Konfüçyüsçülüğün katı ahlakçılığından Daoizm'in soyut ve karşıtlık uyandıran gerçeklerine dek farklılık gösteren altı klasik düşünce okulu doğmuştu. Yunanlar sözkonusu olsa bu okullardan herhangi biri ahlak felsefesine büyük güç kazandırabilirdi. Ancak Çinliler doğanın günlük işleyişine karşı fazla merak duymuyorlardı. Bu konuda MÖ 6 ila 4. yüzyıl arası Yunan doğa filozoflarının antik dünyada rakibi yoktu.

Miletli Thales hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 25.

Kimi zaman akademiden çok tarikatları andıran öğrenim merkezlerindeki Yunan düşünürler "physis", yani doğa kavramı üzerine düşünmeye başladılar. Bu kavram Batı ilminin gelişiminde kilit rol oynadı.

Çoğu zaman "doğa" şeklinde tercüme edilse de, aslında "physis" kelimesinin Yunanca kökü "gelişmek" ya da "...haline gelmek" anlamındadır. Sözcük, dış kuvvetlerin değil, kendi yasalarının hükmü altındaki evrenin, tüm düzenine karşın, sürekli değişen bir sistem olduğunu ima ediyordu. Kavranabilir evren anlayışından da destek alan ilk doğa düşünürleri, doğanın temel ve indirgenemez bir maddeden meydana geldiğini ileri sürdüler. Doğanın bütün kuvvetlerine etki eden bu element, yine de kendi kimliğinden ödün vermiyor ve tüm maddenin özünü oluşturuyordu.

Problemi ilk kez ele alan ve –en azından kendi anlayışına göre– çözen kişi, Yunan gökbilimci, matematikçi ve düşünür Thales'ti. Thales, Anadolu kıyısındaki İyonya kenti Milet'te doğdu ve MÖ 624 ile 547 arasında yaşadı. Bir güneş tutulmasını, çok az kişinin bilgi sahibi olduğu bir dönemde öngörerek ün kazandı.

Thales yaşamın temel elementinin su olduğuna inanıyordu. Başka hangi madde var olup, yok olduğu halde böylesine değişmeden kalabilir, diye düşünüyordu. Su sıvı gibi akıyor, donarak katılaşıyor, hatta buharlaşarak havaya karışıyordu.

Aristoteles de dahil, daha sonraki düşünürler Thales'le aynı görüşü paylaşmasalar da, onu doğa çalışmalarını başlatan kişi olarak kabul ettiler. Thales hem fiziksel hem de felsefi bütünlüğe sahip ve yaşam ile doğanın işleyişini açıklarken sırtını tanrılara ya da mitlere yaslamayan türden bir doğal dünya görüşü geliştirmişti.

Thales'i, suyun evrensel element olamayacağını söyleyen Anaksimander izledi. Ona göre temel element bir madde değil, "*apeiron*" adını verdiği bir şeydi. *Apeiron*'un kendine özgü bir niteliği yoktu ama sınırsızdı, belirsizdi, ilahiydi ve doğanın üreme ve yıkım kuvvetleri karşısında kendisi olarak kalabilmeyi başarıyordu.

Anaksimender'in öğrencisi Miletli Anaksimenes, *apeiron*'u reddederek, havanın ya da buharın temel madde olduğunu ileri sürdü. Tıpkı su gibi hava da ateşe, rüzgâra, buluta, suya, toprağa ve taşa dönüşmesine rağ-

men özünü koruyabiliyordu.

Herakleitos havayı reddetti ve kendi evrenini ateş üzerine yapılandırdı. Ona göre ateşin dumanı göğe yükseliyor, yağmur olarak geri dönüyordu. Yağmur okyanusları yaratıyor, okyanuslar toprağı canlandırıyordu. Herakleitos, bunlardan da önemlisi, doğanın sürekli bir değişim içinde olduğu görüşünü geliştirdi. En ünlü sözleriyle ifade ettiği gibi, "Aynı ırmakta iki kez yıkanılmaz."

Herakleitos dünyayı birbirine zıt iç kuvvetlerle dolu bir yer; bir yaratılış ve yokoluş gelgiti; kendi deyişiyle, gergin bir yayın oku gibi daimi bir gerilim içindeki itme-çekme hali olarak görüyordu. Tüm bunlara rağmen, ya da tüm bunlar yüzünden doğa, nihayetinde dinamik bir denge durumuydu. Değişim kozmik düzeni koruyordu. Ancak evrenin *logos* diye bilinen temel düzenini koruyabilmesi için bu kuvvetler bazı yasalara tâbiydi. Herakleitos günümüze dek kalan aforizmalarından birinde, kozmik ateş bile "belli bir ölçüyle yanar, belli bir ölçüyle söner" demişti.

Başka bir aforizmasında ise, "Doğa gizlenmeye bayılır," demiş, "bariz olmayan bir uyum, bariz olandan daha güçlüdür," diye de eklemişti. Tıpkı bir müzik telinin armonisi gibi, doğa da anlaşılmaya, hatta ölçülmeye yatkındı.

Herakleitos *logos*'un önemine, varlıkların yönetimi ya da uyumlu düzenine inanıyor ve bunu yalnızca evreni anlamanın bir yolu olarak değil, aynı zamanda anlamlı bir yaşamın gereği olarak görüyordu. İnsanların bu konudaki cehaletine katlanamıyor ve şikâyet ediyordu: "Her şey Logos'a göre vuku bulduğu halde insanlar sanki her tür deneyimden yoksun gibi görünüyorlar. Hatta benim "physis"i açıklamak, Logos'un her şey için geçerli olduğunu ve ne anlama geldiğini anlatmak için kullandığım sözleri ve yaptıklarımı deneyimlerken bile öyle görünüyorlar. İnsanlığın geri kalanı ise uyurken ne kadar şuursuzsa, uyanıkken de yaptıklarından o kadar habersiz."

ARİSTOTELES

Bilimin Babası

MÖ 384
Yunanistan, Stagira'da doğdu

MÖ 367
17 yaşında Atina'daki Platon'un Akademisi'ne katıldı ve sonraki 20 yıl akademide geçirdi.

MÖ 348 ya da 347
Platon'un ölümü üzerine Atina'dan ayrılarak, Misya'daki Asos'a (Anadolu) gitti.

MÖ 345-342
Lesbos adasında doğa tarihi üzerine çalıştı.

MÖ 342
Kral II. Philip'in oğlu Iskender'e eğitim vermek üzere Makedonya'ya döndü.

MÖ 336
Tüm bilgileri derleyen bir ansiklopedi yazmak için malzeme toplamaya başladı.

MÖ 335 ya da 334
Atina'ya döndü ve Lyceum'da kendi okulunun başına geçti.

MÖ 322
Yunanistan, Chalcis'de öldü.

Başlıca bilimsel çalışmaları

Physica (Fizik)

De caelo (Gökler Üzerine)

Meteorologica (Meteoroloji)

Historia animalium (Hayvanların Tarihi)

De generatione animalium (Hayvan Nesilleri Üzerine)

De partibus animalium (Hayvanların Kısımları)

De incessu animalium (Hayvanların Gelişimi)

PLATON'UN AKADEMİSİ
"Akademinin Düşünürleri" adı Roma mozaiği, Yunan düşünür Platon ve öğrencilerini Atina Akropolü'nde resmediyor.

Ümitsizliğe olan eğilimi ve insan doğasına kötümser yaklaşımı Herakleitos'a "Ağlayan Filozof" lakabını kazandırdı. Büyük olasılıkla alaya alma amaçlı anlatılan bir hikayeye göre Herakleitos en sonunda bir münzevi oldu, ot ve bitki yiyerek dağlarda yaşamaya başladı ve kendisini ahıra kapatarak, gübre ısısıyla ödem hastalığını iyileştirmeye çalışırken öldü. Hikaye edilen tuhaflıkları bir yana, Herakleitos çağdaşlarıyla birlikte Yunan evren anlayışını tanımlamakla kalmadı, Batı düşüncesini –özellikle de bilimsel düşünceyi– günümüze dek izleyeceği yola doğru yöneltti. Evren görüşünü, insan varlığı görüşüne uygulayan tek kişi Herakleitos değildi. Ne o, ne de dönemin diğer Yunan düşünürleri, evrenin doğasına yönelik araştırmaları ile insan doğası ve ahlakına ilişkin



araştırmalar arasında bir ayrım yapıyordu. Yaşamıyla MÖ 4. ve 5. yüzyıllar arasında köprü kuran Abderalı Demokritos, sade diliyle bunu şöyle ifade etmişti: "İnsan küçük bir evrendir."

Düşünür Platon'a göre duyularımızla deneyimlediğimiz dünya, değişim ve belirsizlikle doluydu. Evrenin işleyişini anlamak için duyusal deneyimler ve gözlem yetersizdi. Mantık ve düşünce Platon'un en sevdiği araştırma yöntemleriydi. Bu önermeden yola çıkan düşünür, ünlü görüşünü ortaya koydu: Duyularımızla algıladığımız dünyanın ötesinde sonsuz biçimlerden oluşan dünya yer alır. Bu, değişmez, ideal gerçekliğin dünyasıdır.

Örneğin, gözlerimizle gördüğümüz ve parmaklarımızla dokunduğumuz ağaç ölçülebilir, kesilebilir, doğranabilir ve yakılabilir. İnceleme amacıyla yaklaşıldığında bu ağaç bir anlam ifade edebilir, ama daha geniş bir gerçeklik boyutunda duyularla algıladığımız sözkonusu ağaç bir görüntüden öte değildir ve yüksek zihnimizle algıladığımız ağaç ideasından çok daha önemsizdir. Ağaç ideası değişime ve yıkıma tâbi değildir. İdeal bir biçimi; bir ağacın ya da tüm ağaçların kalıcı gerçekliğini temsil eder. Değişmez formlar dünyasını araştırmak için ampirik gözlem yerine düşünceye ve mantığa başvurmak gerekir.

Platon'u ve ondan önceki filozofları okurken, işleyişi hakkında çok az şey bilinen doğal dünyaya üzerine teoriler üretildiğini akılda bulundurmak gerekir. O dönemde deneysellik, özellikle de felsefi düşüncenin deneyden çok önce ortaya çıkması nedeniyle, oldukça sınırlıydı.

Aristoteles bu koşulları değiştirmeye çalıştı. 20 yıl boyunca Platon'un öğrencisi olsa da, onun MÖ 347'deki ölümünün ardından, gitgide genişleyen ilgi alanlarını araştırmak üzere akademiden ayrıldı. Lesbos adasında öğrencisi Theophrastus ile birlikte bitkileri ve hayvanları gözlemlemeye, ayrıntılı notlar tutmaya başladı. Bir tek bu bile Aristoteles'i akıl hocasından ayırmak için yeterliydi: Platon bu tür uğraşları küçümserdi. Oysa sözkonusu uğraşlar, Aristoteles ile Theophrastus'un, dönemin yenilikçi bilimsel zekaları arasında yer almalarını sağladı.

Aristoteles fizik dünyaya yönelik kendi gözlemlerinin, Platon'un idealarından çok daha fazla şey ifade ettiğine inanıyordu. Nasıl olur da, örneğin, bir bitkinin ideal ve değişmez formu, bitkinin kendisi olmadan var olabilirdi? Formlar doğa hakkında hiçbir bilgi veremezdi, çünkü varlıkları doğanın dışındaydı. Aristoteles'e göre olgular ancak gözlemden elde edilir, teoriler ise olgulara dayanarak geliştirilirdi. Teorilerin de gözlemle doğrulanması gerekirdi.

Aristoteles'e göre, ilk olarak bir madde vardı ve tüm varlıklar ondan yaratılmıştı; ikincisi, bir yaratılış aracı vardı; üçüncüsü, bir dizi özellikler vardı; ve son olarak bir niyet ya da amaç vardı. Filozof, varlıkların bu özelliklerine "nedenler" adını vermişti. Maddesel dünyadaki her şeyin, nihai kusursuzluğa vararak gerçekleştirdiği bir amacı vardı Aristoteles için. Bu durum, varlıkların özlerinin bir parçasıydı.

TELEOLOJİ

Aristoteles'ten 18. yüzyılda Kant'a dek tüm düşünürler, bilime teleolojik yaklaşımı benimseyerek, evrendeki ve canlılar arasındaki tüm değişimin kusursuzluğa doğru geliştiğini ve mevcut durumlarında var olan ya da gizilce etkili olan bir tasarımı ortaya çıkardığını ileri sürdü.

ÖĞRETMEN ARISTOTELES

7. yüzyıldan 13. yüzyıla dek Arap ve Yahudi alimler Yunan düşünür Aristoteles'in çalışmalarını tercüme ve analiz ettiler ve onun eserlerini temel aldılar. 13. yüzyıla ait bu Türk elyazması, Aristoteles'i öğrencilerine ders verirken resmediyor.



Doğanın bir amaca ve kusursuzluğa doğru ilerlediği inancı "teleoloji" olarak bilinir. Yunancada *telos*, hedef ya da amaç anlamına gelir. Doğa gözlemlerinin sonucunda Aristoteles, izlediği her şeyin tasarımında bir rasyonellik, işleyişinde bir amaç sergilediğine inanmıştı. Onun evreninde madde, uzay, zaman ve hareketin hep teleolojik işlevleri vardı.

Fizik dünyayı mümkün kılan şey hareketti. O olmasa evrende değişim olmayacaktı. Değişim olmadan zaman olmayacaktı. Değişim ve hareketi gözlemleyecek ve ölçümleyecek bir akıl olmadığında ise zamanın bir etkisi olmayacaktı. Yani tüm varlıklar, Aristoteles'in "entelekya" adını verdiği tam olgunluk haline doğru ilerleme kabiliyetini içlerinde barındırıyordu.

Alternatif bir yaşam özü arayışında olan Aristoteles, kendinden önceki düşünürlerin seçimlerini kabul etmiyordu: su, "apeiron", ateş, atomlar ya da hava. O daha çok, dört te-

1551 – 1735

1551-1558
İsviçreli natüralist Conrad Gesner, ilk zooloji eserlerinden biri olan önemli çalışması *Historia animalum*'u yayımladı.

1590-1608
Hollandalı mucitler Hans ve Zacharias Janssen bir bileşik mikroskop yaptılar.



1665
Robbert Hooke mikroskobuyla mantardaki hücreleri keşfetti.

1665
Hooke, mikroskopla yaptığı biyolojik gözlemleri anlattığı *Micrographia*'yı yayımladı.

mel elemente inanıyordu: ateş, hava, toprak ve su. Aristoteles'e göre bu elementlerin her biri, birbirine dönüşebiliyordu, yani tüm diğer Aristocu yapılar gibi, maddenin de içsel bir teleolojisi vardı. Madde belli bir sürekliliği takip ederek form ediniyordu. Bu süreklilik, alt formlardan üst formlara doğru yükselen bir varoluş skalasıydı. Skalanın üstlerine doğru yükseldikçe form daha gelişkin ve düzenli bir hal alıyor, ruh daha karmaşıklaşıyor, cansız varlıklardan insana doğru geçiş yapılıyordu.

Aristoteles, diğer düşünürlerin bedenden ayrı ve farklı gördüğü ruhun bile, bedenin organik bir parçası olabileceğini öne sürdü. "Vücudun mevcudiyeti ve enetelekya'sı olan ruh, aynı zamanda bir form, bir hareket ilkesi ve bir sondur." Bitkiler ise Aristoteles'in "besleyici ruh" dediği şeye sahipti ve bu sayede besinleri özümleyerek üremeyi sürdürebiliyordu. Hayvanlarda da besleyici ruh vardı, ama onlar fazladan bazı duygulara ve besin bulmalarını sağlayan hareketlere sahipti. İnsan ruhu ise tüm bunlara ek olarak, rasyonel düşünme olasılığını barındırıyordu. Tüm varlıkların ortak noktası, bedenin ve ruhun bir amacının olmasıydı: kendi tabiatlarının gereğini yerine getirmek.

Büyük tasarım yaklaşımı, Aristoteles'e neler sağladı? Birincisi, doğada gözlemlediği çeşitli maddesel formların yalnızca benzerliklerini değil, aynı zamanda farklılıklarını da analiz etmeye başlamasını kolaylaştırdı. Ondan önce hiçbir doğa felsefecisi bu kadar çok ve ayrıntılı saha gözlemi gerçekleştirmemişti. Aristoteles'in günümüze dek korunan eserlerinin –mantıktan fiziğe, etikten politikaya kadar çeşitli konularda yazılmış çok sayıda yazı– üçte biri doğa üzerinedir. Onun canlıları sınıflandırma sistemiyle karşılaştırılabilecek türden bir çalışma bin yıldan fazla bir süre gerçekleştirilemedi.

Elinde gitgide biriken gözlemlerinden başka bir şeyi olmayan Aristoteles, türleri sadece fiziksel görünümlerine göre sınıflandırmanın verimsiz olduğunu fark etti. İnsanları "tüysüz iki-bacaklılar" diye sınıflandıran Platon'a, "Platon'un insanı" adı takılan, tüyleri yolunmuş bir tavuk verildiğini duymuştu.

Bunun üzerine Aristoteles basit bir sistem geliştirdi: Hayvanlar âle-

1668
İtalyan doktor Francesco Redi, çürüyen maddeler üstündeki sinek ve kurtçukları gözlemleyerek kendiliğinden üreme teorisini çürüttü.

1669
Hollandalı natüralist Jan Swammerdam *Böceklerin Doğal Tarihi*'ni yayımladı ve kitapta böceklerle akrepleri tanımlayarak sınıflandırdı.

1674
Antoni van Leeuwenhoek protozoayı (tek hücreliler) inceledi ve onlara "hayvancıklar" adını verdi.

1735
İsveçli taksonomist Carolus Linnaeus, *Systema naturae*'yı yayımladı ve kitapta bitki, hayvan ve mineraller için bir sınıflandırma sistemini tanıttı.

VİVİSEKSİYONİSTLER (CANLI TEŞRİHÇİLER)
Viviseksiyonist canlı hayvan ya da insanları keserek inceleyen kişiye denir. MÖ 6. yüzyılda İtalya'da yaşayan fizyolog ve filozof Alkmaeon'un, viviseksiyon (canlı teşrih) gerçekleştiren ilk kişi olduğuna inanılır. MÖ 4. ve 3. yüzyıllarda yaşayan Yunan hekim Herophilus'un ise 600'den fazla mahkûm üzerinde viviseksiyon gerçekleştirdiği biliniyor. Nazi doktoru Josef Mengele ile Japon doktor Fukujiro Ishiyama da II. Dünya Savaşı sırasında insanlar üzerinde viviseksiyon çalışmaları yaptılar.

mini kırmızı kanlı olanlar ve olmayanlar diye ikiye ayırdı. (Omurgalılara benzetilebilecek) ilk gruba memeliler, kuşlar, sürüngenler ile amfibiler, balıklar ve balinalar dahildi. (Omurgalılara benzetilebilecek) kansız hayvanlar grubu ise kafadanbacaklılar, kabuklular, böcek ve örümcekler, kabuklu hayvanlar ve mercan gibi bitkiye benzeyen hayvanları içeriyordu. Tüm bunların üstünde ise "cinsler" diye adlandırdığı ve türleri isimlendirdiği geniş kategoriler vardı.

Aristoteles ayrıca hayvanları, yavrulayan ve yumurtlayan diye de ikiye ayırmıştı. Yumurtlayanları ise kuşumsu yumurtalar ve balığımsı yumurtalar diye sınıflandırmıştı. Bu yöntemi sayesinde Aristoteles, yavrulayan yunusların balıktan çok memelilere yakın olması gerektiğini anlamıştı.

Hayvanların Gelişimi Üzerine adlı çalışmasında Aristoteles üremeyi ele aldı. Tavuk yumurtalarını inceleyerek embriyonların yumurtada ya da rahimde gelişen minyatür yetişkinler olmadıklarını keşfetti. Kalıtımın bazı etkilerini de fark etti. Sığır gibi kimi geviş getirenlerin karmaşık mide sistemleri ve geniş, kör dişleri olduğunu kavradı. Bunların bütünleyici özellikler olabileceğini düşündü: Dişlerden kaynaklanan beslenme kısıtları, bileşik mide tarafından telafi ediliyordu. "Doğa bir yerden eksilttiğini, mutlaka başka bir yere verir," diyordu notlarında. Gerçek anlamda deneysel çalışmalara az rastlanan bir dönemde Aristoteles elde ettiği verileri dikkatle incelemiş, onlardan yola çıkarak problem formülleri geliştirmiş ve yanıtlar aramıştı.

Aristoteles'in engin düşünce alanına üstünlük sağlayabilecek tek şey, belki de yine kendi yeteneğiydi; gözlemlediği ve sınıflandırdığı her şeyi belli bir sisteme oturtmasına rağmen, bir yandan da tüm varlıkların bir amacı olduğu ve bu amacı kusursuzlaştırmaya doğru ilerlediği inancına sadık kalmaya yönelik bir yetenekti bu. Aristoteles bu kriterleri harekete, maddeye, biçime ve işleve; organik ve inorganik varlıklara; bitkilere, hayvanlara ve insanlara uyguladı.

Eski çağ düşünürlerinin çoğu "İnsan yaşamının amacı nedir" sorusunu sordu. "Mutlu olmaktır" yanıtını verdi Aristoteles. Peki mutluluğa giden yolu belirleyen nedir? Ahlaki ve entelektüel erdemlilik. İnsan doğasını olgunluğa götüren şey nedir? Akıl melekesinin kusursuzlaştırılması. Tüm bu felsefi ilkeler Ortaçağ boyunca, hatta günümüze dek bilime ve insan bilgisine dayalı teorilere büyük katkılar sağladı.

ORTAÇAĞ'IN GÖZLERİ AÇILIYOR

Akdeniz ülkeleri üzerinden gelip geçen ticaret yolları ve kabileler sayesinde uzak yerlere, ilginç olaylara ilişkin haberler geldikçe, doğal dünya sonsuz çeşitliliğe sahip gibi görünmeye başladı. MS 1. yüzyılda Pliny, duyduğu ya da okuduğu her şeyi kataloglamaya karar verdi: aslan, panter ve fil tasvirleri; Hindistan'da "ayakları ters yöne bakan ve sekiz parmaklı" bir kabile; bakışlarıyla "herkesin anında düşüp ölmesine neden olan, 'catoblepas' isimli vahşi bir yaratık".

VİTALİZM (YAŞAMSALCILIK)

Pek çok kişi canlı ve cansız yaşamı birbirinden ayıran şeyin, bilinmez bir yaşamsal kuvvet olduğu görüşünü savunan vitalizm (yaşamsalcılık) kavramından, Aristoteles'in neden, ruh ve biçim üzerine yazılarını sorumlu tutar. Varlığını günümüzde sürdürüyor olsa da vitalizm daha çok 16. yüzyıl ile 18. yüzyıl arasında etkili oldu. Bu dönemde vitalizm kavramı, organizmaları karmaşık makinelere benzeten mekanik görüşün rakibiydi. Rönesans dönemi ve sonrasında fizyolojide kaydedilen gelişmeler kas, sinir ve organ işleyişine yönelik bilgiyi arttırdıkça, bedene daha mekanik yaklaşan görüş yaygınlaştı. Ancak vitalistler için anatomik fizik ancak buraya kadarını açıklayabilirdi. Oysa yaşamsal bir kuvvetin organizmaya can vermesi, algı ve anlayış kazandırması, üremeyi yönlendirmesi ve hatta belki de sistemin düzenini sağlaması gerekirdi.



Marie-Francois-Xavier Bichat insan vücudunda 21 çeşit doku belirledi.

Yaşamsal kuvvet görüşü dini, ilahi ya da felsefi bir kavram değildi ama dinin, ilahiyatın ve felsefenin benimsediği bir kavramdı. Henüz bilinmeyen fizyolojik bir gerçekliğin varlığını temel alan, bilimsel bir kavramdı. Yaşamsal kuvvet tamamen yalındı. O ne Batı'daki ruh, ne de Çin'deki *Çi* veya *Tao* idi. Titiz bir deneysel bilimci olan Louis Pasteur bile bazı hücresel olayları yaşamsal kuvvet dışında hiçbir şeyin açıklayamayacağına inanıyordu. Tıpkı cisimlerin görünmez kütleçekim kuvveti sonucu yere düşmesi gibi, vitalistlere göre bazı hücresel fonksiyonlar ve dolayısıyla organizma fonksiyonları da görünmez bir yaşamsal kuvvetten kaynaklanıyordu.

Fransız matematikçi ve düşünür René Descartes, mekanik görüşün önde gelen savunucularındandı. Fransız anatomi uzmanı Marie-Francois-Xavier Bichat ise aynı fikirde değildi. Bunun nedeni, Descartes'ın düşüncesine dini itirazları olması değil, insan organ ve dokuları üstünde çok sayıda inceleme yapmış olmasıydı. Bichat yaşamın temel birimlerinin dokular olduğuna inanıyor ve dokuların hastalık, çürüme ve ölüme direnmesini sağlayan bir yaşamsal kuvvetin olması gerektiğini düşünüyordu.

Mikroskoplar zaman içinde hücrenin karmaşıklığını açığa çıkardılar, kimya ise onun komplike moleküler işlevlerini. Ve o güne dek yaşamsal kuvvetle açıklanagelen sırların sayısı gitgide azaldı. Sonunda vitalizm etkisini yitirdi ama onun değerli bir felsefi kavram olduğunu düşünenler yok değildi. Organizmanın temel kimyasını ancak böyle bir şeyin yönetebileceğine ve cansız kimyasallardan karmaşık yaşam formlarına doğru giden evrime, ancak bu tür bir kuvvetin ilham vereceğine inananlar hâlâ mevcuttu.

Acaba Aristoteles'in aklındaki de bu tür bir bilimsel vitalizm miydi? Vitalizm bilinmez bir kuvvetin var olduğunu ve deney ile gözlemin açıklayamadığı şeyleri açıklayabildiğini ileri sürer. Ne var ki teori ve deney her gün yeni soruları yanıtladıkça, vitalizm mantığı da etkisini yitiriyor.

Aristoteles bilinmez kuvvetlerden söz etmiyordu. O, gözlem ve aklı tüm bilimlerin temeli olarak görüyordu. İnsan algısı ve zihninin eninde sonunda her şeyi kavrayabileceği inancıyla, henüz açıklanamayan fenomenleri -ruh, imgelem, evrim, evrenin ihtişamı- gözlemlemeyi sürdürmek gerekir.

Daha sonraki yazarlara kıyasla Pliny bir şüpheciydi. Örneğin, ikinci yüzyılda Romalı Claudius Aelianus, okuyucularına aritmetik yapabilen bir anka kuşu ile iki kafalı, dört boynuzlu, sekiz ayaklı ve iki kuyruklu (aslında kuyruklar konusunda pek emin değildi), konuşan bir Mısır koyunundan söz ediyordu.

Önemli olan bu tür yaratıkların nasıl var olabildikleri sorusu değildi. 4. ve 5. yüzyıllarda yaşayan Aziz Augustine, şu sözleriyle kilise doktrinini dile getiriyordu: "Doğa sözkonusu ise, bir Hıristiyan'ın tek bilmesi gereken, her şeyin ardında yatanın, Yaratıcı'nın cömertliği olduğudur... Yunanların *physici* adını verdikleri kişilerin yaptığı gibi, varlıkların tabiatını incelemek gereksizdir." Augustine'in zamanına gelindiğinde, Aristoteles'in ünü ciddi şekilde azalmıştı. Bunun temel nedeni de Yunancanın unutulmuş, Aristoteles eserlerinin hiçbirinin Latinceye çevrilmemiş olmasıydı. Doğa soyut bir fikre dönüşmeye başlamıştı.

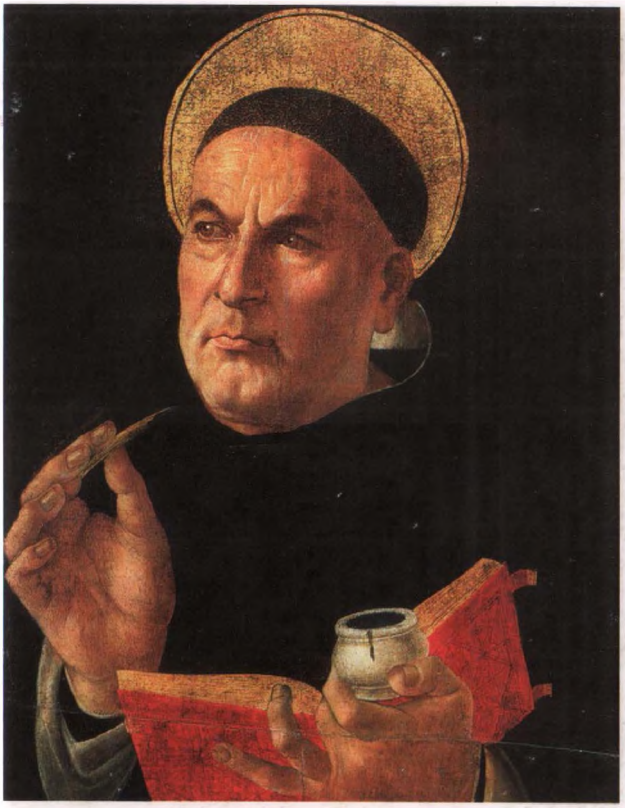
Yermerkezli evren hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 25.

Ortaçağ döneminde Hayvan Öykü Kitapları –çoğu hayali hayvanlara ait ansiklopediler– öne çıktı. Bunların en ünlülerinden biri, üçüncü yüzyıla ait ismi bilinmeyen bir Yunan tarafından yazılmış *Physiologus*'du. Başlığı "Natüralist (Doğalcı)" anlamına gelse de kitap aslında *Aesop'un (Ezop) Fabl*ları ile *Ripley'nin İster İnan İster İnanma*'larının bir karışımı gibiydi. MÖ 6. yüzyılda ortaya çıkan ama yüzyıllar içinde çeşitli kaynaklardan derlenen *Aesop'un Fabl*ları Ortaçağ'da hâlâ çok okunuyordu.

Vücut sıvıları hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 78-79.

Hıristiyanlık evreni şaşırtıcı olsa da, huzur vericiydi. Yerküre ve insan, yaradılışın merkezinde yer alıyordu; dönemin teorisine göre her şey, gerçek anlamda onların etrafında dönüyordu. Thomas Aquinas gibi Ortaçağ düşünürleri Hıristiyan doktrinini, Aristoteles ile Batlamyus kozmolojisiyle uzlaştırarak olağanüstü ahenkli bir vizyon geliştirmişti. Sonsuz sükûnetin hâkim olduğu bir düzen içinde dönen kristal kürelerin yer aldığı bir vizyondu bu. Aristoteles'in "ilk hareket ettirici"sinin yerini burada Tanrı ve eşlikçi melekler almıştı. Ay'ın bulunduğu göküreninin aşağısında kalan şeyler kusurlu ve değişime tâbiydi ama yine de belli bir noktaya kadar anlaşılabiliyordu. Aristoteles'in fiziği, klasik Yunan'ın dört vücut sıvısı ve İncil'de tasvir edilen dünya, birbiriyle büyük bir uyum içindeydi ve bundan ötesini bilmeye de gerek yoktu.

Ortaçağ'ın doğal dünyaya yönelik çalışmaları tanrıbilimsel soruları temel alıyor, bilim ise çoğu zaman tanrıbilim tartışmalarına dönüşüyordu. Dönemin tanrıbilimcilerinin bir iğne ucunda kaç meleğin dans edebileceğini tartıştıkları asılsız bir söylenti olabilir ama tartışma konuları gerçekten de bir gerçekdışılıktan diğerine atlayabiliyordu. Örneğin, Ortaçağ'da deniz kabuklusu "barnakıl"ın meyveden çıktığına ve nehir kıyısındaki ağaçlardan suya düştüğüne inanılırdı. Suya düştükten sonra ise her bahar kıta üzerinden göç eden kazlara dönüştükleri düşünülürdü. O güne dek bu kazların yumurtladığını ya da yavrularını beslediğini gören olmamıştı. Yalnızca Kuzey Kutbu'ndaki üreme topraklarına gider-



AZİZ THOMAS AQUINAS
Bu 15. yüzyıl portresinde, Aziz Thomas Aquinas derin düşüncelere dalmış olarak tasvir ediliyor. Aziz Thomas mantığının titizliği, Ortaçağ skolastik geleneğinin doruğunu oluşturdu.

ken Avrupa'dan geçen yetişkin sürülerine rastlanmıştı. Ancak insanlar barnakıl'ların biçimleri ile kaz boynu arasındaki benzerliği fark etmiş, bu yüzden de bu kazımsı kabukluların, kabukluyu andıran kazlara dönüştüğü sonucuna varmışlardı.

Hıristiyan âlimler bu kazların balık olarak mı, kuş olarak mı sınıflandırılması gerektiğini; balık olarak sınıflandırılacaksa cuma günü ya da etin yasak, balığın serbest olduğu perhiz günü yenip yenemeyeceğini tartışıyorlardı. Yahudi düşünürler ise kazların su kabuklusu, yani kendilerine yasak olan bir yiyecek olup olmadığını; eğer değilse, dini yöntemlerle kesilip kesilemeyeceğini tartışıyordu. Uygun bir çözüm bulanlar da vardı: "Barnakıl" da, kaz da ağaçtan düştüğüne göre, ikisi de balık ya da kabuklu değil, meyveydi.

TÜRLER VE TAKSONOMİ

Aristoteles hayvanları sınıflandırmak için bir sistem geliştirmişti ama 16. ve 17. yüzyıllarda mikroskopla gerçekleştirilen araştırma ve keşifler, farklı kategorizasyon ve sınıflandırma yöntemleri gerektiren yeni yaşam formlarını ortaya çıkardı.

Yapılması gereken işlerden biri, bir bitki ya da hayvan türünü diğerinden ayıran gerçek özelliğin ne olduğuna ve hangi özelliklerin tür içindeki önemsiz varyasyonları oluşturduğuna karar vermekti. İngiliz bilimci ve Anglikan rahibi John Ray basit bir kural önerdi: Bir erkek ve dişi üreyebiliyorsa ve ortaya çıkan organizma ebeveynlere benziyorsa; renk, boyut ya da diğer dış özelliklerdeki farklılıklara karşın, üyelerin hepsi aynı türe aittir.



Bitki araştırmasına çıkmak üzere olan, taksonominin babası Linnaeus, sportif kıyafetleriyle görülüyor.

Carl von Linné adıyla 1707'de doğan ve sonradan Carolus Linnaeus ismini alan İsveçli natüralist, bitkileri üreme organlarının şekillerine göre ayırmaya başladı. Linnaeus her organizma için iki Latince ismi gerekli kılan bir sınıflandırma sistemi geliştirdi; önce cins, sonra tür. Örneğin, köpek de kurt da *Canis* cinsine aitti. İkisini birbirinden ayırt etmek için Linnaeus, bilinen evcil köpek türünü *familiaris*, kurt türünü ise *lupus* diye adlandırdı.

Cins ve tür "imparatorluk" ile başlayan daha büyük bir hiyerarşik sistemin içinde yer alıyordu. İmparatorluk, yeryüzündeki her şeyi içeriyordu. Bunun ardından her organizma bir "âlem"e aitti –hayvan, bitki ya da mineraller– sonra bir "sınıf"a –Linnaeus'un sisteminde hayvanlar balık, kuş, memeli, böcek, amfibi ya da kurtçuk olabiliyordu– dahil oluyor, ardından da "takım", "cins", "tür" ve bazen türler içinde "varyete"ye ayrılıyorlardı.

Linnaeus bu sistemi anlatan ilk yazısını 1735'te yayımladı. Sistem tek bir değişiklikle –"âlem" "şube"ye dönüştü– günümüzde de kullanımını sürdürüyor. Tüm türlerin bilimsel adları resmi bir Uluslararası Adlar Dizini Kılavuzu'nda sınıflandırılmış olarak duruyor. Ancak türlerin belirlenmesinde başvurulan kriterler Linnaeus'un zamanından bu yana daha da açıklığa kavuşturuldu ve geliştirildi.

Linnaeus sınıflandırma sistemi için türlerin en temel özelliklerini seçmişti; kuşların gagaları, memelilerin dişleri, balıkların yüzgeçleri ve böceklerin kanatları. Bu sınıflandırma yöntemini o dönemde bile tüm bilimciler benimsemedi. Kimileri sistemin, bu özelliklerin zaman içinde değişime uğramadığı varsayımına dayandığını ileri sürdü. Oysa yeni fosil bulguları aksi durumu işaret ediyordu. Taksonomi bilimi bundan ancak 200 yıl kadar sonra paleontoloji ve evrimci biyolojinin bulgularıyla koordineli çalışmaya başladı.

1950'de Alman böcekbilimci Willi Hennig, organizmaların ortak evrimsel atalarını temel alan bir sınıflandırma sistemi geliştirdi. Evrim, belirleyici özelliklerin zaman içinde değişimine neden olabiliyordu. Yeni gelişmekte olan filogenetik taksonomi bilimi –ya da daha bilinen adıyla kladizm– ise organizmanın atalarıyla paylaştığı özellikler üzerine odaklanıyor.

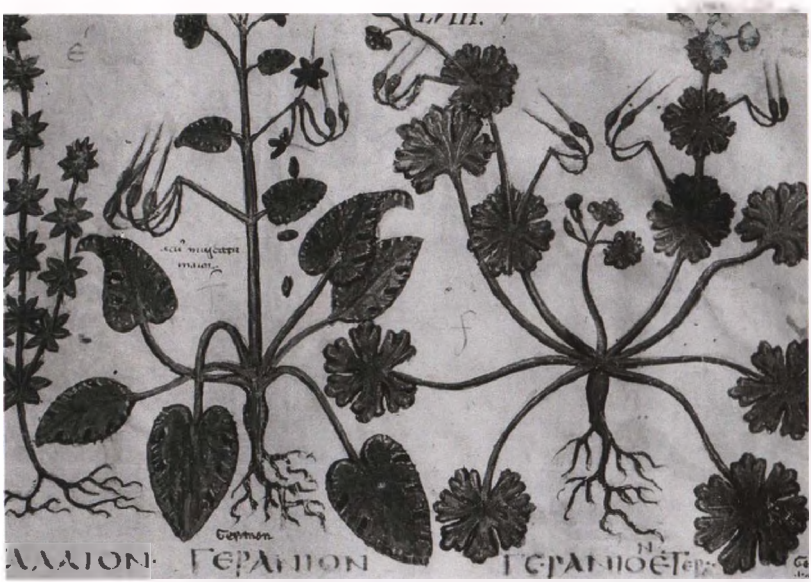
Kladistik, organizmalar arasında önceden belirlenememiş olan bazı ilişkileri de gün ışığına çıkarıyor. Örneğin, zaman içinde gelişen ve değişen benzer özellikleri belirleyen kladistler, kuşlar ve dinazorların ortak atadan geldiklerini (her bilimciyi ikna edemeseler de) gösterebildiler. Tıpkı Linnaeus'un sistemi gibi, kladistik sistemin doğruluğu da, sınıflandırmayı belirleyecek olan özelliklere yönelik kararlarla yakından ilgili. "Sınıflandırma mantığı ile evrimci teorinin en iyi karışımı"na yönelik arayış için kısa süre önce yeni sistem önerileri geliştirildi.



GÖKLER İNFİLAK EDİYOR
Dominiken rahip Albertus Magnus'a ait *De natura* isimli bu resimli Ortaçağ elyazması, şaşırtıcı derecede modern biçim ve renklerle, denizin üzerinde çakan şimşekleri resmediyor.

Tanrıbilimsel kalıplar içinde antik dönem âlimlerinin pek çok konuda yanılmış olabileceğine dair gittikçe güçlenen bir görüş yayılıyordu ve söz konusu alimlere Aristoteles, Batlamyus ve Galen gibi rakipsiz olanlar da dahildi. Görünüşe bakılırsa, doğaya daha mantıklı açıklamalar getiren yeni görüşlerin kaynağı olan bilimsel bulgu ve akılcı savlarla, bu entelektüellere meydan okumak mümkündü.

Aynı dönemlerde paralel bir düşünce eğilimi daha ortaya çıkmıştı: Tanrı'nın dünyaya ait gündelik olaylardan yavaş yavaş çekilmesi. Ancak yeni düşünce biçimleri geliştirenlerin hiçbir şekilde ateist olmadıklarını belirtmek gerekir. Aksine, çoğu dindar kişiler, hatta rahiplerdi. Ancak evrene "ilahi müdahale" konusuna bakışları, kendilerinden önce gelenlerden oldukça farklıydı. Onların büyük bir bölümü yüzyıllarca tüm



TİP KİTABI
Yunan hekim, farmakolog ve bitkibilimci Dioscorides tarafından MS 77'de yazılan *De materia medica*, 16. yüzyıla dek bitkisel ve hayvansal şifalar için temel başvuru kaynağıydı. Bu sayfa, bitkiler üzerine bir 7. yüzyıl elyazmasına ait.

doğal ve insani varoluşa Tanrı'nın her an müdahale ettiğini varsaymıştı. Ancak şimdi görünene bakılırsa yaratıcı, doğayı bir saat gibi kurduktan sonra değişmez bazı ilkelere bağlı olarak çalışacak şekilde kenara koymuştu. Bu ilkeler ise ancak akıl ve deney yoluyla anlaşılabilirdi.

BİLİMİN İLK İŞARETLERİ

Robert Grosseteste adlı bir 13. yüzyıl İngiliz piskoposu, Aristoteles'i inceledikten sonra kendini bilime verme arzusu duydu. Aristoteles'in eserleri, İslam âlimleri tarafından korunmuş, Arapçadan Latinceye çevrilmiş ve Avrupa'da yeniden yayılmaya başlamıştı. Aristoteles için bir şeyi bilmek, onun nedenlerini anlamaktı. Grosseteste ise daha bilimsel bir yöntem geliştirdi: Bilmek için gözlemlemek, analiz etmek ve nedensel ilkeleri keşfetmek; varsayım öne sürmek, sonra varsayımı test etmek gerekiyordu. Kendisinden 50 yaş küçük araştırma arkadaşı Roger Bacon da deneysel bilime bağlılıkta Grosseteste'den geri kalmıyordu. Bacon dünyayı daha iyi anladıkça, yaratıcıya ilişkin bilginin de artacağına inanıyordu. Bacon'un tanrıbilim temelli bilimsel yaklaşımı Kopernik, Kepler, Boyle ve Newton'u etkiledi.

1200'ler civarında (günümüz Güneybatı Almanya'sı) Swabia'da doğan Albertus Magnus da Aristoteles'ten ilham almıştı. Albertus böcekleri yakından gözlemledi ve onları keserek üreme organlarını inceledi. Aristoteles'in tavuk yumurtası ve

balık gelişimi örneğinin izinden giderek çeşitli çalışmalar yaptı. Ayrıca basit bir sınıflandırma sistemi de geliştirerek, bitkileri çiçeklerinin biçimine göre sınıflandırdı.

Bu dönemde düzenli bilimsel araştırmalar Avrupa'yı kasıp kavuruyordu. 13. yüzyılın ikinci yarısında Thomas Aquinas, yeni Aristocuların gönüllerince çalışma ve deney gerçekleştirmelerini söyledi, çünkü sonuçta yaptıkları, yaratıcının eserlerini açığa çıkarmaktan başka bir şey değildi.

Sonraki 300 yıl içinde yeni teknolojiler –Çin'den gelen kâğıt ve matbaa, İtalya'dan gelen metal oymabaskı ve nihayet taşınabilir dizgi– yeni fikirleri ve bilgileri doğurdu. Keşif seferleri ve Yeni Dünya'nın keşfi ise medeniyetin düşünce çerçevesini genişletti. 15. yüzyıl İtalya'sında sanatçılar yepyeni bir gerçekçiliğin peşine düşerek dünyayı hayal edildiği gibi değil, olduğu gibi resmettiler. Alegorik konulu resimler yaparken bile tek renk zemin sayesinde ayrıntılı perspektifi ve titizlikle ele alınan ışığı öne çıkardılar. Sanat –özellikle de resimli gravürler– Rönesans doğa çalışmalarında katalizör görevi görüyordu. Bu "bilimsel" sanatçıların en büyüklerinden Leonardo da Vinci'nin eserlerinin kapsamı ölümünden sonrasına dek bilinmese de, diğer sanatçılar yeni deneyciliğin sınırlarını zorladılar.

1471, Almanya, Nuremberg doğumlu Alman Rönesans ressam ve gravür sanatçısı Albrecht Dürer, bilim temelli sanatın savunucusuydu. Birebir bitki ve hayvan resimleri çiziyor, perspektif üzerine tezler yazıyordu. Bir sonraki yüzyılda bitkibilim ansiklopedileri hazırlanmaya başlandı. 1530'larda Almanya, Mainz'li Otto Brunfels üç ciltlik *Bitkilerin Canlı Resimleri* adlı eserini yayımladı. Eserde 238 bitki türü resmediliyordu. Brunfels'in koleksiyonundan önce de pek çok şifalı ve tedavi amaçlı bitki resmedilmişti ama tıpkı Ortaçağ hayvan ansiklopedileri gibi, bunların da çoğu hatalıydı. Brunfel'in kitaplarını resimleyen tahta oyma sanatçısı Hans Weiditz, bitkilerin yapısını ayrıntılarıyla göstermekle kalmadı, onları yaban ortamdaki görünümleriyle de resmetti.

Hieronymus Bock'un *Neu Kreüterbuch*'u (*Bitkiler Kitabı*) ise 1539'da yayımlandı. Alman Lutherci hekim kitapta her bitkinin yaşam öyküsünü anlatıyordu. Ancak 1546'da resimli nüshanın yayımlanmasına dek kitap hak ettiği ilgiyi göremedi. Bu tarihten sonra bile, Leonard Fuchs'un 1542'de yayımlanan *Bitkilerin Tarihi Üzerine Önemli Yorumlar*'ıyla rekabet etmek zorunda kaldı. (Fuşya bitkisi adını Fuchs'tan alır.) Fuchs'un gösterişli resimler ve süslemelerle dolu kitabında, Almanya'da görülen 400 bitki türü ile diğer ülkelere ait 100 bitki türü tanıtılıyordu. Aztek bitki çizimlerini temel alan ilk Yeni Dünya bitki kitabı 1552'de yayımlandı.

(Bir Yunanca-Latince sözlük derleyen, tıp eğitimi alan, 1100 yazardan oluşmuş açıklamalı bir bibliyografya derleyen ve 19 ciltlik bir ansiklopedi yazan İsviçreli dâhi) Conrad Gesner, *Opera Botanica*'yı yayımladı. 1500 adet tahta oyma resmine yer veren kitap, bitkileri yapılarına göre

Da Vinci hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 84.

AZİZ BÜYÜK ALBERT

Albertus Magnus, Ortaçağ döneminin en önemli bitkibilimcilerinden biriydi. Bitkileri sınıflandırmak için kullandığı yöntem, "monokot" (tek kısımlı) ve "dikot" (iki kısımlı) bitkiler kadar, damarlı ve damarsız bitki gibi modern kavramları da içeriyordu. Thomas Aquinas'ın öğrencisi olan Albertus Magnus, 20. yüzyılda Vatikan tarafından AZİZ ilan edildi.



ÜNLÜ SON DERS
İsveç kraliçesi Christina (sağda oturan) Fransız matematikçi ve düşünür (kraliçenin sağında oturan) René Descartes'tan ders alıyor. Descartes 1650 tarihli bu ziyaretinde zatürreden yaşamını yitirdi.

sınıflandırıyordu. Tüm bu çalışmalar dolayısıyla Gesner, beş ciltlik ve 4500 sayfalık hayvan yaşamı üzerine ansiklopediyi tamamlama fırsatı bulamadı. Ansiklopedi Gesner'in ölümünden 22 yıl sonra 1587'de tamamlanabildi. Bu kitap sözkonusu dönemde üretilen çok sayıda hayvanbilim referans kitabından biriydi.

Yeni bilimsel bakışa geçiş sürecinde en önemli adımlardan birini atan kişi, bir bilimciden çok politikacıydı. 1561'de Londra'da doğan Francis Bacon, Kraliçe Elizabeth'in Resmi Mühür Muhafızı'nın oğluydu. 23 yaşında parlamentoya giren Bacon'ın siyasi kariyeri, İngiltere'de yaşanan çalkantılı dönem yüzünden birçokları gibi inişli çıkışlı oldu. Kraliçe Elizabeth'in ölümünden sonra Bacon, I. James'in hizmetine girdi ve 1617'de Resmi Mühür Muhafızı; 1620'de ise Vikont St. Albans unvanını aldı. Siyasi kariyeri süresince Bacon çeşitli felsefe kitapları yazdı. Bunlar arasında bilimsel düşüncenin akışını değiştirecek bir eser de yer alıyordu: 1605 yayım tarihli *Instauratio Magna* (*Büyük Yenileme*) adlı kitabının devamı olan *The Novum Organum* (*Yeni Organon*).

Bacon bilimin gidişatını değiştirmeyi amaçlıyordu. "Yeniden başlamalıyız, en temelden," diyordu. Bilim ne felsefeydi ona göre, ne de hümanizm. Bilim bilgi birikimine yol açan bir keşifler süreciydi. Kendisinden önce yaşayan Roger Bacon gibi –aralarında herhangi bir akrabalık yoktu– Francis Bacon da geleneksel

düşünce biçiminin ve insan tabiatı ile algısındaki zayıflıkların bilgi arayışını engellediğine inanıyordu: "İnsan kavrayışına ait yanlış tutumlar ve kavramlar." Bacon'a göre bu yanlış tutumların bazıları şöyleydi; hüsnükuruntu; önceden inandığımız şeyler için kanıt arama ya da bizi memnun eden sonuçlara ulaşma eğilimi; ölçüm araçları yerine duyulara duyulan aşırı güven. Bacon, bu önyargıların hiçbirinin bilimsel bilgi arayışında yeri olmadığını öne sürdü.

Bacon ayrıca çok çeşitli alanlara yayılan mevcut doğa anlayışıyla doğayı incelemenin mümkün olmadığını söyledi. Bunun yerine belli bir noktadan başlamak, "düzenli bir şekilde, adım adım, bir aksiyomdan diğerine ilerlemek" gerekiyordu. Böylece, "sona varılana dek, genele ulaşılmamış" olacaktı. Bacon bu zihinsel disipline "gerçek ve kusursuz tümevarım" adını verdi. Disiplin, ileride bilimin en önemli metodolojilerinden biri haline gelecekti. "İnsan yola katiyetle çıkarsa, sonunda şüpheye varır," demişti Bacon. "Ancak şüpheyle başlamaktan kaçınmazsa, sonunda katiyete varır."

William Harvey, 1628'de, İngiltere Kraliyet Doktorlar Koleji'ne, kanın vücutta dolaştığını keşfettiğini duyurdu. Bu bilgi bize bugün çok açık görünürse de, kanın yalnızca kalple akciğer arasını dolaşmakla kalmayıp, kalp tarafından pompalandıktan sonra damar, kılcal damar ve atardamar sistemi üzerinden vücutta deveran ettiği düşüncesi o dönem için oldukça yabancıydı. Harvey bu keşfi, kendi tanımıyla adım adım ilerleyen gözlem ve akıl yürütmeyle gerçekleştirmişti.

Harvey'nin *Exercitatio de motu cordis et sanguinis in animalibus* adlı kitabı Francis Bacon'ın tümevarım yöntemi için iyi bir örnek teşkil ediyordu. Harvey –antik Yunan hekimi Galen'den başlayarak– önceki tüm teorileri listeliyor ve her birini sorgulayarak kendi gözlemleriyle karşılaştırıyordu. Ardından kendi incelemesini gerçekleştirerek, ortaya bütün bir sistem çıkana dek bulguları üst üste yığıyordu. Harvey en sonun-

FRANCIS BACON

Bilimsel yöntemin kurucusu

1561
22 Ocak'ta Londra'da doğdu.

1573
Hukuk eğitimi için Gray's Inn'e gitmek üzereyken, Trinity College'a girdi.

1582
Avukat olarak baroya kabul edildi. Bu onun İngiliz politikasıyla ilk buluşmasıydı.

1584
Avam Kamarası'na girdi.

1603
Kral I. James tarafından Sir Francis Bacon unvanını aldı.

1605
Bilginin Gelişimi adlı eserini yayımladı ve burada "zihnin yanılgılarını" ve katışıksız bilginin önünde duran diğer engelleri anlattı.

1613
Kral I. James tarafından başsavcılığa atandı.

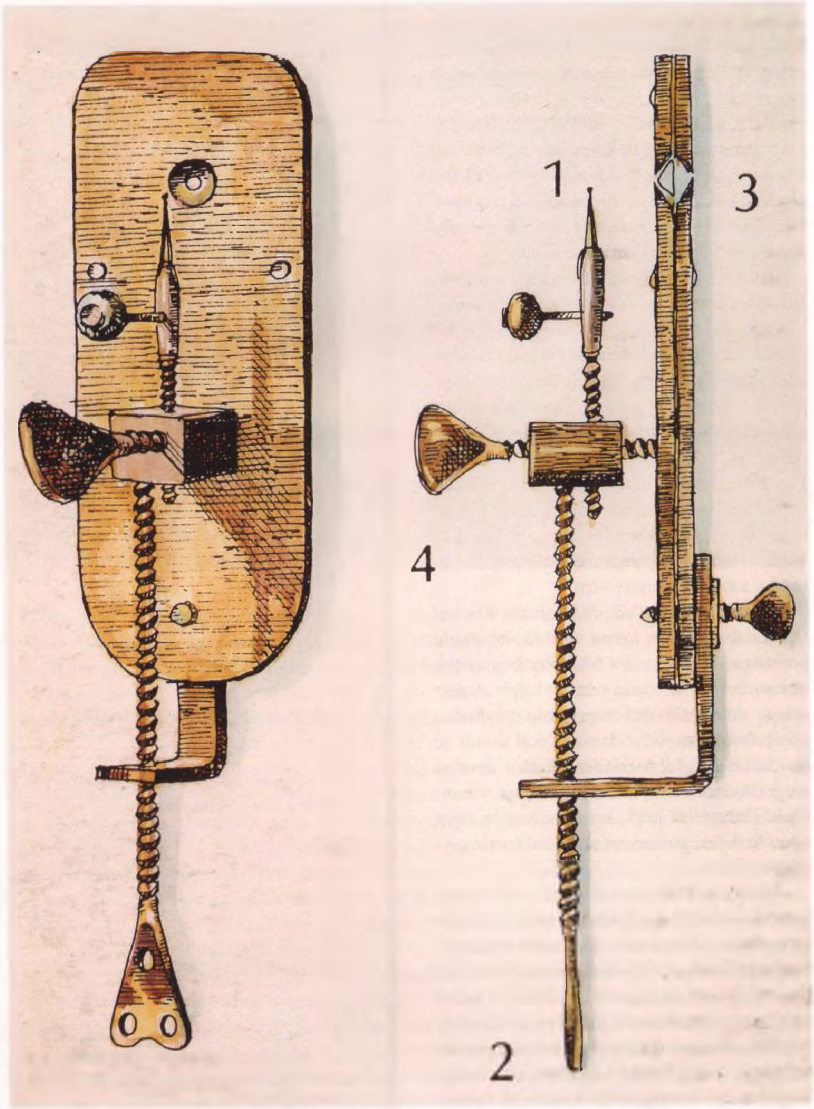
1618
Adalet bakanı oldu, Baron Verulam unvanını aldı.

1620
Novum Organon adlı kitabında bilginin yeniden kategorilere ayrılmasına yönelik bir planı ortaya koydu.

1621
Vikont St. Albant oldu; daha sonra rüşvetle suçlanarak adalet görevinden alındı.

1626
9 Nisan'da Londra, Highgate'de öldü.

1627
Ölümünden sonra yayımlanan *Yeni Atlantis*, Bacon'un bilimsel araştırma idealini tanımlar. Kitap laboratuvarlar ve aygıtların yanısıra, bilimciler, araştırmacılar ve yorumcuların rolleriyle ilgili ayrıntıları da içerir.


1
3
4
2

da kan dolaşımının yaşamın doğasını yansıtan bir sistem olduğu çıkarımına ulaştı. Güneş ve gezegenlerin dolaşımları kadar, yerküre dolaşım sisteminin de bir aynasıydı bu. Ona göre kalp, "mikrokozmosun güneşi" idi. Tıpkı güneş gibi, "İşlevini yerine getirerek tüm bedeni besleyen, yaşatan, hızlandıran kutsal bir malikâne"ydi ve "gerçekten de yaşamın temeli"ydi.

Bilimciler keşiflerini yerleşik dini ve felsefi sistemlerin içine yerleştirmeye çalışıyorlardı. Bu arada düşünürler, bilimde yaşanan devrimi yakalamanın gerekliliğine inanıyordu.

Fransız matematikçi ve düşünür René Descartes, Bacon'ın eski fikirlere yönelik temkinli yaklaşımını iyice uç noktaya vardırdı. Descartes, insan zihninin sezgilerle akıl yürüterek evreni anlayabileceğine inanıyordu. Duyuların güvenilmez olduğunu düşünüyor ve kendisine şu soruyu soruyordu: Şüphe edilmeyecek herhangi bir şey var mıdır?

Descartes için en temel gerçeklik, var olduğuydu: "Düşünüyorum, öyleyse varım," önermesi ona göre insan bilgisinin temel ilkesiydi. Ancak insan bu tür düşüncelere sahipti ve insan Tanrı'yı idrak edebildiğine göre, Tanrı da var olmalıydı. Doğal dünya da keşfedilebilir özellikteydi ve Descartes'a göre belli sayıdaki temel mekanizma ve hareketlerden oluşuyordu.

GÖRMENİN VE İNANMANIN YENİ YOLLARI

15. ve 16. yüzyıl gezginleri yerküre coğrafyasının yeni ufuklarını keşfederken ve teleskobun icadıyla birlikte gökler odak merkezine taşınırken, yaşamsal süreçler hâlâ ancak kıyısından gözlemlenebilen ve değerlendirilebilen engin bir denizi andırıyordu. Mikroskobun icadıyla birlikte 17. yüzyıl bilimcileri ve nihayetinde sıradan insanlar da yeni keşif alanlarına giriş yaptılar. Mikroskop daha ilk bakışta yeni bir bilginin akıl almaz derinliklerini gözler önüne seriyordu. Asıl soru, önce neye bakmak gerektiğiydi.

RENÉ DESCARTES

Aydınlanma düşünürü

1596
31 Mart'ta Fransa, La Haye'de doğdu.

1616
Fransa, Poitiers Üniversitesi'nden hukuk lisansını aldı.

1629
Ancak 1701'de basılan *Akıl Yönetimi İçin Kurallar* adlı kitabını tamamladı.

1633
Kilisenin Galileo'yu kınaması üzerine *Dünya* adlı çalışmasını yayımlamaktan vazgeçti.

1637
Yöntem Üzerine Söylem'i yayımladı. Kitapta kırılım yasasını, gökkuşağının nedenini ve analitik geometriyi açıklayan makaleler vardı.

1641
Altı dizi itiraz ve yanıtla birlikte *İlk Felsefe Üzerine Düşünceler*'i yayımladı.

1642
Düşünceler'in ikinci baskısını yayımladı.

1643
Bohemya Prensesi Elisabeth ile uzun yazışmalara başladı. Felsefesi yüzünden Utrecht Üniversitesi yetkililerince kınandı.

1644
Felsefenin İlkeleri'ni yayımladı.

1647
Fransa Kralı tarafından aylık bağlandı; *Bir Kağıdın Üstündeki Yorumlar*'ı yayımladı ve *İnsan Bedeninin Betimlemesi*'ni yazmaya başladı.

1649
Ruhun Tutkuları'nı yayımladı.

1650
11 Şubat'ta Stockholm'de öldü.

SAYFA 252
Antonie van Leeuwenhoek'in 1674'ten sonra ürettiği yaklaşık 500 mikroskoptan biri. Aygıtın her parçasının üzerinde etiketler vardı: 1) Cismi tutmaya yarayan uç, 2 ve 4) ayar vidaları; 3) bazıları 200 kat büyütme sağlayabilen lens.

KARMAŞIK VARLIK
Hollandalı mikroskopist Jan Swammerdam'ın böcek anatomisi çalışmaları, böceklerin diğer hayvanların karmaşıklığından uzak, basit varlıklar olduğuna ilişkin genel kanıyı değiştirdi.



1749 – 1828

1749
Fransız natüralist Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon, büyük eseri *Histoire naturelle, générale et particulière*'yi yayımladı.

1771
İngiliz bilimci Joseph Priestley, bitkilerin karbondioksidi oksijene dönüştürdüğünü keşfetti.

1794-1796
İngiliz hekim Erasmus Darwin, *Zoonomia ya da İnorganik Yaşamın Yasaları*'nı çevirdi. Kitapta evrim teorisine ilişkin ilk görüşler yer alıyordu.

1798
Nüfus İlkesi Üzerine Makale'de Thomas Malthus, insanlarda nüfus fazlalığı olasılığını değerlendirdi.

17. yüzyıl İtalyan biyoloğu Marcello Malpighi işe cildi inceleyerek başladı. Ardından vücudun diğer dokularına geçti. (Cildin iç, yani Malpighi tabakası adını biyologdan alır.) Malpighi tat alma cisimciklerini belirledi; kan hücresi ve bitki yapılarını inceledi. Akciğer, böbrek, beyin ve dalak yapısını araştırdı ve bitki ile hayvanların bazı özellikleri paylaştıklarını keşfetti.

Malpighi ayrıca akciğer dokusundaki atardamarları damarlarla birleştiren ipliksi yapıları, yani kılcal damarları da keşfetti ve onların, William Harvey'ye ait kapalı dolaşım sistemi teorisini kanıtladıkları sonucuna vardı. Bologna'daki üniversitenin yetkilileri çalışmalarını sorguladıysa da, Malpighi kariyerinin sonunda Papa XII. Innocent'in şahsi doktorluğuna atanmıştı.

Londra'da çalışan Robert Hooke, sinek ayağından arı iğnesine, yumuşakça dilinden (canlı hücre varlığını ileri sürmesine neden olan) mantarlara (fungi) dek birbirinden farklı doğal varlıkları gözlemliyor ve olağanüstü belgeleme becerisiyle kayıtlara geçiriyordu. Hooke'nin 1665'te yayımlanan *Micrographia*'sı, yaşam dolu doğanın barındırdığı çok sayıda dünyanın kapılarını insanlar için araladı. 17. yüzyıl günlük yazarı Samel Pepys kitabı, "Hayatımda okuduğum en zengin kitap" diye tanımlamıştı.

Hollandalı Jan Swammerdam ise mikroskobunu böceklere odakladı. Başka birçok şeyin yanısıra, arı kolonilerinde üretken dişi arının cinsiyetsiz işçi arılar ve erkek arılar üzerinde üstünlük kurduğunu keşfetti. Swammerdam 1669'da, günümüz standartlarına göre bile olağanüstü bir çalışma sayılabilecek *Böceklerin Doğal Tarihi*'ni yayımladı. Bu çalışma için Swammerdam 3000'den fazla böcek türünü, ayrıca örümcek ve akrepleri diseksiyonla (içini açarak) inceledi ve sınıflandırdı. Elde ettiği bulgular muazzamdı. Aristoteles'in düşündüğünün aksine, böceklerde bir iç yapı mevcuttu ve kendi kendilerine üreyebiliyorlardı.

Britanyalı doktor Nehemiah Grew ise bitkilerin de üreme organları olduğunu keşfetti. Çiçekler yalnızca güzel birtakım varlıklar değil, üreme organları olan canlılardı. Erkek üreme organı, yani "stamen" polen üretiyor, dişi üreme organı, yani "pistil"

Malpighi hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 91-92.

1801
Fransız biyolog Jean Baptiste de Lamarck, omurgasızlara yönelik taksonomi çalışmasını yayımladı. Çalışma evrim teorisinin ilk örneğinin önünü açtı.

1804
Fransız zoolog Georges Cuvier, türlerde soy tükenmesi teorisini öne sürdü.

1809
Lamarck evrim teorisini kalıtımsal özellikler kavramı üzerine yapılandırdı.

1828
Friedrich Wöhler üreyi sentezledi. Böylece ilk kez inorganik maddelerden organik bir bileşen sentezlenmiş oldu.

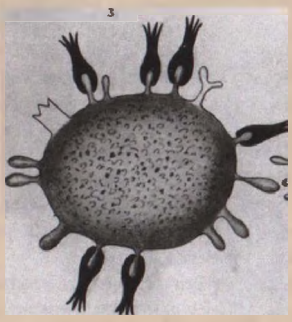
de polenleri alarak tohum veriyordu.

Aynı zamanlarda, Swammerdam'ın kumaş tüccarlığı yapan ve herhangi bir resmi eğitim sahibi olmayan yurttaşı Antonie van Leeuwenhoek, lensleri geliştirme konusuna büyük bir ilgi duymaktaydı (sonraları bu ilgi, kumaş mesleğine zarar verecek boyutta bir takıntıya dönüştü). Van Leeuwenhoek 40 ila 270 kat büyütme elde etmeyi başarmıştı. O da atardamarlarla damarları birleşti-

HÜCRELERİN YAPISI

Bilimin esas ilkesine göre bir keşif ya da teori başkaları tarafından tekrarlanarak ve doğrulanarak, daha ileri çalışmalar için temel oluşturur. Hücre teorisi bunun güzel bir örneğidir.

Tüm bilimsel teoriler gibi hücre teorisi de uzun bir gözlem sürecinin ardından, 2000 yıllık bulguların biraraya gelmesiyle ortaya çıktı. Gözlem ve teori elele vererek canlılarda hücrelerin varlığı ve yapısına bir ölçüde kesinlik kazandırdıktan sonra, bilimi yaşamın köklerine çok yaklaştıran keşiflerin önü hızla açıldı.



Bu çizim Alman hematolog Paul Ehrlich tarafından kan hücrelerinin antikor üretimi üzerine geliştirilen teoriyi resmediyor.

Günümüz bilimcilerinin hemen hemen tamamı, hücrenin tüm canlı organizmaların temeli; yaşamın işlevsel özelliklerini barındıran en küçük birim olduğu konusunda hemfikir. Hücreler, biraraya gelerek oluşturdukları insanlarla pek çok özelliği paylaşırlar.

Hücre teorisi kalıtım ve genetik alanında ilerlemelerin kaydedilmesini sağladı. Gelişiminin başlangıcında her hücre kendi kromozomal DNA'sının bir kopyasını hazırlar. Bölünme gerçekleşeceği zaman, birbirinin aynısı iki kromozom seti, hücre çekirdeğinin ortasına dizilir. Bölünme sırasında ise, tıpkı kenetlenmiş iki elin birbirinden ayrılması gibi, kromozom setleri de birbirlerinden ayrılır. Setlerin her biri yeni bir hücre çekirdeğine gider. Enzimler ve proteinler, moleküler ve hücresel düzeydeki mikromekanik bölünmede kendilerine düşen rolü oynarlar. Hücreler lipid membranlarının içinde dinamik bir moleküler endüstri yapısı barındırırlar. Pompalar ve taşıyıcılar, molekülleri içeri ve dışarı taşır. Kimyasal tepkimeler gerçekleşir. Protein yapı iskelelerinde ya da dahili yapılarında enzimler sentezlenir. Bu süreçlerin her biri titizlikle ayarlanır ve kalite kontrolünden geçer. Sürecin herhangi bir kısmı denetimden çıkar ya da fazla hızlanırsa, hücre onu yavaşlatmaya çalışır.

Hücrenin dinamik kimyasal tepkimeleri denetlemebecerisine ilişkin öğrenilecek daha çok şey var. Kesin olan şu ki, sağlıklı hücrelerde bölünme süreci daima aynıdır ve genetik malzemenin tam olarak kopyalanmasını ve aktarımını garantiler. Bu bilgiye ancak hücre teorisi ile ulaşıldı ve bilgi, teorinin kendisini doğrulamaya da yaradı.

Hücre biyoloğu Sir Paul Nurse şöyle diyor: "Hücre çoğalması tüm biyolojik çoğalmanın esasını teşkil ettiği için, doğal olarak tüm canlı organizma evriminin temelinde de yine aynı hücresel özellikler yatıyor."

ren kılcal damarları mikroskobuyla görmüştü. Van Leeuwenhoek ayrıca, kas dokusunu, göz merceğini, kendi dişindeki tartarı ve alyuvarları incelemişti. Hatta alyuvarlardan 25 kat küçük şeyleri bile görmüş; bakteriye ilk bakan kişi olmuştu.

Leeuwenhoek'in, erkek spermasındaki spermatozoayı (sperm hücreleri) keşfi, "preformasyon" (önoluşum) denen yaygın bir teorinin uzun süre tartışılmasına yol açtı. Harvey, Swammerdam, Malpighi ve başka birçokları, doğmamış hayvanların, anne içinde minyatür bir birey şeklinde var olduğuna inanıyorlardı. Leeuwenhoek ve bir başka Hollandalı mikroskopist Nicolas Hartsoeker ise bireyin sperm içinde var olduğunu savunuyordu. Hartsoeker, "homunculi", yani küçük adamlar adını verdiği bu varlıkları gördüğünü iddia ediyordu.

Leeuwenhoek, ikinci sıradışı keşfini bir damla suya bakarken gerçekleştirdi. Mikroskopla incelediği suyun küçücük, hareketli, yüzen canlılarla kaynadığını gördü. Bu canlılara "hayvancıklar" adını verdi. Günümüzde onlara protozoa (tekhücreli) diyoruz. Protozoanın keşfi uzun süredir benimsenmiş olan "kendiliğinden oluşum teorisi"nin sorgulanmasına yol açtı. Aristoteles'ten önceye dek uzanan bu teoriye göre sinek, arı, hatta amfibi gibi alt sınıf hayvanların anne babaları yoktu ve suyatağı çamurunda ya da çürüyen etin içinde kendiliğinden ortaya çıkıyorlardı. Leeuwenhoek'in mikroskopla gözlediği bu küçük yaratıkların sayısı, birçoklarına göre ancak kendiliğinden oluşum teorisi ile açıklanabilirdi. Bu kadar çok sayıda ve bu kadar küçük olmalarını açıklayacak başka bir şey hayal edilemiyordu.

Kendiliğinden oluşum, basit gözlem sonucu ortaya çıkmış gibiydi. Örneğin, kışın kurbağalar ve semenderler hiçbir yerde görülmüyordu. Bahar geldiğinde ise su olan her yerde ortaya çıkıyorlardı. Bir saman yığını aniden sıçanlarla kaynıyordu. Açıktaki çöp ve kanalizasyonlar ise sinekkurdu, sinek ve pire üretiyor gibiydi. Arı

ROBERT HOOKE

Hücrenin kaşifi

1635
18 Temmuz'da İngiltere, Freshwater, Isle of Wight'ta doğdu.

1655
Fizikçi ve kimyager Robert Boyle'un asistanı olarak işe girdi.

1660
Daha sonra Hooke yasası diye adlandırılacak olan esneklik yasasını keşfetti. Bu keşif 1678'e kadar duyurulmadı.

1662
Kraliyet Akademisi'ne deney küratörü olarak seçildi, kısa süre sonra akademi üyesi oldu.

1664
Jüpiter'in kendi ekseni etrafında döndüğü sonucuna vardı.

1665
Londra, Gresham College'da geometri profesörü oldu.

1665
En ünlü çalışması *Micrographia*'yı yayımladı. Burada mikroskopla yaptığı gözlemleri açıkladı. Açıklamaların arasında, ilk kez mantarda rastladığı bitki hücrelerinin keşfi de yer alıyordu.

1666
Kraliyet Akademisi'ne verdiği konferansta, kütleçekiminin sarkaçla ölçülebileceğini ileri sürdü.

1672
"Difraksiyon"u keşfetti: ışığın dalga teorisini geliştirdi.

1674
İlk Gregoryen yansıtmalı teleskobu yaptı ve onunla önemli astronomik gözlemler gerçekleştirdi.

1678
Gezegen hareketlerini matematiksel olarak tanımladı. Daha sonra Newton bu çalışmaları geliştirdi.

1703
3 Mart'ta Londra'da öldü.

DOĞAL SEÇİLİM

Düşünür Herbert Spencer "evrim" terimini Darwin'in teorisini tanımlamak için kullanmıştı, ama sözcük, Charles Darwin'in ünlü kitabı *Türlerin Kökeni*'nde altıncı baskıya dek yer almadı. Darwin'in aklındaki kavram, teleolojik evrimin gelişimi (kusursuz bir Lamarckçı oluşa; ilahi takdire dayalı bir sona; ya da Aristocu bir amaca doğru gelişim) değildi. Kitabın adından da anlaşılacağı gibi Darwin, kökenle ve belli bazı türlerin ortaya çıkışıyla ilgileniyordu.



Evrim teorisiyle dalga geçen bu 19. yüzyıl karikatürünün başlığında "Bay G-g-g-o-o-o-rill" yazıyor.

Darwin doğa felsefecisi değildi. Teorilerin ancak ısrarcı sorgulama yoluyla kanıtlanabileceğini bilen bir 19. yüzyıl İngiliz bilimciydi. Richard Miller *Evrim Ansiklopedisi*'sinde şöyle diyor: "Darwin, belli bazı bitkilerin uzak okyanus adalarına tohum halinde yüzerek ulaşmış olabileceklerini yalnızca tahminlere dayanarak söylemedi; çeşitli türde tohumları aylar boyu tuzlu su varillerinde bekletti; ardından hangi türlerin tomurcuklandığını görmek için onları ekti." Darwin türlerin olağanüstü çeşitliliğini de tamamen varsayımla öne sürmedi; sekiz yılını, yolculuğundan getirdiği binlerce kabuklu deniz hayvanını tanımlayarak ve sınıflandırarak geçirdi. Darwin dünyanın dört bir yanından numuneler toplamış, çok çeşitli jeolojik oluşumları gözlemlemişti.

Charles Darwin kitabındaki savları temelden yukarı doğru öyle titiz adımlarla yapılandırdı ki, sonuca varıldığında, dünyayı değiştiren teori kendi kendini açıklar gibi görünüyordu. Malthus'u aklının bir köşesinden ayırmayan Darwin, organizmaların hayatta kalabilenlerden çok daha fazla sayıda döl ürettiğini ileri sürdü. Her ağacın her tohumunun kök salması ya da her balığın her yumurtasının yetişkinliğe ermesi, doğal olarak olanaksızdı. Doğan tüm potansiyel bireyler hayatta kalabilmek için savaşmak zorundaydı. Darwin kaynağa ulaşmak için rekabet eden bu bireyler için zaman içinde şans varyasyonlarının ortaya çıkacağını söyledi.

Linnaeus Lamarck ve Cuvier, birbirlerine benzeseler de belli bir türe ait bireylerin kendi aralarında büyük yapısal ve organik varyasyonlar gösterebileceğini daha önceden ortaya koymuşlardı. Darwin, tek bir şans varyasyonu sayesinde "on bin denemenin sonucunda hayatta kalan tek" bireyin, bu üstün yeteneği kendi dölüne geçirebileceğini fark etti. Bu tür denemelerden geçenlerin yavruları ise çoğu zaman daha esnek olacak ve gelecekteki denemelere daha iyi direnebilecekti.

Darwin'in o dönemde yapay ya da doğal seçilim konusunda bilemeyeceği şey ise varyasyonların, hayvan ya da bitkinin genetik yapısı içinde dahi var olabileceği gerçeğiydi. Bu tür genetik değişimlere yol açabilecek nedenler, birkaç nesil içinde gerçekleşen mutasyonlar; popülasyonlar arası çiftleşme; ya da yalnızca şans olabilir. Değişimlerin tamamı rastlantısaldır, yani bireyin uygunluğunu arttırmak ya da azaltmak için gerçekleşmezler. Bunların bir kısmı avantaj sağlayabileceği gibi, bir kısmı da sağlamayabilir. Bireye rekabetçi avantaj sağlayan rastlantısal genetik değişimlerin hayatta kalma olasılığı daha yüksektir.

Türlerin evrimi doğal seçilim sonucu gerçekleşebilir, ama bu tek yol değildir. Avlanma ya da çevresel değişim de evrimi sekteye uğratabilir. Tıpkı Lyell'in yerbilim tarihi gibi Darwin'in evrimi de belirgin bir yönelimi ya da nihai amacı olmaksızın yavaş işler.

üretmenin bir yolu ise bir boğayı öldürüp gömmekti; bir ay geçmeden gömüldüğü yerde yüzlerce arı uçuşuyordu.

1668'de İtalyan doktor Francesco Redi, etleri kavanozların içine yerleştirdi. Bazı kavanozların kapağını kapattı, bazılarının ağzını ince kumaşla kapladı, bazılarını ise açık bıraktı. Sonuçta, açık kavanozların içine sinekler girdi ve çok geçmeden etin üstünde kurtçuk ve sinekler belirdi. Ağzı kumaş kaplı kavanozların da dış tarafında sinekler toplandı ama içindeki etin üstünde yalnızca birkaç kurtçuk belirdi. Kapalı kavanozlardaki ette ise ne sinek vardı, ne de kurtçuk. Redi'ye göre bunun nedeni, ete ulaşamayan sineklerin yumurta bırakamamasıydı.

Redi böylece sineklerin üretilmediğini, doğduğunu kanıtlamıştı. Ne var ki onun deneylerini tekrarlayanlar bile, Leeuwenhoek'in suda gördüğü ya da bozuk çorbada rastlananlar gibi küçük organizmaların kendiliğinden oluştuğuna inanıyordu. Kendiliğinden oluşum teorisi tüm yetersizliklerine rağmen 150 yıl kadar daha hüküm sürecekti.

YAŞAMIN DÜZENİ

Bilimciler mikroskop merceğinden bakarak yeni yaşam formlarını keşfederken, gezgin ve kaşifler de modern bilimin ilk öncülerinin önüne yüz kızartıcı miktarda biyolojik zenginlikler yığdılar. Buna, yapısal farklılık çalışmaları sonucunda tek bir bitki ya da hayvan türü gibi görünen şeyin, aslında iki ya da üç farklı tür olabileceği gerçeğinin keşfedilmesi de eklenince, ortaya biyolojik dosyalama sistemine gereksinim duyan bir dünya çıktı.

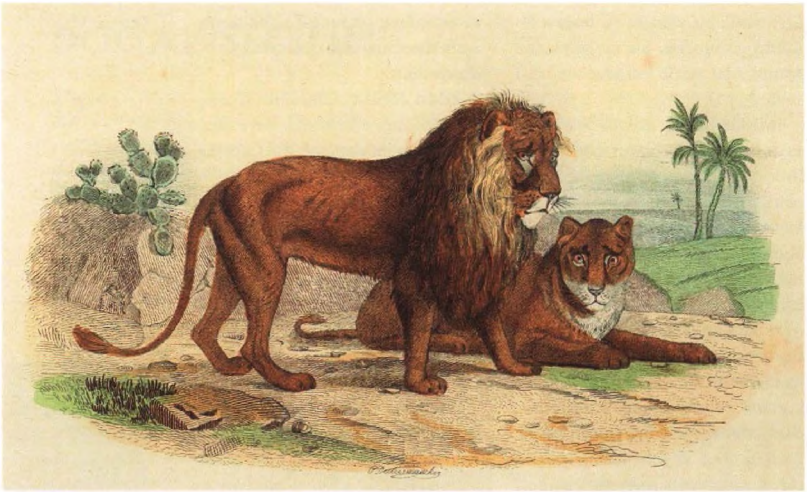
Erken dönem bilimcilerinin canlılar dünyasını sistemleştirmeye çalışmadığı da söylenemezdi. Örneğin, Aristoteles, büyük bitki ya da hayvan grupları ve bu gruplar içindeki bireyler arasında ayrım yapabilmek için Yunanca *genos* ve *eidos* sözcüklerinden yararlanmıştı; yani, cins ve tür. Aristoteles'in öğrencisi Theophrastus da bitki dünyasını gruplara ayırmaya başlamıştı ve bu çalışma 13. yüzyılda Albertus Magnus; 16. yüzyılda ise Conrad Gesner tarafından sürdürüldü. 17. yüzyılda ise, kayaların içinde o güne dek hiç görülmemiş yaprak, kök ve bitki ya da hayvan iskeletlerinin bulunmasıyla birlikte, canlıları sınıflandırmaya yönelik çalışmalar iyice karmaşıklaştı. (Latincede "kazmak" anlamına gelen fosil adlı) bu kaskatı kalıntılar resmin neresine oturuyordu?

İngiliz natüralist John Ray, türler arası yapısal farklılık ve benzerliklere odaklanarak bir sınıflandırma sistemi geliştirdi. Ray'e göre, yakından yapılan incelemeler, bazı özelliklerin bir bitki ya da hayvan türünü diğerinden tam olarak ayırabildiğini gösteriyordu; boyut ve renk gibi bazı özellikler ise yalnızca tür içindeki rastlantısal varyasyonları ortaya koyuyordu. Ray'in ise basit bir kuralı vardı: Bir erkek ile dişi üreyerek, anne babaya benzeyen bir organizma yaratabiliyorsa, bu bireyler aynı türe aittiler.

İsveçli bitkibilimci Carolus Linnaeus, Ray'in "genus" yani cins yeri-

MİKRO-ORGANİZMALAR

Kendiliğinden oluşuma duyulan inanç 1800'lerin başında sarsılsa da, mikroorganizmaların kökeni ancak yüzyılın ilerleyen yıllarında anlaşılabildi. Bu yıllarda Louis Pasteur, mikroorganizmaların nasıl çoğaldıklarını keşfetti.



TÜRLERİN ÇEŞİTLİLİĞİ

Georges-Louis Leclerc *Historie naturelle*'de 18. yüzyıl bilgisi dahilindeki doğal dünyayı kataloglamaya çalıştı. Leclerc'e göre, doğanın çeşitliliğine bakılırsa, yerküre İncil'de sözü edilen 6.000 yıldan çok daha yaşlıydı.

ne türler üzerine odaklanmasını oldukça yararlı buldu. Bunun üzerine, önce büyük grupları tanımlayarak türleri onların içine yerleştirmektense Linnaeus, benzeri yapıdaki türleri "genera/cinsler" ("genus" sözünün çoğulu) grupları içinde topladı ve "genera"ları familyalara, familyaları takımlara ve sınıflara ayırdı. Bu mantık sistemi, Bacon'ın özelden genele doğru yükselen bilimsel tümevarım sistemini örnek alıyordu.

Yorulmak bilmez bitki koleksiyoncusu Linnaeus için söz konusu mantık sistemi ayrıca sahada bitki belirleme yöntemine de paraleldi. Grew'in araştırmasından haberdar olan Linnaeus, bitkileri üreme yöntemlerine göre sınıflandırmıştı; çiçekli ve tohumlu olanlar, çiçeksiz ve tohumsuzlardan ayrılıyordu. Bitkibilimci, memeli türleri ayak parmakları ve dişlerine; kuşları ise gagalarına göre sınıflandırmıştı.

Fransa'nın doğal tarih koleksiyonunu kataloglama işiyle görevlendirilen Fransız matemetikçi Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon, bilim dünyasını, yerbilim, doğa tarihi ve insanbilim diye sınıflandırmıştı. Tüm insan bilgisini içeren ansiklopedik çalışması *Histoire naturelle générale et particulière*'nin ilk birkaç cildi 1749'da yayımlandı ancak Buffon'ın çok yoğun bir şekilde çalışmasına rağmen, 50 ciltlik çalışma ancak 1804'te tamamlanabildi.

(Yunancada düzenleme anlamına gelen *taxis* ve yasa anlamına gelen *nomos*'tan türetilen) taksonomi alanında sarf edilen bu önemli çabalar, bilimcileri türlerin yapısal benzerlik ve farklılıklarını karşılaştırma işini bir görev olarak benimsemeye yönlendirdi, hatta bir anlamda zorladı. Örneğin, neden omurgalıların bu

kadar çok sayıda ortak özellikleri vardı? Ya da neden kurbağanın kalbi, tıpkı insanınki gibi işliyordu? Nasıl bir kuşun kanat kemikleri, kertenkelenin ayağına bu derece benziyor ve onun gibi işliyordu? Ve neden insanımsı maymun hem dış görünümü hem de iç yapısıyla insana bu denli benziyordu?

Son soru Buffon'un çok sayıdaki yazılarından birinde yer alıyordu. Ona göre organizmalar zaman içinde değişiyor ve yaşadıkları yer ve zaman, ayırt edici özelliklerini belirliyordu. Buffon'un asistanı ve gelecekte Fransa Milli Doğa Tarihi Müzesi'nde onun yerine geçecek olan kişi Jean-Baptiste de Lamarck da akıl hocasının ayak izlerinden gitti.

Tıp ve bitkibilim eğitimi alan Lamarck, eğitimine rağmen müzenin omurgasızlar –bu onun kendi bulduğu bir terimdi– bölümüne yerleştirilmişti. Lamarck kısa süre sonra omurgasızların çeşitliliği karşısında büyülendi. Lamarck, 1803'te öğrencilerine şöyle demişti: "Hayvanlar âlemi konusunda dikkatimizi özellikle omurgasız olanlara odaklamalıyız çünkü doğadaki muazzam sayıları; organizasyon sistemlerinin eşsiz çeşitliliği; ve çoğalma yöntemleriyle... (omurgasızlar) bizlere doğanın gerçek gidişatını, daha yüksek sınıflardaki hayvanlardan çok daha iyi gösterirler."

Lamarck'ın görüşüne göre, "Tüm mahsullerine varlıklarını bahşederken doğanın başvurduğu iki temel ilke, zaman ve uygun koşullar ilkesi"ydi; "Şunu biliyoruz ki onun (doğa) için zaman sınırsızdır ve nihayetinde daima emrine tâbidir." Lamarck bunu bir süreç olarak görüyordu: Doğal koşullar zaman içinde değiştikçe, onun içinde yaşayan türler de yeni ve uygun davranışlar geliştiriyordu. Böylece kimi türlerin anatomik yapıları ya da organları daha çok veya daha az kullanışlı hale geliyordu. Nihayetinde kullanışlı yapıların boyutu büyürken, diğerlerininki küçülüyordu. Tüm bu değişimler çok uzun süreçler içinde gerçekleşiyor ve nesilden nesile aktarılıyordu.

CAROLUS LINNAEUS

Bilimsel adlandırmanın mucidi

1707
23 Mayıs'ta İsveç'in güneyindeki Smaland, Rashult'da Carl von Linné olarak dünyaya geldi.

1727
Tıp eğitimi almak için Lund Üniversitesi'ne girdi.

1730
Uppsala Bilimler Akademisi'ne botanik dalında öğretim görevlisi olarak atandı.

1732
Lapland'i araştırmak üzere bilimsel bir keşif gezisine çıktı. Bu gezinin ardından ulaştığı sonuçlar, *Flora Lapponica* adıyla 1737'de yayınlandı.

1735
Hollanda'ya gitti ve Harderwijk Üniversitesi'nde tıp eğitimini tamamladı.

1735
Systema Naturea'yı yayınladı. Bu eserde bitkiler, hayvanlar ve mineraller için yeni bir sınıflandırma sistemi ortaya koydu.

1741
Uppsala'da profesör oldu. Bitkileri kendi sınıflandırma sistemine göre düzenleyerek üniversitenin botanik bahçesini yenilemeye koyuldu.

1744
İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi sekreteri oldu

1753
En önemli botanik eseri *Species Plantarum*'u yayınladı. Eserde 5900 bitki türünü yeni bilimsel adlandırmayı (iki terimli Latince sistem) kullanarak düzenledi.

1761
İsveç Kralı Adolf Fredrik tarafından soyluluk unvanı verildi.

1778
Bir dizi hafif felcin ardından 10 Ocak'ta İsveç, Uppsala'da öldü.



Lamarck'a göre, örneğin, resimde görülen zürafa, yediği yapraklar için daha yükseğe uzanmak zorunda kaldığı için, uzun bir boyun geliştirmişti. Birbirini takip eden nesiller içinde ise uzun boyunluluk özelliği aktarılarak gelmişti; ta ki kusursuz boyun uzunluğuna ulaşılana dek. Aristoteles'ten önceki binyılda yaşayanlar gibi, Lamarck da dünyadaki değişimlere teleolojik pencereden bakıyordu. Türlerin evrimi rastlantısal değildi ona göre; türlerin nihai karmaşıklığı ve kusursuzluğuna doğru ilerliyordu. Lamarck birçok konuyu yanlış anlamış olabilirdi ama türlerin uzun süreçler içinde değiştiklerini ve bilimcilerin omurgasızlardan öğreneceği çok şey olduğunu doğru kavramıştı.

DARWİN'İN DEVRİMİ

18. yüzyıl sonunda bilimin gelişimini belirleyen tek bir keşif varsa o da yeni "zaman" anlayışıydı. Çıkarımlarındaki yanılgılara karşın Lamarck, varlıkların bugünkü durumlarına İncil'de yazdığı gibi 6000 yıl içinde erişmelerinin olanaksız olduğunu anlamıştı. Lamarck'ın yurttaşı ve rakibi Georges Cuvier, onun pek çok teorisinden şüphe ediyordu, ama kendi yaptığı fosil ve anatomi çalışmalarına dayanarak, yerkürenin düşünülenden çok daha yaşlı olduğu konusunda hemfikirdi.

"Fosillerin tek başlarına dünya oluşumuna ilişkin teoriye önayak olduklarını neden kimse görmüyor?" diyordu Cuvier. "Onlar olmasa yerküre oluşumunda birbirini izleyen devirlerin varlığı hayal edilemezdi." Başkaları da benzer çıkarımlara ulaşmıştı: Danimarkalı bilimci Nicolas Steno, 1600'lerin sonlarında fosilleşmiş köpekbalığı dişini tespit etmiş, Comte de Buffon ise fosilleri, "Yerkürenin bağrından gelen anıtlar" diye nitelemişti. Ayrıca, bulunan "bazı balık ve bitkilerin, günümüzde var olan türlere ait olmadığını" da söyledi.

Cuvier'e göre, organizmalar arasındaki ortak yapı ve organlar, soyla ilgili bağlantıları değil, ortak işlevleri yansıtıyordu. Değişen bir orga-

JEAN-BAPTISTE DE LAMARCK

İlk evrim kuramcılarından

1744
1 Ağustos'ta Fransa, Picardy'de doğdu.

1756
Ameins'deki Cizvit fakültesine başladı.

1760
Cizvit College'daki okuldan ayrılarak, Yedi Yıl Savaşları sırasında Almanya seferi için Fransa ordusuna katıldı.

1769
Paris'te tıp eğitimine başladı, kısa süre sonra bitkibilime geçiş yaptı

1778
İlk botanik çalışması *Flora Française*'i yayımladı. Kitapta Fransa'da yetişen bitkiler sınıflandırılıyordu.

1781
Kraliyet Bahçeleri'nin bitki koleksiyonu muhafızı oldu.

1794
Fransız Doğa Müzesi'nde –fazla bilgi sahibi olmadığı– omurgasızlar alanında profesörlüğe başladı.

1801
Omurgasız Hayvanlar Sistemi ya da Genel Sınıflar Tablosu'nu yayımladı. Bu çalışmada alt sınıf omurgasızlar için yeni bir sınıflandırma yöntemini tanıttı.

1802
Yerküre tarihini de anlatan *Hidrojeoloji*'yi yayımladı ve yerkürenin periyodik olarak küresel deniz sularının altında kaldığını söyledi.

1809
Türlerin, edinilen özelliklerin kalıtımsal aktarımına dayalı evrimi teorisini de içeren *Hayvanbilim Felsefesi*'ni yayımladı.

1815, 1822
Omurgasız Hayvanların Doğal Tarihi'ni yayımladı.

1829
18 Aralık'ta Paris'te öldü.

ÖNCEKİ SAYFALAR
Lamarck, edinilen özelliklerin aktarılabildiği yönündeki teorisi için zürafanın kusursuz bir örnek teşkil ettiğini düşünüyordu. Diğer bir deyişle, bir hayvanın, (örneğin, ağaçtan yaprak yemek için uzanmak gibi) çevreyle etkileşimleri sürecinde sarf ettiği çabalar, o hayvanın yavrularının özelliklerini de etkileyebiliyordu.

nizma hayatta kalmaya uygun olmayacaktı ve uygun olmadığı için soyu tükenen organizma diye bir şey de yoktu. Fosil kayıtlarının ortaya koyduğu kayıp türleri açıklamak için Cuvier, doğal "devrimler" varsayımında bulundu; yani, bir türü yok olmaya sürükleyebilecek boyutta, periyodik olarak gerçekleşen felaketler.

Bu devrimlere ve türlerin yok olmasına neden olan neydi? Cuvier bu konuda bir ayrıntı vermedi. İncil'e sıkı sıkıya bağlı olanlar, Nuh tufanının, bu tür bir olay olabileceğine inanıyordu. Kayıtlı tarihin başka bazı olayları da uygun birer aday gibiydi; örneğin, Etna ve Vezüv Dağı patlamaları ile Güney Amerika'daki volkanik patlamalar ve depremler; ya da 1755'te Lizbon'u yerle bir ederek on binlerce insanın ölümüne yol açan ve Tanrı'nın doğal dünya olaylarına her an müdahale ettiği inancına gölge düşüren büyük deprem ve tsunami.

Fizikçi, düşünür, bitkibilimci, kimi zaman şair ve adı daha iyi tanınan Charles Darwin'in dedesi Erasmus Darwin, 1794'te *Zoonomia; ya da Organik Yaşamın Yasaları* adlı bir evrim teorisi yayımladı. Darwin kitapta tüm canlıların ortak bir atası olabileceğini söylüyor, yaşamın kaynağı olan "canlı bir lif"ten bahsediyordu. Bu teori bir türün başka bir türe dönüşebileceğini ima ediyordu.

Erasmus Darwin başka ilginç varsayımlar da ileri sürdü: Nüfus patlamasına bağlı rekabet türleri evrilmeye yöneltmiş olabilir; insanlar maymunlar ve insanımsı maymunlarla yakın akrabadır; türlerin biçimlenmesinde cinsel seçilim de rol oynamış olabilir. "Erkekler arasındaki bu yarışın en son kademesi, türün üremesini en güçlü ve en aktif hayvanın sağlaması ve böylece türün gelişmesidir" demişti yazısında.

Erasmus Darwin'in --dedesinin ölümünden yedi yıl sonra– 1809'da doğan torunu, bu konulara ilk başlarda fazla ilgi göstermedi. Darwin'in ders notları pek iç açıcı değildi ve yalnızca varlıklı bir yaşam sürdürmenin, böcek toplayıp kuş avlamanın peşinde gibiydi. Tam (babasının isteğiyle) ilahiyat okuluna girmek üzere olduğu sırada, araştırma amacıyla dünyayı dolaşacak olan H.M.S. *Beagle* gemisinde kaptan yardımcılığı görevi için teklif aldı. Babasını dinlemeyen Charles Darwin teklifi kabul etti.

Darwin 27 Aralık 1831'de Güney Amerika'ya doğru yelken açan gemiyle yola çıktı. Yanına bol miktarda defter ve kitap almıştı. Kitaplardan biri de Sir Charles Lyell'in kısa süre önce yayımlanan *Yerbilimin İlkeleri* adlı eseriydi.

Britanyalı Lyell, avukatlıktan yerbilimciliğe geçmiş ve gerçekleştirdiği çok sayıdaki yolculuk ve araştırmanın ardından, "felaketçiler" diye bilinen Cuvier ve diğerlerinin inancının aksine, yerküredeki değişimlerin devrimlere bağlı olarak ortaya çıkmadığı sonucuna varmıştı. Lyell, en önemli değişimlerin uzun süreçler içinde, rüzgâr ve su gibi sabit kuvvetlerin etkisiyle, yavaş yavaş ve fark edilmeden gerçekleştiğini öne sürdü. Lyell, İskoç çiftçi ve yerbilimci James Hutton'la birlikte "tekbiçimcilik teorisi"ni geliştirdi: Yerküre yaşlıydı,

değişim yavaş gerçekleşiyordu; üst üste yığılanlar dağılıp gidiyordu ve bu süreç kesintisiz olarak devam ediyordu.

Bunlar 22 yaşında biri için ağır konulardı, ama görünüşe bakılırsa Darwin onları özümsemekte pek güçlük çekmemişti. Daha ileride, "Görüşlerimin yarısı Lyell'in beynimden ileri gelir" diye yazacaktı. Yolculuk Darwin'i daha ciddi çalışmaya yönlendirmekle kalmadı, ona yaşamın çeşitliliğini ilk elden inceleme olanağını da sundu. Yolculuk ayrıca Darwin'in, türlerin zaman içinde dönüşümü üzerine yeni fikirler geliştirmesine de katkıda bulundu.

Sonraki 20 yıl boyunca Charles Darwin, zihnini "türler sorunu" dediği konuyla meşgul etti. Evlendi, on çocuk sahibi oldu ve sekiz yılını yolculuğu sırasında topladığı deniz kabuklularını tanımlamak ve sınıflandırmakla geçirdi. Çeşitli makaleler yazdıysa da, "gelişimsel varsayım"ı yalnızca birkaç meslektaşıyla, özellikle de Charles Lyell ve bitkibilimci Joseph Hooker ile tartıştı. Darwin, tartışmasız tezler yayımlayarak sağlam bir isim elde ederse, yeni teorisinin daha kolay benimseneceğini ümit ediyordu. Bu arada ondan 14 yaş küçük olan bir başka İngiliz, aynı çizgide fikirler geliştirmekteydi.

Alfred Russel Wallace 14 yaşında okuldan ayrılmıştı. Darwin'in seferi de dahil, keşif seferlerinden çok etkilenen Wallace, bir meslektaşıyla birlikte denizlere açıldı. Amacı, Güney Amerika'dan toplayacağı numuneleri, sonraki yolculuklarını finanse etmek üzere satmaktı. Koleksiyonları taşıyan gemi yanana dek her şey yolunda gitti. Ancak cesaretini yitirmeyen Wallace, Malay Takımadaları'na yelken açtı ve her şeye yeniden başladı. Yolda ise türlerin zaman içindeki dönüşümleri üzerine düşündü.

Darwin gibi Wallace de, Britanyalı rahip ve siyasi ekonomist Thomas Malthus'un çalışmalarından etkilenmişti. Malthus, 1798 tarihli *Toplumun Gelecekteki Gelişimini Etkileyen Nüfus İlkesi Üzerine Makale* adlı yazısında, kontrolsüz nüfus artışının tüm türlerde yaşamı sürdür-

CHARLES DARWİN

Evrim teorisinin babası

1809
12 Şubat'ta İngiltere, Shrewsbury, Shropshire'da doğdu.

1827
Cambridge Üniversitesi'nde, kilise kariyerine hazırlayan Christ's College'a kabul edildi.

1829
Böcek incelemeleri için F. W. Hope ile birlikte Kuzey Galler'e yaptığı seyahatte böceklere ve biyolojiye duyduğu ilgi arttı.

1831
Araştırma gemisi H.M.S. *Beagle*'da ücretsiz doğabilimci olarak çalışmak üzere davetiye aldı.

1835
Galapagos Adaları'nın jeolojisi, hayvan ve bitki özellikleri üzerinde çalışmalar yaptı; ispinoz ve kaplumbağaları ayrıntısıyla inceledi.

1839
Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1840-46
Beagle'daki deneyimlerini temel alarak yerbilim ve hayvanbilim üzerine çalışmalar yayımladı.

1858
Alfred Russel Wallace'ın henüz yayımlanmamış olan ve ana hatlarıyla Darwin'in kendi teorisini andıran, doğal seçilim yoluyla evrim teorisini duydu.

1858
"Doğal seçilim yoluyla evrim teorisi" tezini Wallace ile birlikte Londra Linnaean Akademisi'ne sundu.

1859
Doğal Seçilim Yoluyla Türlerin Kökeni Üzerine adlı kitabını yayımladı. Kitap, Darwin hayattayken altı kez gözden geçirildi.

1882
19 Nisan'da İngiltere, Kent'teki Downe Malikânesi'nde öldü. Daha sonra Londra'daki Westminster Abbey'de defnedildi.

EVRİM TEORİSİ

London Times'da Charles Darwin için yayımlanan ölüm ilanında şu sözlere yer veriliyordu: "Geleceğe bakabilseydik eğer, Darwin'in başlattığı tartışmanın aralıksız sürdüğünü görürdük." Darwin'in ölümünün ardından yayımlanan Amerikan dergisindeki bu karikatür, sonu gelmeyecek olan tartışma hakkında bazılarının ne düşündüğünü ortaya koyuyor.

mek için gerekli kaynakların yetersiz kalmasına yol açacağı varsayımında bulunuyordu. Malthus'a göre bu, yalnızca matematiksel bir gerçeklik değil –popülasyonlar geometrik olarak; yiyecek kaynakları ise aritmetik olarak artış gösteriyordu– aynı zamanda gelişen bir nüfusun orta yerindeki fakirlerin açlığa sürüklendiği Londra sokaklarında rahatlıkla görülebilen bir gerçekti. Nüfus artışı kontrol edilmediği sürece fakirler daha fakirleşecek ve daha büyük açlık yaşayacaktı. Eninde sonunda ortaya çıkacak olan dünya çapındaki bir kıtlığın önünde durabilecek tek şey, felaketle sonuçlanan salgınlar olabilirdi.

Malthus'un teorisinde Wallace ile Darwin'in ilgisini çeken şey, nüfus artışının, hayatta kalma yarışına yol açacağı düşüncesiydi. "Birden anladım ki, bu şartlar altında avantajlı varyasyonlar korunmaya daha eğilimli olacaktı, dezavantajlı olanlar ise yok edilmeye" diyordu Darwin, Malthus'un görüşlerini yorumlarken. "Bunun sonucunda da ortaya yeni türler çıkacaktı. İşte orada, tam o anda, başlangıç noktası olarak alabileceğim bir teori bulmuştum."

Bu arada Wallace da boş durmuyordu. Tamamladığı çalışması "Varyetelerin Orijinal Tipten Süresiz Olarak Ayrılma Eğilimleri Üzerine"yi Darwin'e gönderdi. "Darwin çalışmayı kayda değer bulursa, belki yayımlaması için Sir Charles Lyelle'e verir" diyordu bir yazısında.

Çalışmayı gören Darwin paniğe kapıldı. Lyell onu, Wallace'ın da aynı iz üstünde olduğu konusunda uyarmıştı. Darwin ise "Sözleriniz, fe-



HASTALIK NEDENLERİ

Hekimlik ve otopsi ile geçen yaşamı, İtalyan anatomi uzmanı Giovanni Battista Morgagni'ye, hastalıkların kendilerine özgü nedenleri ve patolojileri olduğunu gösterdi. Bu, 18. yüzyıl için oldukça yeni bir kavramdı.





na halde doğru çıktı" diye yazmıştı Lyell'e.

Bu durumda görüşlerini yayımladığında, Wallace'dan fikir çalmakla suçlanabilirdi. Hooker ile Lyell, Darwin'e yine de kitabını yazmasını önerdiler. Ancak hem onun, hem de Wallace'ın teorileri Linnaean Akademisi'nin 1858'deki toplantısında birlikte sunulacaktı. Darwin ile Wallace teklifi kabul ettiler. O yıl içinde Darwin'in *Doğal Seçilim Yoluyla Türlerin Kökeni Üzerine ya da Yaşam Mücadelesi İçinde Avantajlı Irkların Korunumu* adlı kitabı yayımlandı ve çoksatanlar listesine girdi.

VÜCUDUN KİMYASI

Tıpkı Darwin'in yaşamın köklerine ilişkin anlayışının kendisinden önce-

1831 – 1865

1831
İskoç bitkibilimci Robert Brown hücre çekirdeğini keşfetti.

1837
Perkinje hücreleri –beyincikteki, çok sayıda dallanan lifleri olan büyük sinirler– keşfedildi.

1857
Louis Pasteur mikroorganizmaların fermantasyona neden olduklarını duyurdu.

1858
Charles Darwin ve Alfred Wallace, birbirlerinden bağımsız olarak "doğal seçilim yoluyla evrim teorisi"ni geliştirdiler. Darwin 1859'da, yeni ufuklar açan *Türlerin Kökeni Üstüne* adlı kitabını yayımladı.

ki çalışmalara dayalı olması gibi –Lyell'in jeolojisi, Malthus'un ekonomisi, hatta Lamarck'ın Lamarckizmi hayvan fizyolojisi anlayışı da görünürde ilintisiz bir dizi bilimsel alanda –canlıların kimyasal, fiziksel ve anatomik işlevleri– gerçekleştirilen çalışmaların bir sonucuydu.

Bunların ilki (Yunancada "doğramak" anlamına gelen *ana temnein* sözcüğünden türetilmiş) anatomiydi. Bu, Theophrastus'un diseksiyona (teşrih) verdiği isimdi. Tarihin ilk insan diseksiyonlarını Herophilus İskenderiye tıp okulunda MÖ 300 civarında gerçekleştirdi. Erasistratus ise onun çalışmalarını devam ettirdi. Erasistratus havanın ciğerlere girdiği sonucuna ulaştı ancak kalp ve atardamarlarda kanın değil, havanın dolaştığını düşündü. Kalp kapakçıklarının işleyişini kavradı ama ona göre kan yalnızca damarlarda dolaşıyordu.

Giovanni Battiste Morgagni, İtalya'da kendi anatomik çalışmalarını temel alarak daha yararlı çıkarımlara ulaştı ve hastalıkların nedenleri ve tedavilerini araştıran patoloji biliminin temellerini oluşturdu. Morgagni'nin 1761'de yayımlanan *Hastalıkların Anatomiyle Araştırılan Yerleşim Bölgeleri ve Nedenleri* adlı kitabı, kan pıhtısından safra taşına çeşitli hastalıkları açıklayan bir katalogdu. Ancak titiz analizleri sonucu Morgagni, hastalık teşhisi için yeni görüşler geliştirmeye başlamıştı. Kitabı ayrıca döneme özgü hastalık çeşitleri ve onların tahmini nedenleri hakkında da genel bir fikir veriyordu.

Mikroskop, anatomik işlevle ilgili yeni ipuçları elde edilmesini sağladı. Malpighi kılcaldamar sistemini belirledi ve bu da Harvey'nin dolaşım teorisini sonuçlandırdı. Hooke dokuların hücrelerden oluştuğunu tespit etti. Swammerdam'ın böcek diseksiyonları, bu canlıların bile karmaşık parçaları ve üreme sistemleri olduğunu ortaya koydu. Cuvier, organizmanın, her işleve karşılık gelen anatomik parçalara sahip bir bütün olduğunu söyledi. Öte yandan, Harvey'nin hararetle belirttiği üzere, yerküre üzerindeki veya göklerdeki tüm sistemler gibi vücut da bir sistemdi.

Durum buysa eğer, bedensel işlevler de, bilimcilerin keşfetmekte olduğu fizik ilkelerini mi takip ediyordu? Pompalama yapan kalp, genişleyen

Erasistratus hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 80.

1858
Alman patolog Rudolf Virchow, hücrelerin ancak daha önce var olan hücrelerden meydana gelebileceğini ileri sürdü.

1861
Pasteur "hastalığın mikrop teorisi"ni geliştirdi.

1862
Pasteur, hücresel yaşamın kendiliğinden oluşumu teorisini çürüttü.

1865
Avusturyalı bitkibilimci Gregor Mendel, bezelye bitkilerini çaprazlama deneylerini tamamladı.



akciğer, kasılan kaslar ve seğiren sinirler de bir tür ısı motoru tarafından işletilen manivelalar, zemberekler ve kaldıraçlar gibi miydi?

Karmaşık mekanizmalar 17. ve 18. yüzyıl zihnine yabancı kavramlar değildi. Hatta bir şey ne denli tuhaf, karmaşık, garip ve şahaneyse, o kadar iyiydi. Zaman otomatların zamanıydı. İnsanlar küçücük mekanik kuşların şakımasıyla güne merhaba diyebiliyor, sihirli kutulardaki mekanik parmaklar soruları yanıtlıyor ve robotik insan şekilleri satranç oynuyordu. Tableaux denen üç boyutlu "resim"lerin içinde çeşitli varlıklar hareket ediyor, otomatlar tiyatro oyunları sergiliyordu. 1752'de Avusturya'da Salzburg yakınındaki Hellbrunn bahçelerini ziyaret edenler, hidrolik olarak hareket ettirilen 100 kadar parmakla karşılaşabiliyordu.

İtalyan matematik profesörü Giovanni Borelli, insan bedeninin de benzeri bir mekanik becerisi olup olmadığını anlamaya çalışanlardan biriydi. Malpighi'nin arkadaşı olan Borelli, bir makinenin işleyişini analiz edercesine, bedenin mekaniğini analiz etmeye başladı. Kuş kanatları ile balık kaslarını inceledikten sonra, uçmak ve yüzmek için gerekli mekanik kuvvetleri başarıyla belirledi.

Borelli, insan bedeninin, tıpkı bir makara sistemi gibi dosdoğru ayaklar üstünde kütleçekim merkezini sağlaması ve korumasını inceledi. Kol ve bacak kaslarının ne kadar kuvvet uyguladıklarını ölçtü ve elde ettiği sonuçları benzeri şekilde ayarlanmış düzeneklerle karşılaştırdı. Yürüme, koşma, zıplama ve ağırlık kaldırma hareketlerini modelledi ve kullanılan kuvvetler ile karşıkuvvetleri analiz etti.

İç organların mekanik özellikleri olabilir miydi? Borelli'ye göre, kalp bir pompa silindirinin pistonu gibi çalışıyordu. Borelli kanı vücutta dolaştırmak için gerekli basıncı hesaplamıştı. Midenin öğütme makinesi, ciğerlerin ise körük gibi işlediğini düşünüyordu. Julian Offroy de la Mettrie'ye göre ise vücut mekanikten başka bir şey değildi. 1748'de yayınlanan kitabı *L'homme*

ANTOINE-LAURENT LAVOISIER

Modern kimyanın babası

1743
26 Ağustos'ta Paris'te doğdu.

1764
College Mazarin'den hukuk derecesi aldı.

1768
Paris Kraliyet Bilim Akademisi üyeliğine seçildi.

1769
Fransa'nın ilk jeolojik haritası üzerinde çalıştı.

1770
Suyun toprağa dönüştürülemeyeceğini gösteren çalışması Kraliyet Akademisi'nde okundu.

1775
Yanan metallerin havadaki önemli bir unsuru, yani oksijeni emdiğini kanıtladı.

1775-1792
Fransız Barut ve Güherçile Yönetimi'nde komisyon üyesi oldu. Kimyasal alandaki uzmanlığını askeri projelerde kullandı.

1776
Asitlerin oksijen içerdiğini ileri sürdü.

1783
Hidrojen ile oksijeni birleştirerek su elde etti.

1787
Üç meslektaşıyla birlikte *Kimyasal Adlandırma Yöntemi*'ni yayımladı. Kitapta kimyasal bileşenleri tanımlayan bir isimler sistemi anlatılıyordu.

1788
Londra Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1789
Temel Kimya Tezi'ni yayımladı.

1794
8 Mayıs'ta Paris'te öldü. Fransız Devrimi sırasında giyotin ile idam edildi.

SAYFA 270
Fransız kimyager Antoine Lavoisier ile evlendiğinde yalnızca 14 yaşında olan Marie-Anne Pierette Paulze, eşinin çevirmenliğini ve laboratuvar asistanlığını yaptı. Çift, Jacques-Louis David'in tablosunda görülüyor.

machine (Makine İnsan) la Mettrie'nin aykırı ve zamanı için oldukça ateist yaklaşıma sahip tezini ortaya koyuyordu. Teze göre insan yaşamı temelde uyarıcılara verilen bir dizi tepkiden ibaretti. Ona göre karaciğerin safra üretmesi gibi, beyin de düşünce salgılıyordu.

La Mettrie'nin kitabının yayımlandığı yıl, Almanya Göttingen Üniversitesi'nde çalışan Albrecht von Haller de ilk insan fizyolojisi kılavuzunu yayımladı. Yorulmak bilmez bir bilgi âşığı olan Haller, bir fizikçi, biyolog, bitkibilimci, anatomi uzmanı ve deneysel fizyologdu. Haller kalbi ve insan solunum sistemini birbirine bağlayan mekanizmaları ortaya çıkardı. Haller'in kaslar ve sinirlerle yaptığı deneyler sayesinde, duyumların sinirlerde çok az değişime neden olduğu, onun yerine kaslara aktarıldıkları ve kasların tepki verdiği anlaşıldı.

Gerçekleştirdiği çalışmalar Haller'e şöhreti ve üniversitede bir kürsüyü garantilediyse de o, sekiz ciltlik kitabı *İnsan Bedeninin Fizyolojik Unsurları*'nı tamamlamak ve her biri beğeniyle karşılanan şiirler ve romanlar yazmak üzere 1753'te doğduğu yer olan İsviçre'ye, Bern'e döndü.

Mekanik vücut teorisi hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 89-90.

Haller'in deneysel başarısı başka araştırmacılara da ilham verdi. Fransa'da François Magendie, hem katı analitik yaklaşımı hem de acımasız yöntemleriyle adını duyurdu. Kimyagerlik eğitiminden geçen Magendie'nin ilk çalışmaları sindirim ve sindirilen kimyasalların vücuda etkileri üzerineydi. Magendie, striknin, morfin, kodein ve kininin içindeki aktif bileşenleri ayrıştırdı ver her birini tıpta kullanıma soktu. Omurilik sinirlerini inceleyen İskoç anatomi uzmanı Charles Bell'in deneylerinin izinden giden Magendie, duyumları beyne taşıyan ve beyinden kaslara sinyal gönderen sinirlerin izlediği farklı yolları belirlemeyi başardı.

Yeni ufuklar açan çalışmaları Magendie'ye "deneysel fizyolojinin babası" unvanını kazandırdıysa da, şöhreti bedelsiz değildi. Çalışmaları sırasında çoğu zaman hayvanlar üzerinde acımasız deneyler gerçekleştiriyordu. 1824'te İngiltere'de verdiği bir konferansta Magendie, sinirleri kesmenin yarattığı etkiyi gösterebilmek için canlı köpekler kullanmıştı. Uygulama büyük tepkiye neden oldu ve İngiltere'de ateşli viviseksiyon karşıtı hareketi başlattı.

Magendie'nin öğrencisi Claude Bernard, akıl hocasının viviseksiyon temelli yöntemlerini sürdürdüyse de, daha çok vücudun dahili düzeni sağlama özellikleri üstünde çalıştı. Bernard'a göre, fizyolojinin doğru olabilmesi için, tüm canlılar için geçerli olması gerekiyordu. Eğer vücut gerçekten de makine değil, kendi kendini düzenleyen canlı bir sistemse, o zaman "homeostasis"den (hücrelerin, oksijen ve karbondioksit alışverişi ya da besinlerin özümsenmesi gibi aktiviteleri kendi kendilerine sürdürdükleri dahili denge sistemi) kan ve sıvılar sorumlu olmalıydı.

Bernard sonuçta, geleneksel bakış açısının aksine, yiyecek ayrıştırma ve özümseme işlemlerinin büyük bir kısmının midede değil, bağırsaklarda gerçekleştiğini ortaya koydu. Karaciğerdeki şeker depolayan madde

"glikojen"i tespit etti. Enzimlerin sindirimde oynadığı rolü ve karbonhidratların basit şekerlere ayrıştırılma yöntemini belirledi. Vücut belki kemik ve kastan yapılma biyomekanik bir sistem içinde dolaşan sıvılardan oluşma zarif bir ağdı ama yaşam ve beden kimya prensipleriyle de anlaşılabilirdi.

Bu çalışmaların çoğunun temeli "flogiston" denen maddenin sırrını nihayet çözen, bir yüzyıl kadar önceki keşiflere dayanıyordu. Yunancada "yanıcı" anlamına gelen "flogiston" sözcüğü aslında Alman hekim ve kimyager George Ernst Stahl tarafından kullanıma sokulmuştu. Stahl, tüm yanıcı maddelerde var olduğunu ileri sürdüğü, maddelerin yanmasını sağlayan hayati bileşeni tanımlamak için gereksinim duymuştu bu sözcüğe. Ancak neydi flogiston? Stahl için flogiston gerçek bir madde değil, tutuşmayı açıklamaya yarayan varsayımsal bir kavramdı. Zamanın pek çok bilimci gibi Stahl da paslanma, yanma ve soluma işlemlerinin birbiriyle ilintili olduğuna inanıyordu.

Ne var ki Stahl'dan sonra bilimciler flogiston'a gerçek bir maddeymiş gibi yaklaşmaya başladılar. Eğer gerçektiyse, çok tuhaf özellikleri vardı. Örneğin, odun külü, odundan hafifti. Bunun nedeni de büyük olasılıkla flosgiston'un yanıp tükenmiş olmasıydı. Ancak sülfür ve fosfor, havada yakıldıktan sonra, yanma öncesine göre daha ağır oluyordu. Fransız kimyager Antoine Lavoisier, tutuşma sırasında sülfür ve fosforun havadan bir şeyler emdiklerine karar verdi.

Yüzyılın başlarında kimyagerler gazları kapalı ortama almanın yollarını geliştirmişlerdi. Anne ve babasının servetlerinin varisi ve başarılı bir işadamı olan Lavoisier, gaz çalışmaları için bir laboratuvar kurma olanağına sahipti. Lavoisier, bu laboratuvarda tutuşma sürecini anlayabilmek amacıyla çalışmalara koyuldu. Son derece sabırlı olan Lavoisier, deneylerine büyük titizlikle yaklaşıyordu. Sonuç elde edemediği durumlarda her şeye baştan başlamaktan çekinmiyordu.

JOSEPH PRIESTLEY

Oksijenin kaşifi

1733
13 Mart'ta İngiltere'nin Leeds kenti yakınlarında doğdu.

1752
Northamptonshire, Daventry'deki Dissenting Akademi'ye girdi.

1755
İngiltere'de, Suffolk ve Cheshire'de vekil olarak görev yaptı.

1767
Odun kömürünün elektriği iletttiğini keşfetti.

1767
Elektrikle yaptığı deneylere karşılık Londra Kraliyet Akademisi'ne seçildi.

1767
Benjamin Franklin'in teşvikiyle *Elektriğin Şimdiki Durumu ve Geçmişi, Özgün Deneylerle* adlı kitabı yayınladı.

1771
Bitkilerin bir gazı açığa çıkardıklarını keşfetti ve buna "flogistonsuzlaşmış hava" adını verdi.

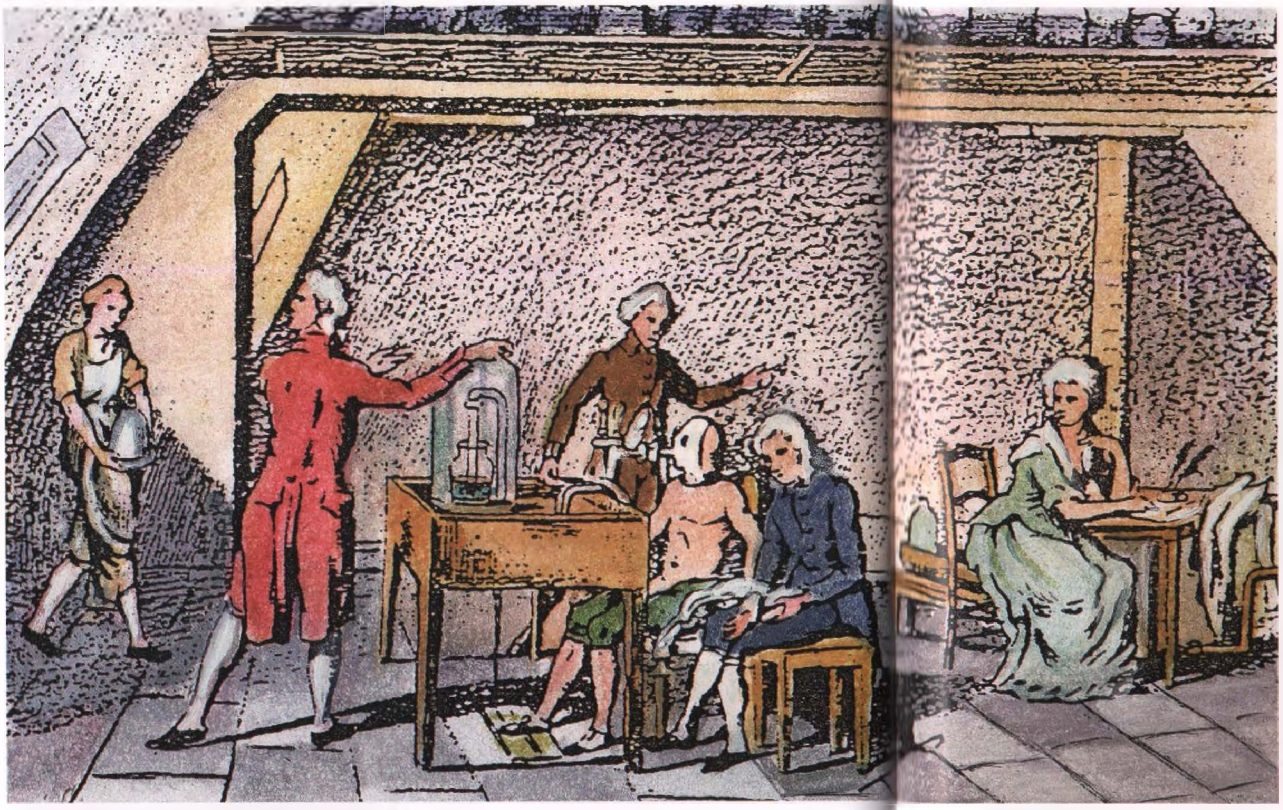
1772
Karbondioksidi suda çözmeyi başardı; *Farklı Hava Türleri Üzerine Deneyler ve Gözlemler* adlı ilk tezini yayımladı.

1773
Gazların özellikleriyle ilgili çalışmalarına karşılık Kraliyet Akademisi tarafından Copley Madalyası'na layık görüldü.

1774
Kırmızı civa oksiti ısıtarak renksiz bir gaz elde etti ve onun oksijen olduğunu söyledi.

1794
ABD'ye göç etti.

1804
6 Şubat'ta Pennsylvania, Northumberland'da öldü.



1774'te İngiltere'de Joseph Priestley de gazlarla deneyler yapmaktaydı. Priestley, cam bir haznenin içinde mum yakıldıktan sonra kalan havanın bir fareyi yaşatmaya yetmediğini biliyordu. Ancak Priestley haznenin içine yerleştirilen küçük bir bitkinin havayı yeniden solunabilir hale getirdiğini ve farenin de bu şekilde nefes alıp vermeye devam ettiğini keşfetti.

(Günümüzde oksitler dediğimiz) çeşitli cıva ve kurşun alaşımlarını ısıtmak da belirlenemeyen kayıp gazı yenilemeye yarıyordu. Bu gaza maruz bırakılan mum daha parlak yanıyordu. Priestley sonunda canlılık veren bu gaza bir isim buldu: "flogistonsuzlaşmış hava."

Lavoisier'in kendi deneyleri, Priestley'in bulgularını destekliyordu. Böylece o da yeni keşfedilen bu gazla deneyler yapmaya başladı. Gazın, sülfür ve fosforun yakılmasıyla gerçekleşen ağırlık artışından ve metal paslanmasıyla oluşan oksitlerden sorumlu olduğunu keşfetti. Lavoisier gaza "oksijen" adını verdi; yani asit oluşturan. Yeni bulunan gaz tutuşma sürecini açıklamasına yardımcı olmuştu. Lavoisier'e göre bu süreç atmosferik oksijen ile yanar madde arasında gerçekleşen kimyasal birleşmeden kaynaklanıyordu. Yeni gaz, fareyi cam hazne içinde yaşatan gazla aynı olduğundan, Lavoisier tutuşmanın bir şekilde soluma ile ilişkili olduğundan emindi.

Lavoisier'in çalışmaları, gerçekten de tutuşmaya hazır bir yer ve zamanda gerçekleşti. Fransız Devrimi ulusa kısa bir sevincin ardından kaos getirmişti. Lavoisier özgürlük davasını destekliyordu ama Fransa'da gereğinden uzun süre kaldı, çünkü zenginliği ve monarşiyle olan mali bağlantıları, Terör Dönemi başladığında elini kolunu bağlamıştı. 1794'te diğer varlıklı finansörlerle birlikte giyotine gönderildi.

Lavoisier'in başına gelenleri duyan Fransız matematikçi Joseph-Louis Lagrange şu yorumu yaptı: "O kafayı kesmeleri tek bir an sürdü; oysa bir benzeri yüzlerce yıl gelmeyebilir."

YAŞAM SOLUĞU

Lavoisier, laboratuvarındaki denekler tarafından solunan havanın bileşenleri üzerine çeşitli deneyler gerçekleştirdi. Titiz çalışma yöntemiyle ünlü olan eşi Marie-Anne ise notlar aldı.

TÜM HÜCRELER HÜCREDEN GELİR

İlk mikroskopların sınırlı becerilerine rağmen, bilimciler hücreye ilişkin bilgilerini durmaksızın geliştirdiler. Anatomi uzmanları ve fizyologlar 18. yüzyılda bedeni, işleyen küçük parçaların bir bileşimi olarak görmeye başladılar. Örneğin, anatomi uzmanları bir hastalığın nedeninin iç organlardan birinde bulunabileceğine inanıyordu. Kısa süren araştırma süreci içinde Fransız anatomist Xavier Bichat, 21 çeşit insan dokusu belirledi. Aynı dönemde birçok kişi, canlı dokunun daha küçük birimlerden oluşabileceğini düşünüyordu; MÖ 5. yüzyıl Yunan doğa felsefecilerinin ileri sürdüğü atom gibi birim-

FOTOSENTEZ

Fotosentez bitkilerin büyüme ve doku yenileme amacıyla karbondioksit ve su gibi inorganik maddeleri organik maddelere dönüştürme işlemine denir. Daha çok yeşil bitkilere özgü bir işlev olmasına rağmen fotosentez aynı zamanda su yosunlarında, hatta bazı bakterilerde de gerçekleşir. Hayvanların çoğu otçul olduğu (yani bitki ile beslendiği) için, fotosentezin hemen hemen tüm canlıların yiyecek üretim süreci sayıldığı söylenebilir. Kaynağını güneş ışığından (ya da suni ışıktan) alan ve havaya oksijen salımı sağlayan bu süreç, fotosentezin hayvanlar dünyası ve yerküre için çevresel önemini iki kat arttırır.



Ortalama bir yeşil bitkinin yaprağında, resimdeki hücre içi küçük noktacıklar gibi, beş milyar kloroplast bulunur.

Fotosentezin iki aşaması vardır: Birincisi, güneş ışığının yakalanması ve kullanılması; ikincisi, karbon dönüşümü.

Konunun büyük kısmını ilgilendiren yeşil bitkilerde fotosentez daha çok yapraklarda gerçekleşir. Sürecin önemli etkenlerinden su, bitkinin kökleri tarafından emilerek yapraklara aktarılır. Aynı zamanda yapraktaki "stomata" denen deliklerden içeri havadaki karbondioksit girer. Su, kloroplastların, yani önemli pigment elementi klorofili içeren mercek biçimli küçük yapıların nemli duvarlarındaki solüsyona katılır. Kloroplastlar gerçek fotokimyasal sürecin yaşandığı çoklu arenalardır.

İkinci aşamada, klorofil katalizör görevi görerek, ışık enerjisinin su moleküllerini oksijen ve hidrojene ayrıştırmasına yardımcı olur. Hidrojen moleküllerinin bazıları şeker üretmek üzere karbondioksidin karbonuyla birleşince, karmaşık bir dizi kimyasal tepkime –ikinci aşama– başlar.

Böylece şeker, bitkinin büyümek ve üremek için gereksinim duyduğu nişasta, yağ, protein, vitaminler ve diğer maddelere dönüşüm için bir temel oluşturur. Bu maddeler aynı zamanda hayvanlar aleminin besin zincirini de sağlar.

Küçük bir miktar oksijen, besin üretiminin sonucunda kullanım dışı kalabilir ama bu da bitkinin solunum sürecinde işe yarar. Örneğin, geceleri güneş enerjisi olmadığında, bitki hâlâ gereksinim duyduğu enerjiyi kendi besininin oksidasyonuyla üretebilir. Fotosentez sürecinde ortaya çıkan oksijen fazlası, stomata yoluyla çevreye verilir ve atmosfere geri döner.

Klorofilin –dolayısıyla bitki dünyamızın büyük bir kısmının– yeşil olması bir rastlantı değildir. Anlaşıldığı üzere güneş tayfının kırmızı ve mavi kısımları bitkiler için gerekli enerjinin tamamını sağlar. Klorofil en çok bu alanları soğurur. Yeşil alanın ise (500 ila 600 nanometrelik) çok küçük bir kısmı soğurulduğu için geri yansıtılır ve bitkiler yeşil bir görünüm alır.

lerden. Sözkonusu birimler yalnızca daha küçük organlar mıydı ve bedenin atomik yapısını temsil ediyorlar mıydı?

1805'te Alman doğa felsefecisi Lorenz Oken, hücrenin kendisinin de canlı bir varlık olduğunu iddia etti; tıpkı Leeuwenhoek'in mikroskopla baktığı suyun içinde gördüğü yüzen canlılar gibi. Oken, 1830'da, bu birimlerin biraraya gelmesiyle tüm bitki ve hayvan dokularının oluştuğunu ileri sürdü. Bu önerme bilim camiasında fazla etkili olmadı çünkü Oken hiç mikroskop kullanmamıştı.

Ne var ki Britanyalı bitkibilimci Robert Brown, bitki hücrelerinin içinde tıpkı Leeuwenhoek'in hayvancıkları gibi bazı unsurlar olduğunu gördüğünde, Oken'in önermesi kulağa o kadar da tuhaf gelmedi. Brown bu öğelere "çekirdek" adını verdi. Daha çok görme üzerine yaptığı çalışmalarla tanınan Çek fizyolog Jan Evangelista Purkinje, hayvansal doku hücrelerinin içinin boş olmadığını, "protoplazma" adını verdiği maddeyle dolu olduğunu gözlemledi. Purkinje ayrıca hücre bölünmesine tanıklık ettiğini de bildirdi.

Felsefe tek başına, hücre yapısı ve işlevi hakkında kanıt sağlamak için yeterli olmasa da, gözlem bilimi de teknoloji yetersizliğiyle sınırlanıyordu. Mikroskop mercekleri kötü değildi ama bileşik mercekleri etkileyen ışık sapması kaynaklı pus giderilene dek, yeterince iyi de değildi. 1830'lara gelindiğinde sorun büyük oranda çözülmüştü ve hücre yapısının yanısıra, bitki ile hayvan hücre benzerlikleri de iyice netleşmişti. Hatta öyle netleşmişti ki, sonradan bitkibilimciliğe geçen yaygaracı Alman bir avukat, 1837'de hücrenin sırrının çözüldüğünü ilan etti.

1837'de avukatlık işini bırakmış, Almanya, Jena'da bitkibilim öğretmekte olan Matthias Jakob Schleiden'in, çoğu botanikçinin bütün vaktini alan, zahmetli bitki sınıflandırma işi için yeterli sabrı yoktu. Bitki kökenleri üzerine yazdığı bir makalesinde Schleiden, hücrenin tüm canlıların hayati yapıları olduğu görüşünü büyük bir rahatlıkla savundu.

Bu iddia, Schleiden'in arkadaşı fizyolog Theodor Schwann'ın çalışmalarıyla desteklendi. Schleiden'den daha sakin karakterli olan Schwann, sindirim ve fermantasyon, yani şekerin karbondioksit ve alkole dönüşümü üzerinde çalışıyordu.

Fermantasyon antik dönemden, hatta belki tarih öncesinden beri biliniyordu: Üzümdeki şekerlerin fermantasyonu sonucu ortaya şarap çıkar, tahıldaki şekerlerin fermantasyonu sonucu ise bira ya da damıtılmış alkollü içki. Ancak Schwann'ın, fermantasyonun canlı hücrelerin –onun çalışmalarında ise mayanın– normal yaşam sürecinin bir parçası olduğu yönündeki iddiası bilimcilere saçma geliyordu. Sonunda Schwann, Alman meslektaşlarının horgörüsünden uzaklaşmak için Belçika'ya kaçtı. Ne var ki iddiasında haklıydı: Canlı hücreler enerjilerini şeker moleküllerini parçalayarak elde ediyorlardı.

Schwann'a göre, fizyolojiyi anlamanın yolu, hücreyi anlamaktan geçiyordu. "Temel kısımların her birinin kendine ait bir kuvveti, kendine

FERMANTASYON

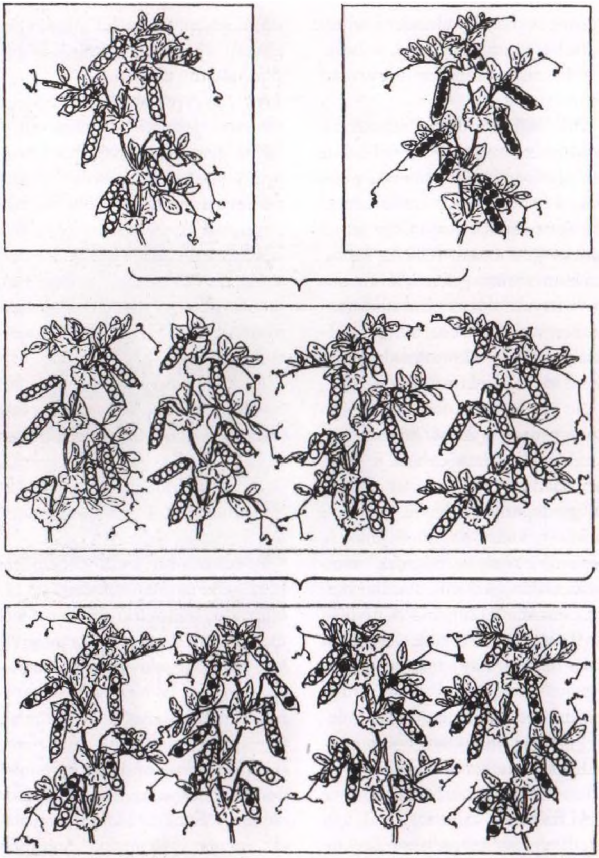
Louis Pasteur fermantasyonun mikroorganizmalara bağlı olduğunu ortaya koyduktan sonra, farklı organizmaların ürettiği farklı türde fermantasyonları belirledi. Ekşi sütte homolaktik fermantasyon gerçekleşiyordu, delikli İsviçre peynirinde ise propiyonik asit fermantasyonu.

Ilk hücre çalışmaları hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 101-104.

Schlieden ve Schwann hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 103-104.

KALITIMLA GELEN ÖZELLİKLER

1860'larda Avusturyalı bitkibilimci Gregor Mendel tarafından yapılan çalışmalara göre, yuvarlak ve buruşuk tohumların çaprazlanması sonucu ortaya tatlı bezelye nesileri çıkıyordu. Çaprazlamayla ilk nesilde yalnızca yuvarlak tohumlar, üçüncü nesilde ise üç yuvarlağa karşılık bir buruşuk tohum üretiliyordu.



ait bir yaşamı var" demişti 1839 tarihli kitabı *Hayvan ve Bitkilerde Yapı ve Gelişimin Benzerliği Üzerine Mikroskobik Araştırmalar*'da.

Her ne kadar Schwann ile Schleiden, hücrelerin kristal oluşumuna benzer, kimyasal bir süreç sonucu ortaya çıktığına ve yaşamsal bir kuvvetin onları organizmanın ortak iyiliği için çalışmaya yönelttiğine dair hatalı görüşü paylaşsa da, sonuçta hücre teorisinin temel parametrelerini belirlemeyi başardılar.

Polonya doğumlu patolog Rudolf Virchow, iki Alman bilimcinin çalışmalarını geliştirdi. 1858'de yayımlanan *Hücre Patolojisi* adlı kitabında Virchow, hücre teorisinde yaşamsal

kuvvetin yeri olmadığını iddia etti. Çalışmalarında, hayvan hücrelerini inceleyen yurttaşı Pole Robert Remak ile bitki hücrelerini inceleyen Fransız bitkibilimci Barthelemy Dumortier'in keşiflerini temel alan Virchow, en sonunda *Omnis cellula e cellula* [Tüm hücreler hücreden gelir] sloganını ortaya attı. Organizmaları şekillendiren merkezi bir yaşamsal kuvvet yoktu. Hücreler, "dokuları, organları, sistemleri ve bireyi meydana getiren ve belli bir bağımlılık içinde yaşayan o uzun oluşumlar zincirinin son halkası" idi.

Bir patolog olarak Virchow'un bakış açısına göre hastalıklar hücrenin anormal koşullara gösterdiği tepkiden kaynaklanıyordu. Virchow hücreleri toplumun özerk üyelerine benzetiyordu. Ona göre toplumun her bireyi, komşusunun refahı ve organizmanın bütünü için çalışmak zorundaydı. Ancak sistem aksadığında ortaya hastalık çıkıyordu. Her canlı organizma hücrelerinin bir toplamıydı ve bu hücrelerin her biri de kendi başına bir birimdi; "yaşamsal" öneme sahipti ve "yaşam özellikleriyle dolu"ydu.

KALITIM YASALARI

19. yüzyıl sonlarında bilim dünyasını oldukça meşgul etmiş olsalar da, hücre ve evrim teorileri türlerin kendi özelliklerini nasıl aktardıklarını ya da nesiller arası ortaya çıkan değişimleri açıklamıyordu.

Mikroskoplar geliştikçe hücrelerin olağanüstü karmaşık olduğu ortaya çıktı. Öyle karmaşıklardı ki, Virchow'un, "Hücre kendi içinde organizma özelliklerinin tamamını taşır" varsayımına açık görünüyorlardı. Eğer bu doğruysa ve hücre yalnızca hücreden geliyorsa, hücreler tüm bu bilgiyi birbirlerine nasıl aktarıyordu? Organizmalar ebeveynlerinin özelliklerini nasıl alıyorlardı? Soruyu yanıtlamaya başlayacak olan teori, Bohemyalı bir keşişinin bahçe-



MENDEL
10.000 kadar bitkiyi çaprazlama yoluyla birleştiren Gregor Mendel, genetikle ilgili çalışmaları ile ün elde etmek ya da tanınmak peşinde değildi.

ANTİSEPSİ
Doktor Ignaz Philipp Semmelweis, Joseph Lister ve Robert Koch'un keşiflerini takip eden yıllar içinde cerrahi uygulamalarda büyük değişimler gerçekleşti. Bu fotoğrafta patolog Rudolf Virchow, 1900'de bir beyin ameliyatını izliyor.



Gregor Mendel hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 135.

sinde yeşerdi.

Kendi anlattıklarına bakılırsa Johann Mendel, yoksul ve mutsuz bir gençlik geçirmiş, duygusal çöküntü dönemleri atlatmıştı. Güvenli bir hayat sürebilmesi için tek çıkış yolu kilise gibi görünüyordu.

Mendel 1843'te, 21 yaşında, Moravya, Brünn'deki (daha sonraları Çek Cumhuriyeti'ndeki Brono) Augustinyen manastıra girdi ve Gregor adını aldı. Bilim, özellikle de fizik eğitimi alsa da Mendel pek başarılı olamamış, eğitmenlik sertifikası sınavını dahi geçememişti. Viyana Üniversitesi'nde iki yıl fizik, matematik, biyoloji ve bitkibilim okuduktan sonra 1854'de manastıra dönerek bir teknik lisede doğa bilimi dersleri vermeye başladı.

Bunu izleyen on iki yıl içinde saplantılı bir titizlikle çalışan Mendel, dikkatle planlanmış bir dizi deney gerçekleştirdi. Denekleri, manastır bahçesinde yetiştirdiği bezelye bitkileriydi. Normal koşullar altında bu bitkiler kendi kendilerini dölleyerek ortaya uzun ya da kısa, farklı renkte çiçekleri ve farklı biçimde tohumları olan bitkiler çıkarıyorlardı. Tüm bu varyasyonlar içinde belli bir düzen olup olmadığını anlamaya çalışan Mendel, bitkileri çaprazlayarak çeşitli deneyler gerçekleştirdi. Uzun bitkiyle uzunu, kısa ile kısayı, ya da uzun ile kısayı çaprazladı.

Uygulamanın kendisi yeni değildi. Çeşitli tahıl bitkilerini ya da evcil hayvanları iyileştirmek amacıyla yapılan suni melezleme işlemleri tarih öncesinden beri gerçekleştirilmekteydi. Mendel'in amacı ise bu çağlar öncesine dayanan dölleme uygulamalarını açıklayabilecek bir bilim geliştirmekti.

Bunun üzerine Mendel kılı kırk yararak 10.000 kadar bitki ile çeşitli deneyler gerçekleştirdi ve elde ettiği sonuçları defalarca tekrarlayarak gözden geçirdi. Vardığı sonuç, dönemin yaygın bakış açısıyla çelişiyordu. Bu bakış açısına göre bir türün iki ayrı soyu biraraya getirildiğinde ortaya, her iki soyun özelliklerinin bir karışımı çıkardı.

Uzun bitkiyle uzun olanlar çaprazlandığında ortaya uzun çıkıyordu. Kısa ile kısayı çaprazlamak ise kısayla sonuçlanıyordu. Ancak Mendel uzun bitkileri kısa olanlarla çaprazladığında ve ortaya çıkan tohumları da yetiştirdiğinde, orta boylu bitkiler elde edemiyordu. Birkaç kısa, birkaç uzun bitki de elde edemiyor-

du. Elindeki tüm bitkiler uzun oluyordu. Sonuçlara şaşıran Mendel, uzun bitkilerden elde ettiği tohumları ekti. Bu tohumlardan ise iki farklı boyutta bitki üredi; uzun ve kısa. Oran üç uzun bitkiye karşılık bir kısa bitkiydi. Tekrarlanan denemelerden de aynı sonuçlar elde edildi. Neler oluyordu?

Mendel her bitkide boyu kontrol eden iki adet kalıtımsal etken olduğu sonucuna vardı. Bunlardan biri erkek ebeveynden geliyordu, diğeri de dişi ebeveynden. Mendel uzun bir bitkiyi kısa olanla çaprazladığında, iki etkenin dört kombinasyon oluşturması mümkündü: uzun-uzun, kısa-kısa, uzun-kısa, kısa-uzun. Ancak elde edilen dört bitkiden üçü uzun olduğu için Mendel uzunluk etkeninin baskın, kısalık etkeninin ise çekinik olduğunda karar kıldı.

Altı ayrı özellikle gerçekleştirilen deneylerin sonuçları da aynı oranlara işaret edince, Mendel her özelliğin iki kalıtımsal etkenle temsil edildiğini düşündü. Ayrıca sperm ya da yumurtada kalıtımsal etkenlerden ancak biri bulunuyor olmalıydı –yani, ya uzun ya da kısa– her ikisi birden değil. Sonunda Mendel, kalıtımsal etkenlerin seri halinde aktarılmadığını anladı. Örneğin, boy ve tohum biçimi, her zaman birlikte aktarılmayabiliyordu. Aksine her üreme hücresi ebeveynlerin her birinden rastgele bir kalıtımsal etkenler serisini alıyordu.

"İki ebeveyn tipine ek olarak, melezlerin kendilerine benzer döller üretmelerine ilişkin dikkat çekici fenomen böylece açıklanmıştır," diyordu Mendel yazısında. Örneğin, kısa-uzun çaprazlaması, uzun-kısa çaprazlamasıyla aynı sonucu veriyordu. Ya da Mendel'in sözleriyle, "iki özellikten hangisinin polene, hangisinin üreme hücresine ait olduğu, döllenmenin sonucunu belirlemiyor"du.

Mendel elde ettiği sonuçları 1866'da Brünn Doğal Bilim Derneği'nin dergisinde yayımladı. Olasılık teorisi ve istatistiksel analizi oldukça yenilikçi bir biçimde kullanan bu çalışma, günümüzde deneysel tasarım ve raporlama için bir örnek teşkil etse de, onlarca yıl bitkibilimciler tarafından az bilindi ve ender olarak anıldı. Mendel çalışmanın bir kopyasını Darwin'e gönderdiyse de, Darwin'in çalışmayı okuduğuna iliş-

1876 – 1916

1876
Alman embriyologlar Oskar Hertwig ve Hermann Fol, döllenmiş yumurtaların hem erkek hem de dişi çekirdeği içerdiğini gösterdiler.

1882
Alman anatomi uzmanı Walther Flemming, hücre bölünmesini inceledi ve bu sürece "mitoz" adını verdi.



1892
Rus mikrobiyolog Dimitri Ivanovski, bakteriden küçük bazı etkenlerin hastalıklarla ilişkili olduğunu keşfetti; virüs kavramının doğuşu.

kin herhangi bir kanıt mevcut değil. Mendel bilimsel araştırma sonuçlarıyla ilgili başka hiçbir şey yazmadı. Manastırda baş keşiş seçildikten sonra, öldüğü yıl olan 1884'e dek bu görevi sürdürdü.

1900'de, tuhaf bir dizi olayın ardından Mendel'in çalışması ana akım bilim çalışanları arasında yeniden gün ışığına çıktı. Aslında bu çalışma çok geçmeden bilimin ana akımını belirleyecekti.

Birbirinden bağımsız çalışan üç araştırmacı kalıtım sürecini keşfettiklerini duyurdular. Ayrıca her biri, çalışmalarının son aşamasında, ya da bunun hemen ardından, adı sanı bilinmeyen bir keşişin çalışmasına rastladıklarını da bildirdiler. İşin ilginci, sözkonusu keşiş kalıtımın temel yasalarını çoktan keşfetmekle kalmamış, araştırmacıların kendileri tarafından yapılan çalışmaları da gölgede bırakmıştı.

Genetikbilimci Daniel L. Hartl ile Vitezslav Orel'in 1992 tarihli makalelerinde de belirttikleri gibi Mendel temelde bir melezleme uzmanının işini yapmış olsa da, olağanüstü bir kavrayışla, "kalıtımsal özelliklerin hücresel unsurlarca belirlendiğini..." keşfetmişti. Bu unsurlar, "çiftler halinde bulunuyor, bölünme ve bağımsız tasnif sürecinden geçiyor ve birbirini izleyen kalıtımsal aktarımlar boyunca değişmeden kalıyor"du. Geçen otuz beş yılın ardından, araştırmacıların ekleyeceği fazla söz yoktu.

Araştırmacıların Mendel'in çalışmasını tam olarak ne zaman keşfettikleri ve bu çalışmanın onların çalışmaları üzerinde ne derece etkili olduğu o günden bu yana tartışılıyor. Ancak bilimciler Mendel'e hakkını teslim ettiler. Yeni yeşermekte olan kalıtım çalışmalarına Mendelizm adı verildi ve Mendel'in melez oluşum ve gelişimi ile kalıtımsal etkenlerin aktarımına ilişkin teorileri "Mendel yasaları" olarak benimsendi. Yine Mendel'in bulduğu dominant (baskın) ve resesif (çekinik) terimleri ise kalıtım biliminde benimsendi ve bu alanda halen yaygın olarak kullanılıyor.

Mendel çalışmasının gün ışığına çıkışından kısa süre sonra araştırmacılar, hücre bölünmesi sırasında oluşan ve uzunlamasına ikiye ayrılan kromozom adlı ipliğimsi yapıların önemini kavramaya başladılar. Bu

BAKTERİ YİYİCİLER

(Yunancada bakteri yiyici anlamına gelen) bakteriyofajlar, bakterilere bulaşan virüslerdir. 1940'larda keşfedilen bakteriyofajlar kolera ve hıyarcıklı veba gibi hastalıkların tedavisinde ümit verici gibi görünüyorlarda. Ancak denemeler başarısız oldu ve antibiyotiklerin ortaya çıkışıyla birlikte uygulamalı tamamen terk edildi. İlaca dayanıklı bakterilerin 1990'larda ortaya çıkışıyla birlikte virüsler yeniden mercek altında alındı.

1902
Amerikan genetikbilimci Walter Sutton, kromozomların çiftler biçiminde olduğunu ve kalıtımın taşıyıcısı olabileceklerini söyledi.

1905
Amerikalı hayvanbilimci Clarence McClung, dişi memelilerde iki tane X kromozomu, erkeklerde ise bir X bir Y kromozomu olduğunu ortaya koydu.

1911
Amerikalı genetikbilimci Thomas Morgan Mendelyen etkenlerin –Mendel'in önerdiği aktif kalıtım unsurları– kromozomlarda bir dizi şeklinde sıralandığını ileri sürdü.

1916
Kanadalı mikrobiyolog Felix d'Herelle bakteriyofajları keşfetti.



AŞI ARAŞTIRMASI
Şubat 1946'da Londra'daki bir laboratuvarda çalışan iki bilimci, grip virüsünü uyuşturulmuş bir gelinciğe şırınga ediyorlar. Ümitleri, ölümcül virüse çare bulmak. 1918-19 yıllarında ortaya çıkan grip virüsü dünya çapında yaklaşık 25 milyon kişinin ölümüne yol açtı.



yapılar bir yüzyıl kadar önce mikroskop altında görüldüyse de, ancak Mendel ile takipçilerinin ortaya koyduğu ilkelerden sonra bilimciler onların –Mendel'in deyişiyle– kalıtımsal etkenleri taşıma işlevini yerine getirdiğini anlamaya başladılar. Yaşamı şekillendiren bu küçük bilgi

parçacıklarına çok geçmeden "gen" adı verilecekti.

TUHAF YENİ YAPILAR

Belli bakteri türlerinin belli hastalıklara yol açtığı henüz 1880'lerde biliniyordu. Ancak yine de çiçek hastalığı ve grip gibi hastalıklar varlıklarını sürdürüyor, kimse onlara neden olan patojenleri bulamıyordu. Şifresi kırılamayan hastalıklar bitkileri de vuruyor, tütün bitkisinde hastalığa yol açan patojen üzerinde özellikle duruluyordu. Bazı araştırmacılar bitki özsuyunda bir toksinin varlığından şüpheleniyordu ama iyice seyreltilmiş özsular bile hastalığı bulaştırmayı sürdürünce, sorumlunun bir tür organizma olduğu sonucuna varıldı.

Ne türden olursa olsun, bu patojenin iyi saklandığı belliydi. Bakterileri yakalamak üzere tasarlanmış seramik filtrelerin çok küçük gözeneklerinden geçebildiğine göre patojenin bakteriden de küçük olması gerekiyordu. Dönemin en iyi mikroskobu altında dahi görünmüyor, alkolle öldürülemiyor ve suni ortamda yetiştirilemiyordu. Beijerinck buna *contagium vivum fluidum* adını verdi, diğer bir deyişle "virüs".

Sonraki yıllarda keşfedilen ayrıştırma yöntemleri, virüslerin gizemini daha da arttırdı. En büyük virüsler bile mikroskop altında güçlükle görülebiliyordu.

Bilinen tüm organizmalar ve bilinen tüm hücreler genetik materyal moleküllerinin yanısıra, bir solunum vasıtasına ve metabolizmaya sahip olduğuna göre, virüs nasıl canlı organizma olabilirdi? Canlı organizma yerine, canlı kimyasal molekül olması mümkün müydü?

1932'de Amerikalı biyokimyager Wendell Stanley, kendisine 1946'da Nobel Kimya Ödülü kazandıracak olan çalışmaları sırasında, konsantre tütün virüsü kültürlerinin kimyasal tepkimeye maruz bırakılması halinde, ortaya kristal oluşumların çıktığını keşfetti. Oluşumlar, protein ve nükleik asit kimyasalları içeriyordu. Stanley, bu kristallerin ayrıştırılması ve yeniden

JAMES WATSON

DNA'nın ikili sarmalını bulan iki kişiden biri

1928
6 Nisan'da Chicago, Illinois'de doğdu.

1943
15 yaşında burs alarak Chicago Üniversitesi'ne girdi.

1947
Zooloji alanında lisans derecesi aldı.

1950
X-ışınlarının bakteriyofajlar üzerindeki etkisini inceleyen tezini sunarak, Indiana Üniversitesi hayvanbilim dalında doktorasını tamamladı.

1950
Milli Araştırma Konseyi'nin Merck Fellow bursuyla doktora sonrası yılını Kopenhag'da geçirdi.

1951
Francis Crick ile birlikte İngiltere'de, Cambridge'deki Cavendish Laboratuvarları'nda DNA yapısını incelemeye başladı.

1953
Crick'le birlikte "Nükleik Asitlerin Moleküler Yapısı"nı yayımlayarak DNA'nın yapı ve işleyişini keşfettiklerini duyurdu.

1961
Harvard'da biyoloji profesörlüğüne atandı.

1962
Fizyoloji, yanı tıp dalında Nobel Ödülü'nü Francis Crick ve Maurice Wilkins ile paylaştı.

1968
DNA keşfini anlatan *İkili Sarmal* isimli kitabını yayımladı.

1988
Ulusal Sağlık Enstitüsü'nün başlattığı İnsan Genom Projesi'nin yönetici yardımcılığını üstlendi.

1989
İnsan Genom Projesi yöneticiliğine yükseldi.

ÂLEMLER VE ÜST ÂLEMLER

"Kings play chess on fairly green spaces / Kralar hayli yeşil alanlarda satranç oynar". Bu İngilizce cümlenin kelimelerinin baş harfleri sayesinde en az yüz yıldır öğrenciler, Linnaeus tarafından 18. yüzyılda geliştirilen "canlı organizmaların taksonomik hiyerarşisi"ni akıllarında tutabiliyor: kingdom/âlem, phylum/şube (filum), class/sınıf, order/takım, family/aile, genus/cins, species/tür. Bu sistemin üç yüz yıllık bilimsel gelişimi ve binlerce yeni türün keşfini aşarak günümüze dek gelmiş olması, Linnaeus'un canlı özelliklerine ilişkin bilgisinin bir göstergesi. Linnaeus bu şekilde yalnızca uygun bir dosyalama sistemi oluşturmakla kalmadı; kullandığı taksonomi, bilimcilere türlerin anatomik özelliklerini karşılaştırma ve akıllıca planlanmış bir karşılaştırma sayesinde her canlıyı ve onun diğerleriyle ilişkilerini daha iyi anlama olanağı sağladı.

Ne var ki zaman içinde çok şey değişti, özellikle de belli bir organizmanın, hiyerarşinin hangi bölümüne ait olduğunu belirlemeye çalışan bilimcilerin kullandığı kriterler konusunda. Mikroskobun icadından önce bir organizma boyutu, rengi, tırnak tipi, ayak parmak sayısı ya da göz biçimine göre sınıflandırılıyordu. Bunlar rastgele olmasa da, organizmada gözlemlenebilen özellikler ile sınırlı kriterlerdi. Ancak ne kadar özellik karşılaştırılabilirse, sistem o kadar iyidir. Örneğin, kuşların da yarasaların da kanatları olması, onların aynı gruba dahil oldukları anlamına gelmez. Aristoteles'in de fark ettiği gibi, balıklar ile yunuslar da aynı gruba dahil değildir.

Kulağa çok basit gibi gelse de, taksonomi yerleştirmesi üzerine yaşanan anlaşmazlıklara, hiyerarşinin üst basamaklarında bile rastlanır. Aslında, son 50 yıldaki en büyük değişimler, hiyerarşinin tepesinde gerçekleşti. Bilimciler önce hücreleri, sonra da canlıların moleküler yapılarını inceledikçe, âlemlerin sayısı ikiden –hayvanlar ve bitkiler– beşe yükseldi.

Linnaeus'un da amaçladığı gibi taksonomi, organizmaların ne denli yakın ya da uzak ilişkili oldukları



Lepidopteristler [Pul kanatlı bilimcileri. ç.n.] daha kolay tespit ve sınıflandırma için çoğu zaman topladıkları örnekleri yapıştırırlar.

üzerine yapılandırılır. Hücre teorisinin geliştirilmesiyle birlikte insan ve diğer hayvanların hücresinde çekirdek olduğu, ancak bir grup hayvanın –bakteriler– hücresinde çekirdek olmadığı anlaşıldı. Ne bitki ne de hayvan olan bu grup ayrı bir âleme dahil edildi: monera. Çok geçmeden fungi (mantarlar) bitki âleminden ayrıldı ve tek hücreli organizmalar da yeni bir âlemi oluşturdu: protista. Sonuçta ortaya beş âlem çıktı: Hayvanlar, Bitkiler, Monera, Fungi (Mantarlar) ve Protista. Bu durumda virüsler dışarıda kalmıştı. Peki virüs bir canlı mıydı?

DNA'nın moleküler yapısı üzerine yapılan çalışmalar farklı bir ayrıma işaret etmeye başlamıştı. Taksonomistler türleri bir cinsten diğerine aktarıyor, varyete diye adlandırılanları türlere ekliyor ve bazı türleri de varyeteye kaydırıyorlardı. Daha sonra Illinois Üniversitesi'nden Carl Woese, Monera Âlemi'ne dahil edilen "archaea"nın genetik olarak bakterilerden en az insan kadar farklı olduğunu ortaya koydu.

Böylece âlemler, evrimsel kökenlerini yansıtan daha büyük "Üst âlem"lere ayrıldı. Ökaryot'ların (Eukaryota) hücreleri çekirdekliydi ve bunlara Bitkiler, Hayvanlar, Mantarlar (fungi) ve Protista dahildi. Prokaryot'lar ise (Prokaryota) Monera'yı içeriyordu: Bakteriler ve mavi-yeşil algler. Moleküler taksonomistler Archaea'yı Prokaryot'lardan çıkararak, üst âlemlerin sayısını üçe yükselttiler: Ökaryot'lar, Bakteriler ve Archaea.

oluşturulması durumunda dahi, virüsün enfeksiyon bulaştırmayı sürdürdüğünü gördü.

Stanley'in çalışmasından kısa süre sonra virüslerin yaşam kimyasını barındırmakla birlikte, temelde birer parazit oldukları anlaşıldı. Yerleşebilecekleri konakçı bir hücre olmadığı ve o hücrenin içeriğini ele geçirerek metabolizma yönetme, enerji depolama ve üreme olanağı bulamadıkları sürece, virüsler atıl kalıyordu. Hücrelere sızma ve girme konusunda şaşırtıcı derecede karmaşık yöntemleri vardı ve bir kez içeri girdikten sonra hızla çoğalabiliyor, "virion" adlı kapsülleşmiş yeni nesil virüs parçacıklarını yaratabiliyorlardı. Virion'lar virüslerin tıpatıp kopyasıydı ve ekibe katılarak diğer hücrelere saldırıyor, onları da etki altına alıyorlardı.

İyi haber, çoğu virüsün hastalığa yol açmamasıydı. Ayrıca virüse bir kez maruz kalmak, ona ve onun bazı yakın akrabalarına karşı bağışıklık sağlıyordu. Çinliler bunu bin yıl önce keşfetmiş ve ellerindeki bilgiyi uygulamaya geçirerek, hastalığa maruz kalmış ciltten elde edilen bir pudra ile çiçek hastalığı salgınlarını önlemişlerdi. Hastalığa yakalanmamış olanlar pudradan küçük bir miktar soluyarak bağışıklık kazanıyordu. Günümüzde kabakulak ve kızamık gibi virüslere karşı kullanılan aşılar da aynı görevi yerine getiriyor. Bu yöntemle, hastalığın kendisi vücuda girdiğinde, bağışıklık sistemi virüsü tanıyarak, ona karşı antikorlar geliştirebiliyor.

Ne yazık ki nezle ve grip gibi bazı virüsler mutasyona uğrayarak kolayca evrilebiliyor. Bu nedenle de belli bir virüse karşı etkili olan aşı, aynı virüsün yeni türü üzerinde etkili olmayabiliyor. Antibiyotikle öldürülebilen bakterilerin aksine virüsler vücut hücrelerine yerleşiyor ve hücrenin kendisi öldürülmeden yok edilemiyorlar. İşte kaynağı olan virüs bilindiği halde, araştırmacıların AIDS'e karşı tedavi geliştirememesinin nedeni de bu. İnsan Bağışıklık Yetmezliği Virüsü, yani HIV bağışıklık sisteminin hücrelerini öldürdüğü için, yeni enfeksiyonlara karşı geliştirilen antikorlar –normalde rahatça savuşturulabilecek olanlar bile– ölümcül etki yaratabiliyor.

Aşılama hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 106-115.

Virüsler hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 117-120.

Elde edilen tüm bu bilgilere rağmen, virüslerin evrimsel kökenine ilişkin soru hâlâ yanıtlanmayı bekliyor. Varlıkları konakçı hücrenin mekanizmasını ele geçirmek üzerine kurulu olduğundan, hücrenin virüsten değil, virüsün hücreden evrilmiş olması mümkün.

Virüsün gizemi çözülmediği sürece, hiçbir genetik materyali olmayan bir patojenin varlığı tamamen olanaksız görünüyordu; hatta bazıları için hâlâ öyle görünüyor. Bu tanıma uyan ölümcül bir patojen, 1980'lerde Amerikalı nörolog Stanley B. Prusiner tarafından keşfedildi. Prusiner patojeni "protein-yapılı infektöz parçacık" biçiminde tanımladı; ya da kısaca "prion".

İlk olarak koyunlarda ortaya çıkan "scrapie" adlı bir nörolojik hastalık ve sığırlarda görülen deli dana hastalığı çerçevesinde keşfedilen prion'lar, beyindeki normal proteinlerin –beslenmeyi sağlayan büyük, karmaşık moleküller– tuhaf birtakım biçimle-

ri gibi görünüyorlardı. Ne var ki mutasyona uğramış proteinin varlığı, bir şekilde yakındaki proteinlerin de onu taklit etmesine yol açıyordu. Böylece mutasyona uğrayan proteinlerin sayısı artıyor ve bu arada da söz konusu proteinlerin yerleştiği sinir ya da beyin hücreleri ölüyordu. Beyin ölü hücrelerle doluyor ve süngerimsi bir görünüm alıyordu.

Prion'lar hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 120.

Prion'ların neden olduğu hastalıklar genelde tedaviden en uzak hastalıklardır. Bunlar arasında Creutzfeldt-Jakob hastalığı, Gerstmann-Straussler-Scheinker hastalığı, Öldürücü Ailesel Uykusuzluk ile insanlarda "kuru hastalığı"; "scrapie"; BSE yani deli dana ve katır geyiği ile elklerde görülen CWA sayılabilir.

Prion temelli hastalıklar hakkında her gün yeni şeyler öğreniyoruz ancak prion'ların oluşumları ve dayanıklılıklarına ilişkin sorular yanıtlanmayı bekliyor.

HÜCRESEL SOLUNUM
Hücresel solunum, bir organizmanın besin moleküllerini ayrıştırarak enerji üretmesine denir. İki türü vardır: oksijenin olması halinde gerçekleşen aerobik solunum ve oksijen yokluğunda gerçekleşen anaerobik solunum.

YAŞAM SOLUĞU

1779'da, Hollanda doğumlu Britanyalı doktor Jan Ingenhousz, sıradışı başlıklı bir makale yayımladı: "Bitkiler üzerine deneyler; onların günışığında havayı temizlemeye, gölgede ve gece vakti ise havayı bozmaya yönelik muazzam güçlerinin keşfi; ayrıca atmosferin en uygun sağlığa yararlılık derecesini ölçmenin yeni bir yöntemi."

Ingenhousz, bir dizi deneyle ışığa maruz kalan ve su içindeki bitkilerin gaz salımını gözlemlemişti. Sonuçta bitkilerin ışık, karbondioksit ve suyla beslendiklerini ve oksijen ürettiklerini, ya da kendi deyişiyle havayı "flogistonsuzlaştırdıklarını" keşfetmişti.

Yazısında, "Bitkilerde kötü havayı düzeltme gücü var" diyen Ingenhousz, Joseph Priestley'nin bir keşfinden örnek vermişti. Sözkonusu deneyde, içinde mum yanan kapalı bir yerdeki fare ölüyor, ancak kapalı alana bitki yerleştirildiğinde fare hayatta kalıyordu.

Bitkiler "flogistonsuzlaşmış" hava (yani oksijen) saldıkları ve hayvanlar da yaşamlarını sürdürmek için buna gereksinim duyduklarına göre, insanların içinde yaşadığı atmosfer de benzeri şekilde, yerküre bitkilerinin solumasından yarar sağlıyordu. Bu anlaşılması yaklaşık iki yüz yıl sürecek olan büyük ve önemli bir adımdı: Birbirinin yansıması olan iki temel kimyasal tepkime, yalnız canlıları ilgilendiren bazı işlemler açısından değil, aynı zamanda dünya atmosferinin oluşumu ve korunmasında da kilit rol oynuyordu.

Fotosentez sırasında bitkiler güneşten aldıkları enerjiyi su ve karbondioksitle birleştirerek karbonhidratları (şekerler ve nişastalar) ve oksijeni üretirler. Hayvanlar karbonhidratlarla oksijeni alarak, bu maddelerden korbondioksit ve enerji üretirler. 19. yüzyılın sonlarına gelindiğinde, bilimciler bu süreçlerin canlıların hücreleri içinde gerçekleştiğini belirlemişlerdi. Ancak 20. yüzyılda bilimcilerin hücrenin hayret verici biyokimyasal becerisini çözmelerine dek süreçlerin işleyişi sırrını korudu.

1940'larda Britanyalı biyokimyager Robert Hill, fotosentez sırasında bitki hücresinin içindeki yeşil partiküller tarafından oksijen üretildiğini

keşfetti. Bu partiküllere kloroplast denir. Hücreden ayrıştırılan kloroplastlar, ışığı emmeyi ve fotosentezi tamamlamayı sürdürüyorlardı. Kimyasal tepkime için gereken oksijen ise parçalanan su moleküllerinden geliyordu. Daha sonraları Amerikalı biyokimyager Melvin Calvin, karbonhidratları yapılandırmakta olan bitki hücrelerinin içindeki karbon atomlarının izlediği yolu inceledi. Nihayet 1980'lerde sürecin sırrı çözüldü: Bir ışık fotonu, fotosentezi başlatan moleküller arasında bir dizi elektron alışverişini tetikliyordu.

Hayvan hücrelerindeki enerji üretimini anlamak da daha kolay olmadı. 19. yüzyılda Fransız fizyolog Claude Bernard, bedenin şekeri glikojene, yani karaciğerdeki bir karbonhidrata dönüştürerek depolayabildiğini göstermişti. Ancak hücrelerin glikojeni ayrıştırarak aktiviteleri için yakıt elde etme süreçlerinin ortaya konması, ancak 1935'te iki Çek asıllı Amerikalının sayesinde gerçekleşti: Carl Cori ve Gerty Cori. Bundan birkaç yıl sonra Alman asıllı Amerikalı biyokimyager Fritz Albert Lipmann, ATP (adenosin trifosfat) denen fosfat moleküllerinin, gıda moleküllerinin parçalanmasıyla ortaya çıkan enerjiyi alarak hücrenin geri kalanına taşıdığını doğruladı. İngiltere'de çalışan Almanya doğumlu biyokimyager Hans Krebs ise sitrik asitin metabolize edilerek hücreler için enerji üretmesini ve karbondioksit ile su açığa çıkarmasını içeren karmaşık ama zarif döngüyü keşfetti. Bu sistemler nasıl evrilmişti?

20. yüzyılın sonuna gelindiğinde moleküler biyologlar, 1,75 milyar yıl önce yerküre üstündeki yaşamın yalnızca iki hücre kategorisinden oluştuğuna dair inandırıcı bir tez geliştirmişlerdi: Hiç çekirdeği olmayan prokaryotlar ve çekirdeksiz archaea'lar. Bu iki hücre formu 1970'lerde Amerikalı biyolog Carl Woese tarafından, birbirinden ayırt edilmişti. Archaea'lar oksijenle ölüyordu. Çoğu metan üretiyor ve tuzlu su, derin çamurluklar ve kaynama



YEŞİL DÜNYA

Fotosentez bundan yaklaşık 3,5 milyon yıl önce geliştiğinde, bildiğimiz anlamıyla yaşam ilk kez başladı. Gün ışığı, CO_2 ve su kullanan yeşil bitkiler, yerküre hayvanlarının besin kaynağı olan karbonhidratları üretir

ÇEVRE ETKİSİ
Rus ziraat mühendisi Trofim Lysenko, kalıtımsal özellikleri yalnızca çevrenin değiştirebildiğini ileri sürdü. Bu teori 1930'larda bilimcilerden çok, Sovyet hiyerarşisi tarafından benimsendi.



noktasına yakın sular gibi, yerküre üstündeki en aşırı koşullarda yaşıyorlardı. Woese, bakterilerden farklı olsalar da bu mikropların daha karmaşık bitkilerin hücre kimyasına yakın bir genetik materyale sahip olduğunu keşfetti. İki grup da kendi özelliklerinden bazılarını katarak üçüncü büyük kategoriyi oluşturmuştu: Ökaryotlar, yani gerçek çekirdeğe sahip hücreler. Bu kategori hem bitkiler, hem de insanları içeriyordu.

YAŞAMIN ŞİFRELERİNİ KIRMAK

Tıpkı mikroskop teknolojisinin hücre keşfinin önünü açması gibi, 20. yüzyıl teknolojisi de hücre içindeki karmaşık yapıların keşfedilmesi ve anlaşılmasını sağladı.

1912'de Birtanyalı haha-oğul fizikçi William Bragg ile Lawrence Bragg, bir kristalin röntgenini çektikleri zaman, ışının kristal atomları tarafından dağıtıldığını ve sonuçta kristalin içindeki moleküllerin üç boyutlu dizilişini yansıtan görüntüler elde edildiğini keşfetti. Bragg'lar ileride x-ışını kristalografisi diye anılacak yöntemi keşfetmişlerdi.

Hücre bilimcileri yavaş yavaş hücre içindeki molekülleri araştırmaya başladılar. Bir molekülün yapısı bilindiği zaman, işleviyle ilgili ipuçları da elde edilmiş oluyordu ki bu tür bilgiler de hücre işleyişini anlamak açısından oldukça kritikti. Örneğin, proteinlerin uzun zincirler halinde yapılandıkları keşfedilmişti. Birbirine bağlı amino asit molekülleri çeşitli karmaşık şekiller oluşturuyordu.

Ancak biyokimyagerler hücrenin karmaşık kimyasını çözmeye başlasa da, içi molekül dolu bu zarfların, kalıtım yoluyla gelen kendi biyolojik özelliklerinin –ve nihayetinde organizma özelliklerinin– tamamını nasıl aktardıkları hâlâ bir sırdı. Aslında 20. yüzyıl ortalarına gelindiğinde kalıtım konusunda, Gregor Mendel'in 1860'larda genel hatlarını belirlediği bilginin çok ilerisine geçilememişti. Gelişmiş mikroskoplarla daha net görüntüler elde edilmiş ve hücre çekirdeğindeki kromozom denen uzun liflerin, kalıtımda kilit rol oynadığı ortaya konmuştu. Kromozomların esnediği, kopya oluşturduğu ve hücre bölünmesi sırasında kopyaların birbirinden ayrıldığı açıkça gözlenmişti.

Mendel, kalıtımla gelen her özellik için iki etkenin olması gerektiğini anladı. Ancak deneylerinde yalnızca birkaç özellik üstüne odaklanmıştı. Ancak görünüşe bakılırsa canlı organizmaların çok daha fazla özellikleri vardı. Bu özelliklerin açıklaması kromozomlarda mı yatıyordu? Çoğu bilimci konuya şüpheyle yaklaşıyor, kalıtımsal özellikler için başka açıklamalar aramayı sürdürüyordu.

Rus ziraat mühendisi Trofim Lysenko, ünlü beyanında Markiszm ile Lamarckizmi birleştirerek, kalıtımsal özelliklerin değişmesinden gıda maddeleri gibi çevresel faktörlerin sorumlu olduğunu söyledi. Bu görüş 1930'larda Sovyet resmi genetik teorisi haline geldi. Böyle bir durumda bilimle ters düşmek tehlikeliydi: Lysenko'nun görüşlerinden şüphe ederek, gen teorisini savunan Rus genetikbilimci Nikolay Vavilov, Sovyet hapisanesinde yaşamını yitirdi. Bilim, II. Dünya Savaşı'na kadar milli ideoloji adına büyük darbeler aldı. Çok sayıda bilimci Almanya ve Nazi yönetimindeki diğer bölgelerdeki işkenceden kaçmak zorunda kaldı.

Amerikalı biyolog Thomas Hunt Morgan da aynı sorunla boğuşanlardandı. Meyve sinekleri üstünde çalışan Morgan, bu sineklerde yalnız dört kromozom olduğu sonucuna varmıştı. Nasıl oluyor da bu kadar az sayıda yapı, bu kadar çok bilgiyi taşıyordu?

Morgan sonunda böyle olağanüstü bir sürecin gerçekleşmesi için ancak kalıtımsal özelliklerin kromozomların alt bölümlerinde taşınması gerektiğine karar verdi. Bu bölümlerin bazıları çoğalma sırasında yeniden birleşiyordu. Sözkonusu alt bö-

Avery, MacLeod ve McCarty hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 150.

lümlere günümüzde "gen" deniyor. Varılan nokta sırrın çözülmesi yolunda atılmış büyük bir adımdı belki ama sorunun yanıtını vermeyi başaramıyordu. (Kromozomlardan çok daha fazla olsa da nispeten az sayıdaki) alt bölümler bu kadar çok özelliği tanımlayan bilgiyi nasıl taşıyordu?

1929'da Rus asıllı Amerikalı kimyager Phoebus Levene, hücre çekirdeğindeki asitlerin iki farklı tipte şeker içerdiğini keşfetti. Bunlardan biri ribonükleik asit formundaki riboz, yani RNA'ydı. Diğeri ise deoksiribonükleik asit formundaki deoksiriboz, yani DNA'ydı.

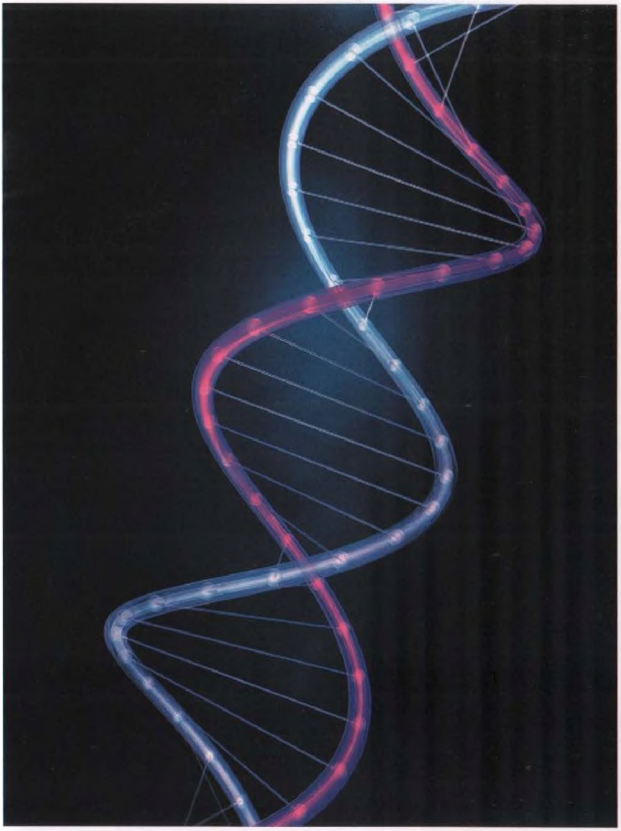
Kromozomlar hem DNA hem de proteinlerden meydana geliyordu. Ancak genetik bilgiyi taşıyan bunlardan hangisiydi? 20 amino asitten oluşan proteinler, DNA'dan çok daha çeşitli yapılara sahipti. DNA'nın ise yalnızca dört temel yapıtaşı vardı: sitozin, guanin, timin ve adenin. Ne var ki 1944'te araştırmacılar, hem protein hem de DNA moleküllerinin radyoaktif izotoplarla işaretlenerek izlendiği deneyler gerçekleştirdiler. (Kendi DNA'ları olmayan) virüs partiküllerinin genetik materyal aktarımı için konakçı hücre seçmelerini izleyen Oswald T. Avery, Colin M. MacLeod ve Maclyn McCarty, hücre genetik bilgisini taşıyanın DNA olduğuna karar verdiler. Her ne kadar bu keşif, gerekli tüm bilginin bu moleküllere nasıl sığdırıldığını açıklamasa da, organizmalar üstünde yürütülen çalışmaların yalnızca biyoloji ve kimyayı değil, aynı zamanda fiziği de ilgilendirdiğini bilimcilere gösterdi.

Biyofizik alanında sınırı zorlayanlardan biri Viyanalı fizikçi Erwin Schrödinger'di. Schrödinger 1933'te Nazi politikalarını protesto ederek Almanya'dan kaçmış ve fizik dalında Nobel Ödülü almıştı. Yazar Brenda Maddox *Rosalind Franklin: DNA'nın Karanlık Kadını* adlı kitabında şöyle diyordu: "Schrödinger, canlı organizmalara moleküler ve atomik yapıları açısından yaklaşma zamanının geldiğini ilan etti. Canlı ile cansız arasında büyük bir ayrım yoktu: Hepsi aynı fizik ve kimya yasalarına tâbiydi."

Bilimcilere göre DNA'nın böyle muazzam miktarlarda bilgi barındırma becerisinin anahtarı, yapısında gizli olmalıydı. Ancak DNA'nın görünüm ve işleyişinin öğrenilmesi için aradan dokuz yıl daha geçmesi gerekiyordu.

II. Dünya Savaşı'nın ardından DNA yapısı üzerine yürütülen araştırmalar, dünyanın dört bir yanındaki bilimciler arasında rekabete yol açtı. Amerika'da, protein molekülünün spiral yapısını keşfeden Linus Pauling, California Teknoloji Enstitüsü'nde meslektaşlarıyla birlikte konu üstünde çalışıyordu. İngiltere'de fizikçi Francis Crick, Amerikalı moleküler biyolog James Watson ile ekip oluşturmuş, Londra, King's College'dan biyofizikçi Maurice Wilkins ile moleküler biyolog Rosalind Franklin de DNA'yı x-ışını kristalografisi ile incelemeye başlamışlardı.

Özellikle Franklin'in elde ettiği görüntüler oldukça aydınlatıcıydı. Franklin daha iyi görüntü için x-ışını demetini daraltmıştı. 1920'lerde kristalografinin öncülüğünü yapan



İKİLİ SARMAL
Kimyasal atom çiftleri ile birbirine bağlı uzun şeker-asit ipliklerinden oluşan zarif DNA sarmalı, organizmanın kalıtım şifrelerini içeren proteinleri yapılandırmak için gereken bilgiyi taşır.

İrlanda doğumlu bilimci J. S. Bernal, Franklin'in DNA görüntüleri için şöyle diyordu: "Şimdiye kadar elde edilmiş en güzel x-ışını fotoğrafları." Fotoğraflar söz konusu materyalin yapısı üstüne odaklanmıştı. DNA birbirini tekrarlayan katmanlardan oluşan bir spirale benziyordu. Tıpkı sabit genişliğe sahip, üst üste yığılı bükülmüş bozuk paralar gibi. Kristalograf William Astbury de 1938'de, zihninde aynı böyle bir yapıyı canlandırmıştı. Baz katmanları arasında eşit aralıklar olduğunu düşünmüş ama genetik materyalin nükleik asit değil, protein olması gerektiğine karar vermişti. 1950'de, DNA'nın dört bazının dağılımı üzerinde çalışan biyokimyager Erwin Chargaff, tüm canlı hücrelerde aynı sayıda timin

Francis Crick ve James Watson hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 137-41.

FRANKLIN VE RNA

Rosalind Franklin, Londra Birkbeck College'daki kristalografi laboratuvarında, tütün mozaik virüsünün moleküler yapısını inceledi. Franklin ribonükleik asidin (RNA), diğer organizma çekirdeklerinde bulunan ikili sarmaldan farklı olarak tek kollu sarmala sahip olduğunu keşfetti.



(T) ve adenin (A) bazı; yine aynı sayıda guanin (G) ve sitozin (C) bazı olduğu sonucuna vardı.

Kendi gözlemlerini ve Astbury'nin bulgularını temel alan Watson ile Crick, T'nin daima A'ya; G'nin ise C'ye bağlandığına karar verdiler. Bu çözüm, karmaşık DNA molekülünün hücre bölünmesinde kendisini kopyalarken neden çok az hata yaptığını açıklıyordu. Çoğalma sırasında uzun DNA ipliği iki yarıya ayrılıyordu, baz çiftleri birbirinden kopuyordu. Yeni molekülü oluştururken bir baz yalnızca kendi karşılığına bağlanıyordu: A, T'yi; C ise G'yi buluyor ve çiftler DNA'nın yeni molekülünü oluşturuyorlardı.

DNA'nın baz elementleri hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 137.

Ardından sıra, şeker ve nükleik asitle dolu, birbirine bağlı bu baz çiftlerini kavramlaştırmaya geldi. Bu konuda Watson ile Crick yarışta geri kalmış gibiydi. Sarmala geri dönen California'daki Pauling öne geçmiş görünüyordu. İngiltere'deki Crick ve Watson'a çok uzak olmayan bir laboratuvarda Franklin de, gitgide netleşen difraksiyon fotoğraflarıyla DNA'nın yapısını gözlemlemeye çok yaklaşmıştı. Crick ile Watson, Franklin'e danışmışlardı, ama ilişkileri bir işbirliği olmaktan çok uzaktı. O günlerde bilim laboratuvarlarında öncü kadın araştırmacılara rastlamak zordu. Hatta kadınlar çoğu zaman üniversitede, erkeklerle aynı yemekhanede yemek yiyemiyordu. Kişilik çatışmaları yüzünden Wilkins'le arası açılan Franklin daha çok tek başına çalışıyordu.

Olayın ne şekilde gerçekleştiğine ilişkin hikâyeler farklılık gösterse de, Wilkins bir noktada Crick ile Watson'a Franklin'in fotoğraflarının bir kopyasını verdi. Crick ve Watson –Franklin'in çoktan anladığı üzere– moleküllerin spiral ya da helezon biçimli olduğunu fark ettiler. Model mercek altına yatırıldı: DNA iki adet uzun ve helezon biçimli şeker-asit sarmalından oluşuyordu. Sarmallar, spiral merdiven gibi birbirlerine dolanıyorlardı ve her basamakta başka bir kimyasal atom grubu çifti yer alıyordu. Crick, Watson ve Wilkins 1962'de çalışmalarına karşılık Fizyoloji, yani Tıp dalında Nobel Ödülü'nü paylaştılar. İçlerinden hiçbiri Franklin'in oynadığı rolden söz etmedi. Franklin ise 1958 yılında 37 yaşında yumurtalık kanserinden yaşamını yitirdi.

Yeni DNA modeli, moleküldeki her genin, hücrede yer alan çeşitli amino asitlerden bir tanesini yapılandıracak komutları taşıdığını ortaya koydu. Ancak bu amino asitler, DNA'nın bulunduğu çekirdekte değil, hücre sıvısı, yani sitoplazmanın içindeydi. Birbirinden bağımsız çalı-

şan Amerikalı biyokimyagerler Mahlon Hoagland ile Paul Berg, sitoplazmadaki RNA sarmallarının amino asitleri yakalamaktan sorumlu olduklarını keşfettiler. Bu kısa RNA sarmallarının, transfer RNA ya da tRNA denen farklı dizimleri, farklı proteinlerin biraraya gelerek oluşturduğu modelleri belirliyordu. tRNA'lar bir tür moleküler kuryeden bilgi alıyordu. Bunlara, mesajcı RNA ya da mRNA deniyordu ve görevleri DNA'yı "okumak"tı. tRNA sarmalları mRNA'ya bağlandığında, hangi proteini oluşturmak için hangi amino asitleri biraraya getireceklerine karar veriyorlardı. Genetik komutlar proteine yerleştirildikten sonra kod, yani organizmanın kalıtımı belirlenmiş oluyordu.

DERİNLİKLER VE AŞIRI UÇLAR

Carl Woese'nin archaea'ların bir canlı olduğu sonucuna varmasından sonra kimse onların ne kadar farklı olduklarını, kaç değişik türleri olduğunu ya da kaç farklı yere yerleştiklerini anlayamadı. Bu varlıklar çekirdeksiz olmakla kalmıyor, sıcaklığın 100°C'nin üstüne çıktığı derin deniz gediklerinde; Ölü Deniz'in tuz göletlerinde; Yellowstone'un kaplıcalarında; inek ve akkarınca bağırsaklarında ve yerin 3 kilometre kadar altında yaşayabiliyorlardı. Yeraltında bazıları yüz milyon yıl kalabiliyor, su, hidrojen ve karbondioksit ile beslenerek 75°C'ye kadar yükselen sıcaklıklarda yaşamayı başarabiliyordu. Yaşam şartları düşünülerek kısa süre önce keşfedilen bu tip organizmaya *Bacillus infernus* [Cehennem basili] adı verildi. Cornell Üniversitesi'nden Thomas Gold, tüm yeraltı mikroplarının ağırlığının, yer üstündeki organizmaların toplam ağırlığına eşit olabileceğini hesapladı. Araştırmacılar henüz yeni tür bulma işini tamamlamamışlardı. 2002'de genetikbilimci J. Craig Venter, yerküre okyanuslarının çeşitliliği konulu keşif seferi projesine katıldı. Özel ekipmanla yüklü aracıyla Nova Scotia'dan yelken açan Venter, Atlas Okyanusu'nda Sargasso Denizi'ne doğru yol aldı. Yol boyunca her 200 mil-

ROSALIND FRANKLIN

X-ışını kristalografisinin öncüsü

1920
25 Temmuz'da Londra'da doğdu.

1938
Cambridge, Newnham College'a girdi, doğal bilim eğitimine başladı.

1941
Cambridge'den mezun oldu ama üniversitede kalarak Ronald Norrish'in yanında, gaz fazı kromatografisi üzerine çalışmaya başladı.

1942
Britanya Kömür Kullanımı Araştırma Birliği için kömürün fiziksel ve kimyasal yapısını inceledi.

1945
Karbon ve grafit mikroyapılarını inceleyerek Cambridge'de fiziksel kimya doktorasını tamamladı.

1947
Paris'teki Laboratoire Central des Services Chimiques de L'Etat'da x-ışını kristalografisi çalışmalarına başladı.

1951
Londra, King's College'in Biyofizik Laboratuvarı'na katıldı. Maurice Wilkins ile çalışmaya başladı.

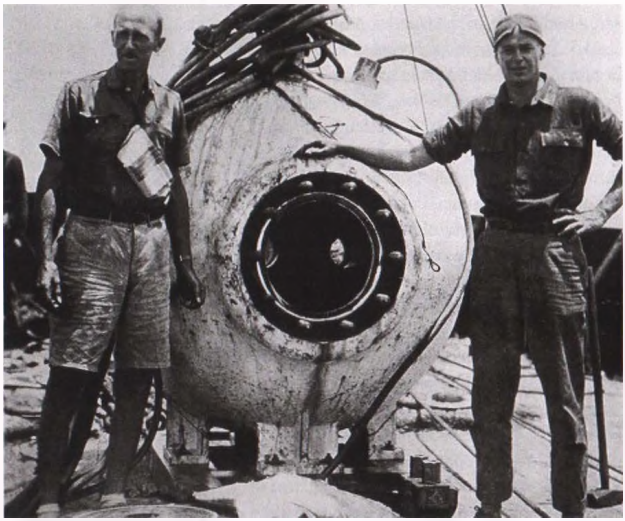
1952
X-ışını kristalografisini kullanarak DNA molekülünün sarmal yapısını en iyi şekilde ortaya koyan Fotoğraf 51'i çekti.

1953
Londra, Birkbeck College'da Kristalografi Laboratuvarı'nda çalışmaya başladı. Tütün mozaik virüsünün moleküler yapısını araştırdı.

1958
16 Nisan'da Londra'da yumurtalık kanserinden yaşamını yitirdi.

1962
James Watson, Francis Crick ve Maurice Wilkins, DNA'nın yapı ve işleyişini keşfeden kişiler olarak Nobel Ödülü'nü paylaştılar. Bu çalışma Franklin'in Fotoğraf 51'i üzerine yapılandırılmıştı.

DERİN DALIŞLAR
Derin deniz keşfi için soğuğa ve basınca dayanıklı araçların geliştirilmesi beklendi. William Beebe ve mühendis Otis Barton (solda) tarafından icat edilen batisfer, bir gemiden aşağı sarkıtıldı.



de bir, 200 litrelik numune topladı. Venter her mililitre deniz suyunda yaklaşık bir milyon bakteri ve on milyon virüs olduğunu keşfetti. Üç yıllık deniz yolculuğu süresince bilim tarafından bilinen genlerin sayısını ikiye katladı. Okyanuslar yaşamla ve önceden gözlemlenmemiş yaşam formlarıyla kaynıyordu. Venter benzeri bir çalışmayı atmosferik numunelerle de gerçekleştirdi.

Bu arada bilimciler hâlâ derin deniz yatağında, hatta daha derinlerde keşfedilen çeşitliliği kavramaya çalışıyorlardı. Bir archaean numunesi olan "Strain 121" adlı bir mikrop 2003'te Massachusettes Üniversitesi mikrobiyoloğu Derek Lovley tarafından keşfedildi. "Strain 121" okyanus tabanı çatlaklarındaki hidroter-

1935 – 1996

1935
Amerikalı biyokimyager Wendell Stanley virüslerin kristalleştirilmesini gerçekleştirdi.

1937
Ukrayna asıllı Amerikalı genetikbilimci Theodosius Dobzhanski, *Genetik ve Türlerin Kökeni* adlı kitapta evrim ve genetik mutasyon arasında bağlantı kurdu.

1937
Almanya doğumlu Britanyalı biyokimyager Hans Adolf Krebs, hücre solunumunun temeli olan sitrik asit döngüsünü keşfetti. Keşif ileride "Krebs döngüsü" adıyla anıldı.

1967
Britanyalı biyolog John Gurden, bir pençe tırnaklı kurbağayı klonlamak için nükleer doku nakilini kullandı. Böylece ilk kez bir omurgalı klonlaması gerçekleştirildi.

mal yarıklarda yaşıyordu. Yaşam alanları, okyanus tabanının dört kilometre kadar altına inebiliyordu. Okyanus ortası sırtları boyunca uzanan bu alanlarda yerküre tektonik plakaları uzanıyor ve 1000°C'lik mağma patlamaları yeni bir okyanus tabanı oluşturuyordu.

Lovley'in bulduğu mikrop "yeni bir solunum biçimi" örneği oluşturuyordu: Tıpkı hayvanların oksijenden yararlanmaları gibi besinini sindirmek ve yaşam enerjisi üretmek için demir kullanıyordu. 121°C'de gelişmekte hiç zorluk çekmiyordu, ki daha önceden bilinen mikropların hiçbiri bu sıcaklıkta yaşamlarını sürdüremiyordu. Mikrop adını bu yüksek sıcaklık derecesinden almıştı.

Sıcaklık başka nedenlerden dolayı da önemliydi: Birincisi, Louis Pasteur'ün zamanından beri, cerrahi aletler 121°C'de sterilize ediliyordu. İkincisi, yaşamın ilk kez hidrotermal yarık benzeri ortamlarda başlamış olabileceği konusundaki tartışmalar gittikçe şiddetleniyor, söz dönüp dolaşıp bu gibi sıcaklıklarda yaşamın var olup olamayacağı noktasında tıkanıyordu.

Bu tür olağanüstü "ekstremofil"ler yerküre üstünde mevcutsa, diğer gezegenlerin yüzeyi altında da olabilir miydi? İnsan, yaşamın kökenlerini anlamaya yaklaştıkça, yaşamın tanımı da gitgide genişliyor. Derek Lovley'e göre "Strain 121", "yaşamın biraz daha geniş anlamıyla var olabildiği yere doğru bir pencere açıyor"du.

Yaşam başlangıcının sırrı, derin okyanus yarıklarında mı yatıyor? Yerüstü ekosistemlerine kıyasla, yerküre yüzeyinin yüzde 70'ini teşkil eden ve ortalama dört kilometre derine inen okyanuslardaki mikrobiyal yaşam hakkında çok az şey biliniyor. Okyanus ortası sırtı, gezegen boyunca 70.000 kilometrelik alana yayılır. Güneş enerjisi ise yüzeyin ancak birkaç yüz metre derinine iner. Tabana doğru uzanan soğuk sularıyla derinlikler, hayatta kalmayı başarabilen her şeyin zifiri karanlık içinde ve yüzeyin bin katı kadar basınç altında yaşadığı, buz gibi soğuk yerlerdir.

1884'e kadar okyanus derinliklerinin yaşanılmaz, ölü bölgeler olduğu varsayılmıştı. Ancak bu tarihte Fransız biyolog A. Certes yaklaşık 5000 metre derinlikte bazı mikroplar keşfetti. Okyanusun yaşanılırlığına iliş-

BATISFER

William Beebe ile Otis Barton batisfer ile ilk kez 1930'da 396 metre derine daldılar. Bu çelik araçın içinde keşfe çıkmanın getirdiği büyük riskler nedeniyle batisferin yerini daha güvenli olan batiskap ve mezoskaf aldı.

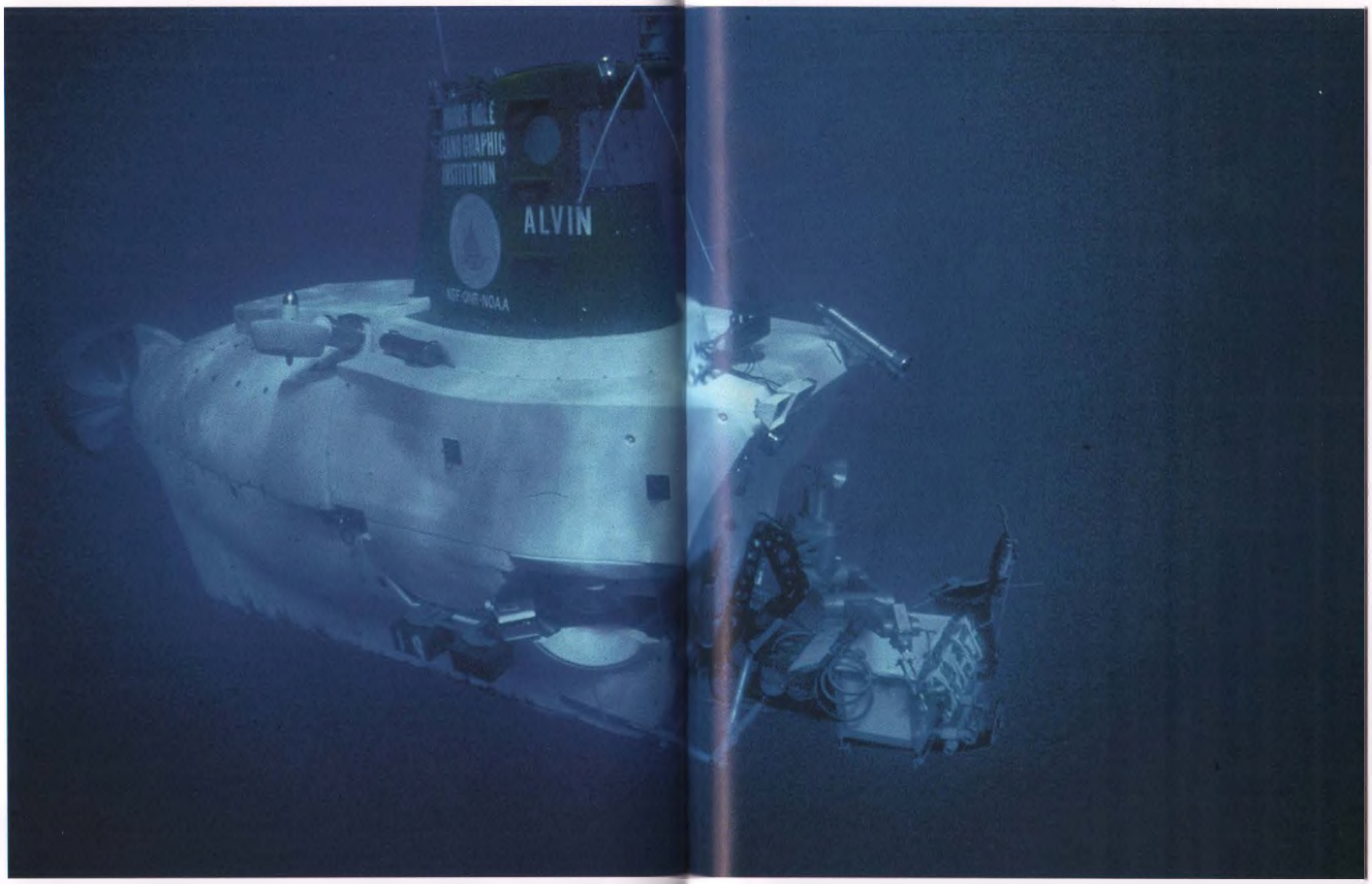
1974
Afrika'da bulunan ve Lucy adı verilen Hominid fosili insanın kökeni hakkında yeni bilgiler edinilmesini sağladı.

1977
Galapagos Gediği'nde yer alan sualtı hidrotermal yarıkların civarında kemosentetik temelli hayvan toplulukları keşfedildi.

1996
Dolly adlı koyun İngiltere'de dünyaya geldi; yetişkin bir memelinin hücrelerinden yaratılan ilk klon.



DERİNLERE İNMEK
Derin deniz araştırma denizaltısı *Alvin*, ilk dalışını 1974'te gerçekleştirdi ve o günden sonra 4.500 metre derinlere inerek dünya okyanuslarında gezdi. Alvin gezileri sırasında hidrotermal yarıklar ve derin okyanus sırtları keşfetti.



kin daha fazla kanıt ise İngiliz gemisi *Challenger*'in yolculuğuyla ortaya çıktı. Gemi 1872 ile 1876 arasında denizlerde yol aldı ve 100.000 kilometreden fazla bir alandan numuneler topladı. Bu deniz yolculuğunun sonunda 50 ciltlik bilimsel raporlama yapıldı.

İnsanın derin deniz keşfi 1934'te, Amerikalı hayvanbilimci William Beebe ile mühendis Otis Barton'un bir "batisfer" içinde 3000 metre derine inmesiyle başladı. Küre biçiminde çelik bir araç olan batisfer, palamarla bir gemiden okyanus yüzeyine indirilmişti. Gemiye bağlı bu araca manevra yaptırmak zor ve tehlikeliydi. Palamar kesildiği takdirde ise batisfer gülle gibi batacaktı. Kendine özgü üslubuyla aynı zamanda bir yazar olan Beebe, dalış sırasında aracın lombozundan dışarı bakarak notlar aldı ve gözlemlediği canlılara ilişkin dramatik kayıtlar tuttu.

İsviçre doğumlu Belçikalı fizikçi Auguste Piccard, yaşamı boyunca kendi tasarladığı sıcak hava balonlarının içinde atmosferi inceledikten

sonra, bu kez 1953'te "batiskap"ıyla deniz yüzeyinin 3000 metre altına indi. "Batiskap" kelimesi Yunancadaki *bathos* (derin) ve *skaphos* (araç) sözlerinden türetilmişti. Denizaltı şeklindeki bu küçük dalma aracı pervaneyle çalışıyor, içi sıvı dolu bir yüzey ağırlığına bağlı olarak aşağı sarkıtılıyordu. 1960'da, ölümünden iki yıl önce, Piccard, oğlu Jacques tarafından idare edilen ikinci bir batiskabın, Guam yakınındaki Mariana Çukuru'na (yani yerküre üstündeki en derin noktaya) yaklaşık 11 bin metre derine indirilişini gururla izledi.

1977'de iki yerbilimci, *Alvin* adlı bir Fransız-Amerikan ortak araştırma denizaltısıyla Ekvador açıklarındaki Galâpagos Gediği'nde daldılar. Manevra kabiliyeti oldukça yüksek olan denizaltı aracı 7.5 metre boyundaydı. İki yerbilimci denizin 2.5 kilometre altında sıcak su kaynakları ve tuhaf deniz yaşamıyla dopdolu bir alan keşfettiler. Her ne kadar bilimciler derin okyanus sırtlarında jeotermal yarıklar olabileceğini --deniz tabanındaki çatlaklardan dışarı aşırı ısınmış suların fışkırdığı sıcak su kaynakları– tahmin etseler de, 300°C ısıyla kaynayan bu sülfürlü ortamlarda yaşam bulmayı beklemiyorlardı. Ne var ki bulmuşlardı: Egzotik istiridyeler, yengeçler, dev midyeler, iki metre boyunda tüpkurtları, deniz anemonları, hatta büyük balıklar.

Bu canlılar nasıl hayatta kalıyordu? Söz konusu canlı topluluklarından ilki keşfediliğinde *Alvin*'de bulunan yerbilimci John Corliss, 1981'de bir görüş ileri sürdü: Güneş ışığının yokluğunda, ısının yanısıra deniz yatağından fışkıran, sıvıda çözünmüş hidrojen sülfid ile metan, yaşamı desteklemeye yetecek kadar enerji sağlayabilirdi.

Varsayım doğruysa, bu deniz yatağı ekosistemleri özgün bir dizi adaptasyonu temsil ediyorlardı. Söz konusu adaptasyon sırasında kimyasal enerji ve kemosentez, ışık enerjisi ile fotosentezin yerini alıyordu. Sıcak sudaki sülfidlerin oksidasyonundan enerji elde eden "Strain 121" gibi ısıya dayanıklı mikroplar, tüm sistem için biyolojik bileşenler yaratıyor ve bu besin zincirinin temelini oluşturuyordu. Bu kemosentetik mikroplar, yarıktaki yumuşakçalara yem olan serbest organizmalar olabilecekleri gibi, besin zincirinin daha üstündeki hayvanlarla sembiyotik ilişki de sürdürüyor olabilirlerdi.

Bazı mercan türleri, kendi içlerinde yaşayan mikroskobik "zooxanthellae"lerin sağladığı oksijen ve atık maddelerle yaşarlar. Benzeri şekilde hidrotermal yarıklar çevresinde yaşayan "fantastik tüpkurtları"nın yaşamı da sembiyotik mikroplarına bağlıdır.

Ağzı, midesi ve bağırsağı bulunmayan tüpkurtları, solungaçlarında yaşayan ve sudaki oksijen, karbondioksit ve hidrojen sülfidi emen tüylü, kırmızı, hemoglobin zengini lifimsi canlılar olmasa, açlıktan ölürlerdi. Tüpkurdunun kalbi bu çözünmüş gazları, kurdun bedeninin büyük kısmını kaplayan bir keseye doğru pompalar. Kesede içi bakteri dolu çok sayıda hücre vardır. Bakterilerin miktarı 30 gramlık doku başına 285 milyardır. Kendi yaşamları için gerekli oksijen ve hidrojen sülfide kar-



KAPLICALAR
Yellowstone Milli Parkı'ndaki kaplıcalar soğuk kış gününde bile etkinliklerini yitirmez, aşırı sıcaklara dayanabilen bakteri ve archaea bazlı yaşam formlarını desteklerler.

şılık bu bakteriler organik karbon sentezler ve bununla hem konakçı kurdu, hem de kendilerini beslerler.

Sözkonusu ekosistemlerin hiçbiri, karasal ekosistemde yer alan türlerin çeşitliliğine sahip olmasa da, sülfid taşıyan neredeyse sınırsız miktardaki mineralden yararlanma biçimleri, bu kemosentetik ekosistemleri herhangi bir mercan kayalığı kadar verimli kılar. 1970'lerin sonundan bu yana keşfedilen 200 kadar yarık böl-

BÜYÜK KIRMIZI LEKE

Voyager 1 uzay aracı 1977'de Jüpiter'in yanından geçerken, dünyadan yüzlerce yıldır gözlenebilen yüksek basınç fırtınası Büyük Kırmızı Leke'nin bu fotoğrafını çekti ama yaşama dair herhangi bir ize rastlamadı. Bilimciler koşulları daha elverişli diğer ortamlarda yaşam aramayı sürdürüyorlar.



gesinde, çoğu önceden bilinen 300'den fazla tür belirlendi. Büyük Okyanus, Hint Okyanusu ve Atlas Okyanusu'nda uzanan bu alanlar Galâpagos'tan Atlantik ortasındaki devasa Kayıp Şehir'e kadar çeşitlilik gösteriyordu. Ayrıca deniz yatağının sülfid ürettiği keşfedildi ve yarıklardan uzak olan alanlarda da çeşitli kemosentetik topluluklar bulundu.

Bu topluluklar, yerküre üstünde süregiden ışık kaynaklı yaşamdan tamamen kopuk mu? Belki de tamamen değil. Deniz suyundaki karbondioksit, yüzeydeki yaşamdan gelir. Ayrıca, görünüşe bakılırsa bu hidrotermal varlıkların larvaları da sığ sulara sürüklenerek, yukarıdan gelenlerle beslenebiliyor. Ancak yine de kemosentetik yaşamın keşfi bilimcileri yaşam olanağı içeren koşulları yeniden düşünmeye ve yaşamın kö-

kenine ilişkin teorileri yeniden yapılandırmaya sevk etti. Bu yarık habitatları en temel elementlerden yaşam üretiyorlar. Acaba yaşam ilk kez bu tür yerlerde ya da koşullar altında mı gelişti?

Yarıkların, yerküre üstünde çeşitli yaşamların gelip geçtiği dönemler boyunca varlıklarını sürdüren, çok eski oluşumlar olduğu şüphesiz. Sıcak yarıklar ile soğuk okyanus suları arasındaki ısı farkı, organik moleküller için bir gelişim ortamı mı yarattı? Söz konusu ısı-sever bakteri ve archaea'ların yaşayan en eski canlılar olduğu kesin. Aynı zamanda adaptasyona en yatkın canlılar olmaları da mümkün.

Deniz tabanının altında ve sert kayaların içinde de yeni canlı toplulukları keşfediliyor. Buralarda bulunan bakteriler hidrojenin karbondioksitle tepkimesinden enerji üreterek ortaya metan ve su çıkarıyorlar.

Oregon State Üniversitesi'nden Stephen Giovannoni kısa süre önce Büyük Okyanus tabanının 300 metre kadar altında yaşayan bir bakteri topluluğu keşfetti. Giovannoni'nin bulduğu mikropların her biri tamamen farklı bir türe ait ve bu derin deniz topluluğunun diğer derin deniz bakteri topluluklarıyla ortak hemen hiçbir özellikleri yok.

Sayısı en fazla olan tür –birlikte tepkimeye girerek amonyum oluşturan– hidrojen ile nitratın etkileşiminden enerji üreten bir bakteri türü. Bu keşif, güneş enerjisinden bağımsız, devasa bir ekosisteme doğru hafifçe aralanmış bir kapı olabilir.

Bunun gibi tüm yeni ve sıradışı bulgular astrobiyoloji, yani yerküre dışı organik yaşam biliminin gelişimine önayak oldu. Astrobiyologların amacı insanımsı Marslı ya da Venüslülerle iletişim kurmak değil, güneş sisteminde ya da Samanyolu'nda, fotosentezin değilse de, kemosentezin bir zamanlar yaşamı desteklemiş olabileceği yerleri aramak. Diğer bir deyişle, eskiden yaşamı destekleyemeyecek kadar sıcak, soğuk ya da kuru olduğu düşünülen ancak yerküre üstündeki "ekstremofilik" yaşamın keşfinden sonra yaşam ortamı olarak görülen yerleri.

Şimdiye dek yerküre ötesinde bu tür bir yaşama rastlanmadı ama –uzay araçlarının Mars'ı ve Jüpiter ile Satürn uydularını daha yakından incelemesiyle– elde edilen ipuçları, merak uyandırıcı nitelikte. Örneğin, Satürn'ün küçük uydusu Enceladus'un üzerinde görülen su buharı gayzerleri yaşam habercisi olabilir mi? Bunların çok zorlu ortamlar olduklarına şüphe yok, ama bizler, bundan çok da uzun olmayan bir süre önce yerküre üstündeki aşırı koşullara sahip ortamları da yaşama elverişsiz olarak görüyorduk.

Evren organik moleküllerle dolup taşıyor. Güçlü uzay teleskopları onları, yüz milyonlarca ışık yılı ötedeki genç yıldızları kuşatan bulutların içinde keşfettiler. Kim bilir, belki bu moleküller, kuyrukluyıldızların üzerinde galaksilerarası yol alıyorlardır. Yaşam olasılığına ilişkin anlayışımız daha yeni başlıyor olabilir.



Dünya ve Ay

21 ARALIK 1968'DE ÜÇ KİŞİ –FRANK Boorman, James Lovell ve William Anders– onları Ay'a fırlatacak olan Saturn V roketinin tepesindeki kumanda modülü Apollo 8'e bindiler. Mürettebat yerküre uydusunun çevresinde on tur attıktan sonra, 27 Aralık'ta geri döndü. Bu, insanın başka bir dünyaya gerçekleştirdiği ilk yolculuktu ama yine de görev sırasında elde edilen en etkileyici görüntü, kendi gezegenimizin fotoğrafıydı.

Minicik araçları Ay'ın uzak tarafında, o karanlık gölgenin içinde yörüngede dönerken, mürettebat Dünya'nın Ay ufku üzerinde giderek yükselişini izledi. Bunun sonucunda ortaya çıkan –ve "Yerdoğumu" olarak adlandırılan– ünlü fotoğraf, çorak Ay'ın üzerinde havada asılı duruyormuş gibi görünen mavi, bulutla örtülü bir Dünya'yı gözler önüne seriyordu. Uzayın keskin siyahlığıyla kuşatılmış ve Ay'ın siyah-beyaz yüzeyiyle tezat oluşturan, derin uzaydan çekilen bu ilk Dünya görüntüsü, gezegenin güzelliğini, zarafetini ve kırılganlığını ortaya koyuyordu.

Dünyamıza ilişkin ilk fikirler çok eski devirlerin gözlem ve efsanelerinde bulunabilir. Gök cisimlerinin kurmalı saat misali sonsuz hareketi, doğup batmaları nedeniyle, eski zaman insanları Dünya'nın evrenin merkezinde yer aldığını düşünmüşlerdi.

ÖNCEKİ SAYFALAR
Evrenin bu alegorik canlandırmasında, Adem (Güneş) ve Havva (Ay) Cennet Bahçesi'nde, Tanrı'nın iki yanında resmediliyor. Her figür sembolik bir takımyıldızla ilişkilendirilmiş. Yıldızların ötesinde ise cennet yer alıyor.

EFSANEDEN BİLİME

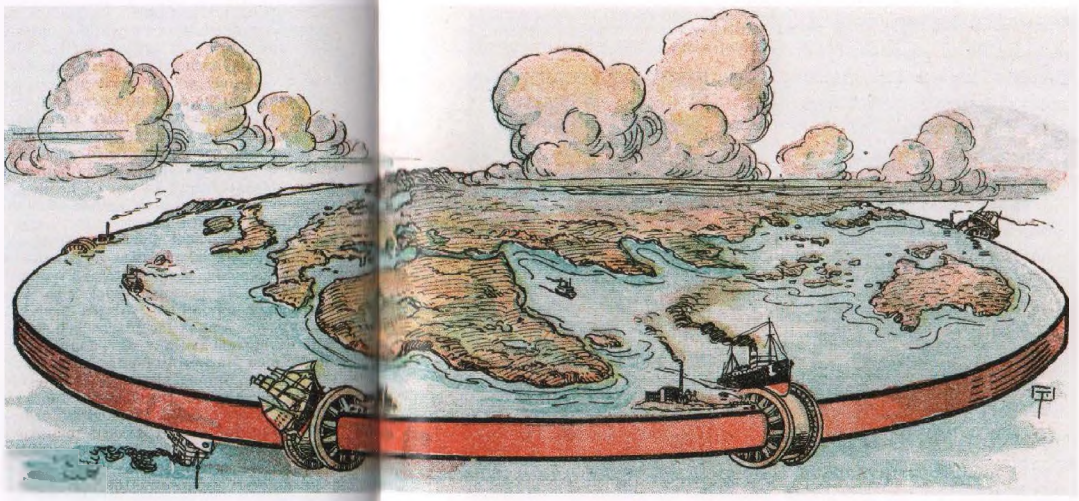
Dünya'nın başlangıcına ilişkin öyküler dünyanın dört bir yanındaki efsanelerde tekrar tekrar anlatılmıştır. Navajolardan Budistlere çeşitli kültürlerdeki yaratılış efsaneleri, Dünya'nın varoluştan önce varolmuş yüce bir varlığın zihninde biçimlenişini tarif eder. Yahudi-Hıristiyan Tanrısı bazen dünyayı hiçlikten metodik olarak tasarlayan ve inşa eden bir mimar olarak betimlenir. İzlanda, Norveç, Yunan, Japon, Çin ve Babil mitolojileri yaratılışın kaostan ortaya çıkışını anlatır.

Özetle, dünyanın görünüşünü hayal etmek ve ortaya çıkışını açıklamak temel bir insani dürtüdür. Ne var ki bilim, bu tür imge ve açıklamaların nicel bulgularla örtüşmesini gerektirir. Oysa güneş sistemimizin gizemli işleyişine ilişkin sırları çözmeye yardımcı olabilecek teoriler, aygıtlar, sağlam ampirik kayıtlar ve gözlem ilkeleri ancak 18. yüzyılda geliştirildi.

1687'de Isaac Newton'un *Principia*'sının basılmasıyla, göksel mekaniklere ilişkin temel kavramlar anlaşılmaya ve kabul edilmeye başlandı. 1700'lerin ortalarına gelindiğinde ise güneş, ay ve gezegen hareketlerindeki küçük sapmaları mantıklı bir şekilde açıklayan gezegen tabloları ortaya çıkmıştı. Bu tablolar daha öncekilerden çok daha doğruysa da, güneş sistemi mekaniklerinde hâlâ açıklanamamış birtakım anormallikler vardı. Örneğin, gözlemler Jüpiter ve Ay'ın kendi yörüngelerinde giderek hızlandıklarını, Satürn'ün ise giderek yavaşladığını gösteriyordu. Bu eğilimler devam ederse, Jüpiter'in yörüngesi küçülecek, Satürn'ünki ise yavaş yavaş genişleyecekti. En sonunda Jüpiter döne döne Güneş'in içine çekilerek yok olacaktı. Satürn ise güneş sisteminin dış kısımlarına sürüklenecekti. Öte yandan Ay da döne döne Dünya'nın içine çekilecekti. Gözlemlere bakılırsa, güneş sisteminin sonu hiç de iyi değildi.

Üç büyük matematikçi –Leonhard Euler, Joseph-Louis Lagrange ve Pierre-Simon Laplace– bu problemi ele aldı. Yapılan çalışmalar, gezegen hareketlerinde iki tür değişeni ortaya çıkardı. Bunlardan periyodik değişim denen ilki, nispeten çabuk bir şekilde yavaşlıyordu. Seküler değişim denen ikincisi ise kalıcı değişiklikleri temsil ediyordu. Hatta Euler bunların geri döndürülemez olduğuna inanıyordu. Bir gezegenin

Isaac Newton hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 175-177.



DÜZ DÜNYA
Günümüz sanatçılarından biri, antik dönem insanlarının çoğunlukla inandığı düz dünya görüşünü resmetti. Bilinen dünyadan ayrılan gemiler köşeden aşağı doğru tehlikeli bir yolculuğa ileriliyor.

MÖ 1800 – MS 132 civarı

MÖ 1800 civarı
Çinliler deprem kayıtları tuttular.

MÖ 1150 civarı
Var olan en eski harita, Turin Papirüsü, II. Ramses döneminde Mısır'da yapıldı.



MÖ 540 civarı
Yunan düşünür Ksenofanes, deniz kabuğu fosillerinin, onları toprak altına gömen büyük bir selden kaynaklandığını ileri sürdü. Bu gözlem Giovanni Boccaccio tarafından 1300'lerde doğrulandı.

MÖ 530 civarı
Samoslu Pisagor Dünya'nın küre şeklinde olabileceğini düşündü. Bu düşünceye, tutulma sırasında Ay'ın üstüne düşen Dünya gölgesinden dolayı varmıştı.

MÖ 450 civarı
Yunan tarihçi Herodot, depremlerin, karaların biçimini ciddi şekilde değiştirebileceğini ileri sürdü.

MÖ 235 civarı
Yunan düşünür Eratosthenes dünyanın çevresini hesaplamak üzere deney gerçekleştirdi. Ortaya çıkan tahmini sonuç, gerçek sayıdan yalnızca yüzde 15 oranında büyüktü.

MS 132
Çinli mühendis Chang Heng bilinen ilk deprem kayıt cihazını geliştirdi. Cihaz insanlar tarafından hissedilemeyecek kadar küçük hareketleri tespit edebiliyordu.

yörüngesinin değişimine sebep olacak kadar bile ileri gidebiliyorlardı. Biz bugün Jüpiter ve Satürn'ün görünürdeki hızlanışı ve yavaşlayışını farklı şekillerde anlıyoruz, 18. yüzyıla göreyse bunlar seküler değişimlere örnekti.

1772'ye geldiğinde, Laplace iki gezegen arasındaki yerçekimsel güçlerin bir gezegenin yörünge periyodunu kalıcı olarak değiştiremeyeceğini kanıtlamıştı. Lagrange'ın çalışmalarından yola çıkan Laplace, daha sonra Jüpiter, Satürn ve Ay'ın yörüngelerinde görülen seküler değişimlerin aslında çok uzun zaman aralıklarına yayılan periyodik değişimler olduğunu kanıtlamıştı. Yaptığı hesaplamalar, Jüpiter ve Satürn yörüngelerindeki değişikliklerin aşağı yukarı 900 yıllık bir periyod içinde gerçekleştiğini, bu yüzden de kalıcı gibi göründüğünü ortaya çıkardı.

Laplace 1796'da yayınlanan *Exposition du système du monde (Dünya Sisteminin Açıklanışı)* adlı eseriyle Newton'un sistemini geniş bir kitleye tanıttı. Daha sonraki eseri *Traité du mécanique céleste (Göksel Mekanikler Üzerine İnceleme)* ile ise, İngiliz ve Amerikalı astronomlara kendisinin ve çalışma arkadaşlarının geliştirmiş olduğu yöntemlerin ayrıntılı taslaklarını sundu. Çalışma, araştırmacılar için paha biçilmez bir eser haline geldi. Ayrıca Laplace'ın yörüngesel değişimler üzerine çalışmaları, onu güneş sisteminin hem sabit bir modelini, hem de varoluşundaki ilk anlarda neye benziyor olabileceğinin bir modelini geliştirmeye yönlendirdi. Laplace dev bir gaz bulutu ya da bulutsunun güneş çevresinde yavaş yavaş döndüğüne ve gezegenlerle uydularının bu bulutun içinde yoğunlaşarak oluştuğuna inanıyordu.

Bugün astronomlar güneş sisteminin yavaş yavaş dönen, küremsi biçimli bir yıldızlararası toz ve gaz bulutunun yoğunlaşmasıyla oluştuğuna inanıyorlar. Sözkonusu bulut büyük olasılıkla, kendi kütleçekiminin etkisiyle sıkışmaya başlayabilecek kadar yoğundu, ancak yakındaki bir olaydan (örneğin bir yıldızın süpernova patlamasıyla ölmesinin) gelen basınç dalgasının, çöküşü başlatmış olması daha büyük bir olasılıktı.

Bulutsu çökme esnasında ısınmaya ve daha büyük bir hızla dönmeye başladı. Bu dönüş, bulutu yavaş yavaş yassılaştırarak zamanla disk haline getirdi. Diskin merkezine doğru fırlayan madde, düşerken giderek hızlandı. Atomlar birbirleriyle çarpışarak kinetik enerjiyi ısıya dönüştürdüler. Merkezinde daha çok madde biriken disk, zamanla daha hızlı dönmeye başladı, daha da küçüldü ve sıcaklığı ile basıncı iyice tırmandı. Bu arada, diskteki gaz da düzenli aralıklarla merkezden dışarıda toplanmaya başladı. Bu malzeme sonunda gezegenleri oluşturdu.

Nihayetinde diskin merkezinde bir öncüyıldızın oluşmasına yetecek miktarda madde toplandı. Hidrojeni füzyonla helyuma dönüştürmeye başlamak için gerekli sıcaklık ve basınca erişmesiyle birlikte, ilksel güneşin nükleer kazanı ateşlenmiş oldu. Genç güneşin yoğun ısısı, yakınındaki su buzu ve donmuş karbondioksit zerrelerini buharlaştırdı. Bu maddeler gelişmekte olan sistemin



ÖLÇÜMLER
Rölyefte resmedilen Asur hükümdarı Asurbanipal atlı arabasıyla ne kadar uzaklara gitmişti? Klasik dönemde pek çok birbirinden farklı ve hatalı mesafe birimleri kullanıldı. Günümüzde uluslararası kuruluş, zaman, uzunluk, ağırlık ve diğer ölçümler için titiz standartlar belirliyor.

sadece dış kısımlarında varlıklarını sürdürebilirken, sert silikatlar bunu diskin herhangi bir bölümünde gerçekleştirebilirdi. Minicik zerreler çarpışa çarpışa giderek daha büyük nesneleri oluşturdular ve zamanla gezegenleri ortaya çıkardılar: Yerküre benzeri kayalık gezegenlerden (Merkür, Venüs, Yerküre, Mars) oluşan bir iç güneş sistemi ve gaz devlerinden (Jüpiter, Uranüs, Neptün) oluşan bir dış güneş sistemi.

Bazı yönlerden bu görüş, yaradılışa ve dünyanın işleyişine ilişkin bir öyküdür. Bazı yönlerden ise, herhangi bir efsaneden son derece farklıdır, çünkü matematiksel doğrulanabiliğe sahiptir ve kuşaklar dolusu gözlemci ve teorisyenin ayrıntılı kayıtlarıyla özenle karşılaştırılmıştır.

İnsanın evreni, özellikle de gezegenimizi ve uydusunu kavrayış biçimi, son birkaç bin yılda efsaneden bilime doğru evrildi. Burada anlattığımız öykü, bu fikirlerin ve artlarındaki inanışların değişimi üzerine.

SU SAATİ
Zamanın geçişi birkaç şekilde hesaplanabiliyordu. Bunlardan biri damlayan suydu. Atina'da MÖ yaklaşık 50 civarında inşa edilen Rüzgarlar Kulesi'nde, buradaki temsile benzer, karmaşık bir su saati bulunduğu düşünülüyordu.

YERKÜREYİ ÖLÇMEK

Dünya'nın şekline ve büyüklüğüne ilişkin ilk görüşler arasında muazzam farklılıklar vardı. En eski Yunanlar Dünya'nın düz olduğunu varsaymışlardı. Gezegeni destekleyen şeyin ne olduğunu sorgulamış, nasıl dengede durduğunu merak etmişlerdi. Dünya'nın şekline ilişkin ilk kayıtlar Homeros'un şiirlerinde yer alır. Bu şiirlerde dünya, etrafı okyanusla çevirili düz bir disk olarak tarif edilir.

Miletli astronom Thales, Dünya'nın düz olduğunu ve suyun üzerinde durduğunu ileri sürmüştü. Thales'in öğrencisi Anaksimander ise Dünya'nın hiçbir şey tarafından desteklenmeyen, derinliği eninin üçte birine eşit, düz bir silindir olduğunu düşünüyordu. Dünya'nın boşlukta asılı durduğu ama evrendeki bütün diğer nesnelere eşit uzaklıkta olduğu için yerinde kaldığı fikrini ortaya atmıştı. Ayrıca dünyanın su ya da başka bir element değil; bir ruhsal güç, her şeyin nedeni olan, her şeyin içinden doğduğu ve sonunda her şeyin içine gittiği bir sonsuzluk tarafından desteklendiğine de inanıyordu.



Miletli Anaksimenes Dünya'nın geniş ve düz olduğuna ve hava tarafından desteklendiğine inanıyordu. Kolofonlu Ksenofanes, Dünya'nın üst sınırının ayaklarımızın altında, yeryüzünün havayla buluştuğu yerde olduğunu, alt kısmın ise aşağı doğru sonu gelmez bir şekilde uzandığını ileri sürmüştü.

Küresel bir Dünya'ya ilişkin ilk fikir, MÖ 6. yüzyılın ünlü Yunan düşünür ve matematikçisi Pisagor'a atfedilir. Zamanının ilerisinde bir düşünür olan Pisagor, Dünya'yı bir dizi biçim, tekrarlayan kalıp ve ritmik devre olarak görüyordu. Ay ve Güneş gibi diğer gök cisimlerinin yuvarlak olduğunu, tutulmalar sırasında Ay'ın ve Güneş'in üzerine vuran gölgelerin de yuvarlak olduğunu kaydetti. Ayrıca ufuktaki gemileri gözledi. Tüm fenomenler onu Dünya'nın bir küre olduğu sonucuna götürdü.

Küresel bir Dünya fikri, MÖ 8. yüzyılda yaşamış olan birkaç başka Yunan düşünürüne de atfedildi. MÖ 5. yüzyılda eser veren filozofların biyografi yazarı Diogenes Laertius, Dünya'nın bir küre olduğunu hem

Parmenides, hem de Pisagor'un bildiğini söylemişti. Aristoteles'in MÖ 4. yüzyıl tarihli *Gökler Üzerine* adlı kitabı, Dünya'nın küre biçiminde olduğunu ilan etmekle kalmayıp, bu önermeye bir kanıt da sunmuş olan, bilinen en eski eserdir.

Dünya'nın küresel biçimini ve evrenin merkezindeki sabit yerini açıklamak için Aristoteles daha ağır elementlerin merkeze doğru hareket etme eğilimi gösterdiğini öne sürdü. Tıpkı Pisagor gibi o da bir Ay tutulması sırasında yerkürenin yuvarlaklığını kanıtlamak için onun Ay üzerine vuran gölgesini kullandı. Bu gölgeler daima yuvarlaktı, ayın evreleri sırasında aldığı çeşitli düz kenarlı, içbükey ve dışbükey şekillerden farklıydı.

Aristoteles, kuzeye ya da güneye doğru hareket edildiğinde, gökteki yıldızların konumlarının değişiyor gibi göründüğünü biliyordu. Kuzeye gidildiğinde gökyüzünün güney kısmındaki yıldızlar ufka daha yakın görünür, hatta ufkun altında kaybolurken, gökyüzünün kuzey kısmındaki yıldızlar ufkun üzerinde giderek yükseliyordu. Güneye gidildiğinde ise bunun tam tersi durum geçerliydi. Aristoteles, bu gözlemlere dayanarak Dünya'nın küre biçiminde olduğu sonucuna vardı. Hatta Dünya oldukça küçük bir küreydi çünkü nispeten kısa bir mesafe ilerlemek bile yıldızların konumlarının fark edilir biçimde değişmesine neden oluyordu.

Aristoteles'ten bir yüzyıl sonra, Eratosthenes, Dünya'nın çevresini hesapladı. MÖ 276 civarında Cyrene'de (bugünkü Libya) doğan Eratosthenes, bir astronom, coğrafyacı, atlet, filozof, şair ve matematikçiydi. Ayrıca bir pentatlon şampiyonuydu. İki lakabı vardı. Bunların ilki, atletik yeteneğinden dolayı Pentatlos'du; diğeri ise birçok farklı şeyde ikinci iyi olmasından dolayı, Yunan alfabesinin ikinci harfi olan Beta'ydı.

Eratosthenes Atina'da yıllarca eğitim gördü. Matematikçi ve fizikçi Arşimet'in iyi arkadaşıydı. Aşağı yukarı 40 yaşındayken, Mısır'ın İskenderiye şehrindeki büyük kütüphanenin müdür-

JOHN HARRISON

Deniz saatlerinin mucidi

1693
24 Mart'ta İngiltere, Yorkshire, Foulby'de doğdu.

1713-17
Tamamen ahşaptan üç saat inşa etti.

1730
Bulgularını Kraliyet astronomu Edmund Halley ile paylaşmak üzere Londra'ya gitti. Doğru işleyen bir deniz saati inşa ederek Boylam Ödülü'nü almayı ümit ediyordu.

1735
İlk deniz saati girişimi olan H1'i tamamladı.

1736
Londra'dan Lizbon'a ve sonra tekrar geriye doğru uzanan 1.700 deniz millik sefer sırasında H1'i test etti.

1737
H1'den daha sağlam tasarladığı H2 üzerinde çalışmaya başladı.

1740
H2'nin tasarımındaki hataları fark ederek H3 üzerinde çalışmaya başladı.

1753
Kendi tasarımını takip ederek H4'ü iri bir cep saati biçiminde tasarlaması için John Jefferys'i görevlendirdi.

1759
H3, Boylam Kurulu'nca belirlenen doğruluk standardına ulaşamadı. H4 tamamlandı.

1761-64
Oğlu H4 ile Atlantik ötesi geçitlere giderek, cihazın güvenilirliğini kanıtladı. Boylam Kurulu saatin doğruluğundan şüphe ederek, ödülü vermeye yanaşmadı.

1773
Kral III. George tarafından beğenilerek sonunda Boylam Kurulu'ndan büyük miktarda para ödülü aldı.

1776
24 Mart'ta, 83. doğum gününde, Londra Red Lion Meydanı'ndaki evinde öldü.


Die Zirckel der länge
Fig. 17.
CERCLES DE LONGITVDE
Pole Arctique ou
Septentrional
MERIDIEN
I
Terre
vifue
EVROPE
ASIE
AFRIQVE
Ligne Equinoctiale ou Equateur
PENTIER
Pole Antartique ou
Meridional

lüğünü kabul etti. Bu bilimsel kurum kendi zamanının en ileri öğrenim merkeziydi: Sergi odaları, amfileri, okuma odaları ve hem yerleşik hem de konuk âlimler için lojmanları vardı. Kütüphanede bir dönem 700.000'in üzerinde papirüs tomarı bulunuyordu. Zamanın en büyük bilimsel ve edebi eserleri, kütüphane müdürü olarak Eratosthenes'in elinin altındaydı.

Eratosthenes, Mısır'ın güneyindeki Syene kasabasında (şimdiki Asvan) yapılan bir gözlemin haberini almıştı. 21 Haziran'da, Güneş gökyüzündeki en yüksek noktasına ulaştığında, tapınak sütunlarının gölgesi kayboluyor ve Güneş, bir kuyunun dibini tamamen aydınlatıyordu. Bu hikâye Eratosthenes'in ilgisini çekti ve ona aynı etkinin İskenderiye'de de gözlenip gözlenemeyeceğini düşündürdü.

21 Haziran'da tam öğle vaktinde İskenderiye'de gölgelerin Syene'de olduğu gibi giderek kısalıp kaybolmadığını gördü. Güneş gökteki en yüksek noktasına ulaştığında, ortada hâlâ gözle görülebilir gölgeler vardı. Eğer Dünya düz olsa, diye akıl yürüttü, her iki şehirde de aynı yükseklikte nesnelerin aynı boyda gölgeleri olurdu. Oysa gölgelerin boyları farklıydı. Bu yüzden de Dünya'nın eğik olması gerekiyordu. Eratosthenes elindeki bu bilgiyle, Dünya'nın büyüklüğünü hesaplamaya koyuldu.

Eratosthenes'in izlediği yolun ayrıntıları bilinmiyor. Onun *Dünya'nın Ölçümü Üzerine* adlı özgün eseri kaybolmuş durumda. Ancak kendisinin MÖ 300 civarlarında Öklid'in çalışmalarına ve zamanının diğer matematik ve bilimsel eserlerine erişimi olduğunu biliyoruz. Eratosthenes, 21 Haziran öğle vaktinde gölgelerin kaybolarak kuyu dibinin aydınlanması için, öğle güneşinin tam Syene'nin tepesinde; ya da ufkun tam 90° üzerinde olması gerektiği sonucuna varmış olmalıydı. Aynı tarih ve saatte İskenderiye'de, Eratosthenes Güneş'in güney ufku üzerinde ulaştığı en yüksek noktayı ölçtü. Güneş'in İskenderiye ve Syene'deki konumları arasındaki farkın 7 derecenin çok az üstünde olduğunu buldu –bu da bir çemberin çevresini oluşturmak için gereken 360°'nin aşağı yukarı ellide biriydi.

Geometri yordamlarını kullanarak Dünya'nın çevresini hesaplamak için Eratosthenes'in İskenderiye ile Syene arasındaki mesafe bilgisine gereksinimi vardı. Şehirler arasında gidip gelen karavanlar kabaca 5000 stadya'lık (ölçüm çubuğu) bir tahminde bulunuyordu, bu da aşağı yukarı 800 kilometre demekti. Bu mesafe 50 ile, yani bulduğu açısal farkla çarpıldığında, Dünya'nın çevresi için ortaya 250.000 stadya'lık (ya da 46.250 kilometrelik) bir değer çıkıyordu. Dikkate değer bir şekilde, Eratosthenes'in hesapları sadece yüzde 15 kadar büyük bir sonuç vermişti: Dünya çevresinin gerçek ölçüsü 40,076 kilometredir. Eratosthenes basit Öklidyen geometri ve zekice gözlem yoluyla, günümüzden 2 bin yıl kadar önce Dünya'nın büyüklüğünü hesaplamayı başarmıştı.

MÖ 3. yüzyılın bir başka astronomu Samoslu Aristarkos, Güneş'in evrenin merkezinde olduğunu ileri süren ilk kişiydi. Aristarkos bir Ay

BOYLAM DAİRELERİ

1690 tarihli bu dünya haritası, kutuplardan çıkan boylam çizgilerini gösteriyor. Boylam çizgilerine aynı zamanda meridyen denir.

DÜNYANIN ÇEVRESİ

Dünyanın ekvatoral çevresi 40.076,59 kilometre; kutupsal çevresi ise 40.009,152 kilometredir.

Dünya'nın evrendeki yerine ilişkin erken dönem Yunan görüşleri hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 26-27.

tutulması sırasında Ay'ın Dünya gölgesinin içinden geçişini gözlemledi. Bu gözlemlerin sonucunda, Ay'ın büyüklüğünün Dünya'nın üçte biri kadar olduğu tahmininde bulundu. Eratosthenes'in hesaplamalarını kullanarak, Ay'ın yaklaşık 83.333 stadya (13.333 kilometre) olduğu tahmininde bulundu. Bugün biz, Ay çevresinin 10.919 kilometre olduğunu biliyoruz.

Aristarkhos geometriyi ve Ay'ın evrelerini kullanarak, Dünya ile Ay ve Güneş arasındaki mesafeleri hesapladı. Hesaplarına göre Güneş Dünya'ya Ay'dan yaklaşık 19 kat daha uzaktı ve Ay'ın yaklaşık 19 katı büyüklükteydi. Aslında Güneş Dünya'ya Ay'dan 389 kat daha uzaktır. Aristarkhos'un hesabı her ne kadar hayli yanlış çıkmış olsa da, Güneş'in Dünya'dan çok daha büyük olduğunu gösteriyordu, bu da güneşmerkezli Güneş sistemi modeline doğru atılmış büyük bir adımdı.

YOLUMUZU BULMAK

Akdenizliler denizci insanlardır. Homeros'un destansı hikâyeleri ve Mısır hiyeroglifleri onların çok eskiden yaptıkları yolculuklara tanıklık eder ve bu yolculukların hepsi, Dünya'nın biçimi ve doğasını anlamaya katkıda bulunmuştur.

Eratosthenes'in Dünya'nın büyüklüğünü hesaplamasından 400 yıl önce, Fenikeliler Afrika'nın çevresini dolaşmıştı. Eski denizciler yollarını bulmak için kıyı şeritlerine yakın seyreder, onlara kılavuzluk edecek tanıdık nirengi noktaları ararlardı. Ayrıca varacakları yere doğru gitmek için iskandil –okyanus derinliğinin ölçümü– ve parakete hesabı –yıldız ve gezegen konumlarını temel alarak yapılan konum hesapları– da kullanırlardı.

MÖ 4. yüzyılda Yunan tarihçi Herodot İskenderiye'den uzaklığı hesaplamaya yarayan bir tarif yazmıştı. Pratikte, ucunda kurşun ağırlık bulunan bir halat, okyanusun tabanına değerek 11 fersahlık bir derinlik gösterdiğinde, İskenderiye'ye aşağı yukarı bir günlük yol kalmış demekti.

Güneş ve yıldızlar da yol bulmada önemli rol oynadı. Fenikeliler Asu (gündoğumu) ve Ereb'den (günbatımı), dört esas noktanın ikisini, doğuyu ve batıyı bulmakta yararlanıyor, geceleri ise yıldızlara, özellikle de Polaris'e, yani Kuzey Yıldızı'na

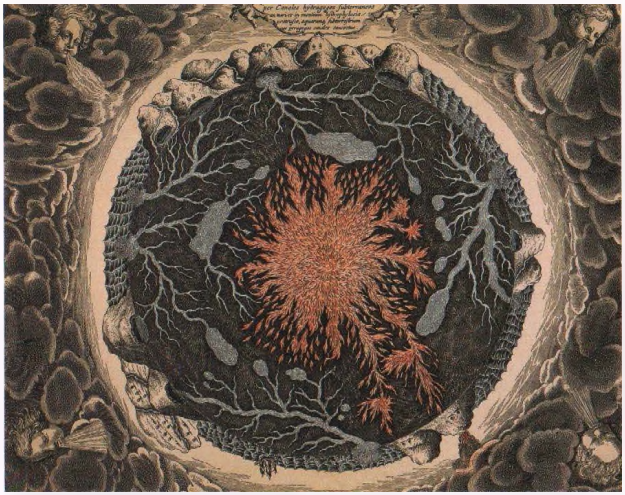
1546 – 1785

1546
Alman hümanist Georgius Agricola, kapsamlı bir mineral sınıflandırma sistemini anlatan *Fosillerin Doğası Üstüne*'yi yazdı.

1568
Flaman kartograf Gerardus Mercator, dümencilerin, pusula ayarı yapmak zorunda kalmadan düzhatlı rotalar belirlemesini sağlayan bir harita planı geliştirdi.

1600
William Gilbert, elektrik ve manyetizma üstüne bir çalışma olan *De magnete*'yi *(Mıknatıs Üzerine)* yayımladı.

1644
René Descartes, *Principia philosophiae*'de, yerkürenin ilk başta eriyik yapıda olabileceğine ve kabuğun, soğuma sürecinin bir sonucu olabileceğine ilişkin teorisini sundu.



ESKİ ÇAĞLARDA DÜNYANIN ÇEKİRDEĞİ

1664 tarihli yerkürenin içini resmeden bu çizimde yeraltı gölleri ve nehirleri, kızgın bir çekirdeğin etrafını kuşatıyor.

bakıyorlardı. Dünya'nın coğrafi Kuzey Kutbu neredeyse doğrudan Polaris'i işaret eder, bu nedenle de Polaris bir tür işaret ışığı görevi görerek, üçüncü esas yönü gösterir.

Üstelik Kuzey Yarımküre'de Polaris sadece kuzey yönünü göstermekle de kalmaz. Ufka kıyasla konumu, enlemi de belirtir. Polaris'i tam tepede, başucu noktasında (ufkun 90° üzerinde) görmek için Kuzey Kutbu'nda olmak gerekir. Polaris başucu noktasıyla ufkun ortasında (kuzey ufkunun 45° üzerinde) olduğunda, gözlemci 45° kuzey enlemindedir. Polaris tam ufuktayken (ufkun 0° üzerindeyken) ise, gözlemci Ekvator'dadır. Güney Yarımküre'deki bir deniz yolcusu için Polaris görünür durumda bile değildir. Aslında, güney enlemlerindeki denizcilere tam güney yönünü gösteren tek parlak

1666
Danimarkalı jeolog Nicolaus Steno, üstüste konumlanma yasasını oluşturmaya başladı. Yasaya göre tortul katmanlarda daha eski kayalar her zaman daha genç kayaların altında görülür.

1686
Britanyalı gökbilimci Edmond Halley, farklı bölgelerdeki etkin rüzgarın yönlerini gösteren bir dünya haritası oluşturdu; ilk meteorolojik çizelgeydi bu.

1735
İngiliz meteorolog George Hadley, atmosferik dolaşımı, "havayı ekvatordan kutuplara taşıyan iri boyutlu hücreler" bakış açısıyla tanımladı.

1785
İskoç jeolog James Hutton, yerküre yüzeyinin, günümüzde bile görülebilen süreçler içinde, yavaş yavaş oluştuğunu ifade eden birörneklik teorisini geliştirdi.

yıldız yoktur. "Crux" ya da Güney Haçı takımyıldızının "artı"sını oluşturan parlak yıldızlar, güney gök kutbuna, yani güney göğündeki yıldızların gidiyormuş gibi göründüğü noktaya işaret eder.

MÖ 3. yüzyılda yazan İskenderiyeli şair Kallimakhos'a göre, Miletli Thales İyonyalı askerlere, Küçük Ayı takımyıldızından yararlanarak yollarını bulmayı öğretmişti. Küçük Ayı'da yer alan en parlak yıldızlar Küçük Kepçe ya da Küçük Vagon denen, yedi yıldızlık bir küme oluştururlar. Bu küme Kuzey Yarımküre için iyi bir rehberdir çünkü Kepçe'nin hayali sapındaki son yıldız Polaris'tir (Kuzey Yıldızı).

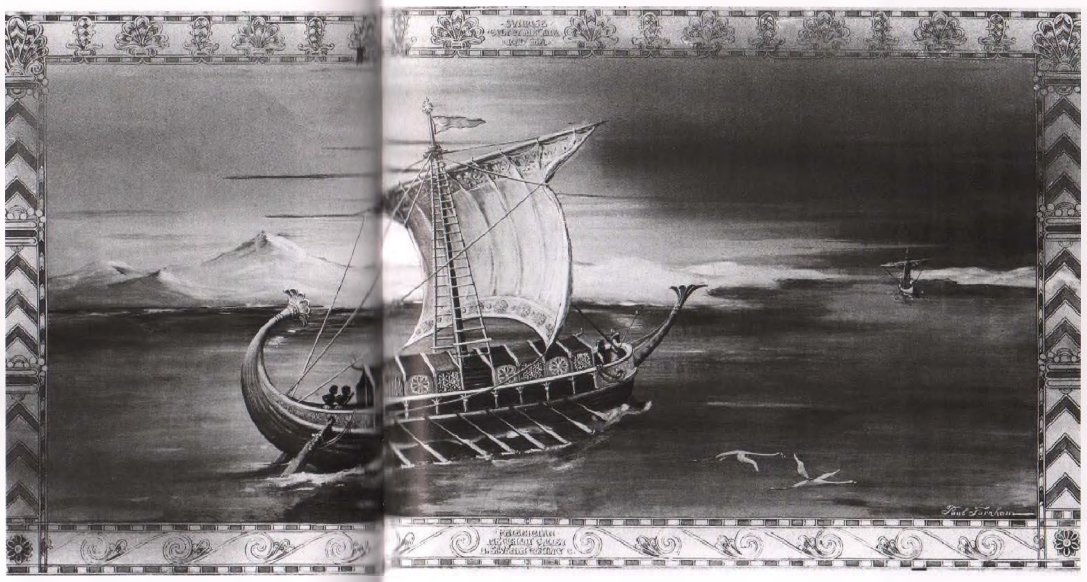
Denizciliğiyle ünlü bir halk da Vikinglerdi. Yüksek kuzey enlemlerde, yaz aylarında günler uzun, geceler kısa olur. Güneş battıktan kısa süre sonra yeniden yükselir, daha da yüksek enlemlerde ise gece gökyüzü yaz ayları boyunca hiç tam olarak kararmaz. Onun yerine alacakaranlığın parıltısı göğü aydınlatarak, yıldızların görülmesini engeller.

Kuzeyin denizcileri bu nedenle yollarını bulmak için gökyüzü gözleminin dışında yöntemlere gereksinim duymuştu. Bunlardan biri kuşlara dayalıydı. Doğal olarak bir deniz kuşunun gagası doluysa, karaya ve yuvasına doğru gidiyordu. Ancak gagası boşsa, denize doğru gidiyor olmalıydı. Bazı kuzey gemilerinde, kuzgun gibi karayı sevdiği düşünülen kuşlar bulundurulur ve özellikle aç bırakılırdı. Bu kuşların salıverildiklerinde en yakın karaya doğru uçacaklarına inanılırdı.

Tarihin en büyük okyanus yolcularından bazıları Güney Pasifik adalarının halkıydı: Polinezyalılar, Mikronezyalılar ve Melanezyalılar. Nispeten küçük, elle yontulmuş teknelerle yelken açan erken çağ Polinezyalıları, denizlerde binlerce kilometrelik yol aldılar ve pek çok uzak adaya yayıldılar.

Kuzeyin insanları gibi, Polinezyalılar da yol bulmak için kuşların davranışından yararlanırdı. Ayrıca ayrıntılı takımyıldız çizimleri içeren ve Samanyolu'na papağan ve çotira, sukabağı ve köpekbalığını da dahil eden yıldız haritaları yaptılar.

Yol bulmada kuşlar ve yıldızlardan yararlanmış olsalar da Polinezyalılar okyanus davranışlarını da titizlikle izlerdi. Etkin rüzgârlardan yararlanır, su akıntıları boyunca ve kara yakınlarında görülen dalga biçimlerindeki değişimleri yorumlarlardı.



DENİZ GEZGİNLERİ
Resimdeki gibi Fenike ticaret kadırgaları, MÖ 7. yüzyılda Akdeniz ticaret rotalarında yol alırdı.

Hint Okyanusu'ndaki batı yönelimli akıntılar ise 6500 kilometre kadar güneybatıda yaşayan Madagaskar halkının atası Endonezyalılara seferlerinde yol göstermiş olabilir.

MÖ yaklaşık 1000 yılında yaşayan Homeros'un zamanında çizilmiş dünya haritaları Akdeniz Havzası etrafındaki ülkelerin ötesine gitmez. Bu bölgenin halkı kendi kara parçalarının "Oceanus Fluvius", yani okyanus nehri denen suyla kuşatıldığına inanırdı.

Kimi zaman yerbiliminin babası olarak da anılan Eratosthenes, MÖ 3. yüzyılda bilinen ilk dünya coğrafya haritasını yarattı. *Hypomnemata geographica* üç bölümden oluşuyordu: Tarihsel giriş, matematiksel coğrafya (yerküre ölçümleri de dahil) ve ülkelerin tanıtımlarını da içeren bir harita.

Tarihsel giriş bölümü Homeros ve Hesiodos'a ait coğrafi görüşleri anlatıyor, ardından Eratosthenes'in zamanına dek uzanan dünya coğrafya bilgisini veriyordu. Matematik bölümü, küre biçiminde bir yeryüzü varsayımına dayanarak haritalama ilkelerini anlatıyordu. Yengeç ve Oğlak Dönencesi ile, kutuplar da dahil iklim kuşakları yine bu bölümde yer alıyordu.

Son bölüm ise batıda Herkül Sütunları ya da Cebelitarık'tan, doğuda bilinmeyen topraklara dek uzanan haritayı içeriyordu. Homerik harita-

ERATOSTHENES
Yerbilim çalışmalarına yaptığı büyük katkılara rağmen Eratosthenes'in yaşamı trajik biçimde son buldu. Eratosthenes hayatının son yıllarında görme yeteneğini yitirdi ve sonunda kendini açlığa mahkâm ederek yaşamına son verdi.



SANAT VE BİLİM
Louis Leopold Boilly'ye ait 1804 tarihli bu tabloda, büyük Fransız heykeltıraş Jean Antoine Houdon, Pierre Simon Marquis de Laplace'ın büstünü yapıyor. Laplace'ın eşi ve kızları ise izliyor.

larda olduğu gibi, bilinen kara parçalarının etrafını bir dünya okyanusu kuşatıyordu. Ancak Eratosthenes'in haritası doğu, güney ve kuzeyde, Homeros'un haritasından çok daha ötelere uzanıyordu. Haritada İngiltere, İrlanda, Hindistan ve Sri Lanka ya da Madagaskar olabilecek bir karanın kaba sınır hatları görülüyordu.

Her ülke ya da bölge matematiksel yöntemlere göre değil, elde edilen tanımlara göre şekillendirilmişti. İtalya bir çizme gibi; İspanya öküz postu üstünde; Sardunya ise ayak izi biçiminde görünüyordu. Diğer bir deyişle Eratosthenes, harita için bilinen dünyaya ait mevcut bilgileri toplamış ve derlemişti. Aynı şekilde flora ve fauna bilgileri ile, her ülke ya da bölgeye özgü ürünler de haritaya dahil edilmişti.

MS 2. yüzyılda Batlamyus ilk dünya atlasını oluşturdu. Atlasta enlem ve boylam çizgileriyle birlikte 27 adet harita vardı. Kendisinden önceki astronomik gözlemlerden yararlanan Batlamyus, enlemleri bugünkü konumlarına yakın olarak çizecek bilgiye sahipti. Ancak dünya haritası hâlâ Akdeniz merkezliydi ve dış sınırlara doğru gidildikçe hayli güvenilmez bir hal alıyordu. *Terra Incognita* –bilinmez diyarlar– ise dış sınırı oluşturuyordu. Her şeye rağmen Batlamyus'un haritası, bilinen merkezi kara parçasını kuşatan bir okyanus resmetmeyen (bilinen) ilk haritaydı. Haritada Oceanus Indicus (Hint Okyanusu) ve Oceanus Occidentalis (Atlas Okyanusu) da dahil, denizler tek tek adlarıyla belirtiliyordu.

Tıpkı yermerkezli evren modeli gibi, Batlamyus'un atlası da yüzyıllar

boyu standart kabul edildi. 10. yüzyılda ise İtalyanlar oldukça ayrıntılı açıklamalar, okyanus derinlik ölçümleri ve kıyı tanımlarını içeren haritalar üretmeye başladılar. Bundan üç yüzyıl sonra mesafe ölçeklerini ve kerterizleri de gösteren deniz haritaları çıktı. Ancak oldukça hatasız haritalara rağmen, denizde yol bulmak için 1700'lerin sonlarına dek seyrüsefer hesapları yapmak gerekiyordu. Bir geminin bulunduğu enlem Güneş ya da yıldızların konumuna göre kolaylıkla belirlenebiliyordu. Ancak boylamı doğru belirlemek, apayrı bir konuydu.

BOYLAM ÖLÇÜMÜ

Bilinen en eski boylam belirleme yöntemi, MÖ 2. yüzyılda yaşayan Hipparkos'a dek gider. Hipparkhos dünyanın farklı yerlerinde aynı anda izlenebilen Ay tutulmalarının, bir zaman sinyali görevi görebileceğini fark etmişti. Ay tutulmaları çağlar boyu gözlenmiş, yerel başlangıç ve bitiş saatlerinin kayıtları tutulmuştu. Dünya kendi etrafındaki dönüşünü 24 saatte tamamladığı için, dünya hareketinin dairenin yirmi dörtte birine denk düşen kısmını, yani 15°'lik hareketini tamamladığı süre "bir saat"tir (360° bölü 24). Teoride, iki yer arasındaki zaman farkından yola çıkarak bu yerlerin birbirine kıyasla boylamları ya da yerküre etrafında, doğu ve batı yönündeki mesafeleri hesaplanabilir.

1631'de gökbilimci Henry Gellibrand, Kuzeybatı Geçidi'ne doğru yelken açan Kaptan Thomas James'ten, yolculuk sırasında gerçekleşecek olan tutulma süresini kaydetmesini istedi. Kaptanın gözlemlerini temel alan Gellibrand, Londra ile Kanada'daki James Koyu, Charlton Adası arasındaki boylam farkını hesapladı. Sonuç, yalnız 15'lik bir sapma ile 79° 30' idi.

16. ve 17. yüzyıllarda bol ekipmanlı denizciler, gerçek kuzey ile manyetik kuzey –Dünya'nın coğrafi kutbu ile manyetik pusulaların işaret ettiği kutup– arasındaki farkı hesaplayarak, boylamsal konumlarını belirlemeye çalıştılar. Doktor William Gilbert 1600'de *De magne-*

COMTE DE BUFFON

Doğa tarihçisi

1707
7 Eylül'de Fransa Montbard'da Georges-Louis Lederc adıyla dünyaya geldi.

1717
Dijon'daki Cizvit okulunda eğitime başladı.

1723
Dijon'da üç yıl hukuk eğitimi aldı ama bilim alanında çalışmaya karar verdi.

1728
Angers'de matematik, tıp ve bitkibilim eğitimi aldı.

1734
Paris'te Kraliyet Bilim Akademisi'ne seçildi.

1739
Kraliyet botanik bahçelerinin başına getirildi.

1740
Newton'un *Flüksiyon ve Sonsuz Seriler Yöntemi* adlı kitabının çevirisini yaptı.

1749-67
Doğa tarihi, yerbilim ve insanbilim üzerine mevcut tüm bilgileri kapsayan *Histoire naturelle*'nin ilk cildini yayımladı. İlk başta 50 cilt önerdi, sonunda 36 ciltlik bir çalışma yaptı.

1753
Fransız Akademisi'ne seçildi; "Üslup Üzerine Söylem"i sundu.

1770-83
Histoire naturelle'nin kuşlar üzerine on cildini yayımladı.

1778
Jeolojik tarihi aşama aşama yeniden yapılandırdığı *Époques de la nature*'yi yayımladı.

1783-88
Histoire naturelle'nin mineraller üzerine beş cildini yayımladı.

1788
16 Nisan'da Paris'te öldü.


Gradus longitudinis ab occidente primitivo
Terra incognita secundum Ptolemæum

ÖNCEKİ SAYFALAR
Batlamyus'un 2. yüzyılda hazırladığı dünya haritasının 15. yüzyıl versiyonu, Akdeniz kıyı hattını oldukça hatasız resmediyor. Ancak hata oranı *Terra Incognita*, yani Bilinmez Diyarlar'a yaklaştıkça artıyor.

te (Mıknatıs üzerine)'yi yayımladı. Bu kitapta yerküre, çekim alanı mıknatıs taşına benzeyen bir tür mıknatıs gibi tarif edilmişti. Gilbert, doğudan batıya ilerledikçe değişen manyetik ve coğrafi kuzey kutuplar arasındaki fark üzerine bilgi toplamaya başladı. Ancak bu bilginin denizcilere gerçek anlamda yardımcı olabilmesi için aradan iki yüzyıl daha geçmesi gerekiyordu.

Karadan açıkta yol bulmanın tehlikeleri büyüktü. Ticaret ve savaş gemileri sık sık kayboluyordu. Britanya gibi denizci bir ulus için bu tür tehlikeler ulusal güvenliği tehdit edici nitelikteydi. Ekim 1707'de, bir Britanya savaş gemisi filosu Fransa'yla savaşın ardından ülkeye dönmekteydi. Bir günlük bir deniz yolculuğu söz konusuydu. Yaklaşık 50° Kuzey enlemine yaklaşan filo, Manş Denizi'nde olduğunu düşünerek Portsmouth'a doğru doğuya yelken açtı. Ancak kendilerini Cornwall Burnu'nun açıklarında, Manş'ın batısın-

CAVENDISH DENEYİ

1700'lerin sonlarında Henry Cavendish, Isaac Newton'un $F=GM/r^2$ şeklinde ifade edilen evrensel kütleçekim yasasını doğruladı. Formülde "G" kütleçekim sabitini; "M" ve "m" iki cismin kütlelerini; "F" ise cisimler arasındaki kütleçekimsel kuvveti temsil ediyordu. Sonuçta büyük kütlelerin küçükleri çektiği ortaya çıktı.



Henry Cavendish yerkürenin ortalama yoğunluğunu ölçtü.

10 Ekim 1731 doğumlu Cavendish, Lord Charles Cavendish'in oğlu ve bir deneysel bilimciydi. Cambridge'de eğitimini tamamladıktan sonra Cavendish 1753'te babasının Londra, Soho'daki Great Marlborough caddesinde yer alan evine taşındı. Baba-oğul elektrik, manyetizma ve ısıyla ilgili deneyler gerçekleştirdiler. 1783'te babasının ölümü üzerine Cavendish, Clapham Common'a taşınarak çalışmalarını sürdürdü.

Yerbilimci John Mitchell'in bir tasarımını temel alan Cavendish bir burulmalı terazi üretti. Terazi, iki uçtaki küre biçiminde ağırlıkları taşıyan, yaklaşık bir buçuk metre boyunda ahşap bir çubuktan oluşuyordu. Bir tür halteri andıran bar ve küre biçimli ağırlıklar ise kuvarstan yapılma bir telle tavandan sarkıtılıyordu. Bu düzeneğe bir ayna da eklenmişti. 160 kiloluk iki kurşun küreyi taşıyan bir başka halter ise, daha küçük olan halterin yakınına yerleştirilmişti. Bu şekilde büyük küreler, küçük olanların yakınında dönebiliyordu.

Deneyde, büyük ve küçük küreler arasındaki kütleçekimi kuvarstele, dönme momenti uyguladı ve telin bükülmesine neden oldu. Cavendish bu bükülmeyi ölçmek için bir ışık demetinden yararlandı. Aynaya doğrultulan ışık 90°'lik açıyla yansıdı.

Küçük halter, büyük olana doğru çekildikçe, dönme hareketi ışık demetinin de hafifçe sapmasına neden oldu. Cavendish sapmayı dikkatle ölçtü. Sonuçta Newton'un, büyük kütlelerin küçük kütleleri çekmesine ilişkin teorisini kanıtlamakla kalmadı, yerkürenin ortalama yoğunluğunu da belirledi. Cavendish bunu "özel kütleçekimi" şeklinde ifade etti; yani, yerküre yoğunluğunun su yoğunluğuna oranı.

da buldular. Dört geminin her biri Scilly Adaları'nda vahşi bir sonla karşılaştı. Bir rota belirleme hatası yüzünden birkaç dakika içinde 2000 adam yitirilmişti.

1713'te, William Whiston isimli meslaktaşıyla birlikte çalışan Humphry Ditton adlı bir okul öğretmeni, boylam problemini çözmek için bir şema geliştirdi. İkili, gemilerin okyanus boyunca belirlenen noktalarda demir almalarını önerdi. Geceyarısı her gemi büyük bir roket ateşleyecekti. Patlamalar her yönde en az 150 kilometrelik mesafeden duyulabilecekti. Böylece denizciler, İngiltere, Greenwich'teki zaman konusunda uyarılmış olacaklardı. Teoriye göre, Greenwich zamanı yerel zamanla karşılaştırıldığında, kaptan boylamını belirleyebilecekti.

Pratiklikten uzak bir çözüm olsa da, Whiston ile Ditton'un fikri İngiliz Parlamentosu'nu Boylam Kurulu oluşturma yönünde teşvik etmişti. 1714'te kurul Boylam Ödülü projesini geliştirdi. Bir geminin denizdeki boylamını, yarım derecelik hata payıyla belirleyebilecek gerçekçi bir yöntem geliştirene 20.000 pound; bir derecelik hata payıyla belirleyene 10.000 pound; ya da 40 dakikalık hata payına 15.000 pound verilecekti. Kurulun uygulanabilir bulduğu teknikler Batı Hint Adaları seferlerinde test edilecekti. Ödülün miktarı yüzünden olgunlaşmamış fikirlerle kurula başvuran çok sayıda kişi "boylam delisi" lakabıyla anıldı.

Tüm bu çılgınlığın arasında yalnızca iki yöntem ciddiye alındı. Bunlardan ilki, astronomik yöntemdi. Denizciler daha önceden de boylamlarını göklere bakarak belirliyordu. Ortaya birkaç astronomik yöntem çıkmıştı ki bunlardan biri de Ay'ın yıldızlara kıyasla konumunu temel alıyordu. Bir başkası ise Jüpiter'in dört uydusunun konumlarına dayalıydı. Her iki yöntem de gök cisimlerinin titiz gözlemini ve doğru ölçümünü gerektiriyordu. Bu da denizde sallanan bir gemi için neredeyse olanaksızdı.

İkinci yöntem, zamana ve yerkürenin kendi ekseni etrafındaki dönüşüne dayalıydı. O dö-

JAMES HUTTON

Yerbilimin babası

1726
3 Haziran'da İskoçya, Edinburgh'da doğdu.

1749
Hollanda'da tıp diplomasını aldı.

1750
Tıp alanında çalışmamaya karar verdi ve aile çiftliğinde çiftçiliğe başladı. Yerbilime ilgi duymaya başladı.

1754
Tanım bilgisini arttırmak için Hollanda, Belçika ve Fransa'ya seyahat etti.

1768
Tanımcılıktan vazgeçerek bilimsel ilgi alanını geliştirmek için Edinburgh'a taşındı.

1783
Edinburgh Kraliyet Akademisi kuruldu; Hutton aktif üye oldu.

1785
"Yerküre Sistemi, Sistemin Sürekliliği ve Kararlılığı Üzerine Tezin Özeti"ni yazarak, yerbilim süreçlerine ilişkin teorilerini açıkladı.

1788
Fransa Kraliyet Tanım Akademisi yabancı üyeliğine seçildi.

1788, 1790
Edinburgh Kraliyet Akademisi üzerinden meteoroloji konulu tezler yayımladı.

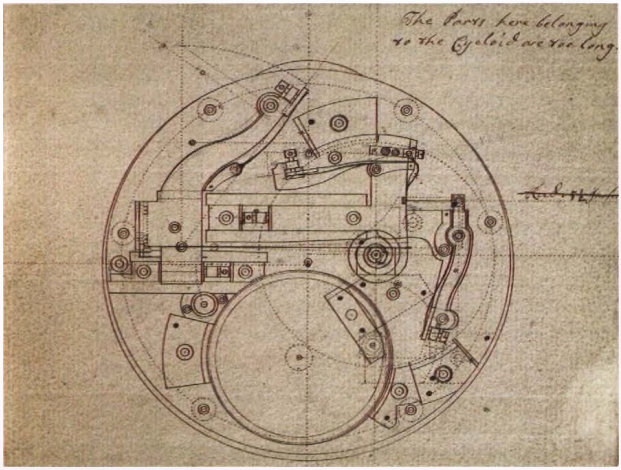
1794
Metafizik ve felsefe üzerine üç ciltlik bir tez yayımladı: *Bilgi İlkelerinin İncelenmesi.*

1795
Yerküre Teorisi adlı iki ciltlik kitabını yayımladı. Kitapta önceki iddialarını açıklayarak çok sayıda kanıt sundu.

1797
26 Mart'ta Edinburgh'da öldü.

GERİDE KALAN MİRASLAR

John Harrison'un H4 zaman-ölçerine ait sağda görülen mürekkepli çizim, aletin iç yapı hareketlerini gösteriyor. Karşı sayfada görülen Charles Lyell ise büyük eseri *Yerbilimin İlkeleri* ile ünlüydü. Lyell 1875'te ölmeden önce bu kitabı on ikinci baskı için gözden geçirmekle meşguldü.



nemde saatler sarkaçla çalışırdı ki bu da sallanan bir gemide zamanın doğru gösterilmesini engellerdi; özellikle de yön bulmanın önem kazandığı fırtınalı zamanlarda. Mesele, gemideyken zamanı öğrenmenin bir yolunu bulmaktı. Bu konu, genç bir İngiliz saat üreticisi olan John Harrison'un ilgisini çekmişti.

İngiltere'nin kuzeyindeki Foulby adlı köyde doğan Harrison, araştırmacı bir gençti. Meslek yaşamına marangoz olarak başlamış, daha sonra saatlerin işleyişine merak sararak, boş vakitlerinde saat üretmeye ve tamir etmeye başlamıştı. Harrison her ağaç türünün özelliklerini biliyordu ve bu bilgisini ahşap saatler üretirken de kullandı. Sürtünmeyi azaltmak için rondela ve milleri peygamber ağacından yapıyordu. Karayip ve Güney Amerika'dan gelen bu tropik ağaç doğal kayganlaştırıcı reçineler içeriyordu. Harrison'un ah-

1798 – 1920

1798
İngiliz fizikçi Henry Cavendish yerkürenin ortalama yoğunluğunu hesaplayarak yerküre çekirdeğinin çok yoğun, ağır metaller içermesi gerektiği sonucuna vardı.

1830-33
İngiliz yerbilimci Charles Lyell, *Yerbilimin İlkeleri* adlı üç ciltlik kitabı yayımladı. Kitapta James Hutton'ın daha önceki çalışmalarını temel alan pek çok görüş vardı.

1855
İtalyan Luigi Palmieri elektromanyetik sismografı icat etti.

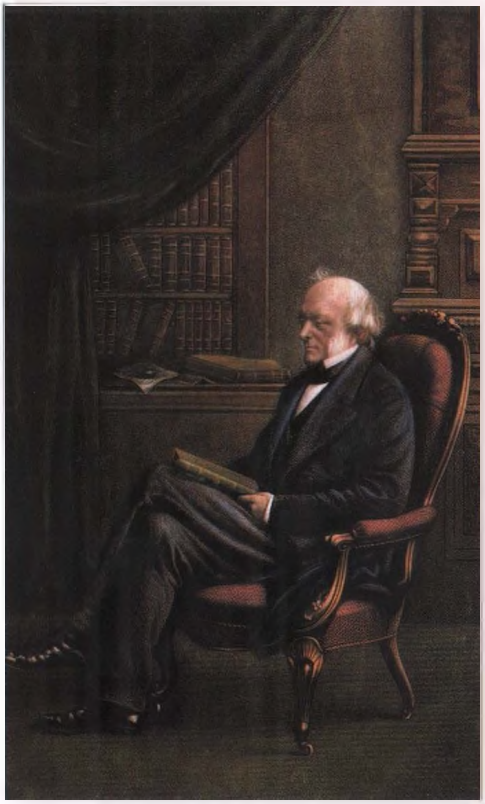


şap mekanizmaları, çağdaş metal saatlere kıyasla son derece gelişkindi. Metal saatler zamanla topaklaşan ve kolayca kuruyan yağlarla yağlanmayı gerektiriyordu. Harrison ayrıca kendi yaptığı saatleri de zamanla geliştirerek, ayda bir saniyelik hata payı içinde çalışmalarını sağladı. Sonunda denizde de çalışabilecek bir saat yapmayı düşünmeye başladı.

Önündeki engeller aşılmaz gibi görünüyordu. Nem ve atmosferik basınçtaki değişim mekanizmayı şişirecek, büzecek ve nihayetinde bükecekti. Kütleçekim kuvveti farklı boylamlarda farklı olduğundan, sarkaç hareketi düzenli olmayacaktı. Dalgalı zamanlarda bile iyi çalışabilecek bir sarkaç tasarlamanın zorluğu da cabasıydı.

Harrison genç yaşında köy kilisesinin çancısı olmuştu. İpi çekerken çanların zarif hareketlerle sallanışını izlerdi. Bu deneyim sarkaçlı saat tasarladığı zamanlarda çok işine yaradı. Harrison zaman ölçmede doğruluk için sarkacın tüm şartlar altında sabit bir uzunluğu koruması gerektiğini biliyordu.

Harrison farklı malzemelerle deneyler gerçekleştirdi. Bu süreç içinde



1862
İskoçyalı mühendis William Thomson (Lord Kelvin) yerküre yaşını 100 milyon yıl olarak tahmin etti.

1872-76
Britanya gemisi *Challenger* ilk büyük okyanus keşif seferini gerçekleştirdi. Sefer denizbilimin başlangıcı oldu.

1912
Alman jeofizikçi Alfred Wegener kıtasal sürüklenme teorisini ileri sürdü.

1920
Sırp matematikçi Milutin Milanković, yerküre ikliminin, yerküre yörüngesindeki değişikliğe bağlı olarak periyodik değişimler geçirdiğini ortaya koydu.



KELVİN'İN PUSULASI
İskoç mühendis, matematikçi ve fizikçi William Thomson (Lord Kelvin), bu ayaklı pusulayı gemiler için geliştirdi.

pirinç ve demirden yapılma tellerin ısıtılınca farklı oranlarda genleştiklerini fark etti. Bu iki metalden yapılma telin en doğru oranlarda birleşimini elde edene dek deneyleri sürdürdü. Birbirine sıkıca dolanan pirinç ve demir birbirlerini dengeleyerek, bu metallerin yalnızca birinden yapılma bir sarkaca kıyasla daha sağlam bir yapı oluşturuyordu.

Harrison bunun ardından birbirinin aynısı iki saat üretti. Saatlerden birini çok soğuk bir odaya, diğerini de gürül gürül ateşin yandığı bir odaya yerleştirdi. Sonra iki odanın arasında durarak, iki saatin de tiktaklarını dinledi. İki ayrı odadaki iki saat eş zamanlı çalışana dek, pirinç ve demirden yapılma telin birleşimini değiştirmeyi sürdürdü. Sonunda ısı değişimlerine oldukça dayanıklı bir sarkaç elde etmişti.

Harrison 1730'da ısı, sürtünme ve kütleçekimin saatler üzerindeki etkisini gösteren tüm bulgularını derleyerek Londra'nın yolunu tuttu. Doğru ve güvenilir bir deniz saati üretebileceğinden emin bir şekilde bulgularını o dönemde kraliyet astronomu olan Edmund Halley'e sundu.

Halley, Harrison'ı Londra'nın ünlü saat ustası George Graham ile tanıştırdı. İlk başta Graham'a fazla güvenmeyen Harrison, bulgularının çalınabileceğinden endişe etti. Ancak sonradan Graham'ın "çok dürüst bir adam" olduğunu anladı. Graham onun çalışmalarından öyle etkilenmişti ki, Harrison'a saatini tamamlaması için borç vermeyi önerdi.

Harrison sonraki altı yılını Harrison Bir, ya da bugün H1 diye bilinen ilk deniz saatini yapmakla geçirdi. Sarkaç yerine, sabit olan ve kesintisiz hareket için yayları kullanan bir dengeleme mekanizması geliştirdi. Bu sayede saatin işleyişi sarkaca ya da kütleçekimine bağlı olmaktan kurtulmuştu ve günde bir kez kurulmak kaydıyla dalgayla sallanan bir gemide bile aksamadan çalışıyordu.

Harrison değerli cihazını arabayla Londra'ya götürdü ve Graham saati burada bilim camiasına sergiledi. Ünü kısa sürede yayılan saat, çok geçmeden ilk teste tâbi tutuldu: Por-

tekiz, Lizbon'a doğru fırtınalı ve beş haftalık bir yolculuk. H1 yolculuğu başarıyla atlattıysa da, Harrison daha da iyisini yapabileceğini düşünüyordu. Sonuçtan memnun kalan Boylam Kurulu Harrison'a ikinci bir model üzerinde çalışması için 250 pound ön ödeme yaptı.

Çalışmanın henüz başında Harrison H2'nin tasarımında bazı sorunlar olduğunu fark etti. Fırtınalı deniz gibi kimi aşırı hareketlere maruz kaldığında saat şaşıyordu. Bunun üzerine Harrison yeni bir model, yani H3 üzerinde çalışmaya başladı. Harrison Boylam Kurulu'ndan aldığı bağışlarla bu saati 19 yıl boyunca tekrar tekrar söküp kurdu. Ne var ki bir süre sonra kurul üyeleri Harrison'un dört gözle beklenen deniz saatini tamamlayacağından şüphe etmeye başladılar.

Harrison en sonunda büyük deniz saati tasarımlarından vazgeçerek cep saatleri üzerinde çalışmaya karar verdi. 1753'te küçük bir saat tasarlayarak saat yapımcısı John Jefferys'e saati üretmesi için komisyon verdi. Üretilen saati test eden Harrison, onun ne kadar iyi çalıştığını görünce, yıllarını yanlış yolu izleyerek geçirdiğini anladı. Bunun üzerine daha da küçük saatler tasarlamaya ve üretmeye başladı.

1759'da tamamlanan H4, gelmiş geçmiş saatler içinde en iyi işleyeni oldu. İlk yolculuğunda da iyi bir performans sergiledi. Boylam Kurulu saatin İngiltere Portsmouth'dan Barbados'a yapılacak Atlantik yolculuğuyla ikinci kez denenmesini istedi. Yaşı artık 71'i bulan Harrison, oğlu William'dan yolculuğu kendi yerine yapmasını istedi.

Gemi denize açılmadan önce saat, güneşin öğle vakti konumundan yararlanılarak, Portsmouth zamanına göre ayarlandı. Ardından gemide korunaklı bir kutuya kondu ve günde yalnız bir kez, dikkatle kurulmak üzere kutudan çıkarıldı. İzleyen 46 gün boyunca saat İngiltere'nin serin ikliminden, nemli Karayip'e dek yol aldı (yaklaşık 10 santigrat derecelik ısı farkı). 13 Mayıs 1764 sabahı, Harrison'ın H4'ünü taşıyan gemi, Barbados, Bridgetown açıklarında demir aldı.

HENRY CAVENDISH

Hidrojenin kaşifi

1731
10 Ekim'de, Fransa, Nice'de doğdu.

1749
Cambridge, Peterhouse College'a girdi.

1753
Diploma almadan Cambridge'den ayrıldı.

1760
Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1764
Arsenik üzerine deneyler gerçekleştirdi.

1766
Hidrojeni keşfettiğini, Kraliyet Akademisi tarafından yayımlanan suni hava üzerine makelesiyle duyurdu. Keşfe karşılık Copley Madalyası'na layık görüldü.

1772, 1776
Elektrik fenomeni üzerine makaleler yayımladı.

1773
Eski Eserler Cemiyeti üyeliğine ve British Museum yöneticiliğine seçildi.

1784–85
Suyun hidrojen ve oksijenden oluşan bir bileşim olduğunu keşfetti.

1784–89
Gökbilim araştırmalarını ve deneylerini açıklayan beş makeleyi ardarda yayımladı.

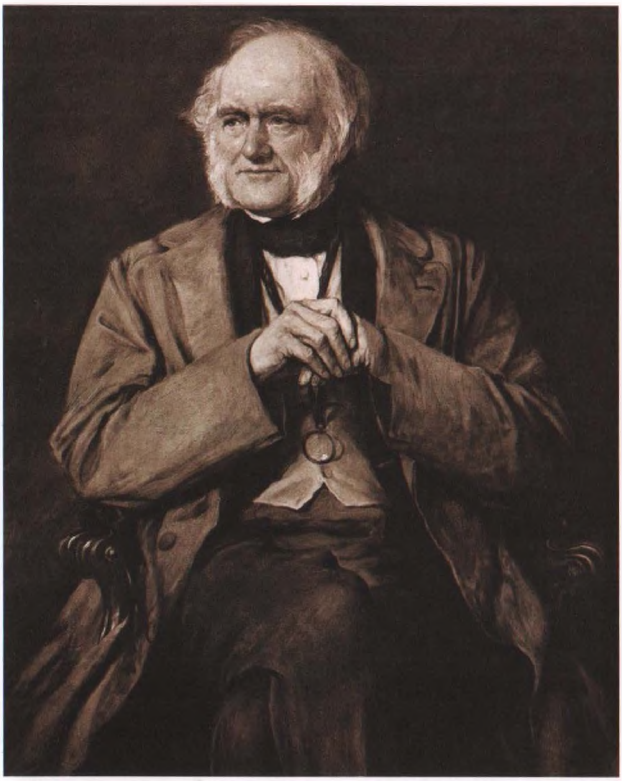
1798
Kraliyet Akademisi tarafından yayımlanan bir makalede yerküre yoğunluğu ölçümünü açıkladı ve yerküre çekirdeğinin çok yoğun metallerden oluşması gerektiğini belirtti.

1803
İnstitut de France'a yabancı üye olarak seçildi.

1810
24 Şubat'ta Londra'da öldü.

LYELL VE YERKÜRE TARİHİ

İngiliz yerbilimci Sir Charles Lyell, yalnızca tekbiçimciliğin değil, aynı zamanda "aşamalılık"ın da savunuculuğunu yaptı. Kendi deyişiyle yerküre tarihi, "her an geçerli olan birtakım yasalara tabi fiziksel olayların kesintisiz sürekliliği" sonucu ortaya çıkmıştı.



Bundan birkaç ay önce, Ağustos 1763'te, gökbilimci Nevil Maskelyne, adanın gerçek boylamını ve Harrison'ın gemideki saatinin doğruluğunu belirlemek üzere Barbados'a gönderilmişti. Maskelyne'nin görevi Jüpiter'in uydularını yerden gözlemlemek ve adanın boylamına ilişkin hesaplarını, Harrison'un saatinin belirttiği zamanı temel alarak yapılan hesaplamalarla karşılaştırmaktı. Ancak Maskelyne'nin bambaşka amaçları vardı.

Maskelyne bir süredir kendi boylam belirleme yöntemi üzerinde çalışmaktaydı ve Barbados'ta bulunduğu süre içinde kendi yönteminin reklamını yapmış, Boylam Ödülü'nü kazanmayı planladığını gururla ilan etmişti. William Harrison şehre geldiğinde Maskelyne'nin davranışlarını haber aldı ve ödülde gözü olan birinin tarafsızlığından şüphe etti. Kişiliğinin karalanmasına öfkelenen

Maskelyne, Harrison'a büyük bir kin besledi.

Öğle vakti yaklaşıp, güneş Bridgetown üzerindeki en yüksek noktaya tırmandığında, William Harrison H4'ü koruyucu kutusundan çıkardı. Saat Portsmouth'taki zamanı 15.55 olarak gösteriyordu. Eğer gemi saatte 15°'lik boylam aşacak hızla ilerlediyse, saate göre Bridgetown'un, Portsmouth'un 60° kadar batısında olması gerekiyordu. Sonuç, Bridgetown'un gerçek konumundan yalnızca birkaç kilometre şaşmıştı. H4 kurulun belirlediği oranların üç katı iyi performans sergilemişti.

Ancak kurul artık Harrison'ı karşıydı ve ödülü vermeyi reddediyordu. Bir saatin astronomik yönteme üstün gelebileceğine inanmıyordu. Kurul Harrison'dan, kendisininkinin kopyası olan bir saatin yapılabilmesi için sırlarını açıklamasını talep etti. Ayrıca Harrison'dan saatin iki kopyasını daha yapması istendi. Harrison'un sırlarını başka bir ülkeye satmasından korkan kurul, sonunda onun Yorkshire'daki evinden dört saatin de alınmasını Maskelyne'den talep etti.

Harrison istemeye istemeye saatin iki kopyasını tamamladı ve tasarımlarını saat ustası Larcum Kendall'a verdi. Kendall ise tasarımları çoğaltı. Saat Kraliyet Gözlemevi'nde on aylık teste tabi tutuldu ve elde edilen olumlu sonuçlara karşın, kurul yine de Harrison'a ödülü vermedi.

Durumdan rahatsız olan Harrison'un oğlu, Kral III. George'a mektup yazarak, babasının durumunu anlattı. Bunun üzerine baba-oğula kral nezdinde ve seyirci karşısında sunum yapma şansı tanındı. İkili hikâyelerini anlattıktan sonra krala bir saat sundu ve kopyalardan birini onun test etmesini istediler. Saat çok iyi bir performans sergilediyse de kurul ödülü vermeyi hâlâ reddediyordu. Harrison sonunda Boylam Ödülü'nü kralın ısrarı üzerine, çalışmaya başladıktan ancak 43 yıl sonra alabildi.

YERKÜRENİN TARİHLENMESİ

Altı bin yıl bize uzun bir zaman gibi gelse de, in-

CHARLES LYELL

Tarihsel jeolog

1797
14 Kasım'da İskoçya, Forfarshire'da doğdu.

1819
Oxford'tan mezun oldu; Linnean Cemiyeti'ne ve Londra Yerbilim Akademisi'ne seçildi.

1824
Forfarshire'ın yerbilim haritasını çıkardı ve tatlı su göllerindeki mineral tabakalarını ayrıntısıyla belirledi. Bulgularını ilk makalesi olan "Forfarshire'da Kısa Süre Gerçekleşen Tatlı Su Kalkeri Oluşumu Üzerine"yi yayımladı.

1826
Kraliyet Akademisi üyeliğine seçildi.

1828
Fransa ve İtalya'ya giderek yerbilim ve doğal fenomenler üzerine çalışmalar yaptı.

1830-33
Üç ciltlik *Yerbilimin İlkeleri*'ni yayımladı.

1838
Yerbilimin Elementleri'ni yayımladı.

1841
Peyzaj öğrenmek ve öğretmek üzere ABD'ye taşındı.

1848
Bilimsel başarıları dolayısıyla şövalye unvanı aldı.

1858
Londra Kraliyet Akademisi tarafından Copley Madalyası'na layık görüldü.

1863
İnsanın Antik Geçmişi Üzerine Jeolojik Bulgular'ı yayımladı.

1865
Londra Yerbilim Akademisi tarafından Wollaston Madalyası'na layık görüldü.

1875
22 Şubat'ta Londra'da öldü.

STRATA SMITH

Nicolaus Steno'nun üstüste konumlanma ve orijinal yataylık ilkelerini belirlemesinden yüz yıl sonra, İngiliz yerbilimci William Smith, İngiltere'nin Oxfordshire bölgesinde dünyaya geldi. İngiliz yerbilimciliğinin babası olarak bilinen Smith, hayata ailesinin küçük çiftliğinde başladı. Çok az eğitim almış olan Smith, boş zamanlarında fosil inceler ve toplardı. Geometri, ölçümbilim ve haritacılık çalıştıktan sonra, 18 yaşında, ölçümbilimci Edward Webb'in asistanlığını yapacak kadar uzmanlaşmıştı.



Yerbilim tutkusu sayesinde, William Smith tarihe ilk büyük ölçekli katman haritaların çizeri olarak geçti.

Smith, 1791'de eski bir arazinin ölçümlerini yapmak üzere Somerset'e yolculuk etti. Arazideki madenlerden birinde çalışırken, kaya tabakalarındaki tekrarlanan bir şekil Smith'in dikkatini çekti ve böylece Smith belli tabakalarda belli türden fosiller olduğunu keşfetti.

Smith, çalışmaları süresince sık sık seyahat ediyordu. 25 yaşına geldiğinde, bütün ülkeyi gezmiş ve aynı sıralanma dahilindeki fosil gruplarının İngiltere genelinde gözlemlendiğini fark etmeye başlamıştı. Aynı tortul kaya içindeki fosiller bir katman içinde her zaman aşağıdan yukarı doğru dizilmiş bulunuyorlardı. Smith, tekrar tekrar aynı kaya ve fosil örneklerine rastladı.

Yurtiçi gezileri sırasında Smith numuneler topladı ve gittiği yerlerin haritalarını çıkardı. Bu çalışması yüzünden "Katman Smith" takma adıyla anılır. Faunal ardıllık ilkesini de bu çalışması sayesinde geliştirdi. İlkeye göre, belli bir yerdeki tortul kaya fosilleri belli bir sıralanma gösteriyor ve aynı sıralanma başka bir yerde de gözlemleniyorsa, bu katmanlar arasında bir ilişki olduğu sonucuna varılabilirdi. Bu ilke sayesinde yerbilimciler göreli zaman artışlarını tanımlayarak, katmanları birbirlerine göre tarihlendirebildiler.

Smith'in buluşu basit bir mantık gibi gözükse de, o zamanlar için çok büyük önem taşıyordu. Onun zamanında katmanlar, Alman yerbilimci Abraham Gottlob Werner'in ortaya attığı görüş çerçevesinde, dört gruba ayrılıyordu. Smith'in geliştirdiği yeni sistemse jeolojik takvimler çıkarılmasına olanak sağladı.

Seyahatlerinin sonucunda Smith, 1799'da, Somerset'in Bath bölgesi yakınlarındaki alanın ilk büyük ölçekli haritasını çıkarmaya yetecek kadar veri toplamıştı. Bundan 16 yıl sonra, İngiltere ve Galler'in ilk jeolojik haritasını yayımladı. Bu devasa harita iki buçuk metre boyunda ve bir buçuk metre genişliğindeydi. Smith, 1817'de Snowdon'dan Londra'ya dek uzanan tabakanın jeolojik kesitini çizdi.

1819'a gelindiğinde ise Smith borçlarından ötürü hapse girmişti. Çizdiği haritaların başkaları tarafından kopya edilmesi onu meteliksiz bıraktığı gibi, bilimde böylesine dönüm noktası yaratan çalışmalarının ödülünü de alamamıştı. Londra'daki hapishaneden çıktığında, İngiltere'nin kuzeyinde, serbest ölçümcü olarak oradan oraya dolaşmaya başladı. Birkaç yıl sonra, eski işverenlerinden biri olan Sir John Johnstone onu tanıdı ve Londra Yerbilim Akademisi'ne yeniden girmesini sağladı. Smith'in yaşam boyu çalışmaları, 1831'de ilk Wollaston Madalyası ile ödüllendirildi.

sanın dünyadaki yazılı tarihi, jeolojik tarih ölçeği üzerinde kısacık bir zaman diliminden öte değildir. Bilimcilerin yüzleştiği en büyük zorluklardan biri, insan hafızasında yer alandan çok daha gerilere giden bu tarihi, yani yerkürenin yaşam tarihini tanımlama ve ölçmenin yollarını bulmak oldu.

Batı'nın dünyanın jeolojik tarihi ile ilgili görüşleri 1880'lere gelene dek Kutsal Kitap'ta anlatılanlardan ibaretti. Bu görüşlerden biri, Dünya'nın yaratılış zamanını hesapladığını ilan eden gözüpek Armagh Anglikan Başpsikoposu James Ussher'a aitti. Ussher'a göre Dünya MÖ 4004'te yaratılmıştı.

Varlıklı bir Anglo-İrlandalı ailenin çocuğu olan Ussher, Dublin'de doğmuştu. Kendini işine adamış bir bilgin ve ateşli bir Kalvenist olan Ussher, kadere, Tanrı'nın kayıtsız şartsız hükmüne ve İncil'in su tartışmasız otoritesine inanıyordu. Eserleri, kilise tarihine duyduğu akademik ilgiyi yansıtıyor ve görüşleri belirgin bir Katolik karşıtı eğilim gösteriyordu.

Ussher, 1648'de takvim ile ilgili bir bildiri yayınladı. Bundan iki yıl sonra *Annales veteris testamenti, a prima mundi origine deducti (Tevrat'ta Bahsedilen Tarihsel Olaylar: Dünyanın Başlangıcından Çıkarımlar)* adlı ünlü eseri yayınlandı. 1654'de bunu diğer eseri *Annalium pars posterior (Tarihsel Olaylara Ekler)* izledi. Tevrat'ta bahsedilen insanlık tarihinden yola çıkarak yaptığı Dünya'nın yaratılış tarihi ile ilgili hesaplarını bu kitabında ortaya koymuştu.

Süper-bilgisayarların, karbon tarihlemesinin ve dünyanın uydu görüntülerinin olduğu çağımızda bu tür bir iddia biraz fazla heyecanlı görünebilir. Ancak Ussher'ın zamanında yaşananlar çerçevesinde, bu büyük bir ilmi atılımdı. Ussher, İncil'de bahsedilen ardışık nesilleri ilişkilendirmekle kalmadı, bahsedilen olayları eski yazmalarda kaydedilmiş olanlarla da örtüştürdü. Yaptığı bu çalışma derin bir dil, İncil ve eski tarih bilgisi gerektiyordu.

İnsanların jeoloji tarihi ile ilgili benimsenmiş

ALFRED WEGENER

Kıtasal sürüklenme teorisyeni

1880
1 Kasım'da Berlin'de doğdu.

1904
Berlin Üniversitesi'nden gökbilimi dalında doktorasını aldı.

1905
Berlin yakınlarındaki Prusya Kraliyet Hava-Deniz Gözlemevi'nde çalıştı. Uçurtma ve balonlarla atmosferin üst tabakalarını inceledi.

1906
Kardeşi Kurt ile birlikte, bir balonun içinde 52 saatten fazla havada kalarak dünya rekoru kırdı.

1906
Grönland araştırma ekibine katılarak kutuplardaki hava dolaşımını inceledi.

1909
Marberg Üniversitesi'nde göreve başladı. Meteoroloji ve gökbilim dersleri verdi.

1911
Meteoroloji dersinde anlattıklarını *Atmosferin Termodinamiği* adlı bir kitapta topladı. Çok geçmeden kitap, Almanya'da bu konuda okutulan standart ders kitabı oldu.

1912
Kıtasal sürüklenme ile ilgili teorisini sundu. Hava koşullarından dolayı, dört kişilik bir ekiple kışı Grönland'da geçirmek zorunda kaldı; ekip, baharda karlar arasında 1200 kilometrelik bir yolculuk yaptı.

1915
Kıta ve Okyanusların Kökenleri adlı eserinin ilk baskısı yayımlandı. 1920, 1922 ve 1929'da kitabın genişletilmiş baskıları yapıldı.

1924
Avusturya'daki Graz Üniversitesi'nde meteoroloji dalında kendisi için özel olarak açılan bir profesörlük görevini kabul etti.

1930
Grönland'da bir kurtarma çalışmasından dönerken hayatını kaybetti. Bilim camiası, 1960'lara gelene dek kıtasal sürüklenme teorisini kabul etmedi.

Leonardo da Vinci hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 84.

görüşleri (ki bunlar arasında kısmen Ussher'ın öne sürdüğü, dünyanın 6.000 yaşında olduğu görüşü de vardı) sorgulamaya başlamaları ancak 18. yüzyılı buldu. O zamana dek, Alp Dağları'nda bulunan deniz fosillerinin Nuh'un zamanındaki büyük tufanın kanıtı olduğuna inanılıyordu. Eski uygarlıklar fosillerin doğal olarak kayalarda oluştuğunu sanırken, eski Yunanlardan bazıları dinozor kemiklerinin devimsi bir insan ırkının kalıntıları olduğunu düşünüyordu.

Fosillerin kökenleri ile ilgili doğru açıklamayı yapanlardan biri Leonardo da Vinci idi. Da Vinci, fosillerin eski deniz yaşamına ait kalıntılar olduğunu ve katmanlar arasında bulduğu fosil gruplarının aslında deniz kıyısında gözlemlediklerine benzer canlı organizma toplulukları olduklarını savundu. Da Vinci kimi tabakaların fosil açısından zengin olduğunu, kimilerinin ise hiç fosil içermediğini de fark etti. Bu gözleme dayanarak, da Vinci, tabakaların, tek bir tufan sonucunda değil, mevsimlik seller gibi farklı çevresel koşullar altında biriktiği sonucuna vardı. Da Vinci, kuzey İtalya'da bulunan fosillerin, Nuh'un hikayesinde olduğu gibi sadece 40 gün içinde bu kadar mesafeyi aşabileceklerine inanmıyordu.

Leonardo'dan bir yüzyılı aşkın bir süre sonra, 17. yüzyıl doğabilimcisi



ANTİK DÜNYA TARİHİ

Baba-oğul Louis ve Walter Alvarez, gökyüzündeki yıldızların yerlerini gösteren bir yıldız kubbesinden dışarı bakıyor. Alvarez'ler etkili bir göktaşının dünyadaki canlı türlerinin toplu halde neslinin tükenmesine neden olduğu fikrini ortaya attılar.

Niels Stensen'a (isminin Latincesi olan "Nicolaus Steno" adıyla tanınır) İtalya, Livorno yakınında yakalanan büyük bir köpekbalığı kafası verildi. Floransa'da yaşayan Danimarkalı anatomi uzmanı Steno, balığın dişlerinin, fosil kalıntılarında rastlanan "glossopetris"lere, yani dil taşı diye bilinen üçgen kaya parçalarına benzediğini farketti. Böylece Steno, dil taşının aslında köpekbalığı dişleri olduğunu anladı. Peki bu dişler nasıl taşlaşmış ve kaya katmanları arasına yerleşip şekillerini nasıl muhafaza etmişlerdi?

Steno, 17. yüzyıl doğabilimcilerinin, maddenin özelliklerini yeni yeni anlamaya başladıkları bir dönemde yaşamıştı. Bu doğabilimciler katı maddelerin küçük zerreciklerden oluştuğuna inanıyordu (günümüzde bu zerrelere molekül diyoruz). Steno, mineral zerrelerinin köpekbalığının dişlerindeki zerrelerin yerini alarak, bunları taşlaştırdığını savundu. Bu olay o kadar yavaş gerçekleşmişti ki, dişler doğal şekillerini korumuştu; köpekbalığı öldüğünde eti çürümüş, ancak dişleri okyanusun dibine düşerek taşlaşmaya başlamıştı. Dişlerin üstünde biriken tortu artmış, zamanla bu tortu dişlerin içine gömüldüğü bir kayaya dönüşmüştü. Steno bu görüşlerini 1669'da *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus (Katı Madde İçinde Doğal Olarak Bulunan Katı Bir Madde Üzerine Bir Tez ile İlgili Ön Düşünceler)* adlı çalışmasında yayımladı.

Steno, fosilleri doğru anlamakla kalmamış, kaya tabakalarının veya katmanlarının nasıl oluştuğuna dair bazı keşiflerde de bulunmuştu.

Steno, fazla aşınmamış bir dizi kaya tabakasında, en alt tabakanın en önce çökeldiği, dolayısıyla en eski tabaka olduğu çıkarımında bulundu. Bu ana ilke, yerbilimcilerin, tabakaların göreceli yaşlarını tespit etmesine olanak sağladı.

Steno'nun ikinci yasası "orijinal yataylık ilkesi"dir. Sıvı içindeki parçacıklar, yerçekiminin etkisiyle dibe çöktüklerinden, ilk tabaka yatay olarak oluşmuş olmalıdır. Bazı tabakaların eğimli duruşları, ilk çökelmeden sonra meydana gelen kayma sonucu gerçekleşmiştir. Steno'nun, "orijinal yanal süreklilik ilkesi" diye adlandırılan üçüncü yasasına göre ise, ilk oluşumları sırasında jeolojik tabakalar, sonunda tamamen eriyene veya çökelti alanı ya da havza gibi kendilerinden eski tortuların kenarlarına çarpana dek tüm yönlerde yayılmaya devam etmişlerdi.

Fosillerin organik yapıları hakkındaki tartışmalara katılarak, bunların Kutsal Kitap'ta bahsedilen tufan sırasında birden ortaya çıktıkları görüşüne karşı gelenler arasında Newton'un rakibi İngiliz bilimci Robert Hooke da vardı. Hooke'nin karşı görüşü, fosillerin dünya doğa tarihi ile ilgili bilgiler taşıdıkları ve aynı çağdan kalan kaya oluşumlarının kronolojik karşılaştırılmasında kullanılabilecekleriydi. Hooke'nin incelemiş olduğu fosillerden bazılarının yaşayan örnekleri yoktu. Buna dayanarak Hooke, bazı fosillerin "sabit yaşam süreleri" olduğunu belirtti ki onun bu fikri canlı türlerinin nesillerinin tükenmesi ile ilgili görüşün çekirdeğini oluşturdu.

1700'lerin ortalarına gelindiğinde,

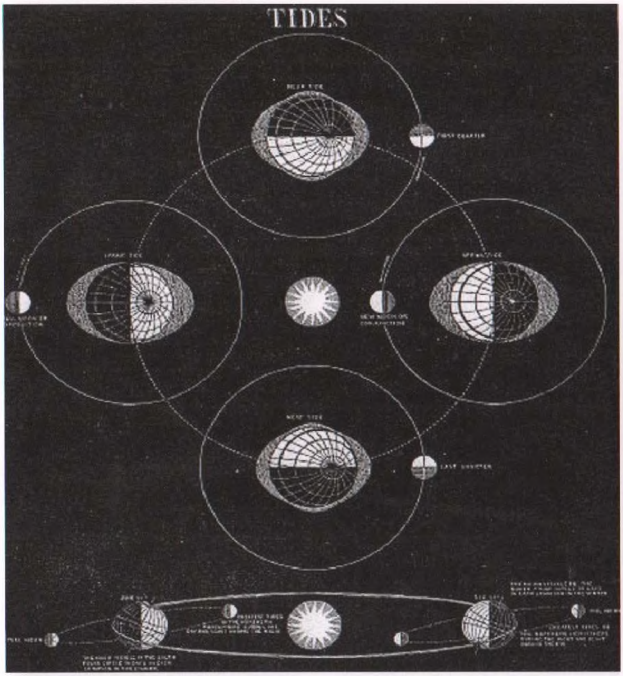
ÜSTÜSTE KONUMLANMA YASASI

Üstüste konumlanma yasasına göre, yerinden oynamamış tortul kayalarda, eski kayalar yenilerin altına çökelmiştir.

Robert Hooke hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 48.

AY VE OKYANUS GELGİTLERİ

Liderliğini Lord Kelvin'in yaptığı 19. yüzyıl bilimcileri, gelgitlerin yükselme ve alçalmalarını açıklayan fizik ve matematik yasalarının arayışı içindeydiler. Tarihi bilinmeyen bu şema, ayın evrelerinin dünyadaki gelgitlere olan etkisini resmediyor.



Alman, Fransız, İtalyan, İskandinavyalı, İsviçreli ve İngiliz doğabilimciler, doğal kaya sınıflarını resmediyor, tanımlıyor ve isimlendiriyorlardı. Bu çalışmaları, katmanların sıralanması izledi.

18. yüzyıl Alman mineralbilim uzmanı ve doktor Johann Gottlob Lehmann, kaya oluşum çeşitlerini kronolojik sıraya koyan ilk araştırmacılardan biriydi. Onun belirlediği kronolojik dönemler Yaratılış Kitabı'ndaki üç ana dönem (insanın yaratılışı; baştan çıkarılışı ve felaketi) ile doğrudan bağlantılıydı. Lehmann'ın sınıflandırmasına göre en ilkel tortular fosil içermiyordu, dik eğimliydi ve volkanik taş damarları ve maden damarları ile kesilmişti. Lehmann, bu tortuların ilk yaratılış sırasındaki kaos esnasında çökeldiklerine inanıyordu. Katmanlı, içinde bolca fosil bulunan hafif eğimli birikintiler (*Flözgebirge* veya katmanlı dağ tabakaları) ise Kutsal Kitap'ta bahsedilen Büyük Tufan sonucu oluşmuştu. Üçüncü kronolojik dönem ise en yeni çökeltileri, Tufan'dan sonra meydana gelen depremler ve volkanik patlamalar sırasında oluşan kayaları içeriyordu. Lehmann, minerallerin kompozis-

yonundaki ve farklı tabakaların yapılarındaki ayrılıkların okyanuslardaki gelgitlerden kaynaklandığı sonucuna vardı. Lehmann'ın sınıflandırma ve kronolojisi büyük ölçüde yerküre yüzeyini felaket olaylarının değiştirdiği veya oluşturduğu inancına dayanıyordu. Katastrofizm (felaketçilik) adı verilen bu ani, kısa süreli ve şiddetli değişme teorisi, Kutsal Kitap'ta anlatılanlara da uyuyordu.

1787'de Abraham Gottlob Werner, Lehmann'ın çalışmalarını bir adım ileri götürerek, yerküre kabuğundaki kayaların kökeni ve ardıllığına ilişkin bir genel teori yayımladı.

Werner, Prusya-Silezya'nın (günümüz Polonya'sı) kömür, demir ve diğer mineraller açısından zengin Wehrau bölgesinde dünyaya gelmişti. Eğitimini Freiberg ve Leipzig'de hukuk ve madencilik alanında yapmış, 1775'te Freiburg Madencilik Akademisi'ne denetçi ve madencilik ve mineroloji bilim dalları öğretim görevlisi olarak atanmıştı. Mükemmel bir eğitimci olan Werner, Avrupa'nın pek çok bölgesinden öğrencileri Akademi'ye çekmiş, bunların çoğu Werner'le çalışmıştı.

Werner'den önceki bilimciler, aşama aşama geri çekilerek ardında kayalar ve mineraller bırakmış ve her yere yayılmış olan bir okyanusun varlığına ilişkin görüşü kabul etmişlerdi. Kendisine uygun bir isimle Neptünizm (eski Roma deniz tanrısı Neptün'den) olarak anılan bu teori, büyük ölçüde Büyük Tufan gibi felakete dayalı olaylardan yola çıkıyordu. Werner, Neptünizm teorisinin pek çok ilkesini kendi teorilerine adapte etmiş olsa da, kendisi felaketçilerden değildi. Ayrıca, dünyanın insanlık tarihinden daha eski olduğuna inanıyor ve yerküre stratigrafi tarihini çözmek için Kutsal Kitap'a güvenmiyordu.

Werner, dünya kabuğundaki katmanları dört ardışık oluşuma ayırarak Lehmann'ın dizilimlerini genişletti. Bunlardan ilkine, yani en eski seriye, "*Urgebirge*" ya da ilk dağ oluşumları serisi adı verildi. Bu katmanın büyük kısmı katman-

EUGENE SHOEMAKER

Astrojeolog

1928
28 Nisan'da Los Angeles, California'da doğdu.

1947
California Teknoloji Enstitüsü'nden yerbilim dalında lisans diplomasını aldı.

1948
20 yaşında, California Teknoloji Enstitüsü'nde yerbilim dalında yüksek lisansını tamamladı. ABD Jeolojik Araştırma Merkezi'nde (USGS) çalışmaya başlayarak uranyum arama çalışmalarına katıldı.

1952
Arizona'daki Barringer Krater'ini gezdi.

1960
Princeton Üniversitesi'nde yerbilim dalında doktorasını tamamladı.

1962
California Teknoloji Araştırma Enstitüsü'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı.

1963
Addison hastalığı teşhisi kondu. USGS'nin Arizona, Flagstaff'taki Astrojeoloji Merkezi'ni kurdu ve burada bilim lideri olarak görev aldı.

1973
Palomar Gezegen Yanından Geçen Asteroitler Araştırması'nı başlattı.

1983
Palomar Asteroit ve Kuyrukluyıldız Araştırması'nı başlattı.

1992
ABD Milli Bilim Madalyası'nı aldı.

1993
Palomar Gözlemevi'nde eşi Carolyn ve gökbilimbci David Levy ile beraber Shoemaker-Levy 9 Kuyrukluyıldızı'nı keşfetti.

1994
Shoemaker-Levy 9 Kuyrukluyıldızı'nın Jüpiter'in içinde patlayışını gözlemledi.

1997
28 Ağustos'ta Avustralya'da geçirdiği bir trafik kazasında yaşamını yitirdi.

lar arasına giren, ateş ısısı ile oluşmuş (volkanik yapılı) kayalar ile metamorfik kayalardı (granit, şist, kayağantaş, gnays ve sulu magnezyum silikat minerali olan yılantaşı gibi). Katman fosil içermiyordu. Werner bu katmanlardaki kayaların okyanustan kimyasal yollarla biriktiğine inanıyordu. Çoğunlukla dağlık bölgelerin tepeliklerinde görüldüğünden, "Urgebirge" serisinin dünyanın orijinal yüzeyini oluşturduğu düşünülüyordu.

"*Übergangsgebirge*", yani geçiş dağları veya geçiş serileri adıyla anılan ikinci grup kayağantaşı ve belli bir miktarda kireçtaşı içermekle birlikte, bu katmanda fosil de bulunuyordu. Bu kayalar, dağların eğimli yüzeyleri boyunca meyilli olarak sıralanmışlardı. Steno'nun "orijinal yataylık ilkesi"nin aksine, Werner, bu eğimin, sular çekilirken yerkürenin genç ve şekilsiz kabuğu üstüne çökme sonucunda oluştuğuna inanıyordu. Bu kaya oluşumlarının çoğunun kimyasal çökeltiler olduğuna inanılıyor, ancak, "grovak" denen, sert, saf olmayan kumtaşı gibi mekanik yollarla birikmiş kayalar da bu gruba dahil ediliyordu.

Üçüncü seri, diğer adıyla "***Flöz***" ya da tabakalı katman, ikincil kaya oluşumlarını içeriyordu. Bu kategoriye dahil kayalar arasında kumtaşı, kireçtaşı, alçıtaşı, kaya tuzu, kömür ve ince damarlı volkanik bazalt vardı. Werner, tortu katmanlarının arasına sandviç gibi sıkışan bazaltın okyanustan çökeldiğini, lav akıntıları gibi gözüken bazaltın ise yanan kömür yataklarından geldiğini öne sürdü.

Dördüncü kategori, ovalarda ve vadi düzlüklerinde bulunuyordu. "*Aufgeschwemmte*" (su çökeltileri) denen bu alüvyon kayaları gevşek çakıl, kum, turba (yer kömürü) ve bir miktar kireçtaşı, tortulu şist ve kumtaşı içeriyordu.

Werner'in bu kategorileri belirlemedeki amacı, çeşitli teorik kusurları olan Neptünizm teorisini düzeltmekti. Bu kusurların en dikkat çekeni, teorinin su ile ilgili kısmıydı: Okyanuslar çekildiğinde onca su nereye gitmişti? Bazı Neptünistler bu suyun dünyanın merkezine akmış olacağını önerdilerse de, Werner, son derece spekülatif olduğu gerekçesiyle bu öneriyi reddetti.

Werner, bazaltla ilgili açıklamalarda da zorluklarla karşılaşıyordu. Volkanik patlamaların yeraltındaki kömür damarlarının tutuşması olarak açıklanabileceğini söyleyen Werner'e göre, yanardağlar dünya tarihinin ikincil kömür tabakalarının birikiminden sonraki döneme tarihlenen yeni oluşumlarıydı. İtalyanların nesiller boyu tanıklık ettiği volkanik ada oluşumlarının sunduğu apaçık kanıta rağmen, Werner bu inancında ısrarlıydı.

Rönesans ile birlikte İncil'dekinden farklı başlangıçlar ve görüşler üzerine düşünen büyük isimler ortaya çıktıysa da, bilimciler, Kutsal Kitap'ı yerbilim dalına ışık tutan bir kaynak olarak görmeyi kesin bir şekilde reddetmeye ancak 18. yüzyılda başladılar. Onlardan biri, İskoçyalı filozof ve çiftlik sahibi James Hutton'dı.

Hutton avukatlık ve doktorluk eğitimi almış olmasına rağmen iki mesleğe de atılmamış, sahip olduğu

özel bir gelir kaynağının verdiği özgürlükle, asıl tutkusu olan doğa felsefesiyle ilgilenmişti. Dindar bir Hıristiyan olmasına rağmen, Hutton, İncil'in yerbilimle ilgili ibretlerini önemsemiyor, dünyanın Büyük Tufan gibi felaket olayları sonucu şekillendiği görüşünü kabul etmiyor, dünyaya ve dünyadaki yer oluşumlarına taraf sız bir şekilde bakmayı arzu ediyordu.

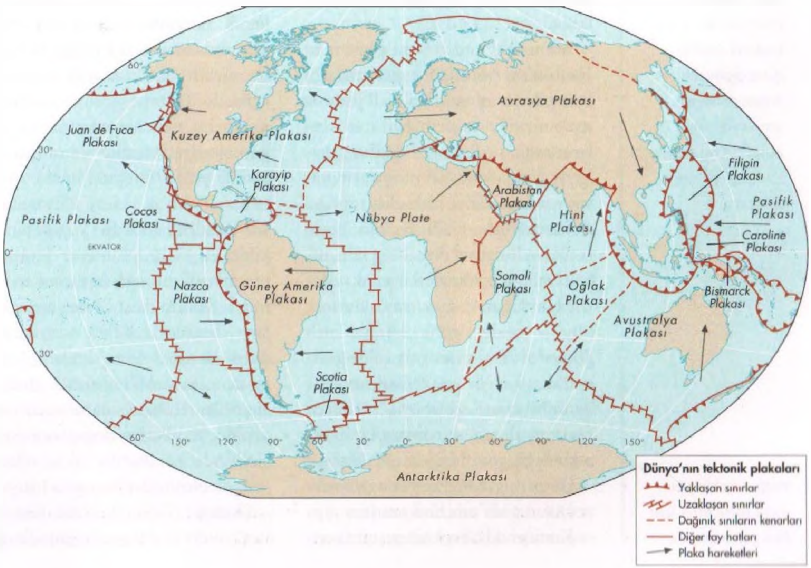
Modern yerbilimin babası sayılan Hutton, uzun yıllar İskoçya tepeliklerini ve kıyılarını araştırdı. 1764'de Cairngorm Dağları'nda yürürken, etrafını saran kayanın içine akmış gibi duran bazı granit oluşumlarını buldu. Ona göre, granitin dokusu ve karmaşık mineral içeriği, her yere yayılmış bir okyanustan kimyasal çökelti sonucu oluştuğunun değil, sıvılaşmış kayadan kristalize olduğunun göstergesiydi.

Granitin sıcak, eriyik lavlardan ortaya çıktığı görüşü, Neptünist idealden son derece farklıydı. Gözlemleri, Hutton'ı, bulduğu granitin, graniti saran kayadan çok daha yeni olduğuna inandırdı. Werner'in sınıflandırmasına göre isc, bu iki kaya oluşumunun yaşları yaklaşık olarak aynı olacaktı.

Hutton, Berwickshire sahilinde neredeyse dikey eğimli, tepesi yatay kırmızı kumtaşı ile kaplı, gri tortulu şist buldu. Bu bulgu sonucu Hutton, çeşitli yığılma, erozyon ve yükselme devrelerinin yaşanmış olduğu sonucuna vardı. Bu tür karmaşık yapılaşmaların oluşması oldukça uzun bir süreç içinde gerçekleşmiş olmalıydı. Böylece Hutton, dünyanın 6.000 yıl-

TEKTONİKLER

Wegener kıtasal sürüklenme ile ilgili görüşünü 1912'de sunmuş, ancak görüşü 1960'lara dek geçerlilik kazanmamıştı. Bu modern harita, Wegener'in teorisini açıklayan tektonik plakaları gösteriyor.





DEVASA ALEVLER
Fotoğrafta tam güneş tutulması sırasında, güneş çeperinden fırlayan devasa ateş parçaları görülüyor. En parlak görülen parçanın büyüklüğü yerkürenin birkaç katı.

dan daha yaşlı olduğuna inanmaya başladı.

Bunu takip eden yeni gözlemler, Hutton'ın, gördüğü yapılaşmaların benzerlerini oluşturabilecek jeolojik mekanizmayı keşfetme fikrine saplanmasına neden oldu. Hutton, havayla temas halindeki kayaların yavaş yavaş çakıla ve ardından toprağa dönüştüğünü anladı. Jeolojik hareketlerin döngüsel doğasını (yani, eski kayaların aşınmasıyla yeni kayaların oluştuğunu) fark eden Hutton, bugün gözlemlenen hareketlerin geçmişte de yaşanmış olduğuna inandı. Bu görüşe, "tekbiçimcilik" denir. Werner'e tümüyle zıt düşen Hutton, dünyanın dinamik ve sürekli değişiyor olduğunu keşfetti.

Hutton, 1785'te Edinburgh Kraliyet Akademisi'nde bir konuşma yaptı. Konuşmada, yerküre yaşının sonsuz olduğunu belirten Hutton, volkanik aktivitelerin dünyadaki kaya oluşumlarının ana kaynağı olduğuna ilişkin teorisini ana hatlarıyla açıkladı. Hutton görüşlerini Werner'in bu alandaki etkisinin en yoğun olduğu dönemde sunmuştu. Bu etki ile teorilerine (eski Roma yeraltı tanrısı Pluto'ya atfen) Plutonculuk adı verildi ve görüşleri yoğun bir şekilde eleştirildi. Kimileri Hutton'ı mantık yoksunluğu ile suçlarken, kimileri de onu deist (Tanrı'nın varlığına inanmakla birlike vahyi inkâr eden kimse), hatta ateist (Tanrı inancı olmayan kimse) ilan etti. Bu eleştiriler Hutton'ı daha yoğun bir şekilde, teorilerini doğrulayacak ve aleyhinde konuşanları ikna edecek jeolojik oluşumlar arayışına itti.

Hutton, 1795'te iki ciltlik *Kanıtlar ve Çizimler ile Dünya Teorisi* adlı ese-

Buffon hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 260-61.

rini yayımladı. Kitapta sadece Hutton'ın değil, Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon ve diğerlerinin görüşleri de yer alıyordu.

Hutton gibi Buffon da dünyanın geçmişte ergimiş durumda olduğu inancındaydı. 1749 tarihli *L'histoire naturelle (Doğal Tarih)* adlı kitabında Buffon, güneşe çarpan kuyrukluyıldızların güneşten maddeler kopardığı ve bu maddelerden de gezegenlerin oluştuğu görüşünü ileri sürdü.

Buffon, yerkürenin de bu tür bir kozmik yapı olduğu ve 75.000 yıllık bir zaman boyunca altı farklı soğuma süreci geçirdiği inancındaydı. Dünyanın geçmiş zamandaki oluşumuna neden olan hareketlerin günümüzde de devam ettiği inancıyla Buffon, felaketçilik görüşüne de karşı geliyordu.

Hutton *Yerküre Teorisi*'ni "Yerküre, ne başlangıca dair bir iz bırakmıştır, ne de sona ilişkin bir ipucu vermektedir" sözleriyle bitirdi. Hutton'a göre gezegenimiz zamansızdı ve sonsuz bir volkanikleşme, erozyon ve tortulaşma döngüsü içinde hareket ediyordu. Dindar bir insan olan Hutton, yeryüzünün yüce bir tasarımın ürünü olduğuna inanıyor, içinde yaşadığı dünyanın anlamını çözmeye çabalıyordu. Ancak, onun "yaşı sonsuz bir yerküre" anlayışını pek çok kimse dine hakaret olarak algıladı. Görüşleri Newtoncu "saat gibi kurulmuş evren" görüşlerine son derece paralel olsa da, Hutton'ın teorilerinin ve yerbilime katkılarının yaygın bir geçerlik kazanması ölümünden ancak uzunca bir süre sonra gerçekleşti.

Hutton'ın öldüğü yıl, yani 1797'de dünyaya gelen Sir Charles Lyell de İskoçyalı bir avukat ve doğa felsefecisi idi. On kardeşin en küçüğü olan Lyell, henüz çocukken böcek toplamaya başlamış, bu faaliyetine tüm yaşamı boyunca devam etmişti. Lyell, 1816'da Oxford'daki Exeter Yüksek Okulu'na başladı. Hukuk eğitimi alsa da, bilime olan ilgisi devam ediyordu. Bir süre sonra Yerbilim Derneği'ne katıldı ve bu konuya olan ilgisi hukuk alanındaki çalışmalarını gölgede bıraktı. 1820'lerin başına gelindiğinde Lyell tamamen yerbilim çalışmalarına gömülmüştü. 1830'da *Yerbilimin İlkeleri* adlı başyapıtını yayımladı.

42 yıl boyunca 11 kez elden geçirilen eser, Hutton'ın jeolojik hareketlerle ilgili görüşlerini destekleyen ve sayısı artmakta olan verilerin bir senteziydi. Doğa hareketlerinin zaman içindeki tekbiçimliliği kavramının detaylı ana hatlarını veren kitapta, bu hareketlerin gözlemlendiği pek çok örnek de sunuluyordu.

Lyell, doğa hareketleri yoğunluğunun, sayısının ve meydana geldiği koşulların zaman içinde çok az değiştiğini savunarak, Hutton'ın tekbiçimcilik görüşünü bir adım öteye taşıdı. Ona göre deprem gibi felaket türünden olaylar, herhangi bir çağda daha fazla gerçekleşmemişti.

Lyell, yerbilimde tekbiçimcilik görüşünü saplantı haline getirdi ve "bilimi Musa'dan kurtarmanın" kendi misyonu olduğuna inanmaya başladı. Ne var ki onun bu etkin, düzenli, döngüsel, süregiden, dinamik yerküre anlayışı, fiziğin birkaç temel yasasıyla, özellikle de yeni ye-

RADYOAKTİVİTE

Fizikçi Antoine Henri Becquerel, 1896'da Paris'teki bir laboratuvarda, Marie Curie ve Curie'nin eşi Pierre ile birlikte radyoaktiviteyi keşfetti. Ağzı sıkıca kapalı bir teneke kutu fotoğraf filmi, uranyum içeren bir mineralin yakınına konmuş ve bu mineral filmi bir çeşit "görülmez ışığa" maruz bırakılmıştı. Marie Curie, ortaya çıkan tepkimenin kimyasal değil, atomik bir işlemden kaynaklandığını fark etti ve sonuçta radyum, polonyum ve toryum denen yeni maddeleri keşfetti

Radyoaktif bozunma, çekirdekleri kararsız ana izotopların aynı anda bir veya birden fazla farklı çekirdeğe dönüşmeleriyle gerçekleşir. Çekirdekler, yavru izotop denen kararlı duruma erişene dek bozunmaya devam ederler. Bu dönüşümler üç tip emisyondan birini üretir: alfa (helyum çekirdeği), beta (serbest elektron) ve gamma ışını (x-ışınlarına benzer, yüksek enerjili fotonlar).

İngiliz fizikçi Ernest Rutherford, toryumun zaman içinde sabit bir oranda bozunarak bir dizi farklı elemente dönüştüğünü ve sonunda kurşunun kararlı bir formunda durduğunu keşfederek bu konudaki bilgileri derinleştirdi. Keşif, "radyoaktif yarılanma süresi" (radyoaktif bir maddenin yarısının bozunması için gereken zaman) düşüncesinin oluşmasına yol açtı. Aynı zamanda, sıcaklık, soğukluk, kimyasal durumdaki başkalaşımlar veya basınç değişimi ile bir izotopun bozunma oranının değiştirilemeyeceği keşfedildi. Bozunma oranı tüm izotoplarda tutarlı olduğundan, bu işlem artık kronometre veya oldukça hassas bir zaman ölçeği olarak kullanılabiliyor.



Becquerel'in radyoaktivite denemeleri, ileride Marie Curie'nin Paris'teki ve Ernest Rutherford'un Cambridge'deki çalışmalarında kilit rol oynadı.

1930'lara gelindiğinde, bozunan izotoplar, eski kaya oluşumlarının birbirlerine kıyasla tarihlenmesi işleminde kullanılıyordu. 1934'te izotoplara dayalı ilk zaman çizelgesi yayımlandı. 1930 ve 1940'larda yeni radyoaktif seriler keşfedildi ve bunların bozunma oranlarının haritaları çıkarıldı.

Günümüz yerbilimcileri, kaya oluşumlarını tarihlemek için çeşitli izotop bozunmalarından yararlanır. 47 milyar yıllık yarılanma süresi olan rubidyum-87, en sonunda strontiyum-87'ye dönüşür. Bu nedenle, 100 milyon yıldan daha eski oluşumların tarihlenmesinde bu seri kullanılır.

Radyokarbon tarihlemesi en yeni, yani 60.000 yıldan daha genç organik oluşumların tarihlenmesine yarar. Canlılıklarını korudukları sürece, yaşayan tüm organizmaların bünyesinde sabit bir değerde karbon-12 ve karbon-14 bulunur. Organizma öldüğünde ise, karbon-14 belli bir hızla bozunarak, nitrojen-14'e dönüşür. 5.730 yıl sonra karbon-14'ün sadece yarısı, bir 5.730 yıl sonra da dörtte biri geriye kalır. Günümüzde bilimciler, basit bir matematiksel formül ile içindeki karbon-14 miktarını ölçerek bir maddenin yaşını belirleyebiliyorlar.

ni yeşeren termodinamik alanındaki görüşlerle çelişiyordu. Saygın fizikçilerden William Thomson ile Lord Kelvin söz konusu tutarsızlığı fark ederek, bu konularda Lyell'le tartışmaya girdiler.

Lord Kelvin'e göre, yerkürenin kararlı bir düzene sahip, sonsuz dinamik bir makine gibi davranması fiziksel açıdan olanaksızdı. Kendi fizik bilgisine dayanarak Lord Kelvin, gezegenin zaman içinde büyük değişim geçirdiğine inanıyordu. 1846'da bilimciler yerkürenin derinlerine inildikçe sıcaklığın arttığını biliyorlardı. Kelvin yerkürenin yaşamına ergimiş bir sıvı olarak başladığını, zaman içinde soğuduğunu ileri sürdü. Yerkürenin derinlerine indikçe görülen sıcaklık artış oranı da derin madenlerin incelenmesiyle tahmin edilebilirdi. Bu bilgiyi temel alan Kelvin, soğuma oranını geriye doğru hesaplayarak, yerkürenin yaşının 20 milyon ila 30 milyon yıl arasında olduğunu ileri sürdü. Bu süreç içinde gezegen olağanüstü değişiklikler yaşamıştı.

Günümüz yerbilimi tam anlamıyla Lyell'in ileri sürdüğü şekliyle olmasa da tekbiçimcilik teorisini dışlamıyor. Yerkürenin yakın geçmişinde gerçekten de Büyük Tufan'ı andıran felaket türünden olaylar yer aldı. Yıkım yaratan seller, örneğin, Batı Washington eyaletinin Scablands bölgesini meydana getirdi. Günümüz yerbilimcileri, yerküre tarihi süresince bir neden-sonuç tekbiçimliliğine inanmakla birlikte, jeolojik süreçlerin oran, yoğunluk ve konumlarının farklılık gösterebileceğini biliyorlar. Aktüalizm (edimselcilik) denen bu kavram yerkürenin geçmişi, bugünü ve hatta geleceğine yönelik bilgileri bağdaştırmamıza yardımcı olur.

Lord Kelvin hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 206-10.



KUTUP YOLCULUKLARI
Alfred Wegener Grönland'a 1930'da yaptığı son yolculukta, köpeklerin koşulduğu kızaklarla yol alıyor.

YERKÜRENİN İÇİ

18. ve 19. yüzyıllarda yerbilim hızla ilerledi. Tartışmaların çoğu Dünya'nın kabuk ve yüzey özellikleri üzerine yoğunlaştığı bir sırada, Buffon, Hutton, Kelvin ve diğerleri gezegenin iç yapısıyla ilgili teoriler üzerinde çalıştılar. "Dünya'nın içi" konusunu en iyi aydınlatan kişi, Amerikalı yerbilimci James Dwight Dana oldu. 1873'te Dana, dünyanın merkez yapısının çeşitli göktaşlarının yapısına benziyor olabileceğini ileri sürdü.

Utica, New York'ta doğan Dana'nın yerbilim ve hayvanbilime ilgisi erken yaşta başlamıştı. Dana, 1830'da Yale Üniversitesi'ne girdi ve *American Journal of Science*'ın [*Amerikan Bilim Dergisi*] editörü Benjamin Silliman'la kimya ve doğa tarihi çalıştı. 1833'teki mezuniyetinin ardından Dana, Deniz Kuvvetleri'nde matematik öğretmenliği yaptı. Akdeniz'i dolaştı ve Vezüv Dağı'nı inceledi. 1836'dan itibaren iki yıl Silliman'ın kimya asistanı olarak çalıştı. 1837'de *Mineralbilim Sistemi* adlı eserini yayınladığında 24 yaşında idi.

Dana ertesi yıl ABD Keşif Heyeti'ne katıldı ve Büyük Okyanus'ta bilimsel inceleme seferlerine başladı. 1838 Ağustos'undan itibaren dört yıl sürecek olan macerası, Dana'yı önce Virginia'dan aşağılara, Kuzey ve Güney Amerika'nın doğu kıyılarına, ardından batı sahillerine, Şili ve Peru'ya ve nihayet Pasifik boyunca batıya, Samoa ve Avustralya'ya götürdü. Aralık 1839'da altı gemilik keşif seferi, Balleny Adaları'nın batısındaki Antarktika kıtasını incelemek üzere daha güneye doğru yelken açtı. Heyet ardından kuzeye, Hawaii Adaları'na ve sonra da Pasifik Kuzeybatı kıyılarına yöneldi.

Dana'nın daha ileride katıldığı kara heyeti güneye, San Francisco Körfezi'ne doğru yönelen ve Kuzey California'daki Shasta Dağı bölgesini inceleyen ilk resmi bilim grubu oldu. Dana'nın notları ve bu volkanik dağla ilgili çizimleri 1849 yılında, California altın arayışı furyasının en yoğun olduğu dönemde *American Journal of Science and Art*'ta [*Amerikan Bilim ve Sanat Dergisi*] yayınlandı.

San Francisco'da yeniden birleşen heyet tekrar Güney Pasifik'e yöneldi. Polinezya, Filipinler, Borneo, Malezya üzerinden geçerek Ümit Burnu'nu dolaştıktan sonra kuzeye yönelen heyet, 10 Haziran 1842'de New York'a vardı. Dana, Connecticut, New Haven'e yerleşti ve Silliman'ın kızı ile evlendi. 1850'de doğa tarihi ve yerbilim profesörü olarak Yale Üniversitesi'nde kayınpederinin yerini aldı ve 1892'ye kadar bu görevde kaldı.

Seyahati süresince topladığı yazılı malzemeyi bir dizi bilimsel makaleye dönüştürmek, Dana'nın yaklaşık 13 yılını aldı. Buz beyazı topraklarında kararmış göktaşları barındıran Antarktika'nın yanısıra dünyanın pek çok volkanik bölgesini gezen Dana, dünya ve içi konusunda eşsiz bir bakış açısı geliştirmişti.

Göktaşlarının iki türü vardır. Demir, nikel veya benzeri bir karışımdan meydana gelen tür, göktaşlarının yaklaşık yüzde 25'ini oluşturur. Yüzde 75 ise metalik olmayan, taşımsı göktaşlarıdır. Taşımsı göktaşlarının, yüzde 30 daha az oksijen ve yüzde 40 daha az silikon içermeleri

ÜÇ TIP KAYA

Üç tip kaya vardır. Volkanik, tortul ve başkalaşım. Volkanik kayalar magma ve lavlardan oluşur; granit ve obsidyen bunlara örnektir. Tortul kayalar tortuların birleşmesi ve yapışması ile meydana gelir. Örnekler arasında kireçtaşı ve kumtaşı yer alır. Başkalaşım kayaları ise aşırı ısı ve basınç sonucu ortaya çıkar. Örnek: gnays ve şist.

dışında, dünya kabuğunu oluşturan kayalara benzer kimyasal yapıları vardır. Dana, dünya kabuğundan yaklaşık yüzde 80 daha fazla demir içeren göktaşlarının, yerküre iç yapısını temsil edebileceklerini öne sürmüştü.

1700'lerin sonlarında, Fransız fizikçi Pierre-Simon Marquis de Laplace, güneş sisteminin dönen bir bulutsudan koparak bir gaz ve toz bulutu şeklinde ortaya çıktığını ileri sürdü. De Laplace "Bulutsunun dış parçaları halkalara ayrıldı ve bu halkalar dönerek küreler, yani gezegenler haline geldiler," diyordu. Bu görüş, 1900'lerin başında yaygın bir geçerlilik kazandı. Chicago Üniversitesi'nden yerbilimci Thomas Chrowder Chamberlin ve gökbilimci Forest Ray Moulton ise farklı düşünüyorlardı. Onlar, 1904'de gezegenlerin, güneşin yanından geçmekte olan bir yıldızla teması sonucu oluştuğu görüşünü ileri sürdüler.

Chamberlin ve Moultan'a göre, araya giren söz konusu yıldızın çekim alanı, güneşten son derece bü-

ERİYEN ZİRVE

Deniz seviyesinden altı bin metre yüksek olan Kilimanjaro, Afrika'nın en yüksek tepesidir. Kısa süre öncesine ait uydu görüntüleri, küresel ısınmanın bir sonucu olarak zirvedeki karların hızla eridiğini gösteriyor. Bu hızla devam ederse, dağın zirvesindeki buzlar 2020'ye gelindiğinde tamamen erimiş olacak.



yük parçalar koparmıştı. Bu gaz dolu parçalar yoğunlaşarak "gezegencik"leri (küçük gök cisimleri) meydana getirmiş, onlar da zamanla birleşerek gezegenleri oluşturmuşlardı. Gezegencik hipotezine göre kopan maddelerin güneşten çok büyük bir hızla savrulmuş olmaları gerekiyordu; günümüze dek yapılan araştırmaların gösterdiği üzere, bu hipotezin güneş sistemi oluşumuna ilişkin geçerli bir açıklama yerine geçebilmesi için, savrulma hızının gerçekten de çok yüksek olması şarttı.

İZOSTASİ
İzostasi yerküre kabuğunun, sıvı mantoyu üzerinde koruduğu kütleçekimsel dengeyi tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Karasal kabuk denizsel kabuktan daha az yoğun olduğundan, karasal kabuk manto üzerinde, denizsel kabuktan daha yukarıda yüzer.

1944'de Gerard Peter Kuiper ve Carl Friedrich von Weizsäcker, gezegencik modelinde bazı değişiklikler yaparak, günümüzde yaygın geçerliliğini koruyan teoriyi oluşturdular. Bu teoriye göre yavaşça dönmekte olan gaz bulutu, bir türbülansla -örneğin, yakından geçmekte olan bir yıldız veya bir supernova patlamasından kaynaklanan şok dalgası- karşılaştı ve içinde girdaplar oluştu. Böylece gaz bulutları yakındaki maddeleri kendilerine çekerek, zamanla gezegencikleri meydana getirdiler. Küçük gezegenciklerin daha büyük olanların çekim alanında sürüklenmesiyle ise "öncü-gezegenler" oluştu.

Bu aşamadan sonra, yeni yeni oluşan güneşin etrafındaki ısı, hidrojen ve helyum gibi güneş sisteminin dış gezegenleri için önemli olduğu anlaşılan uçucu maddeleri buharlaştırmış olmalıydı. Dönmekte olan erimiş sıvı halindeki öncü-gezegen, yani "yer küre" soğudukça, bulutun içindeki elementler katılaşarak ayrışmaya başladı. Silikon, kalsiyum, alüminyum, oksijen ve benzeri hafif maddeler dünyanın kabuğunu oluştururken, demir ve nikel gibi yoğun maddeler de merkeze doğru ilerledi. Günümüz yerbilimcileri, sismik veriye dayanarak dünyanın içini dört ana katmana ayırır: kabuk, manto, sıvı dış çekirdek ve katı iç çekirdek. Her katmanın kendine özgü bir kaya ve mineral yapısı vardır. Örneğin, kabukta, silis bazlı kayalar bulunur. Manto, magnezyum, demir, kalsiyum, sodyum, demir ve silikon oksitlerini içerir. Dış ve iç çekirdek ise çoğunlukla demir ve nikelden oluşur.

TEKTONİK PLAKALAR

19. yüzyılın sonlarında, yerbilimciler dağların ve jeosenklinallerin (aşağı doğru kıvrılan ve eğilen kaya katmanları) oluşumunu açıklamak için teoriler geliştirmeye başladılar. Yaygın görüşe göre dünya halen soğuma aşamasındaydı. Dana, yerküre içinin soğuma esnasında küçülmesiyle, sert kabuğun, tıpkı kuru bir kayısı kabuğunun buruşması gibi buruştuğunu öne sürdü ve katlanmış jeosenklinalleri ölçerek, dünya kabuğunun her sıradağ boyunca yüzlerce kilometre büzüşmüş olduğu tahmininde bulundu. "Yerküre-içi radyoaktif ısınma" konusundaki bilgi yoksunluğunda bu açıklama geçerli bulundu.

Eduard Suess, bir adım daha ileri giderek, söz konusu büzüşmenin yerküre kabuğunda hızlı, büyük ölçekli değişimlere yol açmış olduğu önerisini getirdi. Suess'e göre, hızlı dağ oluşum süreçlerini uzun durgunluk dönemleri izlemişti ve Afrika, Hindistan ve Avustralya bir zamanlar kendisinin "Gondwanaland" adını verdiği büyük bir kara kütlesinin parçalarıydı. Dünyanın içi soğu-



yup çekildikçe, kabuk kırışarak dağları oluşturdu, diğer bölgeler ise batarak okyanusları oluşturdular.

1908 yılında Frank B. Taylor, kıtaların kayarak yerküre kabuğunu "buruşturmasıyla" dağların oluştuğu fikrini ortaya attı. Taylor'a göre, okyanuslar hareket eden kıtaların çıkıntılarının yol açtığı katlanmış çukurlardı. Dünyanın kabuğu katlanarak ve beraberinde dağları ve jeosenklinalleri oluşturacak tortuları yükselterek hareket etmeye devam etti.

Alman gökbilimci ve meteorolog Alfred Lothar Wegener, 1912'de, "kıtasal sürüklenme" teorisinin ateşli savunucusuydu. Bir papazın Berlin doğumlu oğlu olan Wegener, yerbilimi, jeofizik, iklimbilim ve biyolojiyi dünyanın iç yapısı ile ilgili geniş kapsamlı bir teori oluşturma amacıyla birleştirerek, disiplinler arası çalışmalar gerçekleştiren bir bilimciydi.

Gökbilim dalında doktorasını tamamladıktan sonra Almanya'nın Lindenberg şehrindeki *Aeronautic Gözlemevi*'nde çalışmaya başlayan Wegener, burada erkek kardeşi ile birlikte atmosferle ilgili araştırmalara yoğunlaştı. İki kardeş 1906'da 52 saatlik bir uçuşla, dünya balonla seyahat rekorunu kırdılar. Wegener, Grönland'da atmosfer olaylarını inceledikten sonra, 1910'da *Atmosferin Termodinamiği* adlı eserini yayınladı. Wegener nişanlısına yazdığı bir mektupta, Güney Amerika'nın doğu kıyısı profilinin Afrika'nın batı sahilleriyle örtüşüyor gibi gözüktüğünü

ORMANSIZLAŞMA
Büyük ağaçlık bölgelerin ve yabani ormanların bitki örtüsünün yok olmasıyla birlikte, dünyanın karbondioksidi oksijene dönüştürme olanağı da azalır. Atmosferdeki oranı gittikçe artan karbondioksit ısıyı hapseder ve sera etkisi ortaya çıkar.

söyledi. 1912'ye gelindiğinde ise kıtasal sürüklenme teorisini açıklamıştı.

Wegener çalışmalarına yaklaşık 200-250 milyon yıl öncesine uzanan Paleozoik dönemdeki kaya oluşumlarını incelemekle başladı. Engin okyanuslarla ayrılmış olan kıtalarda birbirine benzer kaya tortularının bulunduğunu fark etti. Bunlar, bir yanda Güney Amerika, Afrika, Avustralya ve Antarktika, diğer yanda Kuzey Amerika, İskandinavya, İskoçya ve İrlanda gibi birbirinden farklı bölgeleri birbirine bağlayan tortulardı. Böylece Wegener, dünyada bir zamanlar, kendisinin "Pangaea" (Yunanca, "bütün kara parçası") adını verdiği bir süper-kıta olduğu görüşünü ortaya attı. Ardından, 1915'te *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane (Kıtaların ve Okyanusların Kökleri)* adlı çalışmasını yayımladı.

Wegener, uzun süreçler boyunca aktif olan küçük güç etkenlerinin, kabuk altındaki maddelerin tutkalımsı yapısına karşın, dünyanın kabuğundan yavaş yavaş parçalar koparabileceklerine inanıyordu. Ona göre, merkezkaç kuvveti, gelgit olayları ve dünyanın kendi ekseni etrafında dönerken sallanışı, bu hareketliliğe neden olan diğer olası etkenlerdi.

Wegener'in en büyük destekçilerinden biri Güney Afrikalı yerbilimci Alexander Logie du Toit'tu. 1921'de ateşli bir şekilde Wegener'in teorisini destekleyecek detaylı jeolojik ve fosil kanıtlar arayışı içinde olan du Toit, fosil kayıtlarının, bugün engin okyanuslarla ayrılmış olan kıtalarda, eskiden aynı kara bitkilerinin yetiştiğini ortaya koyduğunu gösterdi. Bu bitkilerin tohumları rüzgârla taşınmış olamayacak kadar iriydi. Wegener'in teorisi yanlışsa, bu bitkiler bunca mesafeyi nasıl katetmişlerdi? Kıtasal sürüklenme teorisini desteklemek amacıyla du Toit 1937'de *Gezinen Kıtalarımız* adlı eserinde tezi ile ilgili yeni örnekler sundu.

"Termal konveksiyon (ısıyayım)" görüşü Hutton ve diğerleri tarafından daha önce ortaya atılmış olmakla birlikte, kıtaların kaymasına ilişkin olası bir mekanizmanın geliştirilmesi, İskoçyalı yerbilimci Arthur Holmes'un, dünyanın içindeki radyoaktiviteyle ilgili çalışmalara başlamasıyla gerçekleşti. Holmes, 1928'de, radyoaktif izotopların dünyanın alt mantosundaki düzensiz dağılımının, bu bölgedeki ısıyı orantısız bir şekilde arttıracağını savundu. Bu sıcak manto maddesi yavaşça kabuğa doğru yükselerek orada soğuyacak ve yatay olarak hareket ederken dünyanın kabuğunu da beraberinde taşıyacaktı.

İlerleyen yıllarda bu görüşü destekleyen yeni bulgular elde edildiyse de Amerikalı yerbilimcilerin çoğu henüz ikna olmamıştı. Wegener hayattayken hararetle tartışılan konuya duyulan ilgi, onun ölümünün ardından azalmaya başladı. Tartışmalar, ancak 1950'lerde bu konuda yeni bulgular ortaya çıkınca yeniden gündeme geldi.

Bu tarihlerde okyanuslarla ilgili araştırmalar ilerlemekteydi: 50.000 kilometre uzunluğunda büyük bir "okyanus ortası sırt" keşfedilmişti. Fizikçiler dünyanın manyetik alanını incelemekteydiler ve İkinci Dünya Savaşı döneminde kullanılan denizaltı dedektörleri, yani "havadan müdahaleli manyetometreler" okya-



MAVİ NOKTA
Güneşten yaklaşık 150 milyon kilometre uzakta olan yerküre, [illegible] gezegenlerle dolu güneş sisteminin içinde verimli bir vahadır.

nus dibindeki manyetik değişimlerin haritasını çıkarmak üzere kullanılıyordu. Çizilen haritalar, tekrarlanan bir düzenin varlığını ortaya koydu.

1960'ların başlarında Atlantik ortası sırtın her iki tarafına şeritler halinde dizilmiş, bant şeklinde birbirini takip eden manyetik alanlar keşfedildi. Bu şeritlerin biri dünyanın "akımmanyetik alanı"nı, diğeri de "karşı alan"ı gösteriyordu. Sözkonusu manyetik şeritler deniz tabanının yayılması ile oluşurlar; okyanus ortası sırtlar, yerküre kabuğunun parçalandığı alanlardır. Deniz tabanı yayıldıkça lavlar yükselir ve yarığın her iki tarafında sırtlar ortaya çıkar. Soğuyan kaya oluşumlarının manyetik parçacıkları, dünyanın manyetik alanı ile hizalanarak manyetik bir iz bırakır. Zebranın çizgilerine benzeyen bu şeritler, çoğunluğu her milyon yılda bir, bazıları ise 10.000 yılda bir meydana gelen "manyetik tersinme"leri temsil eder.

1961 yılında, Princeton Üniversitesi yerbilimcisi Harry Hammon Hess, dünyanın kabuğu okyanus sırtları boyunca yayılıyorsa, başka yerlerde de çarpışma gerçekleşmiş olmalı diye düşündü ve Atlas Okyanusu'nun Atlantik ortası sırtı boyunca yayıldığını öne sürdü. Bu varsayım doğruysa, o zaman yayılmayı dengelemek için Büyük Okyanus'un da büzüşmüş olması gerekirdi. Hess,

Pasifik kabuğunun, okyanus tabanı kenarları boyunca derin, dar kanyonlara çekildiğini düşünüyordu. 1960'larda geliştirilen yeni aletlerle toplanan sismik veriler, Hess'in yayılma ve büzüşmeyi öngördüğü bölgelerde, gerçekten de deprem hatları olduğunu ortaya koydu.

Günümüzde dört tip plaka sınırı mevcuttur. Atlantik ortası sırtı gibi uzaklaşan sınırlar, tabakaların ayrılması ile yeni bir kabuğun oluştuğu alanlardır. İkinci tip olan yaklaşan sınırlar ise daha ağır olan okyanus kabuğunun, kendinden hafif kabuğun altına sürüklenmesi veya batmasıyla meydana gelir ki bunun sonucunda kıtaların kenarlarında And Dağları gibi volkanik dağlar oluşur.

Bir diğer yaklaşma örneği de, iki kıtanın çarpıştığı, ancak benzer yoğunlukta oldukları için iki kabuğun da sürüklenmediği durum olan, kıta-kıta yaklaşmasıdır. Bu durumda, kabuk dışa doğru bükülüp çarpılarak, yukarı veya yanlara doğru zorlama yapar. Kıta-kıta yaklaşmasının çarpıcı örneklerinden biri Himalaya Dağları'dır.

Geçiş (transform) sınırlarında ise katmanlar birbirlerine yatay olarak kayıp geçerler. 1.300 km. uzunluğundaki San Andreas Fault hattı, bu tür sınırlara bir örnektir. Son olarak, plaka sınır hatları, plaka sınırlarının ve etkileşimlerinin net olmadığı alanlardır. Alp Dağları bu tür sınırlar sonucunda oluşmuştur.

ATMOSFER VE HİDROSFER

Gökbilimci George Ogden Abell bir yazısında, "Bizler, gezegenimizi sarıp sarmalayan bir hava okyanusunun dibinde yaşıyoruz," demişti. Bu hayat kaynağı okyanusun yüzde 78'i nitrojen, yüzde 21'i oksijen, yüzde 1'i argon ve geri kalanı su buharı, karbondioksit ve diğer gaz zerreciklerinden oluşur. Ancak atmosferin bugünkü yapısı, dünyanın ilk halini saran atmosferden oldukça farklıdır.

Güneş bulutsusu içinde oluşmaya başladığında yerküre büyük olasılıkla hidrojen ve helyumdan meydana gelen ilkel bir atmosfere sahipti. Yerkürede nispeten ender bulunan bu gazlara evrende bolca rastlandığından, eski atmosferi bu gazların oluşturduğunu söylemek yanlış olmaz. Yerkürenin yerçekimi, hidrojen ve helyum gazlarını tutabilecek güçte olmadığı için, bu hafif maddeler büyük olasılıkla kaçış hızına kolaylıkla eriştiler. Güneş içten alevlendiğinde ise güneş rüzgârı, iç güneş sisteminde bu iki gazdan geriye kalanları süpürüp attı.

1951 yılında yerbilimci William Walden Rubey, atmosferimizi meydana getiren gazların volkanik süreçler sonucu oluştuğu fikrini ileri sürdü. Bu düşünceye göre, yaklaşık 3.5 milyar yıl önce dünyanın yüzeyi bir kabuk oluşturmaya yetecek derecede soğumuştu. Üzeri hâlâ volkanik dağlarla dolu olan dünyanın yeni atmosferi, volkanik aktiviteler sırasında gaz salımı adı verilen ve erimiş kayalardan gazların yayılması anlamına gelen bir süreç esnasında oluştu. Ortaya çıkan bu ilk atmosfer tabakası, su buharı, karbondioksit ve bir miktar nitrojen salan amonyak içermekle beraber, büyük olasılıkla serbest oksijenden yoksundu. Zaman içinde dünya soğumaya ve at-

mosferini oluşturmaya devam etti ve sonuçta su buharı yoğunlaşarak, okyanusları yaratacak olan bulutları ve yağmuru meydana getirdi.

Kuyrukluyıldızların yerküreyi bu dönemde yoğun bir bombardımana tuttuğu tahmin ediliyor. Bu kirli kartopları, büyük olasılıkla gezegenimize biraz daha su, karbondioksit ve yaşamın ana birimleri olan amino asitlerin ilkel formlarını oluşturmak için gerekli diğer kimyasal maddeleri bıraktılar. Zamanla birikmeye başlayan su, sonunda okyanusları oluşturdu. Bu büyük su kütleleri atmosferdeki karbondioksidin yaklaşık yüzde ellisini çözündürdü ki söz konusu çözünme sonucunda zamanla kireçtaşı gibi karbon-kaya oluşumları meydana geldi.

Fosillerden elde edilen bulgulara göre, "siyanobakteri" türündeki ilk yaşam formları yaklaşık 3,3 milyar yıl önce ortaya çıkmaya başladı. Bu tür organizmalar karbondioksidi oksijene dönüştürerek önce okyanusların, ardından da atmosferin oksijen oranını arttırdılar. İlkel bitkilerin sayıları çoğaldıkça, oksijene dönüşen karbondioksit miktarı da yükseldi ve atmosferdeki oksijen oranı hissedilir bir artış gösterdi. Bu oksijen, aynı zamanda nitrojen yaratmak için amonyak ile etkileşime girdi. Kısa bir süre sonra, dünyayı ve onun üzerinde yaşayan ilkel yaşam formlarını kızılötesi ışınımdan koruyacak, oksijenin bir "alotrop"u yani atomik türevi olan ozon tabakası oluştu. Böylece, nitrojen ve oksijeni bol, üçüncü bir atmosfer tabakası dünyayı sarmaya başladı.

GEZEGEN BİLİMİ

Tarih boyunca, güneş sistemimizdeki cisimleri inceleyen gökbilimciler oldu. Bu bilimcilerden biri, 1609'da teleskobunu Ay'a yönelten ve ayın karanlık bölgelerini *maria* (Latincede "deniz") ve aydınlık alanlarını ise *terrae* (Latincede "kara") olarak adlandıran Galileo idi. Galileo'nun çalışmaları, aydaki yapılaşmaların sayısız çizimlerini ve detaylı ölçüm-

Galileo'nun göklere ilişkin bulguları hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 36-37.

YERKÜRENİN ELEMENT YAPISI

Bilinen 100'den fazla elementin yalnızca dörtte biri Dünya'da yaygın olarak bulunur ve evrenin yüzde 95'inden fazlası, en hafif iki ana element olan hidrojen ve helyumdan oluşur.

20. yüzyıl ortalarında nükleer fizik ve yıldız fiziği alanlarındaki bilgiler arttıkça, araştırmacılar çoğu elementin, yıldızların patlama sonucu ölümleri sırasında meydana geldiğini belirlediler. Yerküre ve diğer gezegenlerin içinde oluştuğu güneş bulutsusu, ölü yıldızların atıklarıyla dolu bir bulut kümesiydi. Günümüzde bilimciler, Dünya'daki tüm atomların, yerkürenin bu bulut içinde şekil almaya başlamasından çok önce oluştuğuna inanıyorlar.

Yeni oluşmakta olan eriyik haldeki yerkürenin 1300-1500 santigrat derecelere doğru soğumaya başlamasıyla ilk yoğunlaşan elementler büyük olasılıkla 1.000 ve 1.300 dereceler arasında önce alüminyum ve titanyum, ardından da demir, nikel, silikon, kobalt ve magnezyumdu. Oksijen, sodyum ve potasyum gibi elementler ise büyük olasılıkla 300 ve 1000 derece arasında yoğunlaştı. Suyun oluşması içinse, yerküre ısısının 100 santigrat derecenin altına düşmesi gerekti.

AYIN KARANLIK ALANLARI
Yüzeyinde büyük volkanik dağlar bulunmayan ayın bir alanı "*mare*" denen bazalt yapılı bir kaya oluşumu ile kaplıdır. *Mare*, Latince "deniz" anlamına gelir. İlk gökbilimciler bu büyük bazalt alanlarının su kütleleri olduğunu sanmışlardı.

lerini içeriyordu. Hatta, dağların yüksekliklerini hesaplamak için Galileo, Ay'daki dağ gölgelerinin uzunluklarından bile yararlandı.

Ay, dünyamızın etrafında dolaşırken, kendi ekseni etrafında da bu bir aylık yolculuğun hızına denk düşen bir hızla döner. Bu nedenle Ay'ın yörünge periyodu, bir ay gününe –yani 27.32 dünya gününe– eşittir. Ay'ın Dünya'dan hep aynı yüzünün görünmesi de bunun sonucudur. Ay yörüngesindeki küçük oynamalar, zaman zaman görünür yüzünden biraz daha ötesini görmemize olanak verse de, Dünya'dan Ay yüzeyinin yüzde 60'ından fazlasını görmemiz mümkün değildir. Bunun sonucunda, Ay'ın bize dönük olan yüzünün çok detaylı haritaları çıkarılabildi.

1950'lerde, en yüksek kaliteli teleskoplarla Dünya'dan Ay'daki, uzunluğu yaklaşık bir kilometre kadar küçük olan yapılaşmalar bile gözlemlenebiliyordu. Ay'ın yüzeyi, kimisi 160 kilometreyi bulan krater lekeleriyle doluydu. Dünya'dan görebildikleri kadarıyla çoğu gökbilimci bu kraterlerin eskiden büyük karanlık *maria*'nın da oluşmasına yol açan volkanik karakterler olduğunu düşündüler. Ay kraterlerinin gerçek nedenleri ancak 1960'ta Eugene Merle Shoemaker doktora tezini sunduğunda anlaşılmaya başlandı.

Gene Shoemaker'ın kaya oluşumlarına ve minerallere duyduğu aşk, erken yaşta başladı. Yedi yaşındayken, annesi ona kendi babasının çocukluğundan kalan bilyeleri vermişti. Bu setin içinde, çocuk yerbilimciyi büyüleyen bazı akik ve parlak yüzeyli cevherler vardı. Shoemaker, çok geçmeden yaşadığı bölgede ve ailesi ile Wyoming Black Hills gibi yerlere yaptığı geziler sırasında taşlar toplamaya başladı. Lisede bir taş kesicisinin yanında işe girdi ve değerli taşları kesme, parlatma ve işleme sanatını öğrendi.

Shoemaker, II. Dünya Savaşı'nın bitiminden bir yıl önce, 16 yaşında, California Teknik Enstitüsü birinci sınıfına yazıldı. Üç yıl içinde mezun oldu ve bunu takip eden yıl içinde de yüksek lisansını tamamladı. 1948'de Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Merkezi'ne (USGS) katıldı ve Colorado Ovası'nda uranyum tortuları aramaya başladı. Aynı zamanda, Hopi Düzlüğü'ndeki volkanik yapılaşmaları da inceliyor, araş-

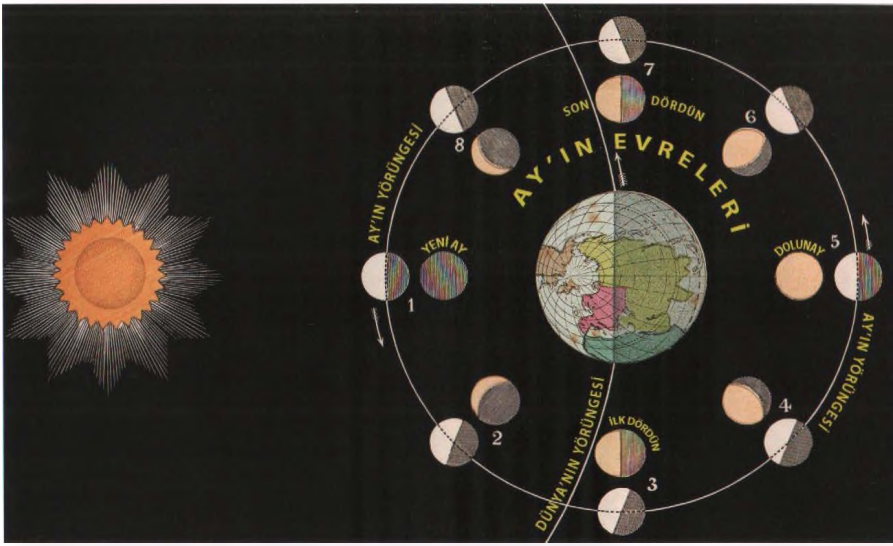
1930 – 1985 civarı

1930 civarı
ABD Hava Raporu Hizmetleri Servisi ilk meteorografi geliştirdi.

1935
Amerikalı fizikçi Charles Richter, depremlerin şiddetini ölçmek için bir ölçek geliştirdi.

1964
ABD Ranger 7 uzay gemisi ayın ilk yakın plan fotoğraflarını çekti.





tırma yapmak için aya seyahat etme fikriyle yanıp tutuşuyordu.

Shoemaker, 1952'de, Arizona'daki Barringer Krateri'ne yaptığı bir gezide, kraterler ve oluşumları ile ilgili hayatı boyunca devam edecek olan incelemelerine başladı. Ancak 1956'da USGS'nin onu daha öncelikli ulusal çıkarlarla ilgili bir çalışmaya, yani plutonyum üretimi ile ilgili bir projeye atamasıyla Shoemaker bu konudaki incelemelerini rafa kaldırdı.

Shoemaker, bir megatonluk nükleer bir aletin etrafına uranyum sararak plutonyum üretmeye çalışan bir ekibe katıldı. Görevi bu kadar büyük bir patlamanın gerçekleştirilebilirli-

AY'IN EVRELERİ
Dünya'nın çevresinde dönen Ay'ın sekiz evresi vardır. Bunlar, yeni ay, ilk dördün, dolunay, son dördün ve bunların arasındaki hilal evreleridir.

1966
Sovyetler Birliği'ne ait Luna 9 uzay aracı Ay'a yumuşak iniş yaptı ve Ay yüzeyinden çekilen fotoğrafları gönderdi.

1972
ABD'ye ait Landsat 1 uzaya gönderildi. Bu, yerküre kaynaklarını uzaydan inceleyecek olan ilk uyduydu.

1980
ABD'ye ait Magsat uydusu dünya manyetik alan haritalamasını tamamladı.

1985
Bilimciler Antarktika üstünde ozon tabakasında ilk kez delik tespit ettiler.

ğini, doğasını ve yaratacağı etkiyi araştırmaktı. Shoemaker, Nevada'daki Yucca Düzlüğü'nde yer alan atom bombası deneme sahasını ziyaret etti ve orada, henüz birkaç yıl önceki test uygulamaları sırasında gerçekleşen kilotonluk nükleer patlamaların yol açtığı kraterleri inceledi. Bu inceleme sırasında Yucca Düzlüğü'ndeki kraterlerle Arizona Krateri arasındaki benzerlikleri fark etti ve göktaşlarının etki mekanizmasını incelemeye koyuldu.

Shoemaker, Yucca Düzlüğü ve Arizona'da, daire şeklinde iz bırakmış olan ve içinde koezit adlı bir tür kuvars yer alan püskürtülmüş bir madde buldu. Çok yüksek basınca ve nispeten yüksek ısıya maruz kaldığında kuvars, silikondioksidin aşırı yoğun bir hali olan koezite dönüşür. Shomemaker, volkanik bir patlamanın Barringer Krateri'nde koezit oluşumuna elverişli bir ortam yaratamayacağını tespit etti. 1200 metre genişliği, 170 metre derinliği ve 45 metrelik ağzı olan bu krater, bir göktaşı düşmesi sonucu meydana gelmiş olmalıydı.

1960'larda uzay yarışları tüm hızıyla ilerliyor, Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyetler Birliği aya insan gönderme hayalleri kuruyordu. Henüz 32 yaşındaki Shoemaker, Ay'a giden ilk yerbilimci olmayı ümit ederken, 1963'te kendisine Addison hastalığı teşhisi konmasıyla, astronot ekibine seçilmesi olanaksızlaştı.

Yerbilim çalışmalarında kullanılan yöntemlerin güneş sistemindeki yapılara da uyarlanabileceğine karar veren Shoemaker, ABD Yerbilim İncelemeleri bölümünü kurarak başına geçti. 1963'te Flagstaff'daki Astrojeoloji Merkezi'nin resmi açılışı USGS tarafından yapıldı. Merkezin başına bilim lideri olarak Shoemaker atandı. Shoemaker, gelecekteki Ay seyahatlerinin jeolojik aktivitelerinin organizasyon ve planlamasından sorumluydu. Shoemaker'ın görevlerinden biri de Ay fotoğraflarından jeolojik haritalar çıkarmaktı. Shoemaker Ay'a gidecek olan astronotların eğitimine de yardımcı oldu.

Ay haritasının çıkarılması projesini destekleyen yerbilimcilerden biri de Harrison H. Schmitt'di. Schmitt, USGS Astrojeoloji ekibine 1964'te katıldı ve bir yıl sonra da NASA tarafından astronot seçildi. Astronotlar arasındaki tek yerbilimci olan Schmitt, Apollo ekibinin yerbilimciler tarafından kullanılan yöntemler konusunda eğitilmelerinde önemli rol oynadı. Astronotlar arazi araştırma, numune toplama ve koleksiyon kataloglama yöntemlerini öğrendiler ve bu bilgilerini Ay yüzeyinde uygulamaya geçirmek üzere hazırlandılar.

Schmitt'in Ay'a ilk yolculuğu Apollo 17 uçuşu ile, Aralık 1972'de gerçekleşti. Ay'a inen Schmitt ve Eugene Cernan çeşitli jeolojik dedektörleri konuşlandırdılar. Bunlar arasında bir tane kozmik ışınlar için, bir tane de mikro-meteoritler için dedektör yer alıyordu. İkili ayrıca kaya ve derin çekirdek örnekleri de toplayarak dünyaya getirdi. Schmitt ile Cernan Ay yüzeyinde 30 kilometrelik bir alanda dolaşarak 22 saat geçirdi. Bu yürüyüş boyunca ikili, 2200'den fazla fotoğraf çekti ve 115 kilograma yakın malzeme topladı, ki bu miktar diğer altı Ay yolculuğu sı-



HEDEF AY
21 Aralık 1968'de ABD'ye ait Apollo 8 uzay mekiği Ay'a doğru yola çıktı. Bu, uydumuzun etrafını dolaşacak ve sonra Dünya'ya dönecek olan ilk insanlı seferdi.

rasında toplanan malzemenin üçte birinden fazlaydı.

Schmitt ve Cernan numuneleri toplarken, Ronald Evans da kumanda kapsülünün içinde, etrafta dolaşıyordu. Sadece Evans'ın haritalama kamerası ile çektiği fotoğrafların sayısı 3000'i, panoramik kamera ile çektiği fotoğrafların sayısı da 1600'ü geçiyordu. Evans aynı zamanda, Ay yüzeyindeki yapılaşmaların kesin yüksekliğini ölçmek için, kapsülün lazer altimetresini de yaklaşık 4000 kez kullandı. Altıncı Apollo uçuşu olan Apollo 17, 20. yüzyılda Ay'a insan indiren son uçuştu.

Apollo uçuşlarından önce, Ay'ın oluşumuna ilişkin üç farklı versiyon

DEĞİŞEN İKLİMİMİZ

Geçmiş dönem iklimlerinin belirlenmesi, istatistikler toplamak ve pek çok meteorolojik değişimin etkilerini öngörmek gibi işlemleri içeren karmaşık bir iştir. Tortular ve fosiller, sıcak-soğuk veya ıslak-kuru gibi belli bazı iklim koşullarının göstergesi olabilir.

Buzullar, iklim tarihimizle ilgili ipuçları sağlayan en önemli kaynaklardan biridir. Buz tabakalarının içindeki buzlar, zaman içinde sertleşerek gözle görülebilir, tekrarlanan birtakım yapılar oluştururken, taşlaşan ağaç halkaları da bize geçmişteki hava sıcaklıkları ve yağışlarla ilgili göstergeler sunar. Tortul kayalar ise bir bölgenin iklim tarihi ile ilgili kapsamlı veriler sağlayan bir diğer kaynaktır. Her tortu katmanı iklimde gerçekleşen bir değişikliğin ifadesidir.



Arjantin'deki Perito Moreno Buzulu dünyanın çeşitli bölgelerinde erimekte olan pek çok buzuldan sadece biri.

Gezegenimiz buz çağları, mini-buz çağları ve ısınma dönemleri geçirdi. Yaklaşık 10. ve 14. yüzyıllar arasında gerçekleşen Ortaçağ iklim anomalisi, kısmen güneş aktivitesindeki artışla ilişkili olan bir ısınma süreciydi. Bu dönemle ilgili veriler, Amerika Birleşik Devletleri'nin batısında uzun süreli kuraklıkları, ekvatoral Doğu Afrika bölgesinde ise dönüşümlü kuraklık-yağmur hareketlerini gösterir.

19. yüzyıl ortalarına dek süren Ortaçağ ısınma dönemini, küçük bir buzul çağının takip ettiği sanılıyor. Bu dönemde, Atlantik'teki buz adaları artarken, Kuzey Avrupa'da ılık yaz mevsimleri seyrekleşti ve Kuzey Amerika ve Avrupa'da aşırı sert kışlar yaşandı. İngiltere'deki Thames Nehri ve Hollanda'daki kanal ve nehirler sık sık donarken, 1780 kışında New York Limanı bile buz kesti.

Günümüzde yaşanan kaygı ise iklimsel ısınma. Hava sıcaklıklarında daha önce yaşanan artışlar, büyük olasılıkla dünyanın doğal iklim döngülerinin bir parçasıydı. Bugün yaşadığımız ve tümüyle insan kaynaklı olmasa da insanların daha kötüye sürüklediği ısı artışları ise çok daha büyük bir hızla gerçekleşiyor. Isınmanın başlangıcı, Sanayi devrimi ve büyük miktarda fosil yakıtı kullanımıyla aynı döneme denk düşüyor. Bu dönemde havaya salınan karbon miktarı son derece büyük boyutlara ulaşmış, atmosferdeki karbondioksit oranı endüstri öncesi döneme kıyasla yüzde 31, metan gazı oranı ise yüzde 150 artmıştı.

Dünya'ya yansıyan güneş, yerküre yüzeyini ısıtır. Güneş battığında ise bu ısının bir kısmı uzaya geri yansır. Karbondioksit ısı fazlasını içine hapseden bir örtü oluşturduğunda, günümüz iklim değişikliklerine ve iklim ısınmasına yol açan "sera etkisi" dediğimiz etkiyi yaratır.

Bugün buzullar görülmemiş bir hızla eriyor. Sanayi devrimi öncesinde, şimdi Glacier Milli Parkı olarak adlandırılan alanda 150'den fazla aktif buzul vardı. Şimdi ise bu buzulların sayısı 27'ye düştü, ki geriye kalanlar da tehlike altında. Güney Amerika And Dağları ise 50 yıl öncesine kıyasla üç kat hızla eriyor. Uydu fotoğraflarına bakılırsa Afrika'da, yaklaşık 11.000 yıl buz ve karla kaplı kalmış olan Tanzanya'daki Kilimanjaro Dağı'nın karlı dorukları hızla yok oluyor. Erime bu hızla devam ederse, dağın karlı doruğu 2020'de tamamen erimiş olacak.

Dünyadaki 4.000 memeli türünün en az yüzde 25'i tehdit altında veya nesilleri tükenirken, her üç kuş türünden ikisinin sayısı da azalıyor. Bunun başlıca nedenleri, iklimdeki değişiklikler ve insanın çevreye verdiği zarar. Araştırmacılar, 21. yüzyıla gelindiğinde, dünyadaki yaban hayatı canlı türlerinin yarısının neslinin tükenmiş olabileceğini tahmin ediyorlar.

üzerinde hararetli tartışmalar yaşanıyordu. Bu versiyonlara, "büyük yırtık", "çift gezegen" ve "yakalama" gibi sevgi dolu isimler verilmişti. 1878'de, Charles Darwin'in oğlu gökbilimci George Howard Darwin, ilk versiyonun savunuculuğunu yaptı.

Bu teoriye göre, oluşumunun ilk evrelerinde dünya öyle hızlı dönüyordu ki, bir parçası koptu ve bu parçadan Ay oluştu. 1882'de yerbilimci Osmand Fisher bu kopmayla ortaya çıkan yarığın Büyük Okyanus Havzası'nı oluşturduğunu ileri sürdü.

Görüşle ilgili sorun, yerkürenin bir parçasını kopardıktan sonra, parçayı yörüngeye fırlatabilecek türden hareketlerin açıklamasında yatıyordu. Bir parçasının kopabilmesi için dünyanın her 2,6 saatte bir, kendi etrafında dönmesi gerekir. Bu durumda, dünya ve ondan koptuğu varsayılan parça, günümüzdeki Dünya-Ay sisteminin oluşması için gerekenden fazla dikey momentuma sahip olmalı. Söz konusu probleme karşın 20. yüzyıla dek Darwin-Fisher teorisi Ay'ın oluşumu ile ilgili geçerli model olarak kaldı.

İkinci görüş, gökbilimci Edouard Albert Roche ve diğerleri tarafından öne sürüldü. Bu görüşe göre, Ay ve Dünya bir "çift gezegen" olarak oluşmuştu. Ne var ki Ay'ın ve Dünya'nın yörünge ve eksen hareketleri, eşzamanlı oluşumlarını olanaksız kılacak derecede hızlıdır.

1909'da gökbilimci Thomas Jefferson Jackson See, Ay ve Dünya'nın aynı zamanda ve bölgede oluştukları fikrini ortaya arttı. Ay, Dünya'ya öyle yaklaşmıştı ki, onun çekim alanına kapıldı. Bu ilgi çekici bir fikir olsa da, Apollo uçuşları Ay'daki kaya oluşumlarının çok az miktarda demir içerdiğini gösterdi. Bununla birlikte, Ay'daki kaya oluşumlarında gerçekten de oksijenin her üç izotopu –hem de dünyanın mantosunda bulunan miktara neredeyse eş miktarda– bulunmaktaydı.

1974'de iki gökbilimci, William Kenneth Hartmann ve Donald R. Davis, bugün yaygın geçerliliği olan teoriyi sundular. İkili, uydular üzerine verilen bir konferansta yaklaşık 4,5 milyar yıl önce güneş bulutsusu oluşurken, yerküreye bir gezegenciğin çarptığını ve bu çarpışmanın yerküre mantosundan büyük miktarda maddeyi uzaya fırlatmış olabileceğini ileri sürdü.

Bulutsu sistemi şekillenmeye başladıkça, yerküreden kopan bu maddelerden Ay oluştu. "Büyük Darbe" adı verilen bu teori, Ay yapısının Dünya yüzeyindeki kaya oluşumlarına benzerken, daha derinliklerdeki yapılaşmalardan farklı oluşunu açıklıyordu. Teori, Dünya-Ay sisteminin dikey momentumu ve Dünya'nın 23,5 derecelik eğimi ile de uyuşuyordu.

4 Ekim 1957'de, Rusya'nın, Dünya'nın ilk yapay uydusu olan Sputnik 1'i uzaya fırlatmasıyla birlikte uzay çağı başladı. Beyzbol topu büyüklüğünde ve ağırlığı sadece 83 kilogram olan bu uydunun önemi çok büyüktü: Sputnik, insanın güneş sistemini artık sadece Dünya'dan değil, uzaydan da incelemeye başladığı bir dönemin habercisiydi.

Geçen süre içinde, araştırmacılar Güneş'e ve güneş sistemindeki bütün gezegenlere sondalar fırlattı. Mekikler yüzyıllardır süregelen fizik,

MARS'TAKİ VOLKANİK HAREKETLER

Mars, bütün güneş sistemi içinde en büyük yanardağların yer aldığı gezegendir. Bu dağlar, dünyada görülen en büyük tip yanardağ olan "kalkan yanardağlar"dır. Mars'taki yanardağların bazıları, Dünya'dakilerin üç katından daha yüksektir. Mars'taki en büyük yanardağ 27 kilometre yüksekliğindeki Olimpus Dağı'dır. Karşılaştırmak gerekirse, Everest Dağı (yanardağ değildir) yaklaşık dokuz kilometre yüksekliğindedir.

BİR ÇARPIŞMANIN ANATOMİSİ

1178'de ılık bir haziran gecesi, beş İngiliz keşişi gökteki ilk hilalin ikiye ayrılır gibi olduğunu gördüler. İngiltere'nin Canterbury bölgesinden Gervase isimli bir keşişin tuttuğu kayıtlara göre, ayın kuzeydoğu tarafından bir "ateş ve sıcak pus" bulutu yükseldi. Günümüz göktaşı bilimcileri bu olayı, ayda yaklaşık 36° Kuzey, 102° Doğu koordinatlarında bulunan ve Giordano Bruno diye adlandırılan kraterin oluşmasına yol açan 125.000 megatonluk patlama ile ilişkilendiriyorlar.



Bu temsili resimde yerküreye bir göktaşı çarpıyor, bu da büyük olasılıkla Ay'ı meydana getirdi.

Bu tür kraterlerin incelenmesi 1609'da Galilei Galileo'nun teleskobunu aya yöneltmesi ve gördüğü lekelerin aslında çukur olduğunu fark etmesiyle başladı. Galileo, ay kraterlerinin keskin kenarlarını bile gözlemlemişti. Bundan yaklaşık 60 yıl sonra Robert Hooke *Micrographia*'da, Ay'daki kraterlerin buradaki volkanik hareketler veya dışarıdan gelen bir etken ile oluşmuş olabileceğini öne sürdü. Hooke, çamurdan yapılma tüfek bilyeleri ile deneysel kraterler yarattı, ancak Ay kraterlerinin volkanik kaynaklı olduğu sonucuna vardı. Hooke o dönemde, içinde bir şey olmadığı düşünülen uzay boşluğundan, Ay'a bir şeyin fırlayıp gelmiş olabileceğini hayal edemedi.

Bugün biz, Ay yüzeyinin büyük kısmının üç milyar yıldan daha eski bir zaman önce, güneş sisteminin asteroitlerle dolu olduğu bir dönemde oluştuğunu biliyoruz. Günümüz bilimcileri artık basit kraterleri, karmaşık kraterleri, Ay'daki ve diğer gezegenlerdeki havzaları ayırt edebiliyorlar. Basit kraterler genellikle, pürüzsüz, girinti-çıkıntısız çanak şeklindedirler. Karmaşık kraterlerin ise taraklı iç yüzeyleri ve geniş, düz bir zeminden uzanan bir (veya daha fazla) merkezi tepeleri olur. Ay yüzeyinde, aralarında Schrödinger Havzası ve çok halkalı "Mare Orientale", diğer adı ile, Doğu Denizi'nin de bulunduğu pek çok havzalar belirlenmiştir.

Kraterlerin bulunduğu tek yer Ay değildir. Jüpiter'in uydusu "Callisto" da kraterlerle doludur ve kuzeyden güneye Amerika Birleşik Devletleri büyüklüğünde tek belirgin çarpma krateri olan Valhalla Havzası buradadır. Satürn'ün uydusu Mimas'ın da, çapının üçte birini kaplayan Herschel adında bir çarpışma krateri vardır.

Dünya'da da çeşitli çarpışmalar oldu. 1902'de yerbilimci Daniel Moreau Barringer, Arizona Flagstaff bölgesinin 55 kilometre doğusunda, o zamanlar Coon Dağı olarak bilinen yerde bir krater incelemişti. Yerbilimcilerin çoğu bunun volkanik bir olay sonucu oluştuğu kanısında iken, Barringer kraterin bir göktaşı düşmesi sonucu meydana geldiğine inanıyordu. Bu inançla, oradaki göktaşı madenini çıkarmak için bir şirket kurdu. Arazi günümüzde onun adıyla, Barringer Göktaşı Krateri olarak anılır.

Haziran 1930'da, Sibirya'nın Tunguska yöresinde parlak bir ateş topu, aydınlık gökyüzünü yararak yere çarpmadan önce patladı. Bu olay bir krater değil, ama Avrupa'daki sismograflarca kaydedilen şok dalgaları yarattı. En büyük patlama ise, bundan 65 milyon yıl önce bir asteroidin dünyaya çarpmasıyla ve onu aylarca kuşatan, o dönemde yerküre üstünde yaşayan canlı türlerinin yüzde 75'ini yok eden toz bulutunu atmosfere saçmasıyla gerçekleşti. Bu olay yerküre tarihinde "Cretaceous-Tertiary (K-T)" sınırını teşkil eder.

Yerbilimci Walter Alvarez ve Nobel ödüllü babası fizikçi Luis Alvarez, içinde yüksek ölçüde iridyumun (dünyada mevcut olmayan ancak asteroidlerde yaygın olarak bulunan bir madde) bulunduğu bir kil tabakası içeren jeolojik bir katman keşfettiler. Günümüzde pek çok kişi, dünyanın çoğu yerinde bulunan bu katmanın, milyonlarca yıl önce yaşanan büyük çarpışma ile ilgili olduğuna inanıyor.



GECE GÖKYÜZÜ
Samanyolu, pek çoğu Dünya'dan çıplak gözle görülebilen milyarlarca yıldızla doludur. Bu yıldız alanı galaksimizdeki, aralarında Güneş'in de bulunduğu yıldızların sadece küçük bir kısmını oluşturur.

matematik ve kimya çalışmalarının ürünü araçlarla doluydu. Bu araçlar Jüpiter'in bulut katmanlarına girdi, Satürn'ün uydusu Titan'ın yanından uçtu, etraflarındaki kuyrukluyıldızları inceledi, Ay'dan ve Mars'tan örnekler topladı.

5 Eylül 1977'de fırlatılan ABD Voyager 1 uzay aracı, 1979 Mart'ında Jüpiter'e ve uydularına uğramış, ardından Kasım 1980'de Satürn sistemine doğru yönelmişti. 14 Şubat 1990'da, Dünya'dan yaklaşık dört milyar mil uzaklıkta olan Voyager 1, kameralarını yerküreye çevirdi.

Yaklaşık 22 yıl sonra Dünya'yı parlak mavi bir küre biçiminde görecek olan Apollo 8 ekibinin aksine Voyager, yerküreyi küçücük, hilal şeklinde bir ışık noktacığı olarak görmüştü. Bu mat mavi noktanın etrafında zayıf, kırmızı bir dalga biçiminde dağınık güneş ışınları vardı. Kırmızılık, Dünya'nın Güneş'e olan yakın konumundan kaynaklanan bir fotoğraf hatası idi. Bugün, yerküreden on iki milyar kilometre ötede olan Voyager 1 ve eşliğindeki Voyager 2, güneş sisteminin en uzak köşelerindeler. Her iki araçta da Dünya'ya ait ses ve görüntülerin kaydedildiği diskler bulunuyor. Uzay araştırmalarımızın başlangıcında elçi görevi gören bu gemiler, kendimizi de daha iyi tanımamıza olanak verdiler. Artık gezegenimizin, evrenin merkezi olmadığını biliyoruz. T. S. Eliot'un *Dört Kuartet*'te söylediği gibi tüm araştırmalarımız bizi başladığımız yere getirir ve orayı ilk kez anlarız.



Zihin ve Davranış

SAYILARI GİTTİKÇE ARTAN KARMAŞIK araçlar ve tekniklerle kuşanmış günümüz bilimcileri, beyindeki algı ve düşünceyle ilişkilendirilen çok küçük elektriksel boşalımları haritalandırabiliyor ve ölçebiliyorlar. Bu arada bilişsel bilimciler de nasıl öğrendiğimizi, algıladığımızı ve bilgiyi ne şekilde işlediğimizi araştırıyorlar. Psikolog ve psikiyatrlar ise davranışlarımızın ardındaki nedenleri anlamaya çalışıyor ve onlardan daha az sağlıklı olanları değiştirmenin yollarını bulmayı deniyorlar.

Modern araştırmacılar halen antik Yunan'dan günümüze dek gelen tıp ve felsefe metinlerindeki temel sorulara yanıt bulmaya çalışıyor: Zihin nedir? Zihnin bedenle ilişkisi nedir? Bilinç nasıl ortaya çıkar? Nasıl algılar, düşünür, hayal eder ve rüya görürüz? Davranışlarımızın ve tepkilerimizin nedenleri nedir ve onları ne dereceye kadar kontrol edebiliriz? Yoksa onlar mı bizi kontrol eder?

Bundan bin yıl önce Yunan düşünürler yaşam ile zihnin aynı şey olmadığını gözlemlediler. Savaşta veya kaza sonucu kafa travması geçirenlerde yaşamsal fonkisyonların çoğu devam ediyor, ancak bilinç ve onunla birlikte gelen her şey duruyordu. Göğsünden ciddi yara alan ya da bol miktarda kan kaybeden kimi talihsizler ise hem bilinçlerini, hem de yaşamlarını yitiriyorlardı. Sonuçta yaşam ile zihnin merkezi olarak ortaya iki aday çıktı; göğüs ve baş, yani kalp ve beyin.

ÖNCEKİ SAYFALAR
İnsan diye algıladığımız pek çokşeyin merkezi olan sinir sistemi gerçekten de bilimin en uç sınırını teşkil ediyor.

EPİLEPSİ
Dünyada yaklaşık 50 milyon insanın epilepsi hastası olduğu biliniyor. Epilepsi, sık tekrarlanan ve ani nöbetlerle kendini belli eden bir sinirsel rahatsızlıktır. Epilepsisi olanlar zaman zaman tuhaf davranışlar ve farklı bedensel hareketler sergileyebilir.

Aristoteles hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 26-27.

Güney İtalya'da yaşayan Yunan hekim Croton'lu Alcmaeon, MÖ 6. yüzyılda çok sayıda diseksiyon (teşrih) gerçekleştirdi ve çeşitli konuların yanısıra, göz ile beyin arasındaki optik sinir üzerinden gerçekleşen bağlantıyı da tespit ederek duyumları beyinle ilişkilendirdi.

Bundan bir kuşak sonra, hekim Hipokrat'a atfedilen yazılardan birinin yazarı, daha da ileri gitti. (Günümüzde epilepsi diye adlandırdığımız) *Kutsal Hastalık Üzerine* adlı tezinde bilinç, duygu ve düşüncenin merkezinin beyin olduğunu ileri sürdü.

Bizler duyguları yüreğimizde "hissettiğimizi" söylesek de, bu "ensefalosentrik", yani beyin merkezli bakış açısına göre zihinsel deneyimlerin merkezi beyindir. Tez bu konuda şunları söylüyor: "İnsan keder, üzüntü, umutsuzluk ve acı kadar sevinç, neşe, kahkaha ve eğlencenin de yalnız ve yalnız beyinden kaynaklandığını bilmeli. Beyin sayesinde ilim ve irfan sahibi oluruz, görür ve duyarız, ve neyin hoş neyin nahoş, neyin iyi neyin kötü, neyin tatlı neyin sevimsiz olduğunu anlarız. Benim görüşüme göre beyin insanın en büyük gücünün kaynağıdır."

Ancak bir sonraki yüzyılda Aristoteles, duyumların merkezi olarak beyin yerine kalbe dikkat çekti. Kesintisiz hareketiyle kalp gerçekten de Aristoteles'e göre bedenin en canlı kısmı gibi görünüyordu; o durduğunda yaşam da duruyordu.

Buna karşılık, Aristoteles'e göre başlıca görevi kanı serinleterek kalp ısısını dengelemek olan beyin, çok daha dingin ve cansızdı. Ancak Aristoteles yine de zihni kalbe yerleştirmedi. Bedenin tüm işleyişini gerçekleştiren, onun amacı ve gerçek formu zihin ya da ruhtu (Aristoteles'in Yunancası ile "*psyche*"). Bu ruh belli bir yerde durmuyordu ve bedenin parçası değildi ama bedenden ayrılması da mümkün değildi.

Aristoteles'in "kardiyosentrik", yani kalp merkezli bilinç anlayışı antik çağda yaygın şekilde benimsendi. Bu inanışın yankılarına bugün hâlâ gündelik konuşmalarımızda rastlanır. Örneğin, üzüntüden bahsettiğimizde "kalp ağrısı" çektiğimizi söyleriz ya da "kalbi kırık" sevgiliden söz ederiz.

Ancak daha sonra gerçekleştirilen, özellikle de İskenderiye'deki araştır-

MÖ 4000 – MS 1000 civarı

MÖ 4000 civarı
Beyin üzerine bilinen ilk yazı olan Antik Sümer kayıtları, zihni etkileyen afyon bitkisini yedikten sonra ortaya çıkan duyumları açıklıyordu.

MÖ 2500 civarı
Mısır papirüslerinde beynin ilk yazılı anatomisi bulunur. Papirüste 26 beyin hasarı vakası ve tedavisi anlatılıyordu.

MÖ 2000 civarı
Trefinasyon, yani tıbbi veya ruhsal nedenlerden dolayı kafatasının delinmesi işlemi, Avrupa ve Güney Amerika'da uygulandı.

MÖ 500 civarı
Yunan hekim Alcmaeon, duyum ve düşünce merkezinin kalp değil, beyin olduğu sonucuna vardı.



ma amaçlı diseksiyon çalışmaları, bu tür görüşleri değiştirdi. Araştırmacılar sinir sistemini inceledikçe, beyin ile bedenin geri kalanı arasında yeni keşfedilen anatomik bağlar, dikkatleri daha çok bu kıvrımlı, gri, hayli ihmal edilmiş ve atıl görünüşlü organa yöneltti.

Platon insanın zihinsel yaşamını üç bölüme ayırmıştı: zihin, ruh ve arzu. (Ayrıca bunları da kusursuz bir toplum için gerekli üç grup insan ile bağdaştırmıştı. Erdem düzeyleri gittikçe azalacak şekilde; entelektüeller, askerler ve tacirler.) Galen Platon'un ayrımlarını temel

LISEUM
Aristoteles bu 18. yüzyıl oymasında da resmedildiği gibi tutkulu bir natüralistti (doğalcı). MÖ 335'te, Atina'da koruluk bir bölgede kendi okulunu açtı.

MÖ 400 civarı
Hipokrat, dört vücut sıvısı ve dört elementle bağdaştırdığı dört kişilik tipini tanımladı.

MÖ 350 civarı
De Anima'da *(Ruh Üzerine)* Aristoteles zihni, ruhun mantıkla düşünen kısmı olarak tanımladı.

MS 220 civarı
Yunan hekim Erasistratus, insan beyninin hayvan beyninden daha fazla kıvrıma sahip olduğunu gösterdi ve bu özelliği yüksek zihinsel kapasite ile bağdaştırdı.

MS 1000 civarı
Arap hekim İbni Sina beynin üç karıncığını beş işlev ile ilişkilendirdi: sağduyu, hayal gücü, düşünme, tahmin ve bellek.

ANTİK ÇAĞ BİLGELİĞİ
Raphael'in *Atina Okulu* adlı tablosunda resmedilen Platon ve Aristoteles'in zihin, beyin ve ruh anlayışları farklıydı.



alarak, her özelliği belli bir organla ilişkilendirdi. Daha üstün olan mantık ve akıl fonksiyonlarını beyin ile bağdaştırdı; tutkuları kalple, arzular ve dürtüleri ise karaciğerle. Bizler bir dostumuza "Kalbinle değil, aklınla düşün" dediğimizde, aslında bilmek ile düşünmeyi bedenin iki ayrı yerine yerleştirerek, Galen ile Platon'un düşüncelerini tekrarlarız.

Eski çağda gerçekleştirilen diseksiyonlar (teşrih) sayesinde beyindeki karıncık denen boşluklar ortaya çıktı. Bugün onların beyin ve omurilik sıvısının kaynağı ve haznesi olduğunu biliyoruz. Bu sıvı aslında beyin için yastık görevi görür ve onu temizler. Oysa eskiler onu yüksek beyin fonksiyonlarıyla ilişkilendirirlerdi. Örneğin, MS 5. yüzyılda yazan Hıristiyan tanrıbilimci ve düşünür Aziz Augustine, dönemin tıp adamlarının üç karıncık belirlediklerini söylemişti. Bunlardan, yüze en yakın olan ilki, duyumların merkeziydi; daha arkada yer alan ikincisi belleği kontrol ediyor, boynun yakınındaki üçüncüsü ise motor fonksiyonları denetliyordu. Sözkonusu teori yeni görüş ve gözlemleri içerecek şekilde genişledikçe, ilerleyen bin yıl içinde bu karıncıkların sayısı, düzeni ve görevleri de çeşitlilik gösterdi.

Ortaçağ'da kaydedilen önemli gelişmelerden biri "vermis" denen (kelime anlamı kurtçuk) anatomik bir

özelliğin, yani beyin dokusundaki küçük bir çıkıntının, karıncıklar arasındaki kanalları açıp kapayarak, duyumsama, hayal etme ve mantık yürütme gibi çeşitli beyinsel aktiviteler arasında geçişe olanak sağladığı görüşüydü. 10. yüzyıl tıp yazarlarından biri, insanların bir şey hatırlamaya çalışırken neden başlarını yukarı kaldırdıklarını açıklamak için bu teoriye başvurdu. Ona göre, gözleri yukarı doğru hareket ettiren kaslar, belleği denetleyen karıncığa giden kanalı açmaya yardımcı oluyordu. Hatalı olsa da, karıncık teorisi, zihinsel işlevleri beynin belli bölümleriyle ilişkilendirme arzusunun ilk kanıtlarından biriydi. Bu tür çalışmalar günümüzde de devam ediyor.

Platon zihni bedenden ayırıyordu. Beden öldüğünde zihin ya da ruh yaşamına devam ediyor, kişilik bozulmadan kalıyor ve nihayetinde başka bir bedene yerleşiyordu. Aristoteles bu konuda öğretmeni ile aynı görüşü paylaşıyordu. Kişinin herhangi bir kısmının ölümden sonra hayatta kalıp kalmadığına ilişkin görüşü yazılarından çok net anlaşılmasa da, Aristoteles de ruhu bedenin ayrılmaz parçası olarak görüyordu. Karıncık teorisini geliştiren Aziz Augustine, bu anatomik özelliklerin kendilerinin ne ruh, ne de ruhun değişmez merkezi olduğunu söylemişti. Sözkonuşu boşluklar yalnızca ruhun gücünü hayata geçirdiği yerlerdi.

Zihnin bedenden tamamen ayrı algılanması yüz yıl sonra, Fransız matemetikçi ve düşünür René Descartes'in geliştirdiği teori ile gerçekleşti. Teori onun çalışmalarında öyle önemli bir yer teşkil ediyordu ki, bugün Kartezyen dualizm (ikilik) adıyla anılıyor.

Descartes'e göre dünya ve insan yaşamı ikiye ayrılmıştı. Bir yanda yer kaplama özelliğiyle kendini belli eden ve dört bir yanımızı kuşatan "madde" vardı. Madde hareket halindeki küçücük atomlardan yapılmıştı, cansız ve atıldı. Öte yanda ise yer kaplamayan şeyler vardı. Atom ya da maddeden oluşmuyordu ve başlıca özelliği "düşünmek"ti. Descartes buna düşünen varlık –Latincede *res cogitans*– adını vermişti. Ruh ya da zihin bu düşünen varlıktan yapılmıştı.

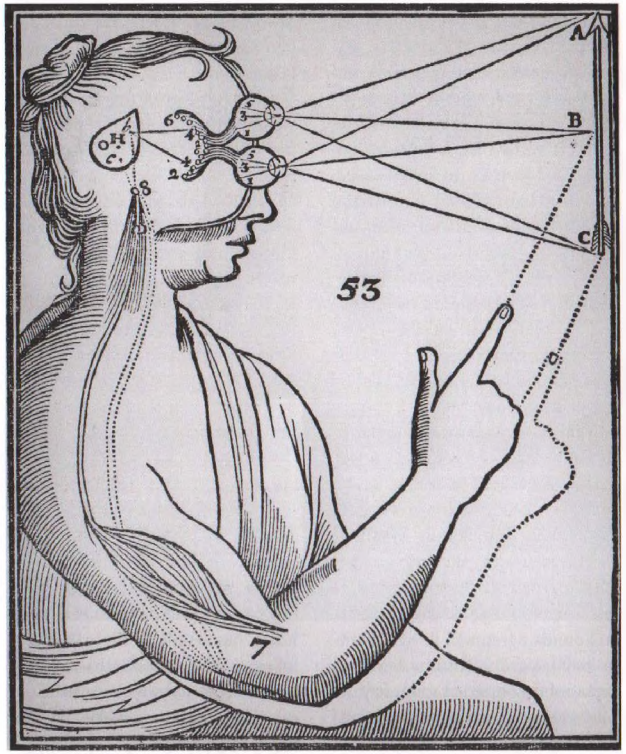
Descartes'in zihin ile beden arasında yaptığı ayrım, düşünce şeklimize öyle işlemiştir ki, kimi zaman bu anlayışın ötesine geçmekte zorlanırız. Ne var ki bu görüş bazı sorunları da beraberinde getirdi. Örneğin, yapıları tamamen farklı ise zihin ile beden nasıl etkileşir? Bir arkadaşa el sallamak gibi zihindeki bir arzu, eli havaya kaldırmayı nasıl sağlar? Descartes'e göre ruhun bedeni "harekete geçirdiği" bölge beyin epifizi, yani beyindeki küçük bir dokuydu. Ancak çağdaşlarının pek azı Descartes'e inandı, çoğu ise onu alaya aldı.

René Descartes hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 89.

ELEKTRİKSEL BAĞLANTI

Antik dönem ile Rönesans arasındaki dönemde anatomi uzmanlarınca adım adım keşfedilen sinir sistemi; beyin, omurga ve sinirlerden oluşan sistem arasında bir ağ oluşturuyor ve beyin etkisini bu ağ üstünde gösteriyordu. Ama nasıl? Sistem içinde bilgiyi ileri geri taşıyan şey neydi?

Sorunun sıkça karşılaşılan yanıtla-



B NİN İŞLEYİŞİ
Rene Descartes'in *De homine figuris* adlı eserinde yer alan bu çizim, görme ve ona karşılık gelen beden hareketi arasındaki bağlantıyı sağlayan şeyin ("H" olarak belirtilen) beyin epifizi olduğunu gösteriyor.

rından biri, sinirlerin içinde boşlukların olduğu ve bu boşluklarda önemli bir madde ya da sıvının bulunduğuydu. Bu düşünüşe göre sinir sistemi bir boru tesisatı ya da karmaşık bir hidrolik makine gibiydi. Vücutta dolaşan sinir sıvısına ise çoğunlukla diriksel ya da yaşamsal ruh deniyordu. Buradaki ruh terimi ruhsal bir varlık ya da hayalet değil, gizemli madde anlamındaydı.

Diriksel ruhların sinir sistemi içindeki hareketi sayesinde beden ile beyin arasındaki iletişim sağlanıyor (örneğin, "Ayak yanıyor!") ve beyinden gelen komutlar bedene aktarılıyordu ("Ayağı ateşten çıkar!"). 17. yüzyılda ileri sürülen mekanik beden görüşü, ruhların akışını denetleyen bir kapakçıklar sistemini temel alıyordu. Böylece ruhlar kas hareketlerini gerçekleştiriyor ve ortaya bedensel hareket çıkıyordu. Descartes ve onun gibi düşünenler, sıcak sobaya dokununca eli çekmek gibi istemli düşünmeyi gerektirmeyen refleksleri

açıklamak için tamamen mekanik süreçlere başvurmuşlardı.

Günümüzde artık sinirlerin, içi sıvıyla dolu yapılar olmadıklarını bilsek de, o dönemin teorisyenleri doğru iz üstündeydi. Sinyalleri vücut içinde taşıyan şey gerçekten de sinirlerden oluşan bir ağdır. Ancak sözkonusu sinyaller, diriksel ruhlar değil, elektrik sinyalleridir. Ne var ki bu bilginin ortaya çıkışı ancak 18. yüzyılda Italya'da gerçekleştirilecek deneyler sonucunda olacaktı.

Elektrik ve kas hareketi arasındaki ilişki 1770'ler ve 1780'lerde, Bologna Üniversitesi profesörlerinden Luigi Galvani tarafından kuruldu. Galvani, statik elektrik jeneratörlerinin olduğu yerlerde veya şimşek ve fırtınalı havada, metal araçlarla dokunarak, ölü kurbağa bacaklarının seyirmesini sağlayabildiğini keşfetmişti. Sonunda hayvansal elektrik dediği şeyin varlığına ikna oldu. Beyinde üretilen ve sinir sistemi ile iletilen hayvansal elektrik, Galvani'ye göre kas kasılmasının sorumlusuydu.

Galvani'nin çağdaşı Pavia Üniversitesi'nden Alessandro Volta konuya ilgi ama şüpheyle yaklaşıyordu. Galvani'nin kurbağa deneylerinden ders alan Volta 1800'de, farklı metallerden diskleri üstüste yığarak bir batarya üretti. Cihaz daha sonra ona atfen Voltaik pil adıyla anıldı. Yine Volta tarafından kullanılan galvanizm terimi de, Galvani'nin sergilediği kasların elektrik akımına tepkisi için kullanıldı.

Galvani'nin yeğeni Giovanni Aldini, gösteriyi tam anlamıyla sokağa taşıyarak, Avrupalı izleyicileri hem eğlendirip hem de dehşete düşürdü. Volta pilinden çıkan telleri bedenin çeşitli oyuklarına bağlayan Aldini, kesik köpek ve öküz kafalarında ya da idam edilen suçluların yüzlerinde sırıtış ve göz hareketi yaratmayı başarıyordu.

Hedef sadece tepki yaratmak değildi, çünkü Aldini elektriği terapi amaçlı da kullanıyordu. Örneğin, şiddetli melankoliden muzdarip İtalyan bir çiftçi olan ilk hastası çıplak elle bir voltaik pili tutuyordu. Pilin tepesinden çıkan bir tel, kafanın üstüne tutturuluyordu. Düzenli tedavilerin ardından hastanın ruh hali iyiye doğru gitti ve birkaç haftanın sonunda tamamen düzeldi.

Elektriğin terapi yöntemi olarak kullanımını ilk bulan Aldini değildi. MS 1. yüzyılda Romalı hekim Scribonius Largus baş ağrısı ve gut tedavisi için hastaları üzerinde elektrikli yılanbalıklarını kullandı. Ancak Aldini'nin depresyon hastalarına elektrik akımı uygulaması, ileride elektroşok tedavisi diye anılacak olan uygulamanın ilk örneğiydi.

RAHATSIZ ZİHİN

Zihin ve onun insan bedenindeki yeri üzerine araştırmalarla geçen uzun yüzyıllar boyunca, sağlığı yerinde olmayan zihinler daima bir tür meydan okuma olmuştu. Antik dönem hekimleri akıl hastalıklarına hiç de yabancı değildi. Örneğin, bu Hipokratçı yazar, hastalığın tanısı ve nedenleri konusunda kendinden oldukça emin: "Deli ya da sanrılı olmamız, bazen gece bazen de gündüz vakti üstümüze çöken korku ya da dehşet, rüyalar, ani kuruntular ve gereksiz kaygılar... Tüm bu şeyler be-

Alessandro Volta hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 193-95.

yin sağlıklı olmadığı; normalden daha sıcak, daha soğuk, daha nemli ya da daha kuru olduğu zaman yakamıza yapışır... ve biz nemden dolayı deliririz."

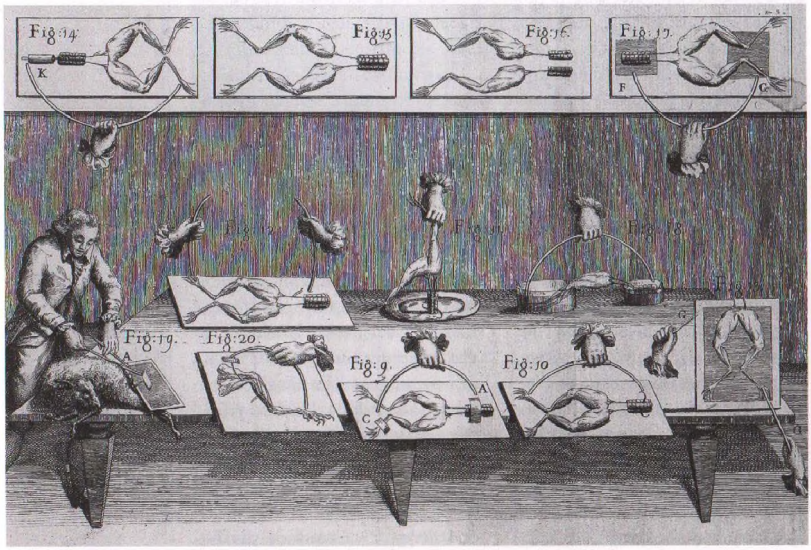
Delphi'deki antik dönem kâhininin ya da Cumae'li kâhin Sibyl'in "kutsal deliliği" tanrıların ilhamına atfedilirken, antik Yunan ve Romalı hekimler delilik ve zihinsel bozuklukları düzenli olarak fiziksel nedenlerle ilişkilendiriyor, zihinsel rahatsızlıkları diyetler ve şifalı ilaçlarla tedavi edebilmek için ellerinden geleni yapıyorlardı. Örneğin, delilik tedavisinde boynuzotu kökü kullanılıyordu. MÖ 2. yüzyıl Yunan hekimi Asclepiades, hafızayı iyileştirmek için temiz hava, iyi beslenme, masaj, egzersiz, müzik ve şarap önermişti. Bugün bunların çok azı itiraz edilebilir niteliktedir.

Ortaçağ döneminde insanların batıl inançlı oldukları ve zihinsel anormallikleri şeytan ya da cadı gibi doğaüstü güçlerle ilişkilendirdiklerine dair yaygın bir görüş vardır. Oysa Ortaçağ boyunca hekimler zihinsel rahatsızlıkların fiziksel nedenleri ve tedavilerini araştırmayı sürdürdüler. Ayrıca Ortaçağ düşünür ve tanrıbilimcilerinin akıl hastalığını günah ya da cezanın bir kanıtı olarak gördükleri de doğru değildir. Günümüze ulaşan kayıtlar, Ortaçağ hekimlerinin genellikle akıl hastalıkları için fiziksel tedavi yolları aradıklarını; beslenme, stres, yaşam koşulları, vücut sıvıları dengesizliği ya da fiziksel hasarları, rahatsızlıkların nedeni olarak gördüklerini ortaya koyuyor.

Ortaçağ Avrupalılarının "şeytan

HAYVANSAL ELEKTRİK

Luigi Galvani metal aletler bağladığı ölü kurbağa bacaklarını hareket ettirdi. Galvani bu deneylerle yanlış sonuca vararak kasların elektrik ürettiğine inandı. Ancak bu elektrik görüşü yine de popülerlik kazandı. Görüşün içinde barındırdığı doğruluk ise günümüz bilimi için halen temel teşkil eder.



çıkarma" ve deliliği tedavi etmek için "trefinasyon", yani kafatasının bir kısmını ameliyatla alma uygulaması gerçekleştirdikleri de bir mittir. Ortaçağ'da yaşayan hiçbir okur-yazar, bedensiz bir şeytan ya da ruhun kemikten bir kabuk içine hapsolabileceğini bir an için bile aklına getirmezdi. Trefinasyon antik dönemden 17. yüzyıla dek uygulandıysa da amacı basıncı azaltmak ya da kafa yaralanmasını tedavi etmekti.

İngiltere'de kısa süre önce, 11. yüzyılda trefinasyon uygulanan bir köylünün kafatası ortaya çıkarıldı. Adli tıp değerlendirmelerine göre bu kişi, büyük olasılıkla bir kavgada başına ağır bir darbe almıştı. Ameliyat ise besbelli çatlak kafatasının beyin üzerinde yarattığı basıncı rahatlatmak amacıyla gerçekleştirilmişti. İyileşen kemiğin varlığı ise –anestezinin yokluğu düşünülürse kaçınılmaz şekilde dehşetli olan– bu tıbbi prosedürle adamın kurtulduğuna ve uygulamadan sonra yıllarca yaşadığına işaret etmektedir.

İyileştirilemeyecek durumda olan akıl hastalarına Ortaçağ'da özel bakım sağlanırdı. 13. yüzyıl yazılı hukukuna göre zihin engelli doğanlar ile sonradan zihinsel engelli olanlar arasında belli bir ayrım mevcuttu. Sonradan gelişen zihinsel engellilik durumunda soruşturma kurulları kişinin yeterliliğine karar veriyordu. Bunun için de sağduyuya dayalı basit sorular sorma yöntemi kullanılıyordu: Bugün günlerden ne? Oğlunun adı nedir? Bir şilin kaç penidir? Sorgulama sonucunda kendilerine bakamayacak durumda oldukları belirlenenler devlet himayesine alınıyor, varisleri için malları korunuyordu. Bu tür soruşturmalara ait yüzlerce belgede, günümüzde delilik, yaşlılık, doğum sonrası depresyonu diye bilinen çeşitli rahatsızlıkların tanımı yer alır.



ORTAÇAĞ TIBBI
Ortis Sanitatis, Sağlığın Kökeni adlı 15. yüzyıl tıbbi el kitabında bitkisel şifalardan batıl ayinlere dek çeşitli tedavi yöntemleri yer alıyor.

Akıl hastalarına özel hastane ve sığınaklar Ortaçağ'ın sonlarına doğru inşa edilmeye başlandı. 15. yüzyılın ilk yarısında İspanya'da bunun gibi en az beş merkez bulunuyordu. Ne var ki akıl hastaneleri her zaman insani tedaviyi garantilemiyordu ve bugün insanlık dışı diye adlandırabileceğimiz tedavi yöntemleri 17. ila 18. yüzyıllarda oldukça yaygındı.

Bu tür kuruluşlar içinde en kötü şöhrete sahip olanlardan biri Londra'daki St. Mary of Bethlehem hastanesiydi. İlk başta manastır olarak inşa edilen bina, 1547'de akıl hastaları için hapishaneye dönüştürülmüştü. Hastanenin kısa adı olan Bethlem daha da bozularak "Bedlam"a dönüştürüldü. Sözcük İngiliz cede "vahşi ayaklanma ve karmaşanın görüldüğü yer" anlamında kullanılmaya başlandı. Bethlem Hastanesi'ne yönelik tüm tanımlar, buranın tam da kelimenin anlamı gibi bir

BEDLAM
Londra, Moorfields'da bulunan ve daha sonra Bedlam olarak adlandırılan Bethlem Hastanesi 1547'de akıl hastalarının kapatıldığı bir hapishane oldu. 17. yüzyılda insanlar küçük bir ücret karşılığında binayı gezerek içeridekileri gözlemleyebiliyordu.



yer olduğuna işaret eder. İngiliz günlük yazarı John Evelyn, 17. yüzyıl sonlarında hastaneyi ziyaret ettikten sonra şunları yazmıştı: "Bedlame'ye adımımı attığımda, zincirlerle bağlı birkaç zavallı insan gördüm."

Zihinsel rahatsızlığı olan insanlara karşı moral bozucu tedavi yöntemlerine rağmen, bu kişilere yaklaşım zamanla daha iyiye doğru gitti. 1793'te Fransız hekim Philippe Pinel, Paris'teki bir akıl hastanesinin zindanı andıran hücrelerinde kalan hastaların zincirlerini dramatik bir gösteriyle çıkarmaya çalıştı. İngiltere'de ise Dostlar Derneği üyeleri daha insani akıl hastanelerini yönettiler ve başarıları bu alanda çalışanlara örnek oldu.

19. yüzyıl ortalarında, koşulların büyük oranda gelişim gösterdiği Amerika'da, Maine'li Dorothea

1543 – 1890

1543
İtalyan anatomi uzmanı Andreas Vesalius, *De humani corporis fabrica*'yı yayımladı. Kitabın başlıca bölümleri sinirler ve beynin işleyişi üzerineydi.

1690
İngiliz düşünür John Locke, *İnsan Anlığı Üzerine Bir Deneme* adlı kitabında, yeni doğan bir bebeğin zihninin boş bir sayfa olduğu ve tüm düşüncelerin duyulardan kaynaklandığı teorisini ileri sürdü.



1791
İtalyan hekim Luigi Galvani hayvan dokusunun elektrik ürettiğini ileri sürdü. Gerçekleştirdiği deneyler sinirsel aktivitenin anlaşılmasına katkıda bulundu.

Lynde Dix, cesur bir reformcu olarak öne çıktı. Dix kadınlar koğuşuna yaptığı bir ziyarette, akıl hastalarının soğuk ve ıslak mahzenlere kilitlendiğini görmüştü. Muhafıza burada neden soba olmadığını sorduğunda ise "Deliler soğuğu hissetmez" yanıtıyla karşılaştı. Dix, yaşamını deliler için sığınaklar inşa etmeye ve zihinsel sorunluları hapis dışında yöntemlerle tedavi etmek üzere insanları eğitmeye adadı.

İYİLEŞTİRME STRATEJİLERİ

İyileştirilen hastanelere karşın durumu ağır olan akıl hastalarıyla ilgilenmenin yollarını bilenlerin sayısı azdı. Mani, melankoli ve şizofreni gibi geniş kategoriler arasında ayrım yapılmakla birlikte, bu hastalıkları ya da onların nedenlerini anlayan yoktu. Zihinsel bozukluğu anlamaya yönelik uğraşlar gitgide önem kazandı ve iki kola ayrıldı: fizyolojik ve psikolojik.

Alman psikiyatr Hans Berger beyin aktivitesini incelemeye başlayarak, 1919'da ilk elektroensefalogram kayıtlarını tuttu. Aynı dönemde başkaları da elektrokonvülsif terapiyi (ECT, ya da elektroşok) araştırmakla meşguldü. ECT, Aldini'nin 18. yüzyıl sonunda keşfettiği uygulamanın daha sert bir türüydü. Elektrik şoku gerçekten de birçok hastalık belirtisini geçici olarak ortadan kaldırıyordu. Uygulama bugün hâlâ kullanımda ve bazı depresyon türlerinde etkili olduğu kanıtlanmış durumda. Günümüzde kullanılan yöntem, alına elektrotlar bağlama ve beyne yalnız birkaç saniyeliğine 110 voltluk elektrik verme şeklinde. Depresyon vakalarında genelde on ila on iki seanslık tedavi gerekebiliyor. ECT'den sonra geçici amnezi (bellek yitimi) oluşabiliyor ve çok sık tekrarlanan tedavilerde bu yan etki kalıcı bir hal alabiliyor. Günümüzde ECT'nin ardındaki teori, bu yöntemin beyindeki sinir iletkenlerini, enzim aktivitesini ve kan akışını arttırdığı ve doğal antidepresanların salgılanmasını sağladığı görüşüne dayalı. Eleştirenler yöntemin insanlık dışı olduğunu söylese de, bu şekilde depresyondan kurtulanlar için tedavi bir kurtuluş.

20. yüzyılda çok daha cesur bir yaklaşım denendi: lobotomi. 19. yüzyıl sonunda deneyciler köpek beyinlerinin ön loplarını operasyonla

1837
Çek fizyolog Jan Evangelista Purkinje, kortekteki dallanan uzantılara sahip büyük sinir hücrelerini keşfetti. Bu hücrelere günümüzde "Purkinje hücreleri" denir.

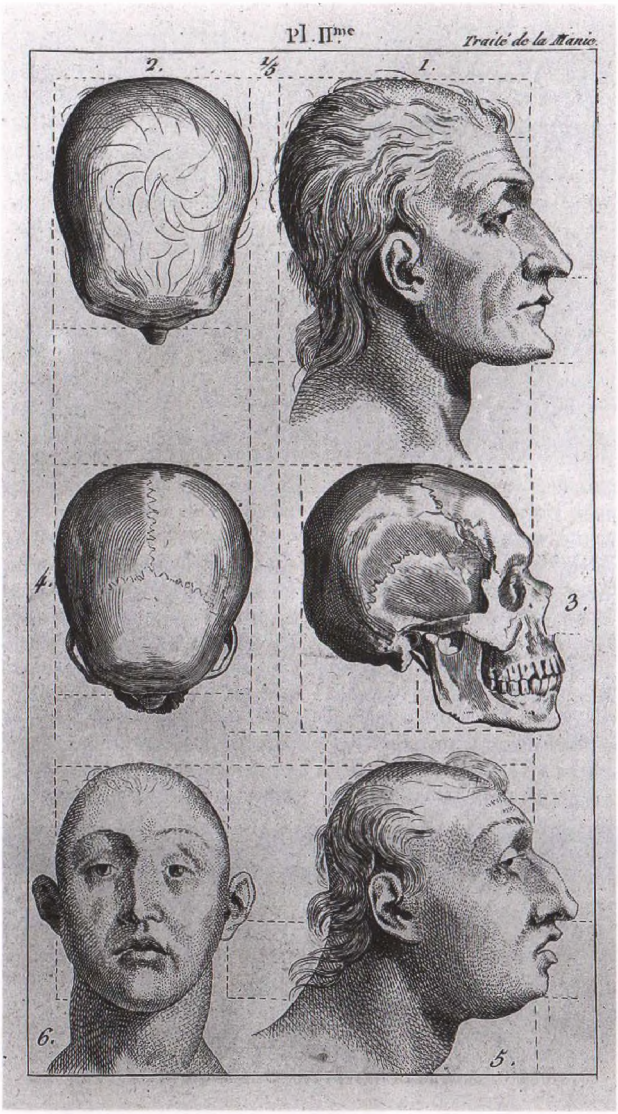
1861
Fransız cerrah Paul Broca beynin konuşma merkezini belirledi.

1879
Alman psikolog Willhelm Wundt, insan davranışının ilk kez bir bilim olarak incelendiği kendi laboratuvarını kurdu.

1890
Amerikalı psikolog William James, *Psikolojinin İlkeleri*'ni yayımladı. Kitapta insan davranışının rastlantısal olmadığını, belli bir işleve hizmet ettiğini ileri sürdü.

ZİHİNSEL HASTALIK

19. yüzyıla dek kafa şeklinin, insanın zihin özelliklerini yansıttığına inanılırdı. Akıl hastalığı olanların, suçluların ve belli ırk tiplerini temsil edenlerin kafatasları ölçülerek, davranış nedenleri araştırılırdı.



ZİHİNSEL HASTALIKLARIN TEDAVİSİ

Yasa Kitabı, Tanrı'nın yasasını çiğneyenlerin "delilik, körlük ve akıl hidde ti" ile cezalandırılacaklarını söylerken, kelimeleri hiç yuvarlamaz. Zihinsel ve duygusal bozukluğu tıbben iyileştirilebilir, doğal durumlar olarak açıklama girişimleri Hipokrat dönemine dek gitse de, akıl hastalığı olanların bir tanrı tarafından cezalandırıldığı ya da şeytanın eline düştüğü inancı yüzyıllar boyunca benimsendi.



Bilimsel tedavi yokluğunda, akıl hastalığı olanlar mucizevi şifa arayışlarına girdiler.

Romalı devlet adamı ve MÖ 1. yüzyıl düşünürü Cicero, insan duygularını bugün psikolojik diye adlandırabileceğimiz bir bağlamda açıklayan ilk kişilerden biriydi. Cicero insan duygu ve davranışlarında önemli rol oynayan dört heyecan ya da tutkudan bahsetmişti: korku, üzüntü, sevinç ve libido (şehvetli arzu). Akıl hastalıklarına benzer şekilde, ruhsal hastalıklar da aşırı tutkulardan ve mantık ile uslamlama eksikliğinden kaynaklanıyordu.

Öte yandan sağlığı, vücut sıvılarının denge hali olarak gören Galen, zihinsel sağlığın da tutkular arasındaki uyuma bağlı olduğunu öne sürdü. Uslamlama hataları yapılırsa bunlar eğitimle düzeltilebilirdi.

Sonraki nesiller binayı bu klasik temellerin üzerine inşa ettiler. Ortaçağ hekimleri akıl hastalıkları için daima doğal açıklamalar aramış, özellikle de vücut sıvılarındaki dengesizlik, duygusal ve fiziksel stres ve kötü beslenme üzerine odaklanmışlardı. Dolayısıyla da beslenme ve ilaçlara dayalı tedaviler önerdiler; özellikle de bitkisel ilaçlara.

17. yüzyılda Jan Baptista van Helmont, afazi (söz yitimi) de dahil, beyin hasarından kaynaklanan bazı davranışsal anormallikleri gözlemledi ve tanımladı. Van Helmont bu davranışların nedenini bilimsel araştırmanın yeni ilkelerine göre açıklamaya çalıştı.

Bu arada, 1800'lerde Amerika ve Avrupa'da zihinsel engelliler genelde mahzenlere, hatta kafeslere kapatılıyor, rahatsızlıkları, bugün fiziksel şiddet ve suistimal diyebileceğimiz tekniklerle tedavi ediliyordu. Akıl hastanesini ziyaret eden Massachusetts'li bir reformcu şunları yazmıştı: "Hastalar sopayla dövülüyor, kırbaçla itaate zorlanıyordu." Avrupa ve ABD'de gerçekleştirilen devlet reformları daha insani uygulamaları zorunlu kıldı. Örneğin, 1865'te ABD'de yürürlüğe giren Willard Yasası'na göre kronik deliliği olan kişiler düşkünler evinde değil, devlet kontrolündeki akıl hastanelerinde kalıyordu. Durumu iyileşenler ise kolonilere, çiftliklere ve bakıcı aile yanına gönderiliyordu.

Nöroloji alanındaki araştırmalar ilerledikçe ve psikiyatri, psikoterapi ve psikoanaliz uygulamaları kabul edilebilir bilimsel yöntemlere dönüştükçe zihinsel engellilerin tedavileri de gelişme gösterdi.

Psikoaktif ilaçlar bugün duygusal hastalıkların başarılı tedavisinde büyük rol oynuyor. Yan etkilerine rağmen psikoterapik ilaçlar depresyon, yeme bozukluğu, panik atak ve saplantılı-zorlanımlı rahatsızlık gibi pek çok sorunun tedavisinde etkili sonuçlar yaratmaya devam ediyor.

Bu ilaçların en önemlileri antidepresanlar ve yatıştırıcılar. Serotonin geri alım engelleyicileri (SRI'ler), zihinsel dengeyi korumaya yardımcı, doğal bir beyin kimyasalı olan seretonini arttırarak depresyonu azaltıyor. Yatıştırıcı sınıfı ilaçlar ise korku, kaygı, gerilim ve heyecanı azaltmada kullanılıyor. Öte yandan, antipsikotik ajanlar ya da nöroleptikler, şizofreni ve diğer psikozların tedavisinde kullanılıyor. Hafif yatıştırıcılar ya da kaygı dindiricilere ise kaygının daha hafif türleri için başvuruluyor.



LOBOTOMİ
1940'larve 1950'lerde uygulanan cerrahi bir prosedür olan lobotomiyi izlemeye çalışan gözlemciler öne doğru eğilirken görülüyor. Lobotomiyle kaygıdan yakınan hastayı tedavi etmek üzere prefrontal (alın bölgeleri) loplar beyinden ayrılıyor.

ayırmayı başardıktan sonra, hayvanların seyri iyiye gitmişti. Uygulama aynı şeyin insan beyni üzerinde de benzer etkiyi gösterip göstermeyeceği sorusunu akla getirdi. Prefrontal lopları –beynin duygu, öğrenme ve sosyal davranış merkezi olan en öndeki lopları– ayırmak belki de hasta ve sevdikleri için yaşamı zorlaştıran şiddetli kaygı, üzüntü, travmatik anılar, şiddet eğilimi (vb) gibi zihinsel durumlardan muzdarip kişilerin yaşamlarını iyileştirebilirdi.

Uygulamayı denemek isteyen Portekizli nörolog Antônio Egas Moniz, 1930'larda lobotominin öncülüğünü yaptı. Egaz Moniz beyin merkezi ile prefrontal loplar arasındaki dokuya ulaşabilmek için alnın iki yanına delikler açma yöntemini geliştirdi. Egas Moniz önce dokuyu alkol ile öldürüyor, ardından ince bir tel ile kesmeye başlıyordu.

Egaz Moniz'in ameliyatları aşırı korku, gerilim ve kaygı vakaları ile bazı şizofreni ve paranoya türlerinde iyi sonuç verdi. Nörolog 1949'da geliştirdiği uygulamanın tedavi edici özelliğine karşılık tıp dalında Nobel Ödülü'ne layık görüldü ancak prosedür baştan itibaren ağır eleştirilere hedef oldu. Bugün dünyanın pek

çok yerinde yasa ve yönetmelikler lobotomi kullanımına sınırlamalar getirir. Lobotomi uygulamasından kısa süre sonra, davranışları yatıştırmaya ve zihinsel sorunları olanların yaşamını iyileştirmeye yönelik yeni bir teknik geliştirildi: ilaçlı tedavi.

1950'lere gelindiğinde beynin, sinir uyarılarını ileten ve düşünce ile ruh halini denetleyen "mesaj taşıyıcı" kimyasallarla dolu olduğu herkes tarafından kabul edilmişti. Araştırmacılar psikoaktif ilaçların ağır zihinsel vakaları kontrol altına almada etkili olabileceğini düşünmeye başladılar. Manik-depresyon için, yaygın bir metalik element olan lityum tuzu geliştirildi; şizofreni içinse bir antipsikotik ajan olan thorazine (ya da chloropromazine). Zaman içinde ruh halini yükselten ya da yatıştıran, Parkinson hastalığının titremelerini dindiren ve hiperkinetik çocukları sakinleştiren çok sayıda ilaç geliştirildi. Hafif sakinleştircilerden Valium, 1960'larda kısa bir süreliğine ABD'de reçeteyle en çok verilen ilaç oldu.

Beynin mesajcı kimyasalları ile, kimyasalların bağlandığı özel reseptör bölgeleri hakkında daha fazla bilgi edinildikçe ilaç kimyagerleri doğal sinir iletici lerini taklit ya da bloke etmenin yeni yollarını görmeye başladılar. Beyin ve sinir sistemi fizyolojisi, bu yeni dalga psikoaktif ilaçların tasarımında önemli rol oynuyordu. Örneğin, Prozac gibi, 1990'larda büyük ilgi uyandıran antidepresan ajanlar, doğal yolla ortaya çıkan serotoninin, yani sinir hücreleri arasındaki küçücük alanlarda yer alan sinir iletici lerin, kullanılabilirliğini arttırıyordu. Bugün bazı uzmanlar kimyasal bileşenlerin önümüzdeki yüzyıl içinde en sıradışı olanlar hariç, tüm zihinsel rahatsızlıkları kontrol altına alabileceğine inanıyor.

Fiziksel ve ilaca dayalı tedaviler 20. yüzyılda zihin sağlığının iyileştirilmesinde başarı sağladılar ama konuşma, dinleme, analiz ve kişisel etkileşim de aynı başarıyı sergiledi. Bunların tümü 20. yüzyıl başında psikoterapi diye bilinen dalın bileşenleriydi. Psikoterapi bugün anormal davranışı normalize etmek amacıyla sözlü ya da sözsüz iletişime dayalı çok sayıdaki tekniği kapsayan genel bir terimdir.

İlaç, şok ya da cerrahiden tamamen farklı olan psikoterapi yöntemi, hastaların neden belli bir şekilde davrandıklarını anlamalarını sağlayarak ya da sorunlu davranışları belirleyip değiştirmelerine yardımcı olarak düzensiz zihni yeniden düzenlemeyi hedefler. Bazı tekniklerde hastalardan serbest çağrışıma başvurmaları ve düşüncelerini sakınmadan bildirmeleri istenir. Terapistle yapılan konuşma sayesinde hasta sorunlarını dışa vurur. Bir açığa çıkarma eylemi olan dışavurum, terapistin de desteği sayesinde, hafif depresyonla ve kimlerinin normal nevroz diye adlandırdığı durumla başa çıkmak için gereken tek şey olabilir. Konuşma terapisi tam anlamıyla etkili olmadığında ise kimileri daha yoğun bir yaklaşım olan psikanalize inanır. Psikoanaliz hastanın geçmişine dönerek duygusal sorunları için daha köklü nedenler arar.

Psikoanalitik teorinin en ünlü savunucusu Avusturyalı nörolog Sig-

PSİKOCERRAHİ

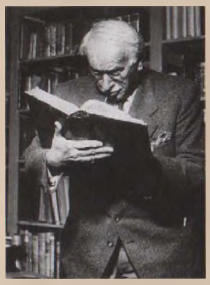
1940'lardan psikoaktif ilaçların kullanıma girdiği 1950'lere dek çok sayıda lobotomi gerçekleştirildi. Psikocerrahi bugün hâlâ beynin çok daha küçük bölgeleri üzerinde gerçekleştirilse de, buna alınacak diğer tüm seçeneklerin başarısız olduğu ender durumlarda başvuruluyor.

mund Freud'du. Freud'un, insan davranışı ve zihnin işleyişine ilişkin 20. yüzyıl görüşleri üzerinde büyük etkisi oldu. Freud "bilinçdışı" diye adlandırdığı yeni bir fikir geliştirdi. Bilinçdışı insan bilinci içindeki, güçlü etkiler yaratan ve çoğunlukla da akıl hastalıklarının en hafifi nevroza yol açan bir tür kuvvet ya da araçtı.

Freud kimsenin kazara bir şey söylemediği ya yapmadığı teorisini geliştirdi. Ona göre dil sürçmesi, yanlış anlama ve hatalı algıların tümü, çoğu zaman kişinin kendisi tarafından bile gözardı edilen duygu ve tavırların depolandığı bilinçdışından kaynaklanıyordu. Freud'a göre rüyalar "zihnin bilinçsiz aktivitelerini anlamaya doğru giden muazzam bir yol"du ve rüya analizi de birçok

FREUD VE JUNG

Sigmund Freud ile Carl Gustav Jung'un psikoanalitik teorileri, insan davranışı ve zihinsel sorunlara yönelik 20. yüzyıl görüşlerini büyük ölçüde etkiledi. Psikoanalitik yöntem genellikle Freud'a atfedilse de, yönteme itici gücünü sağlayan, Freud'un meslektaşı Josef Breuer'in "konuşma kürü" idi. Hastalarını travmatik anıları anımsamaya ve onlarla yüzleşmeye yönlendirerek histeriyi yatıştıran Breuer, tedavilerinde hipnotizmayı da kullanıyordu. Freud ise bağımlılığı arttırdığına inandığı için hipnotizmayı bırakmaya karar vermişti. Freud'un, ilk başta ruhsal analiz adını verdiği, konuşmaya dayalı analizi, hastaların düşüncelerini serbestçe gözden geçirerek paylaşmalarına olanak sağlıyor, terapist tarafından gözlemlenerek yorumlanmalarını gerektiriyordu.



Carl Jung ortak sembollerin, insan davranışının büyük bölümüne hükmettiğine inanıyordu.

Freud'un kendisi de yoğun psikanalizden geçmiş, geçmişinin, gizli duygularının ve rüyalarının derinine inmişti. Sonunda rüyaların bilinçli ve bilinçsiz arzularla, özellikle de cinsel arzularla ilintili olduğu ve hem zihne, hem de onun gizil dürtülerine açılan bir kapı olduğu sonucuna vardı. Bu nedenle de bebeklikteki oral aşamadan başlayarak, ilk çocukluktaki karşı cinsten ebeveyne hissedilen yakınlıkla devam eden ve yeniyetmelikteki ebeveynden uzaklaşmayı da içeren psikocinsel gelişim süreci, psikolojik teorilerin kilidi haline geldi.

Freud'un öğrencilerinden Jung, psikonevrozda cinsel etkenleri daha az vurgulayarak kendi analitik psikoloji okulunu başlattı. Jung "libido" denen içgüdüsel biyolojik dürtünün yalnız cinsel dürtülere değil, aynı zamanda tüm insan davranışlarına rehberlik eden doğal enerji "yaratıcı kuvveti" de içerdiğine karar verdi. Freud'un aksine Jung, cinselliğin ergenliğin hemen öncesine dek, insan davranışında önemli bir etki yaratmadığına inanıyordu.

Jung'a göre bilinçdışı zihin, kişinin farkında olmayabileceği bazı kişisel dürtü ve deneyimleri içeriyordu Bunlar insanın atalarından gelen tutumlardı, yani ortak ırksal bilinç. Ortak bilinç, "arketip" denen atasal düşünce kalıplarını da kapsıyordu. Arketipler, rüya ve mitlerde su yüzüne çıkan ve tüm insanlığı yönlendiren türden bilgelik içeren ortak bir imgeler ve semboller hazinesiydi.

Freudcu ve Jungcu görüşler 20. yüzyılın ortalarında en iyi zamanlarını yaşadı. Bu görüşler sonraları zihinsel sağlık uzmanlarınca daha az benimsense de, etkilerine yalnız terapide değil, diğer alanlarda ve popüler kültürde hâlâ rastlamak mümkün.

sırrı açığa çıkarabilirdi.

Freud'un teorisine göre zihin üç kısma ayrılıyordu: id, ego ve süperego. İd tamamen bilinçsizdi ve içgüdüsel uyarıların ve ilkel gereksinimlerin kısa sürede tatminine yönelik taleplerin kaynağıydı. Ego bilinçliydi; benliğin kendine yönelik farkındalığıydı ve kendisini düşünce, davranış ve karar alma ile ifade ederdi. Süperego ise yargılayıcı ve yasa koyucuydu; zihnin doğruyu yanlıştan ayıran kısmıydı ve genelde zihnin diğer kısımlarıyla, özellikle de id ile çatışırdı.

Freud ciddi çatışmaların duygusal zorluklar yarattığına inanıyordu. Ona göre bu çatışmaların çoğu, ilk cinsel arzulardan kaynaklanmaktaydı. Toplum bu arzuları utanç ve yargıyla damgalayarak, onların çoğu zaman bastırılmalarına –bilinçdışına gönderilmelerine– neden oluyordu. Bastırılan arzular ise ileride antisosyal ya da özyıkımcı olabilecek davranış ve tavırlarla kendini gösteriyordu.

Freud psikolojik teorilerinde cinselliği önemle vurgularken, öğrencisi Carl Gustav Jung da insan varlığına ilişkin diğer etkenlerin davranışı aynı kuvvetle uyardığına inanıyordu. Jung'un en ünlü katkılarından biri, insanları içedönük veya dışadönük diye iki şekilde sınıflandıran teorisiydi: gereksinimlerini karşılamak için daha çok kendilerine dönenlere karşın, kişisel tatmin için başkalarını arayanlar. Jung, Freud'un belirlediği zihnin üç bölümüne bir tane daha ekledi: ortak bilinçdışı. Jung'a göre insanlık temelde yatan ortak bir mitler, semboller ve inançlar hazinesini paylaşıyordu ve bu etkiler tüm insan davranışlarında, tüm zamanlarda etkindi.

DAVRANIŞIN KÖKENLERİ

19. yüzyılın ikinci yarısında yeni bir dalın, yani "insanbilim"in gelişimiyle birlikte insan kültürleri üzerine çalışmaların alanı genişledi.

20. yüzyılın başında Franz Boas ve ondan yarım yüzyıl kadar sonra Calude Levi-Strauss gibi önemli insanbilimciler, toplumların insan yaşa-

SIGMUND FREUD

Psikoanalizin öncüsü

1856
6 Mayıs 1856'da Moravya, Freiberg'de doğdu.

1873
Liseden iftihar derecesiyle mezun olarak, tıp eğitimi almak üzere Viyana Üniversitesi'ne girdi.

1881
Viyana'da bir psikiyatrın yanında klinik asistanlığına başladı.

1885
Kokainin tıbbi etkilerini araştırdı; ağrı kesici etkilerini keşfetti.

1892
Terapist olarak, psikiyatrik değerlendirme ve tedavide kullanılan "serbest çağrışım" tekniğini uygulamaya başladı.

1895
Josef Breuer ile birlikte *Histeri Üzerine Çalışmalar* kitabını yazmaya başladı.

1897
Kendi kendini analize başladı.

1900
Yayımladığı *Rüyaların Yorumu* adlı kitabında bilinçdışı teorisini ileri sürdü.

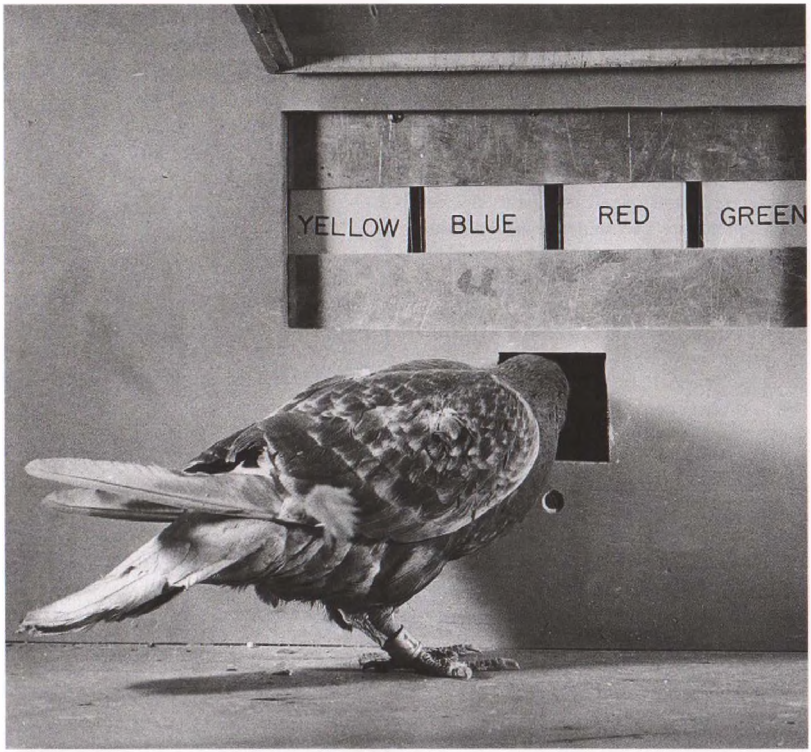
1905
Cinsellik, Fıkralar ve Onların Bilinçdışıyla Bağlantısı Üzerine Üç Makale ve *Bir Histeri Vakasının Analizinden Notlar (Dora)* adlı kitaplarını yayımladı.

1919
Viyana Üniversitesi'nde tam zamanlı profesörlüğe başladı.

1935
Britanya Kraliyet Tıp Akademisi'nin onur üyeliğine seçildi.

1938
Nazilerden kaçarak Avusturya'dan ayrıldı ve İngiltere'ye yerleşti.

1939
23 Eylül'de Londra'da öldü.



SKINNER'İN GÜVERCİNİ

Amerikalı psikolog B. F. Skinner davranışsal psikolojiye yönelik görüşlerini test etmek için güvercinlerden yararlandı. Büyük bir titizlikle planladığı ödül ve ceza programları ile kuşları eğiterek karmaşık davranışlara yönlendirdi.

mını düzenleyen ve ona anlam katan örgütsel sistemler olarak görülmesi gerektiğini ileri sürdüler. Her kültür bu hedefleri gerçekleştirmeye yönelik kendine özgü ama eşit derecede geçerli araçlar geliştirmiştir. Bu nedenle de kültür insan gelişimini, zihin ve bedeni etkiler. Boas bir yazısında konuyla ilgili şunları söylemişti: "Bireyin davranışı ırksal yakınlığı değil, atalarının karakteri ve kişinin kültürel ortamı tarafından belirlenir."

Brüksel doğumlu ve Paris eğitimli, yapısal insanbilim uzmanı Lévi-Strauss, kültürü tıpkı dil gibi bir iletişim sistemi olarak görüyordu. Çalışmalarının çoğu insan zihnindeki evrensel yapıları belirlemeye yönelikti. Onları, mitlerdeki, sembollerdeki ve toplumsal örgüt biçimlerindeki yansımalarına bakarak bulabileceğine inanıyordu. Bir yazısında şöyle diyordu: "Ben insanın mitlerde nasıl düşündüğünü değil, mitlerin insan zihninde, hiç fark ettirmeden

nasıl işlediğini gösterdiğimi iddia ediyorum."

İnsanbilimciler dikkatlerini kültürel davranışlara çevirdiğinde, psikologlar da insan ve hayvan türlerinin davranışlarını incelemenin yeni yolları üzerinde çalışıyor, öğrenme ve çiftleşme gibi evrensel deneyimlerin işleyişini araştırıyorlardı. Hayvan davranışları konusunda araştırmacıların amacı, hangi davranışların genetik aktarıma, hangilerinin bireysel öğrenmeye bağlı olduğunu belirlemekti.

Etolojinin, yani hayvan davranışbiliminin babası sayılan, Avusturyalı hayvanbilimci Konrad Lorenz'ın bakış açısı, genetik aktarıma yakındı. Lorenz, örneğin, yeni doğan bir kuşun gördüğü hareket eden ilk büyük cismi –ister kuş olsun ister insan– kendi türünün üyesi olarak algıladığını ortaya koydu.

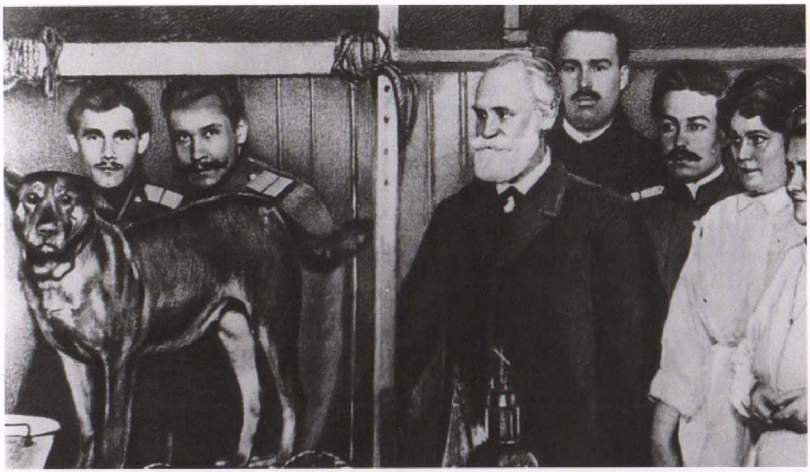
Davranış, genetik ve evrim alanındaki çalışmaların belki de en kışkırtıcı ve tartışmalı sentezleri 1975'te ortaya çıktı. Bu tarihte Harvard biyoloğu Edward O. Wilson –karınca kolonileri ve hindi sürülerindeki örgütlenmeden, insan toplumsal örgüt ve geleneklerine dek– birçok hayvan davranışının evrimsel adaptasyonların ve genetik geçmişin bir sonucu olarak görülebileceğini öne sürdü. Wilson'ın teorisine göre, bir zamanlar insan doğasına özgü olduğu düşünülen özverili insan davranışları aslında akkarıncalar arasındaki içgüdüsel işbirliğinden çok da farklı olmayabilirdi. İnsanın kur yapma kalıpları ise oklu kirpi ve tavuskuşlarına hayret verici derecede yakındı. Entelektüel anlamda ilgi çekici olsa da, Wilson'ın görüşü hümanist bağlamda ağır eleştiriye maruz kaldı.

Saldırılardan payını alan bir diğer davranışbilimcisi de Amerikalı psikolog B.F. Skinner'di. Skinner davranışların daha çok kişinin çevre ile olumlu ve olumsuz etkileşimleri sonucunda öğrenildiğini iddia etti. İnsan davranışını iç değil, dış etkilerin şekillendirdiği ve –uzun süredir çoğu insan davranışında önemli rol oynayan içsel güdüler olarak görülen– özgürlük ile özgür irade gibi kavramların birer yanılsama olduğu konusunda ısrarcıydı.

İnsanlar gerçekten de ödül ve cezayla kontrol altında tutulur, diyordu Skinner. Skinner, davranışları biçimlendirmede koşullandırmanın oynadığı rolü sergileyebilmek için bilimsel deneyler tasarladı. Araştırmacılar çeşitli hayvanların –fare, sıçan, güvercin ve insan– eylemlerini değiştirmeyi ve öğrenmelerini yönlendirmeyi basit bir yöntemle başardılar; istenen hareketleri ödüllendirme ve istenmeyen hareketlere karşılık ödülü bekletme ya da olumsuz yanıt verme.

Bu yöntemler, doğrudan Skinner ile ilişkilendirilen, insan ve hayvan psikolojisine yönelik "darvanışçılık" teorisinin temelini oluşturdu. Davranışçılığın başlangıcı, 19. yüzyıl sonunda yaşayan Rus nörolog Ivan Pavlov'un çalışmalarına dek gider. Titiz bir deneyci olan Pavlov, sinir, dolaşım ve sindirim sistemleri arasındaki bağlantıyı inceledi.

Pavlov birkaç köpeğin midesine tüp yerleştirerek, çalışmalarında kullanmak üzere mide sularını topladı. Çalışma esnasında Pavlov köpekle-



PAVLOV'UN KÖPEKLERİ

Rus fizyolog Ivan Pavlov, zil sesini yiyecek ile bağdaştıran köpeklerin, zil sesini her duyduklarında, ortada yiyecek olsa da olmasa da salya akıttıklarını keşfetti.

rin yiyecek bekledikleri zaman salya akıttıklarını fark etti; normal bir refleksti bu. Pavlov daha sonra köpekleri, başka bazı uyarıcıları –zil sesi, ya da elektikli şok– yiyecekle ilişkilendirmek üzere eğitebileceğini keşfetti. Uyarı geldiğinde yakınlarda yiyecek olsa da olmasa da köpeklerin salyası akıyordu. Hayvanlar, Skinner'in davranışçı psikolojisinin özünü oluşturan "şartlı refleks"i edinmişlerdi.

Skinnerci terapi biçimleri genelde Freudcu bilinçdışını daha az vurgular ve hastanın geçmişinde yatanları fazla önemsemez. Davranışçı terapistler daha çok halihazırda deneyimlenen davranış ve zorluklara odaklanırlar. Teoriye göre nevroz ve psikoz bilinçdışı bastırmadan kaynaklanmaz; onlar hastanın öğrendiği kötü alışkanlıklardır ve değiştirilebilirler. Tıpkı Pavlov'un köpekleri gibi sorunlu hastanın davranışı şartlandırılabilir. Aslında bu mantığa göre insanların, akıl sağlığı kazanmak için doktor-hasta ilişkisine girmelerine de gerek yoktur. İstenmeyen davranışları ortadan kaldırmayı kendi kendilerine öğrenebilirler. Doğal olarak Skinner'in pek çok görüşü tartışmaya yol açtı. Eleştirenler bu görüşlerin duygudan yoksun olduğunu söyleyerek, insanlar da belli bir biçimde yürümek üzere eğitilmiş güvercinler gibi şartlandırılabilir mi ya da şartlandırılmalı mı sorusunu sordular. Eleştirenler ayrıca Pavlov'un modern öğrenme teorilerini ve gelişimin doğal aşamalarını gözardı etmekle de hata yaptığını savundular.

İsviçreli psikolog Jean Piaget'nin ileri sürdüğü insan psikolojisi teorisi ise çocukluk gelişim sürecinin aşamalarına özel bir önem atfediyordu. Çocukların entelektüel ve bilişsel gelişimleri konusunda bir öncü olan Piaget'ye göre dünyaya uyum sağla-

ma sürecinde tüm insanlar evrensel ve belirlenebilir aşamalardan geçiyordu.

Örneğin, varlıklara hükmetmekten soyut düşüncelere hükmetmeye; tatmin talep etmekten gereksinimleri toplumun taleplerine göre ayarlamayı öğrenmeye doğru geçiş yapılıyordu. Piaget'ye göre çocukluk dört aşamadan oluşuyordu: iki yaşına kadar duyusal ve motor gelişim aşaması; yedi yaşına kadar rasyonellik öncesi aşama; yedi ile on bir yaş arasında somut işlemleri kusursuzlaştırma aşaması; ve on yedi yaşına kadar daha resmi ya da soyut işlemleri öğrenme aşaması.

Çevresel konulara odaklanan Skinner'in ve duygular ile içgüdüleri vurgulayan Freud'un aksine Piaget, düşünmeyi ve varlıkları ve düşünceleri idare etmeyi önemsiyordu: diğer bir deyişle "biliş"i. Piaget, evrensel gelişim aşamaları anlayışını, dünyayı anlamaya hevesli, rasyonel, zeki bir çocukta görülebilecek gelişim kalıpları üzerine kurgulamıştı. "Eylem halinde gözlemlediğimiz bir bebeğin aklından geçenleri bilebilseydik, şüphesiz ki piskolojiyle ilgili her şeyi anlardık."

Ancak yaşam çizgisinin uzak ucunda da pek çok psikolojik zorluk yatıyordu. Her altı yaşlı Amerikalıdan biri depresyondan, elli yaşlıdan biri de psikotik bozukluklardan muzaripti. 85 yaş ve üzerindekilerin yüzde 35'i Alzheimer hastalığı dahil, bir tür bunamaya yakalanıyordu.

Eski dönemlerde yaşlıların duygusal sorunlarına fazla ciddi yaklaşmamak kanıksanmış bir durumdu. Örneğin, söylentiye göre Tiberius Caesar, 60 yaş üstündeki birinin hekimden nabzına bakmasını istemesinin saçma olduğunu ifade etmişti. İleri yaşta ortaya çıkan tüm zihinsel sorunlar yıllar boyu yaşlılık adı altında anıldı. Kısa süre öncesine dek demansın (bunama) pek çok türü henüz sınıflandırılmamıştı ve yaşlanan beynin kimyası hakkında pek az şey biliniyordu.

Geriatrik gelişim konusuyla ilgilenen ilk psikologlardan biri Erik Erickson'du. Erickson in-

IVAN PAVLOV

Şartlı reflekslerin kaşifi

1849
14 Eylül'de Rusya, Ryazan'da doğdu.

1875
St. Petersburg Üniversitesi'nden mezun oldu, Imperial Tıp Akademisi'nde asistanlığa başladı.

1879
Tıp Akademisi'ni bitirerek altın madalya aldı.

1883
Dinamik kalp sinirlerini keşfetti, tıp doktorluğu tezini sundu.

1890
İmperial Tıp Akademisi başkan ve profesörü oldu.

1890
Deneysel Tıp Enstitüsü'nün fizyoloji bölüm başkanı oldu.

1897
Belli Başlı Sindirim Bezlerinin İşleyişi Üzerine Dersler adlı çalışmasıyla, sindirim araştırmalarını yayımladı.

1903
Şartlı refleksler üzerine çeşitli bulgular içeren "Deneysel Psikoloji ve Hayvanların Psikopatolojisi" adlı makaleyi okudu.

1904
Sindirim bezleri üzerine çalışmasıyla, fizyoloji yani tıp dalında Nobel Ödülü'nü aldı.

1921
Lenin imzalı özel devlet ödülüne layık görüldü.

1935
Rus hükümeti şartlı refleks çalışmaları için laboratuvar yaptırdı.

1936
27 Şubat'ta Leningrad'da öldü.

AKIL HASTALARI KİMLERDİR?

Yıllar önce, bir psikiyatri merkezi olan Boston Devlet Hastanesi'nin yöneticisi Dr. Jonathan Cole'dan zihinsel hastalığı tanımlaması istenmişti. Dr. Cole'nin yanıtı, konunun karmaşıklığını gözler önüne serer niteliktedir. "Zihinsel hastalık," demişti Dr. Cole, "bugün psikiyatrların bile tanımlamakta zorlandıkları bir konu. Sözkonusu tanım tam bir karmaşa halini almış durumda... Müşterilerimizin çoğu sıkıntı içindeki insanlar."



PET -pozitron emisyon tomografisi- işler haldeki beynin görüntülemesini gerçekleştirir.

Bugün Dr. Cole'nin sözünü ettiği sıkıntı, geniş kategoriler altında ve beyin ile zihin hastalıkları ve bozukluklarına ilişkin spesifik sınıflandırmalar dahilinde analiz edildi. Çocukluk döneminde yaşanan suiistimal ya da duygusal yoksunluk gibi çeşitli psikolojik etkenlerin yol açabileceği nevrozlar, çok sayıdaki zihinsel hastalıklar içinde en yaygın görülenleridir. Bunlar genelde diğerlerine kıyasla daha tedavi edilebilir nitelikteki hafif bozukluklar olarak değerlendirilir. Herkes arada bir kaygı ve depresyon atakları yaşar; günlük yaşamın iniş çıkışlarına karşı normal tepkilerdir bunlar. Yine herkes kıskançlık, nefret, korku, suçluluk ve yetersizlik duygusu nöbetlerine kapılabilir. Tüm bunlar, profesyonel tedavi gerektirmeyen normal nevrozlar diye adlandırılabilecek hafif şiddetli deneyimler olabileceği gibi, kontrolden çıkarak kişiyi etkisi altına da alabilir; tıpkı klinik depresyon, paranoya, saplantılı-zorlanımlı rahatsızlık türü psikolojik bozukluklar ve travma sonrası stres sendromu gibi.

Psikoz, kendisini sanrı, halüsinasyon ve gerçeği kavrama ya da dürtüleri kontrol etme yetersizliği ile belli eden, daha şiddetli bir zihinsel hastalık durumudur. Başlıca psikozlar arasında şizofreni (kişiyi normal günlük yaşamdan koparan bir zihinsel rahatsızlık) ve (sırayla mani ve depresyon seyrini izleyen) çift kutuplu rahatsızlık sayılabilir. Bu hastalıkların bazılarına -örneğin, şizofreni- kalıtımsal genetik etkenlerin neden olduğu söylenebilir, bazılarına ise belli sinir ileticilerdeki dengesizlik ya da uygunsuz aktivitelerin. Beyindeki organik bir hastalığın yol açtığı Alzheimer hastalığı ise mikroskobik beyin lezyonları ve sinirlerin içinden geçerek onları etkileyen mikroskobik fibrillerle (lif) kendini gösteren dejeneratif bir rahatsızlıktır. Sonuç zihinsel bozukluk, akıl karışıklığı, yön bulma bozukluğu, bellek kaybı, konuşma bozukluğu ve sonunda tam zihinsel kapasite kaybıdır.

Zihinsel hastalığı olanların bazıları, günümüzde psikologların "kişilik bozuklukları" diye adlandırdıkları rahatsızlıktan muzdariptir. Bu kişiler içinde durumu en şiddetli olanlar, çoğunluğu hiçbir zaman teşhis ve tedavi edilemeyen sosyopatlar ve psikopatlardır. Sözkonusu bireylerin bir kısmı, karşılıksız çek yazmak, uyuşturucu kullanmak ya da cinsel sapkınlık gibi çeşitli antisosyal davranışlardan dolayı hapse girer. Sevgi, sadakat, anlayış ya da pişmanlık gibi duygular psikopat zihne yabancıdır. Süregiden adaptasyon bozukluğunu içeren sosyopat davranışlar ise biyokimyasal ve sosyal etkilerin değişen oranlarda bileşimiyle ortaya çıkan zihinsel hastalıklara klasik bir örnektir.

Eskiden uzmanlar zihinsel hastalıklar listesine zihinsel yetersizliği olanları ya da zihin özürlüleri (günümüzdeki daha özenli söylenişiyle zihinsel engellileri) de dahil ederlerdi; yani, beyin gelişimi bir noktada durmuş olan ya da doğuştan gelen organik yetersizlik veya kafa travmasından dolayı öğrenme güçlüğü çeken kişiler. Bugün artık normal altı entelektüel gelişimin genellikle doğuştan gelen nedenlerden, beyin hasarından ya da hastalıktan kaynaklandığını biliyoruz. Sinirbilimciler hastalık nedenlerini ve iyileştirme yollarını araştırmayı sürdürürken, tedavi paradigmaları da bu insanlara mümkün olan en kaliteli yaşamı sağlamaya çalışıyor.

san yaşamını sekiz aşamalı bir senaryoya ayırmış ve her aşamanın yüzleşilmesi ve çözülmesi gereken bir krizi –yıkıcı bir olay değil, bir dönüm noktasını– içerdiğini ileri sürmüştü. Her çözümün ardından sağlıklı gelişim devam edecekti. Erickson'un sekizinci ve son aşamasında kişi kendini bırakmama ile ümitsizliğe kapılma arasındaki çelişkiyle yüzleşiyordu. Bu zorluk yaşamın ilerleyen yıllarında, kişinin yaşamını değerlendirmeye başladığı dönemlerde ortaya çıkıyordu. Her şey yolunda giderse ödül, bilgelikti.

Davranışların yalnızca içsel dürtülerle açıklanabileceğinden şüphe duyan bazı psikologlar, sosyal psikoloji dalını geliştirdiler; yani, başkalarının kişinin davranışları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışma alanını. Prusya doğumlu Amerikalı Kurt Lewin, grup dinamiklerini inceleyerek "alan davranış teorisi" ile ünlendi. Lewin'e göre insan davranışını tam olarak anlayabilmek ve öngörebilmek için, kişinin psikolojik alanındaki, veya Lewin'in deyişiyle yaşam alanındaki olayların bütünlüğünü kabul etmek gerekiyordu. İlişki kurduğumuz insanlar ve sosyal gruplar da dahil, psikolojik ve çevresel ortamımız kişiliğimize katkıda bulunuyor, davranışlarımızı şekillendiriyordu.

Lewin aynı zamanda Gestalt diye bilinen psikoloji teorisinin de savunucusuydu. Bu teoriye göre psikolojik, fizyolojik ve davranışsal deneyimin her tür özelliği "gestalt" olarak deneyimleniyordu ve bu şekilde analiz edilmeliydi. Almancadan gelen bu sözcük, "entegre bütünlük" anlamına geliyordu.

Gestalt teorisine göre, zihin parçaları değil, bütünü algılar. Örneğin, bir üçgen üç ayrı çizgi biçiminde değil, tek bir üçgen biçiminde algılanır. Zihin bir senfoniyi özel bir amaçla notalarına ya da enstrümantal bölümlerine ayrıştırmadan önce, bir bütün olarak algılar. Davranışın da aynı şekilde bir duruma karşı verilen bütünsel, birleşik bir tepki olarak görülmesi gerekir. Gestalt terapisinde kişi, biyolojik özellikleri ve

JEAN PIAGET

Gelişim psikolojisinin babası

1896
9 Ağustos'ta İsviçre, Neuchâtel'de doğdu.

1918
Bir psikolojik roman olan *Recherche*'yi yayımladı.

1918
Neuchâtel Üniversitesi'nde Bilim Doktorası'nı tamamladı. Tezi Valais'in mollusları üzerineydi.

1921
Çocuk psikolojisi üzerine çalışmaya başladı.

1924
Çocukta Karar Verme ve Akıl Yürütme'yi yayımladı.

1926
Çocuğun Gözüyle Dünya'yı yayımladı.

1929
Cenevre Üniversitesi'nde profesörlüğe atandı.

1936
Çocuklarda Zekânın Kökeni'ni yayımladı.

1940
Psikoloji Laboratuvarı'nın yöneticisi ve İsviçre Psikoloji Cemiyeti'nin başkanı oldu.

1955
Cenevre'deki Uluslararası Epistemoloji Merkezi'ni kurdu ve yönetti.

1972
Entelektüel gelişimin dört aşamasını tanımladı.

1972
Erasmus ödülünü kazandı.

1974
Bilincin Kavranması'nı yayımladı.

1980
16 Eylül'de Cenevre'de öldü.

onların organik işlevleri; dış dünyayla karşılıklı ilişkileri ve içsel psikolojik deneyimleriyle ele alınarak, bir bütün olarak tedavi edilir.

Geçerliliği olan tüm teori ve terapilere karşın, 20. yüzyıldan itibaren psikolojinin adının kötüye çıktığı da oldu. Kimi zaman, deneysel olarak doğrulanamayacak, acele varılmış genelleme ve önermelerıyle doğruluktan uzak bir bilim olmakla suçlandı. Tıp araştırmacıları beynin ve sinir sisteminin kimyasal ve fiziksel işleyişini daha iyi anladıkça, ilaç tedavisi zihinsel hastalıkların tıbbi tedavisinde; yani psikiyatride, tıpkı geçmişten beri başvurulan psikoanaliz kadar önem kazandı.

Birkaç yıl önce psikiyatrist Ronald D. Laing, delilik denen şeyin aslında toplumun kötülük ve çirkinliklerinin bir yansıması olduğunu ileri sürdüğünde, meslektaşlarının öfkeli tepkileriyle karşılaşmıştı. Laing şizofreniyi bir zihinsel hastalık değil, "kişilerarası ilişkilerdeki çöküş" olarak görüyordu. Amerikalı eğitimci ve düşünür John Dewey de psikolojiye şüpheyle yaklaşanlardandı. Dewey şöyle demişti: "Popüler psikoloji tam bir ikiyüzlülük, uydurma ve –büyücülüğün zirvede olduğu günlere layık– batıl itikatlar yığınıdır." Psikoloji teorileri tüm bu eleştirilere direnmeyi başardı.

BEYNE KULAK VERİLİYOR

Sinirbilim, beyni ve sinir sistemini ele alan bilim dalıdır. Sinirbilimciler beynin ve ona bağlı sinir ağının biyokimyasını, anatomisini ve elektrik bağlantılarını inceler. Sinirbilim araştırmaları ve sinir cerrahisi (nöroşirurji), tamamen psikolojik olarak tanımlanan kimi davranış ve sorunları anlama ve inceleme yolunda önemli yol kat edilmesini sağladı. Bu çalışma alanı ayrıca beyin hasarlarının ya da sinir sistemi bozukluklarının tedavisi için çeşitli yöntemlerin düşünülmesine –çoğu zaman geliştirilmesine– de yardımcı oldu.

Sinirbilimciler, Hipokrat'tan Galvani'ye dek uzanan, zihinsel durumların fiziksel etkilerini araştırma geleneğini sürdürdüler. Günümüz sinirbilimcilerinin ilk habercilerinden biri, 1758 doğumlu Alman fizyolog Franz Josef Gall'di. Gall beyinle, dolayısıyla da kişilikle ilgili bilgilerin insanın kafatasında yattığına inanıyordu.

1891 – 1987

1891
Rus doktor İvan Pavlov, şartlı refleksler üzerine çalışmaya başladı.



1900
Avusturyalı nörolog Sigmund Freud, *Rüyaların Yorumu*'nu yayımlayarak, rüyaların bilinçaltı arzuların tatmini görevini gördüğünü ileri sürdü.

1913
Amerikalı psikolog John B. Watson, bir psikoloji okulu olarak davranışçılığı geliştirdi. Konuyu daha sonra B. F. Skinner ele aldı.

Sonraları Viyana'da çalışan saygın doktor Gall, frenolojiyi (kafatası bilimi) geliştirdi: kafatası şeklini inceleyen çalışma alanı. Bu çalışma dalı, belirgin kafatası özelliklerinin bireyin kişiliği ve zihinsel kapasitesiyle ilgili ayrıntıları ele verdiğini ileri süren teoriyi temel alıyordu.

Gall insan beyni içinde 20'den fazla organı belirledi ve adlandırdı. Ona göre bu organlar insan kişiliğinin 20 yetisine karşılık geliyordu. Kişinin yetilerinin birleşimi baştan belirleniyordu ve eğitimle çok az değiştirilebilirdi. Söz konusu yetiler kavramı sayesinde Gall'in teorisi kişiliği beyinle ve kafatasıyla ilişkilendiriyordu. Gall'in, beynin fiziksel karşılığı olduğuna inandığı kafatası, kişinin belirgin kişilik özelliklerinin bir aynasıydı.

Gall kafatasının biçimini, girinti ve çıkıntılarını, belli bazı ahlaki, cinsel, duygusal ve entelektüel özelliklerle ilişkilendirmiş, hatta, tanrıbilimcileri memnun ederek, iyilik ve dini duygularla ilişkili çıkıntılar bile belirlemişti. (Gall'in araştırma ve gözleme dayanarak geliştirdiği) teori çok geçmeden şarlatanların ilgisini çekti ve gezici terapi seanslarına malzeme olarak, tıpkı fal bakar gibi, kafatasından kişilik okuma eylemine dönüştü. Ancak frenoloji tuhaf bir yol izleyerek –psikolojiye ve kişinin zihinsel durumuna dikkat çekerek– suçlular ve akıl hastaları konusunda aydınlatıcı bilgiler elde edilmesini sağladı.

Gall amaçtan sapmış olsa da, beynin bölgelerine ilişkin görüşleri, ilerleyen yıllarda, beyin yarımküreleri ve lopları ile onların insan davranışında oynadığı rolleri inceleyen çalışmalarda kendilerine yer buldular. Aslında günümüze ait beyin yapısı ve beyindeki özelleşmiş işlevlere yönelik yorumlar, Ortaçağ teori geleneğinden kaynaklanır. Algı, iletişim, bellek için, ayrıca bilimi anlama ve bir müziği takdir etme yetimiz için önemli rol oynayan korteks, beynin ön ve ortasından kat kat katlanmış bir küre görünümdedir. Sağ tarafı bedenin sol tarafındaki; sol tarafı da bedenin sağ yanındaki hareketleri denetler. Bu gerçek, antik Yunan'da bile gözlemlenmiş ve Aldini tarafından kadavra beyninin sağ tarafına uygulanan şokların, bedenin sol yanında kas hareketi yarattığı not edilmişti.

Sol yarımkürede hasar oluştuğun-

1929
Alman doktor Hans Berger, beyindeki elektriksel aktiviteyi ölçen elektroensefalografi geliştirdi.

1936
İsviçreli psikolog Jean Piaget *Çocuklarda Zekânın Kökeni*'nin yayımlayarak, genetik epistemolojiyi sundu.

1950
İngiliz matematikçi Alan Turing, yapay zekâyı ölçmek için bir yöntem geliştirdi, buna daha sonra "Turing testi" adı verildi.

1987
Antidepresan ilaç Prozac, Eli Lilly Corporation tarafından piyasaya sürüldü.

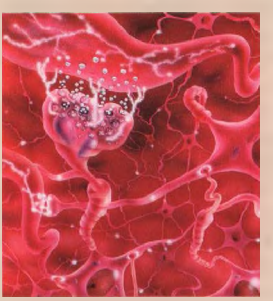


da, dilde bozukluklar oluşur. Sağ yarımkürede hasar olması halinde ise bellek sorunları kendini gösterir. Korteksin altında, daha ilkel bazı beyinsel yapılar, bedensel işlevleri denetler.

Sinirbilimciler yalnızca beyni değil, tüm sinir sistemini inceler. İspanyol nöroanatomist Santiago Ramón y Cajal, sinir sisteminin tüm bağlantılarını, kesişmelerini ve uzantılarını inceleyen sistematik bir çalışma gerçekleştirdi. (Belki de genç yaşlarda ayakkabıcılık ve berberlik yaptığı için) hünerli ellere sahip olan Ramón y Cajal, diseksiyonlarda izlediklerini ya da mikroskopta gördüklerini çizmeye yatkındı. Bu da bulgularını muhafaza etme konusunda oldukça işine yaramıştı. Ramón y Cajal, mikroskop altında incelediği beynin ya da sinirlerin hassas bölümlerine zerk edilmek üzere gümüş nitrat boyası geliştirmişti. Boya saye-

SİNAPTİK AĞ

Karmaşık sinir hücrelerinden oluşan devreleri ve sayısız yanıp sönen elektrik sinyalleriyle, insan sinir sistemi genellikle bilgisayarların içindeki birbirine bağlı elektrik kablolarına veya telefon ağlarına benzetilir. Makinelerde çiplerin ve transistörlerin yerine getirdiği merkezi operatör görevini, sinir sisteminde sinirler ya da sinir hücreleri gerçekleştirir. Dendrit denen uzantılarıyla çekirdekli yapıya sahip milyarlarca uyarı-taşıyıcı hücre, sinyaller gönderir ve alır. Bilimcilere göre ilk sinir (nöron) hayvanlarda bundan 500 milyon yıl önce ortaya çıktı; yani DNA molekülünün ortaya çıkışından yaklaşık 3 milyar yıl sonra.



Sinir hücrelerinde, diğer hücrelere doğru uzanan lifler, yani aksonlar, ayrıca dendritler ya da reseptörler yer alır

Çekirdekli basit hücre yapısının ötesinde nöronda (sinir hücresi) bir akson yer alır. Akson, komşu hücreye bağlanan ve hücreden gelen uyarıları ileten uzun bir sinir lifidir. Bir nöron ile aksonunun boyutu 2,5 milimetre ile 90 santim arasında değişebilir; yanyana dizildiği takdirde ise tüm sistemin boyu 4,8 milyon kilometreye ulaşabilir.

Ancak elektrokimyasal mesajları iletecek biyolojik bir şalter olmadıkça, sistem tıpkı (elektrik devresindeki bağlantıyı sağlayan) kontaksız bir araba kadar hareketsiz kalır. Sinir sisteminin kontağı ise sinapstır; yani, akson ucu ile hedef hücre arasında, bir inçin milyarda biri genişliğindeki çok küçük bir boşluk. Sinir uyarıları bu kesişim noktasından geçer. Uyarılar, iletici sinirin sonundaki yumru biçimli sinaptik tomurcuğa ulaştığında, tomurcuğun içindeki binlerce sinir-iletici molekülü barındıran küçük kürecikler, içlerindekileri boşluğa bırakırlar. Ardından sinir iletiçiler, hedef hücredeki reseptörlere bağlanır. Böylece belli bazı reseptör kanalları açılır ve kanallar sayesinde sodyum iyonlar hedef hücrenin içine doluşur, potasyum iyonlar ise hücreden ayrılır. Bu elektrokimyasal tepkime esnasında gerçekleşen iyon akışı, hedef hücre membranının belli bir bölgesini uyarır ve hücre içinde elektriksel uyarılar yaratır. Tüm bunlar sinirlerde ve beyinde gerçekleşse de biz onları bir düşünce, bir algı, bir duygu ya da bir rüya olarak deneyimleriz.

sinde sinir hücreleri ve liflerini benzersiz bir netlikle görülebiliyordu. Ramón y Cajal gördüklerini tropik ormanlara has sarmaşık ve karayosun ağlarına benzetmişti.

Ramón y Cajal, sinir sisteminin temel hücresi olan nöronun gelişimsel ve yapısal özelliklerini eksiksiz tanımlarla not almıştı. Sinir uyarılarının nörondan nörona nasıl aktarıldığını, sinir sisteminin çeşitli bölümlerinin nasıl bozulmaya uğrayıp, tekrar yenilendiğini ayrıntısı ile anlatmıştı. Ramón y Cajal'ın gözlemlerinin, modern sinir fonksiyonu teorisini ve sinirbilim alanında 20. yüzyılda gerçekleştirilen inanılmaz keşifleri olanaklı kıldığı konusunda hemen herkes hemfikir.

Ancak elbette araştırmacıların sinir sisteminin önemini kavramaları; sistemin şaşkınlık verici dallanıp budaklanan uzantılarını, Virchow ve Schwann'ın canlı hücreler bulgusunun ışığı altında değerlendirebilmeleri için daha fazla gözlem yapılması gerekiyordu. Sinir hücrelerinin temel yapısı ve onların bağlantıları, yani sinapsisler yavaş yavaş gün ışığına çıktı.

Sinir hücreleri, elektriksel uyarıların tetiklemesi sonucunda durmaksızın kimyasal mesajlar gönderir ve alırlar. Sinyaller hücreler arasında dolaşır, fiziksel, zihinsel ve iç bedensel işlevleri tetikleyen yeni iletiler oluştururlar. Çok küçük miktarlarda kimyasallar, hücreler arası bağlantıyı sağlayan akson adlı uzun lifler boyunca ilerler, hücreler arasındaki küçücük boşluklardan geçer ve sinapsis adlı reseptör hücrelere ulaşırlar. Hücreler kimyasal ileticileri serbest bırakır ve bu iletiler reseptörler tarafından alınarak, ağ üzerinden uzun sinir hücresi zincirleri boyunca gönderilir. Beyin anatomisinin özelliklerini kataloglamaya başlayan bilimciler, bir deniz salyangozunda 20.000, yeni doğan bir bebekte ise 100.000.000 beyin hücresi olduğunu keşfettiler. Ramón y Cajal'ın da dediği gibi, "Kendimizi öğrendiğimiz oranda dünyayı anlıyoruz."

Karmaşık yapılı sinir iletiler ağı daha iyi anlaşıldıkça, ağın içinde de çeşitliliğin bol olduğu görüldü. Her şeyden önce bazı nöronlar birkaç farklı sinir ileticiyi kullanarak haberleşiyordu. Ayrıca belli bir sinir iletici, anahtar-kilit tarzında yalnızca bir iki reseptör proteinle değil, birkaç düzineden fazlasıyla eşleşebiliyordu. Şaşırtıcı bir dallanıp budaklanma söz konusuydu. Bu kimyasal çeşitlilik, beyin hücrelerinin tahmin edilenden çok daha karmaşık bir tepki yetisine sahip olduğunu ortaya koyuyordu. Duyularımızın renk, ses, tat, koku ve dokudaki hassas farklılıkları ayırt edebilmesinin nedeni de buydu.

Sözkonusu elektrokimyasal çokyönlülük ayrıca gelecekte, belli bir semptomu denetleyen özel reseptörleri hedef alacak şekilde tasarlanmış ve bu sayede olumsuz yan etkileri ortadan kaldırılmış psikoaktif ilaçlar nesline giden yolu da açabilirdi. Araştırmacılar daha şimdiden, şizofreni ile ilişkilendirilen sinir iletici dopamin; ve yine kaygı bozuklukları ve depresyonla ilintili bir sinir iletici olan norepinefrin için farklı reseptörler belirlediler. Depresyonla ilişkilendirilen ve faaliyetleriyle, bugün serotonin gerialım engelleyicileri

MEG
Manyetoensefalografi (MEG) beyindeki sinyalleri, diğer bir deyişle, nöronların çok küçük elektrik deşarjları sonucunda oluşan mikrözücük manyetik alanları kaydeder. Bu teknik sayesinde bilimciler, yürütme, rüya görme, konuşma, kalıpları tanıma ya da müzik dinleme gibi belli aktiviteler sırasında beynin tam olarak hangi bölümlerinin aktif olduğunu belirleyebilirler.

(SRI'ler) sınıfına giren antidepresanların etkileri üzerinde büyük rol oynayan serotonin için de yine farklı reseptörler belirlendi.

Donanım açısından kısıtlanmış olsalar da, ilk nöroanatomistler gri madde içindeki bazı nöronları, sinir lifi yollarını ve özel hücreleri belirlemeyi başarmışlardı. Örneğin, kısmi felcin omuriliği tuttuğunu keşfetmiş, hatta bir araştırmacı tüm korteksin ayrıntılı bir "sitoarkitektonik" –yani hücre mimarisi– haritasını bile çıkarmıştı. Ancak bu uygulamalı anatomik araştırmalar ve çıplak gözle yapılan gözlemlerin hiçbiri 20. yüzyıl sonu teknolojisiyle boy ölçüşecek durumda değildi. Bu teknolojiyle beynin, o güne dek hayal bile edilemeyecek görüntülerine ulaşıldı.

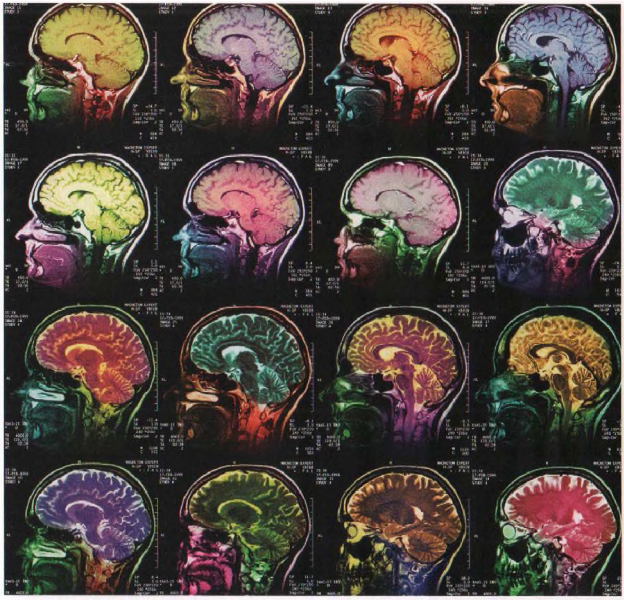
Elektroensefalograf (EEG) modern çağın beyin aktivitesini görüntüleyen ilk cihazıydı. 18. yüzyıla ait galvanik cihazların bir devamı olan EEG, beyinde yol alan elektriksel uyarıları ölçümler. İlk kez 1920'lerde geliştirilen cihaz, insan başına tutturulan bir dizi algılayıcıdan oluşur. Algılayıcılar beyinden gelen uyarıları bir makineye aktarır, makine ise onları grafiksel çizgilere dönüştürür. Normal, anormal ya da uyarılmış beyin davranışı, grafikte farklı çizgi biçimlerinde belirir. Yine buna benzer bir teknik olan manyetoensefalografi (MEG) de manyetik alan değişimlerini temel alarak, beyinden gelen elektriksel sinyalleri kaydeder. Henüz 21. yüzyıl başında beri kullanıma geçen pozitron emisyon tomografisi (PET) karmaşık bir teknoloji gerektirir. Bu teknoloji, beynin ve diğer iç organların görüntüsünü elde etme sorununu gidermek için radyoaktivite ve parçacık fiziğinin ilkelerine başvurur. Hastaya kontrollü radyoaktif maddeler verilir. Bir tarayıcı beyindeki bu maddelerin yaydığı enerjiyi tespit ederek, beynin çeşitli bölgelerini görüntüler. Sağlıklı doku radyoaktif özellikli maddeyi, sağlıksız dokudan daha iyi emdiği için, aradaki fark ekranda net bir şekilde görülür.

Beynin derinliklerindeki aktivitelerin daha yüksek çözünürlüklü görüntüleri bugün fonksiyonel manyetik rezonanslı görüntüleme (fMRI) ile elde edilebiliyor. Bir tarama metodu olan fMRI, nöron faaliyetinin gerçekleştiği alanlarda bulunan belli bazı atomik çekirdeklerin manyetik rezonanslarındaki farklılıkları temel alır.

2005'te Pennsylvania Tıp Fakültesi araştırmacıları fMRI'nin gücünü dikkat çekici bir örnekle ortaya koydular. Müdahale içermeyen bu teknik sayesinde araştırmacılar psikolojik stresin, beynin kaygı ve depresyonla ilintili bölgesinde yarattığı etkileri görmeyi başardılar. fMRI sayesinde stres altındaki kişilerin, prefrontal (alın bölgeleri) kortekse yönelik kan basıncındaki artışı gözlemlenebildi. Ayrıca stres kaynağı ortadan kalksa bile kan akışındaki artışın devam ettiği görüldü ki bu da stresin etkilerinin sanılandan uzun sürdüğünü ortaya koyuyordu.

Birarada kullanıldıklarında bu tür teknikler, beynin farklı bölgelerinin bilgiyi işleyişini eşsiz görüntülerle ortaya koyabiliyor. Görüntüleme teknolojileri bugün bilimcilere, düşüncenin üretildiği kafatası içindeki

Parçacık fiziği hakkında daha fazla bilgi için bkz. sayfa 219-23.



BEYNİN BÖLÜMLERİ
Renkli manyetik rezonanslı görüntüleme (MRI) ile elde edilen bir dizi fotoğrafta –beynin en büyük bölümü ve bilinçli düşüncenin merkezi– serebrum; daha aşağıdaki ve daha küçük olan, denge kontrolünden sorumlu serebellum (beyincik); ve beyin ile omuriliği bağlayan merkezi beyin sapı görülüyor.

gizemli organın derinliklerine göz atma olanağı sağlıyor.

ZEKÂ MI, TAKLİT Mİ?

İnsan, insan olarak kaldıkça, zihin karar almayı sürdürecek, beyin ise zekânın ve hesaplama ya da anımsama gibi özelleşmiş yetilerin merkezi olmaya devam edecektir. Ne var ki bilgisayar teknolojisinin ortaya çıkışından bu yana bilim, insana özgü –akıl yürütme yeteneği olmasa da– hesaplama ve anımsama becerilerini makineler aracılığıyla sentezleme girişimlerinde bulunuyor.

İlk hesaplama makineleri, sayma amaçlı geliştirilmişti. Boncuklu abaküsler bu alanda öncüydü. Hesap makinesi denebilecek ilk kullanılabilir cihaz ise 1642'de Fransız matematikçi ve düşünür Blaise Pascal tarafından icat edildi.

Bu cihazda numaralı dişliler bir mil ile hareket ettiriliyordu. Cihaz basit toplama ve çıkarma yöntemiyle para sayımı için geliştirilmişti. Çok geçmeden yeni buluşlar üstüste toplama yoluyla çarpma işlemini de gerçekleştirdi. 19. yüzyılın sonuna gelindiğinde, çok sayıda elle işletilen hesap makinesi piyasadaki yerini almıştı. İlk örnekler dişliler ve manivelalar ile çalışırken, sonradan elektrikli cihazlar ve nihayet bugün bildiğimiz elektronik cihazlar geliştirildi.

Ortasında hareketli bir bölümü olan bir cetvelin meydana getirdiği hesap cetveli ise bir zamanlar mü-

BILGISAYAR DEHASI

Alan Turing ile meslektaşları Britanya hükümeti için Ferranti Mark I Bilgisayarı üzerinde çalışıyorlar. Bu bilgisayar ticari bir modelin prototipi oldu ve Şubat 1951'de Manchester Üniversitesi'ne devredildi. Turing daha önce, 1943'te, dünyanın ilk elektronik programlanabilir bilgisayarı Colossus üzerinde de çalışmıştı.



hendisler için vazgeçilmez bir araçtı. Cetvelin iki kısmı da logaritmik ölçüleri belirten işaretlerle bölünmüştü ve çarpma, bölme ve daha karmaşık matematiksel işlemler bu araçla gerçekleştirilebiliyordu.

İkili sayı sisteminin kendisi, matematikçi ve düşünür Gottfried Wilhelm Leibniz'in 17. yüzyılda gerçekleştirdiği bir buluştu. İkili ya da iki tabanına göre sayı sistemi, her sayıyı 1 ya da 0'dan oluşan bir ifadeye dönüştürüyordu. Pratikte bu Leibniz'in, ilk hesap makinelerinden biri olan "kademeli hesaplayıcı"yı icat etmesini sağlayan ilkeydi.

İkili sistem temelde problemleri belli bir mantığa indirgiyordu, mucitler ise bu mantık üzerine hesap yapan –hatta neredeyse düşünen– bir makine yapılandırdılar.

Düşünen makine kavramı ya da yapay zekânın yaratımı bir İngiliz matematikçinin hayallerini süslüyordu. Bir mantıkçı olan Alan Mathison Turing, II. Dünya Savaşı sırasında Alman şifrelerini kırmayı aklına koymuştu. Turing daha sonra bilgisayar teorisinin öncülüğünü yaptı. Henüz hesap makinelerinin bile yaygınlaşmadığı bir zamanda Turing, düşünebilen bilgisayarlar tasarlanabileceğine inanıyordu.

"Ben, insan zihninin davranışlarını çok yakın taklit edebilecek makinelerin tasarlanabileceğini iddia ediyorum. Bu makineler bazen hatalar yapacak, bazen de çok yeni ve ilginç şeyler. Sonuçta ortaya koyacakları ürünler, insan zihninin ortaya koy-

dukları kadar dikkate değer olacak," demişti Turing.

II. Dünya Savaşı Atlantik'in iki ayrı yakasındaki mühendislere, Turing'in hayali "düşünen makine"leri yapma konusunda cesaret verdi. Henüz I. Dünya Savaşı'nda Alman istihbarat memurları, askeri personel arasında iletilen mesajları ikili koda dönüştüren makineler kullanmışlardı. Britanya kuvvetleri bu iletileri engelleyebilmiş ancak deşifre edememişti. İngilizler buna elektronik dijital bilgisayar Colossus'un icadıyla karşılık verdiler. Colossus, 1'ler ve 0'lardan oluşan dizilere karşılık gelen üstü delikli kağıt şeritleri alarak, dakikada 5000 hesap yapıyor ve şifreyi, dile dönüştürüyordu.

Bundan iki yıl sonra ABD Balistik Araştırma Laboratuvarı ENIAC'ı, yani Elektronik Numerik İntegratör ve Bilgisayar'ı üretti. Cihazın amacı balistik denemeler için gerekli olan karmaşık hesapları yapmaktı. 30 ton ağırlığındaki multi-makine canavar ENIAC'ın dahili işleyişi, elektronların, atom parçacıklarının, devasa bir metalik devre sistemi içindeki hareketine dayanıyordu. Devre, elektron hareketlerinin mantığına göre tasarlanmıştı.

ENIAC ve ondan sonra gelen tüm bilgisayarlar, 19. yüzyıl matematikçisi George Boole'nin icadı "Boole cebiri" adlı ikili sistemin varyasyonlarını temel aldı. Boole tüm karar süreçlerini üç zihinsel operasyondan oluşan bir sete indirgemişti; "ve", "veya", "değil". Bu operasyonlar ikili kodun iki sayısıyla kolayca ifade edilebiliyordu: "ve" 1 ve 0'la; "veya" ya 1 ya da 0'la; "değil" ise ne 1 ne de 0'la temsil ediliyordu. Boole mantığıyla birlikte daha üst düzey sorular, ikili operasyonlara indirgenebiliyordu.

Kavram basit gibi görünse de, gereken makineler ilk başta dev cüsseliydi. ENIAC'ın ağırlığı üç tondu. İçinde 19.000 vakum lambası, 1.500 elektronik sinyal düzenleyici ve elektron geçiş yollarını idare eden yüz binlerce dahili cihaz vardı. Çalışması için ise 200 kilovatlık elektrik gerekiyordu.

ALAN TURING

Bilgisayar biliminin babası

1912
23 Haziran'da Londra'da doğdu.

1931
Cambridge, King's College'da matematik bölümüne girdi.

1935
"Olasılığın Merkezi Limit Teoremi" başlıklı tezine karşılık King's College onur üyeliğine seçildi.

1937
"Hesaplanabilir Sayılar Üzerine, *Entscheidungsproblem*'e Uygulama İle" adlı çalışmasını yayımladı; Princeton Üniversitesi'nden burs kazandı.

1939
Alman "Enigma" şifrelerinin kırılmasında önemli rol oynadı.

1940
Programlanabilir bilgisayar fikrini geliştirdi, Colossus olarak adlandırdı. Bu tür bir makine onun teorilerini temel alarak, üç yıl sonra geliştirildi.

1943
Bell Laboratuvarları'nda konuşmanın dönüştürülmesi üzerine çalıştı.

1945
Bir belleğe yüklü program makinesini (MOSAIC) tasarlamaya başladı. Makine verileri ve programları elektronik belleğinde saklayacaktı.

1948
Manchester Üniversitesi'nde bir bilgisayar prototipi olan MADAM üzerinde çalıştı.

1950
Turing'in yapay zekâ testini sunan *Makineyi ve Zekâyı Saymak* adlı kitabı yayımlandı.

1952
Morfojenes'in Kimyasal Temeli yayımlandı.

1954
7 Haziran'da Wilmslow, Cheshire'da (İngiltere) intihar ederek öldü.

MUTLAK SATRANÇ
Dünyaca ünlü satranç şampiyonu Gary Kasparov, saniyede 200 milyon hamle hesabı yapabilen IBM bilgisayarı Deep Blue'ya (Koyu Mavi) karşı oynuyor. Kasparov ilk başta bilgisayarı şaşırtmayı başardıysa da, sonraki maçlarda yenildi.



ENIAC'ın tüm operasyonlarını kusursuzlaştırmak yıllar sürdüyse de, 1949'a gelindiğinde gözlemciler makinenin, bir füzenin yörüngesini 30 saniyede hesaplayabildiğine karar verdiler. Bu süre, olayın kendisinin yarısına eşitti. Bir insanın aynı hesabı yapması ise 20 saati alacaktı. 1950'lerin ortalarına gelindiğinde ise ENIAC'ın kullanım alanı ABD hükümetince, meteoroloji, atom enerjisi, aerodinamik, astrofizik ve başka birçok konuyu kapsayacak şekilde genişletilmişti. Çok geçmeden iş sahaları da cihazın önemini kavradı. 1949'da Texas Instruments ilk entegre devresini üretti. ENIAC gibi cüsseli bir makinenin dahili işleyişinin minyatür bir örneğiydi bu. 1964'te IBM (International Business Machines/Uluslararası İş Makineleri) ilk standart ofis bilgisayarını piyasaya sundu. Sistem/360 adını, çok sayıdaki ünitesini barındıran ana gövde özelliğinden alıyordu.

Bugün çoğu bilimci, son yarım yüzyılda hızla gelişen özellikleriyle bilgisayarların gerçekleştirdiği işlemleri artık insan zekâsıyla karşılaştırmanın mümkün olmadığını düşünüyor. Ancak olağanüstü bir beceriyle satranç oynayabilen ve bir ustayı alt edebilen bilgisayar, yine de bir insan değil, çünkü Freud ve Jung gi-

bi öncü psikologlarının anladığı anlamda bir bilince sahip değil.

1996'da IBM'in bolca sözü edilen bilgisayarı Deep Blue/Koyu Mavi dünya şampiyonu Gary Kasparov'u satranç maçında yendi. Makine saniyede 200 milyon kadar pozisyonu analiz edecek şekilde programlanmıştı. Önseziden yoksundu belki ama bu açığını yıldırım hızıyla hesap yapabilme becerisiyle telafi etmişti. Bugün yapay zekâ alanındaki araştırmacıları bekleyen zorluk, insana özgü gibi görünen düşünce şeklini üretebilecek makineyi geliştirebilmekte yatıyor. Bu düşünce şekilleri arasında karmaşık kararlar verme, görsel kalıpları tanıma, kasıtlı hareket becerisi ve hatta doğal dil kullanımını saymak mümkün.

İnsan zihni ve bilinci üzerine gerçekleştirdiği çalışmalarla tanınan Amerikalı düşünür John Searle, yapay zekâ arayışlarını rasyonel bir bağlama yerleştirdi. Searle'ye göre bilgisayarların yapabildiği tek şey taklit etmek, yani gerçekten anladıklarını düşünmemizi sağlayarak bizi kandırmak. İnsan kuralları bilinçli bir şekilde takip eder, bilgisayarlar ise görünenin aksine bunu bilinçsiz yapar. Bilgisayarlar enetelektüel kuralları takip ediyormuş gibi görünseler de, aslında fizik ve mekanik yasalarına göre işlerler. İnsan beyninde ise bilgi, ister düşünce olsun, ister algı, başka bazı zihinsel operasyonlarla bağlantılıdır. Searle'nin dediği gibi, "Bilişimin bilişsel hesaplama modelleri konusunda da tanımlandığı üzere, bilgisayarlardaki bilgi işlem düzeyi yalnızca bir dizi semboller girdisine karşılık, bir dizi semboller çıktısı



İÇGÜDÜLER

İngiliz cerrah ve sosyolog Wilfred Trotter insan dahil tüm sosyal hayvanlar için kullanılan "sürü içgüdüsü" sözünü popülerleştirdi. Trotter'in *Savaşta ve Barışta Sürü Üçgüdüsü* adlı, sosyal-psikoloji alanında yeni ufuklar açan kitabı 1916'da yayımlandı.

üretmekle sınırlıdır." Bilgisayarın düşünmeden öğrenmesi ya da öğrenmeden düşünmesi sağlanabilir belki ama matematiksel, programlanmış bir mantık, insan beyninde gerçekleşen karmaşık zihinsel işlemlerle aynı şey değildir.

İngiliz cerrah ve sosyolog Wilfred Trotter'a göre akıl, "İnsanın başardığı her şeyin vazgeçilmez vasıtasıdır. İnsanın öğrenmesini, bilgisini arttırmasını, sanatı, bilimi ve uygarlığı sınırsızca genişletmesini sağlar." Bu yorum yalnızca bilgisayarların taklit etmeye çalıştığı düşünce süreci için değil, insanlık tarihi boyunca süregelen arayış için de geçerlidir: gözlemleme, ölçümleme ve anlama çabası. Diğer bir deyişle, her şeyin teorisine yönelik bitmek bilmez bir arayış.

İLERİ OKUMA

Bilimde sıkça yaşanan değişimler dolayısıyla en iyi ve güvenilir kaynak ve okumalar genellikle ya bilimcilerin kendilerine ait özgün eserlerdir ya da -bilim tarihi anlayışı bile zaman içinde değiştiğinden- belli bir konuya ilişkin kısa süre öncesine ait bilgiler ve analizler. İnternet güvenilir bir bilgi kaynağı olma açısından hayli suiistimal edildiyse de, internet üzerinden halen çok sayıda güvenilir kaynağa ulaşmak mümkün. (İyi bibliyografik alıntıları olan) böyle bir kaynağa ulaşıldığında ise yapılabilecek en iyi şey, sitenin önerdiği "link"leri izlemek olabilir. İnternetten ayrıca Çince, Yunanca ve Arapça kaynaklardan, Charles Darwin ile Albert Einstein'ın yazılarına dek pek çok özgün okumaya da ulaşılabilir.

Aquinas, Thomas, *Selected Philosophical Writings*, Editör Timothy McDermott. New York: Oxford University Press, 1988.

Aristotle. *The Basic Works of Aristotle*, editör Richard McKeon. New York: Modern Library, 2001. Yeniden basım nüshası.

Aristotle. *Historia Animalium*, I. Cilt: Kitap I-X: Metin, editörler Allan Gotthelf ve D. M. Balme. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

Aujulaut, Norbert. *Lacaux: Movement, Space and Time*. New York: Harry Abrams, 2005. Duvar sanatıyla nesillerin ilgisini çeken Fransa'daki mağaralar kompleksi artık halka açık değil. Bu kitap yakın dönem araştırma bulguları ile olağanüstü fotoğrafları biraraya getiriyor.

Bernstein, Jeremy. *The Merely Personal: Observations on Sicence and Scientists*. Chicago: Ivan R. Dee, 2001. Bernstein yıllarca *The New Yorker*'da bilim ve bilimciler üzerine yazdı. Kitap, bilimcilerin kimi zaman tuhaf yaşamlarına da göz atan yaklaşımıyla bilim eserlerini ele alan bu makalelerin bazılarını biraraya getiriyor.

Browne, Janet. *Charles Darwin: Voyaging*. New York: Alfred A. Knopf, 1996. *Charles Darwin: The Power of Place*. New York: Alfred A. Knopf, 2003. Bu iki kitap Charles Darwin'in en güvenilir biyografilerini içeriyor. Kitaplar aynı zamanda keşif öyküleri ve Darwin'in kişisel deneyimleriyle dolu mükemmel birer okuma sunuyor.

Bryson, Bill. *A Short History of Almost Everything*. New York: Broadway Books, 2003 [Bill Bryson, *Hemen Her Şeyin Kısa Tarihi*, çev: Handan Balkara, İstanbul: Boyner Yayınları, Ekim 2004]. Bryson çoğu zaman fazla derinlere inmese de renkli yazım stiliyle okuyucuyu kimi zaman anlaşılması zor bilimsel görüşlerin arasından başarıyla geçiriyor.

Burenhult, Goran. *The First Human: the Illustrated History of Humankind*. New York: Harper Collins, 1993. İnsan türlerinin gelişimi ve taksonomisini ve evrilen pek çok türden nasıl bir tanesinin hayatta kaldığını gösteren muhteşem grafiklerle dolu, bol resimli bir kitap.

Darrigol, Oliver. *Worlds of Flow: A History of Hydrodynamics from the Bernoullis to Prandtl*.

New York: Oxford University Press, 2005.

Dawkins, Richard. *The Selfish Gene: 30th Anniversary Edition.* New York: Oxford University Press, 2006 [Richard Dawkins, *Gen Bencildir*, çev: Asuman Ü. Müftüoğlu, 3. baskı, Ankara: Tübitak Yayınları, 2001]. *The Selfish Gene* Dawkins'in yaratıcı bir düşünür ve bilgili bir yazar olduğunu ortaya koydu. Dawkins, Stephen Jay Gould ile birlikte (ki ikisi pek çok konuda görüş ayrılığı yaşar) Darwin ve evrimin modern yorumunu merak edenler için listenin ilk sıralarında yer almayı sürdürüyor.

Dowden, Bradley, ve James Fieser, editörler. *The Internet Encyclopedia of Philosophy, http://www.iep.utm.edu.* Düşünürlerin yaşam ve düşüncelerini anlatan mükemmel bir internet kaynağı.

Einstein, Albert. *Ideas and Opinions.* New York: Modern Library, 1994 [Albert Einstein, *Fikirler ve Tercihler*, çev: Z. Elif Çakmak, 2. baskı, İstanbul: Arion Yayınevi, 2004]. Yeniden basım nüshası. Albert Einstein üzerine çok sayıda kitap olsa da, Einstein'ın kendisi de fizikten dünya barışına dek değişen konulardaki görüşlerini yazma konusunda isteksiz değildi. Fizik ve felsefe birbirine çoğu zaman sandığımızdan da yakındır.

Farber, Paul Lawrence. *Finding Order in Nature: The Naturalist Tradition from Linnaeus to E. O. Wilson.* Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press, 2000.

Feynman, Richard P. *The Feynman Lectures on Physics: The Definitive and Extended Edition*, editörler Robert B. Leighton ve Matthew Sands. New York: Addison-Wesley, 2005. Richard Feynman kendi kitaplarında kişiliğiyle ün kazanmış olsa da, fizik öğretmeni olarak da çok beğenilen biriydi. Feynman'ın derslerde anlattıklarını derleyen bu kitabın okuması kimi zaman zor olsa da, yer yer anlaşılması zor bir konunun aniden netlik kazanmasıyla kolaylaşıyor.

Frazer, James George. *The Golden Bough: A Study in Magic and Religion.* New York: Macmillan & Co., 1992 [James George Frazer, *Altın Dal: Büyü ve Din Üzerine Bir Çalışma*, çev: Mehmet H. Doğan, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, Kasım 2004]. James Frazer bu büyük karşılaştırmalı mit ve din eseri üzerinde 30 yıldan fazla çalıştı. Dünyanın dört bir yanından mitleri derleyen Frazer, bu öykülerin aralarındaki bağlantıları bulmaya çalıştı; özellikle de bahar ve yeniden doğuşla ilgili olanların. Frazer, kimi zaman eleştirel analizden fazlaca uzaklaşan yaklaşımıyla eleştirilse de, kitap okunmaya değer pek çok büyüleyici konuyu içeriyor. (İnternet üzerinden bu adresten ulaşılabilir: *www.bartleby.com/1961*)

Gleick, James. *Isaac Newton.* New York: Vintage, 2004. Newton bir bilimci için bile fazla tuhaf bir karakterdi. Gleick'in kitabı ise çevresini kuşatan dünyayı soruşturmaktan kendini alamayan adama insani bir bakış açısıyla yaklaşıyor.

Greene, Brian. *The Elegant Universe.* New York: W. W. Norton, 1999. Greene sicim teorisinin önde gelen savunucularındandı ama bu kitap aynı zamanda kuantum teorisinin gelişimine ve onun görelilik ile çarpışma nedenlerine giriş için mükemmel bir kaynak.

Halsall, Paul, editör. *Internet History of Science Sourcebook.* Fordham University, 1998-2001. *http://www.fordham.edu/halsall/science/sciencebook.html*

Hawking, Stephen. *A Brief History of Time.* New York: Bantam Books, 1988 [Stephen Hawking, *Zamanın Kısa Tarihi*, çev: Murat

Uraz ve Sabit Say, 3. baskı, İstanbul: Doğan Kitap, 2002]. *The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe.* New York: New Millennium Press, 2002. Çoksatanlar listesinde ilk sıraya *Time/Zaman* oturmuş olsa da, Hawking'in son kitabı *The Theory of Everything* çok daha heyecanlı bir kitap. Çünkü Hawking kitapta kozmolojisini kuantum fiziğinin ışığı altında yeniden gözden geçiriyor. Yumuşak ve inandırıcı yazımı okuyucuyu maceraya birlikte sürüklüyor.

Margulis, Lynn. *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution.* New York: Basic Books, 2000 [Lynn Margulis, *Ortakyaşam Gezegeni: Evrime Yeni Bir Bakış*, çev: Ela Uluhan, İstanbul: Varlık Yayınları, 2001]. Margulis, kendisine ait mikrobiyal yaşam çalışalarının ortaya koyduğu evrimsel olasılıkların derinlerine iniyor. Yaşamın geçmişinde, Darwinyen evrim öncesi dönem var mıydı?

McEvoy, J.P., ve Oscar Zarate. *Introducing Quantum Theory.* Cambridge, U.K.: Icon Books Ltd., 1996. Anlaşılır dili ve çizgi resimleriyle kendi derinliğine tezat düşen kısa, renkli bir kitap. Kuantum teorisinin gelişiminde önemli rol oynayanları anlamak için iyi bir başlangıç.

Michielsen, Krsitel, ve Hans De Raedt. *Quantum Mechanics.* University of Groningen, Hollanda, 2006. *http://msc.phys.rug.nl/quantummechanics/intro.htm.*

Moore, Walter. *Schrödinger: Life and Thought.* Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1989. Fizik dünyası dışındakiler için Albert Einstein kadar bilinen biri olmasa da Avusturya doğumlu fizikçi Erwin Schrödinger (1887-1961) kuantum dünyasında hareketi açıklamaya yarayan dalga mekaniğinin teorisi ve matematiksel kanıtlarının gelişiminden sorumlu olan neredeyse tek kişiydi. Schrödinger'in yaşamı ve çalışmaları atomik teori ve kuantum mekaniğine paralel ilerlediği için, bu iyi yazılmış kitap aynı zamanda 20. yüzyıl biliminin gelişimini de kapsıyor. Schrödinger fizikçi olduğu kadar bir düşünür de olduğundan, kitap fikirler tarihi işlevi de görüyor.

Nobel Kuruluşu, *http://www.nobelprize.org.*

Nurse, Paul. *The Great Ideas of Biology: The Romanes Lecture for 2003.* New York: Oxford University Press, 2004.

O'Connor, John J., ve Edmund F. Robertson. *The MacTutor History of Mathematics.* Matematik ve İstatistik Okulu, St. Andrews Üniversitesi, İskoçya, 2006. *http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/index.html.* İyi yazılmış biyografileri ve büyük matematikçilerin çalışmalarının analizleri ile bu site internet üzerinde olan ve olmayan kaynaklar için mükemmel bibliyografyalar sunuyor.

Paleontoloji Müzesi. California Üniversitesi, Berkeley. *http://www.ucmp.berkeley.edu.* Türlerin çeşitli sınıflandırmaları üzerine iyi bir başlangıç noktası.

Paustian, Timothy, editör. *Microbiology and Bacteriology: The World of Microbes.* University of Wisconsin, 1996-2006. *http://www.bact.wisc.edu/Microtextbook/index.php*

Penrose, Roger. *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe.* New York: Knopf, 2005.

Pliny. *Natural History.* Kitap I-II, KitapIII-VII, editör H. Rackham. Boston: Harvard University Press (Loeb Classical Library), 1989.

Project Gutenberg Library Archive Foundation, *http://www.gutenberg.org.* Aristoteles'ten Darwin'e çeşitli bilimcilere ait yazıların orijinal metinlerini içeren bu web sitesi olağanüstü bir kaynak. Darwin'in başlıca eserlerinin tümü –*The Descent of Man, On the Origin of Species*, ve *The Voyage of the Beagle*– mektupları ve diğer bilimsel yazılarına bu siteden ulaşılabilir. Sitedeki diğer önemli çalışmalar arasında yer alanlar şöyle: Charles Lyell'den *The Antiquity of Man*, Francis Bacon'dan *The Advancement of Learning* ve *New Atlantis*, Rene Descartes'ten *Discourse on the Method of Rightly Conducting One's Reason and of Seeking Truth in the Sciences* ve Malthus'dan *An Essay on the Principle of Population.*

Quammen, David. *The Reluctant Mr. Darwin: An Intimate Portrait of Charles Darwin and the Making of His Theory of Evolution.* New York: W. W. Norton, 2006. Mükemmel bir bilim yazarı olan Quammen burada Darwin'in doğal seçilim teorisini kağıda dökmeyi ertelediği yılları araştırıyor.

Rae, Alastair I. M. *Quantum Physics: Illusion or Reality?* Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1986 [Alaister I. M. Rae, *Kuvantum Fiziği: Yanılsama mı, Gerçek mi?*, çev: Yurdahan Güler, İstanbul: Evrim Yayınevi, Aralık 200]. Tuhaf kuantum dünyasını anlamaya çalışan okuyucuya anlayışla yaklaşan yazardan kuantum fizik dünyasının klasik bir temsili.

Ridley, Matt. *Genome: The Autobiography of a Species.* New York: HarperCollins, 2000 [Matt Ridley, *Genom: Bir Türün Yirmi Üç Bölümlük Otobiyografisi*, çev: Nıvart Taşçı ve Mehmet Doğan, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 2007].

Ronan, Colin A. *The Cambridge Illustrated History of the World's Science.* Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1983.

Segre, Emilio. *Enrico Fermi, Physicist.* Chicago: University of Chicago Press, 1995.

The Tree of Life Web Project [Yaşam Ağacı Web Projesi], *http://tolweb.org/tree.* Bir tür hakkında bilinenleri ya da onun diğer türlere kıyaslar yerini öğrenmek mi istiyorsunuz? Başvurmanız gereken yer burası. Zengin ve gittikçe zenginleşen bir kaynak.

Torrance, Robert M. *Encompassing Nature: A Sourcebook.* Washington, DC: Counterpoint, 1998. Torrance bilimin ve (antik Hindu ve Çin metinlerinden modern zamanlara dek) doğal tarihin edebi bakış açısıyla ele alınmasına merak duyanlar için çeşitli okumalar sunuyor. Aydınlatıcı giriş bölümleri bilim ile kültür arasındaki ilişkiyi inceliyor.

Tyson, Neil de Grasse. *Universe Down to Earth.* New York: Columbia University Press, 1994.

Zalta, Edward N., editör. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy.* Metafizik Araştırma Lab., Dil ve Enformasyon Çalışmaları Merkezi, Stanford Üniversitesi, 2006. *http://plato.stanford.edu/contents.html*

DİZİN

Kalın harfler görselleri belirtir.

A
ABD: iklim değişimi 354; uzay yarışı 57, 352
ABD Jeolojik Araştırma Merkezi (USGS) 350, 351, 352
Abell, George Ogden 348
Adams, John Couch 55
Addison, Joseph 73
Adem ve Havva **304–305**
Adenosin trifosfat (ATP) 289
Adrenalin 125, 126
Aerobik solunum 288
Afrika: hayvan evcilleştirmesi 11; Bushmen 149; kıyı 345; en yüksek nokta 343; hominid fosilleri 297
Agricola, Georgius 314
AIDS 114, 120, 139, 287
Airy, George Biddell 55
Aktüalizm 341
Albertus Magnus 247, 248, 249, 259
Albuquerque, New Mexico: parçacık hızlandırıcısı **222**
Aldini, Giovanni 365, 383
Aldrin, Buzz 59
Alfa parçacıkları 211
Alfonso el Sabio, Kral (Kastilya) 6
Alpler, Avrupa: oluşumu 348
Alvarez, Walter ve Luis 332, **332**, 356
Alvin (denizaltı) **298–299**, 300
Alzheimer hastalığı 379, 380
Ammisaduka, Kral (Babil) 22
Ampère, André-Marie 171, 195–196
Amyand, Claudius 92
An (tanrı) 23
Anaerobik solunum 288
Anaksimander 155, 232, 236, 310
Anatomi: antik 74, 77, 79–81, 269; sanat olarak 84–87; Ortaçağ 83–87, 269
Andaman Denizi: göçebe balıkçı halk 232, 235
Anders, William 305
Anderson, Carl 217
Andlar, Güney Amerika: oluşumu 348; buzullar 354
Andromeda gökadası 65, 66
Anestezi 93
Animizm 234–235
Anne, Kraliçe (İngiltere) 50
Antarktika: ozon tabakasındaki delik 351
Antibiyotikler 114–117, 119
Antijenler 110
Antikorlar 110
Antimadde 215, 219
Antisepsi 100, 101, 103, 280
Antiviraller 118, 119
Antraks 100, 101, 107
Apollo uzay programı 59, 305, 352–353, 353, 355
Apoptozis 132–134
Arap rakamları 172, 174
Archaea 286, 289, 295, 301, 303
Argon: keşfi 182
Aristoteles 21, 25, 79, 165, **240**, **361**, **362**; anatomi 79–80; kalp merkezli bilinç anlayışı 360–361, 363; küre biçimindeki dünya 26, 310–311; entelekya 240–241; dört element 152, 163–164; yermerkezli evren modeli 25–26; etkileri 240, 244, 248–249; yaşamı 27, 237; bilimsel çalışmaları 237; türler sınıflandırması 233, 239–242, 259; teleoloji **240–241**
Arketipler 374
Armstrong, Neil 59
Arşimet 149, 166–169; evreka anı 166, 167; kaldıraçlar **168–169**; yaşamı 163; vidası 164, 167
Asclepiades 366
Astbury, William 293, 294
Asteroidler: keşif 53, 55
Astrobiyoloji 303
Asurbanipal, Kral (Asur) **309**
Asvan, Mısır 26, 313
Aşılar 106–109, 115, 119, 120, 284, 287
Aşırı nüfus artışı 254, 264, 265, 266
Atina Okulu (Raphael) **362**
Atina, Yunanistan: düşünürler ve bilimciler **12–13**, 14; Rüzgarlar Kulesi 310
Atlas Okyanusu: genişlemesi **347**
Atmosfer: yapısı 181–182, 185, 348; oluşumu 348–349; ozon tabakası 351
Atom bombası **146–147**, 148, 217, 226
Atom numarası 183
Atomlar: kavram 148, 162, 163, 182; kuantum modeli 216, 220–222; güneş sistemi modeli 198, 211–212, 221
ATP (adenosin trifosfat) 289
Augustine, Aziz 244, 362, 363
Augustus, İmparator (Roma) 24
Aurelius, Marcus, İmparator (Roma) 80, 81
Avcı-toplayıcılar 10–11, **234**
Avery, Oswald T. 136, 292
Avogadro, Amedeo 171, 184
Avrupa: hıyarcıklı veba salgını 83; iklim değişikliği 354
Avustralya: ilk yerlileri 232, 233
Ay: çevresi 314; kraterleri 350–352, 356; tutulmaları 25, 26; keşif 59, 305, 350–351, 352–353, 353; Galileo'nun gözlemleri 349–350; kütleçekim 53; haritalar 352; mare 350; yörüngesi 22, 307, 308, 350; oluşumu 353, 355; evreleri 22, 351; gelgitler **334**
Ayurvedik tıp 74

B
B hücreleri 110
Babil: gökbilim **14**, 20, 22–23, **23**, 25; takvimler 24; yaratılış mitleri 22; kudurrus **21**; numaralama sistemi 153–155
Bacillus infernus 295
Bacon, Francis 250–251
Bacon, Roger 174, 248, 250
Bağdat 16, 171, 172
Bağışıklık Sistemi 110
Bakteriler: sınıflandırma 101, 286; keşif 98; hastalıklar ve— 93, 98–101, 103, 119; yapısı 119
Bakteriyofajlar 283
Baltimore, David 118, 120
Banting, Frederick 114, 127
Barberini, Maffeo 38
Bardeen, John 209
Barnard, Christiaan 138
Barometreler 169
Barringer Krateri, Arizona 351–352, 356
Barringer, Daniel Moreau 356
Barrow, Isaac 47
Barton, Otis **296**, 297, 298
Bate, John 45
Bateson, William 143
Bath, Somerset, İngiltere: jeolojik harita 330
Batisfer **296**, 297, 298, 299
Batiskap 297, 300
Batlamyus (Ptolemeus) 6, **28**, 29;

yermerkezli evren modeli 21, 28, 29; yaşarını 27, 29; dünya haritası 318, **320–321**, 322
Beagle, H.M.S. 264
Beaumont, William 100
Becquerel, Antoine Henri 202, 340, **340**
Beden: zihinle dualizm 363; mekanik bakış açısı 243, 271–272; vitalizm ve— 104, 243
Beebe, William **296**, 297, 298, 299
Beijerinck, Martinus 109, 285
Bell, Charles 272
Bellarmino, Roberto 37
Bereketli Hilal, Ortadoğu 11
Berg, Paul 138, 295
Bergama, Anadolu 80
Berger, Hans 369, 383
Bernal, J. S. 293
Bernard, Claude 94, 272, 289
Bernoulli, Daniel 169–170
Bernoulli, Johann 169, 170
Bert, Paul 94, **96**
Berthold, Arnold Adolphe 125
Berwickshire, İskoçya 337
Beslenme 122–125
Best, Charles 114, 127
Bethe, Hans Albrecht 64
Bethlem Hastanesi 367, **368**
Beyin epifizi 363, **364**
Beyin: beyin korteksi 383; diseksiyon **2**, 362; işlevi **364**; görüntüleme 380, 386, 387; sol ve sağ taraf 383–384; lobotomiler 372, 372–373; frenoloji 383; duyumların merkezi olarak— 77, 360, 361; karıncıklar 361, 362–363
Bichat, Marie-François-Xavier 243, 243, 275
Bilgisayarlar 387–391, **388**
Bilim: tanımı 8; gelişimi 9–10, 16–17, 248–251, 253; amacı 8; öncüleri 232–235; kökleri 235–242
Bilimsel yöntem 8, 248
Bilinç: kalp merkezli bakış açısı 360–361; ensefalosentrik bakış açısı 360
Bilinçdışı: ortak— **375**; kavramı 374–375
Birleşik alan teorisi 198, 218
Bishop, J. Michael 131, 132
Bitkiler: Sınıflandırma sistemleri 246, 249, 259–261, 286; ansiklopediler 249–250; fotosentez 276, 288–289
Biyofizik 292
Black Hills, Wyoming 350
Black, Joseph 181
Boas, Franz 375–376
Boccaccio, Giovanni 306
Bock, Jerome (Hieronymus) 249
Bode, Johann Elert 53
Bohr, Niels 216, 221–222
Boilly, Louis Leopold 318
Bok kürecikleri 68
Bok, Bart 68
Bologna, İtalya: tıp okulu 84
Boltzmann, Ludwig 197, 208–209, 212
Boole cebiri 389
Boole, George 389
Boorde, Andrew 128
Borelli, Giovanni 89, 91, 271
Borman, Frank 305
Born, Max 222
Boylam: —çizgileri **312**, 313; ölçümü 319, 322–329
Boyle yasası 165
Boyle, Robert 152, 165
Boyutlar: —ın sayısı 218
Bozonlar 229
Böbreküstü bezleri 127, 128
Böcek anatomisi 254, 255–257
Bragg, William ve Lawrence 291
Brahe, Tycho **6**, 28, 38–40, 41
Breuer, Joseph 374, 375
Broca, Paul 369
Brown hareketi 103, 188
Brown, E. C. **128**
Brown, Louise Joy 138
Brown, Robert 103, 188, 268, 277
Brown-Séquard, Charles-Édouard 125, 127
Brunfels, Otto 249
Buda 236
Buffon, Comte Georges-Louis Leclerc de 254, 260–261, 263, 319, 338–339
Bulutsular 64, 65, 66, 68, **68**
Bunsen, Robert 60, 185, 189
Burnell, Jocelyn Bell 58
Buzullar: eriyen— 343, 354
Büyük İskender 166, 237
Büyük Kırmızı Leke, Jüpiter **302**
Büyük Okyanus: geri çekilmesi 347–348; oluşumu 355; keşif seferleri 342
Büyük patlama teorisi 58, 66, 68, 69
Büyük Pliny 233, 242, 244

C
Caesar, Gaius Julius: takvim 24, 45
Cairngorm Dağları, İskoçya 336
Callisto (Jüpiter'in uydusu) 356
Calvin, Melvin 289
Cannon, Annie Jump 63, **65**
Canterbury, İngiltere: göktaşı düşmesi gözlemi 356
Carnot, Nicolas Sadi 206
Cavendish, Henry 180, 181–182, 322, 324, 327
Celarius, Andreas 7
Celsius, Anders **204**
Cennet Bahçesi **304–305**
Cepheid değişen yıldızı 65–66
Ceres (asteroid) 55
Cernan, Eugene 352, 353
Certes, A. 297
Chadwick, James 214, **217**
Chain, Ernst Boris 117
Challenger (İngiliz gemisi) 298–299, 325
Chamberlin, Thomas Chrowder 343
Chang Heng 307
Chargaff, Erwin 136, 137, 293
Charles I, Kral (İngiltere) 91
Charles yasaları 182
Charles, Jacques 182
Christina, Kraliçe (İsveç) **250**
Cicero, Marcus Tullius 25, 371
Cinsellik: psikolojik teoriler 374, 375
Claudius Aelianus 244
Clausius, Rudolf 189, 206
COBE (Kozmik Arkaplan Araştırıcısı) 69
Cockcroft, John 212
Cole, Jonathan 380
Collins, Francis 144
Colorado Ovası, ABD 350
Colossus (bilgisayar) 388, 389
Cooper, Leon 209
Corey, Robert 228
Cori, Carl ve Gerty 289
Coriolis etkisi 188
Coriolis, Gaspard 188
Corlis, John 300
Cornwall Burnu 322
Cornwell, Dean 113
Coulomb yasası 170, 192
Coulomb, Charles Augustin de 170, 192
Cretaceous-Tertiary (K-T) sınırı 356
Crick, Francis 102, 115, 136, 137–138, 139, 141, 228, 285, 292–294
Croton'lu Alcmaeon 76, 77, 242, **360**
Crux 316

Cumae, İtalya: Sibyl 366
Curie, Marie **200**, 201, 203, 340
Curie, Pierre 201, 202, 203, 340
Cuvier, Georges 255, 258, 263–264, 269

Ç

Çiçekhastalığı 105, 106, 107, 109, 120, 138, 285, 287
Çift kutuplu rahatsızlık 380
Çin: hayvan evcilleştirme 11; gökbilim 14, 20, 21, 22; klasik düşünce 236; saat kulesi 9; pusulalar 179; depremler 306, 307; elementler 152; matematik 155; müzik gamı 15–16; kağıt ve baskı 249
Çiviyazısı (Cuneiform) **150**, 151, 155
Çocuk gelişimi 378–379

D

D'Herelle, Felix 283
Dağılma 216
Dağlar: oluşumları 344–345
Dalak 110
Dalton, John 171, 182, 184, 186
Dana, James Dwight 342–343, 344
Daoizm 236
Darwin, Charles 258, 264–266, 268–269
Darwin, Erasmus 254, 264
Darwin, George Howard 355
Davaine, Casimir-Joseph 100
David, Jacques-Louis 272
Davis, Donald R. 355
Davranış: nedenleri 374–375, 377, 381; şartlandırma 377–378; kültürel— 375–377
Davranışçılık 377–378, 382
Davy, Humphrey 195, 205
De Broglie, Louis 222
De materia medica (Dioscorides) **248**
Dei Liucci, Mondino 84
Deli dana hastalığı 287–288
Delphi, Yunanistan: kâhin 366
Demokritos **148**, 152, **162**, 162, 164, 182, 239
Denis, Jean-Baptiste 92
Depremler 306, 307; Richter ölçeği 350
Depresyon: yaygınlığı 379, 380; tedavisi 369, 371, 373, 383, 385–386
Descartes, René 89, 243, **250**, 253, 314, 363, 364
Dewey, John **382**
Dış çemberler 29
Dışa dönüklük 375
Dinamolar 192, 196, 197
Diodorus Siculus 25
Dioscorides 248
Dirac, Paul 215
"Discobolus" (Myron) **72–73**
Ditton, Humphry 323
Dix, Dorothea Lynde 369
Diyabet 127
DNA: keşfi 292; hatalar 141; işlev 102, 136, 139–141, 292; İnsan Genom Projesi 139, 142–145; junk 144; tamiri 133; yapısı 102, 115, 136, 137–138, 228, 292–295, **293**; viral 114, 119
Dobzhanski, Theodosius 296
Doğal seçilim 258
Doğu Afrika: iklim değişikliği 354
Doğum kontrol hapları 115
Donath, W. F. 123
Dopamin 385
Doppler etkisi 67, 69, 188
Doppler, Christian 67, 188
Down sendromu 141
Draper, John William 63
Du Fay, Charles-François de Cisternay 190
Du Toit, Alexander Logie 346
Dumortier, Barthélemy 279
Dünya: yaşı 325, 331–332, 337, 339, 341; atmosferi 182, 185, 348–349; evrenin merkezi olarak— 19, 25–26, 32; iklim değişikliği 235, 325, 343, 345, 354; güneşe uzaklığı 314; element yapısı 349; düz— **306–307**, 310; hidrosfer 349; içi 314, 315, 324, 342–344; manyetik alanı 180, 319, 322, 346–347; göktaşı düşmesi 356, **356**; hareketi 19, 21; yörüngesi 30, 31, 60; oluşumu 306, 309, 314, 338–339, 341, 343–344; tektonik plakalar 337, 344–348; biçimi 26, 307, 310; boyutu 26–27, 307, 311, 313, uzaydan görünümü 305, **347**, 357
Dünya Sağlık Örgütü 118, 138
Dürer, Albrecht 249

E

Ebers Papirüsü **74**, 75
ECT (elektrokonvülsif terapi) 369
Eddington, Arthur Stanley 58–59, 64
Edinburgh Kraliyet Akademisi 323, 338
Efesli Rufus 75, 80
Ego 375
Ehrlich, Paul 114–116, 256
Eijkman, Christiaan 123
Einstein, Albert **10**, **57**, 57–60, 59, 207; atom bombası 226; genel görelilik teorisi 58–60, 70, 71, 216, 225–226; yaşamı 219; fotoelektrik etkisi 220–221; özel görelilik teorisi 58, 213, 222–225; birleşik alan teorisi girişimleri 218
Elektrik: hayvansal— 365, 366; kas hareketi 365; statik— 176, 188, 190–191; *ayrıca bkz.* Elektromanyetizma
Elektroensefalograf (EEG) 369, 383, 386
Elektromanyetik kuvvet 198
Elektromanyetik tayf **199**, 199–201
Elektromanyetizma 187, 202, 206, 218
Elektronlar 211, 213
Elektroşok terapisi 365, 369
Elementler (Öklid) 160, 163
Elementler: antik— 152; —in keşfi 61, 183, 184, 202; oluşumu 349; periyodik tablo 152, 183, 185, 212; tayflar 60–61
El-Hakim 171–172
El-Harezmi, Muhammed bin Ebu Cafer 172, 174
El-Heysem 82, 171–172, 174
Elizabeth I, Kraliçe (İngiltere) **176**, 250
Empedokles 78, 152, 160, 161, 163
Endonezyalılar 317
Enerji —korunumu 193, 203, 206; karanlık— 70–71; kütleyle ilişkisi 58, 64, 225
Engizisyon 37
ENIAC 389–390
Enlil (tanrı) 23
Enovid-10 115
Entelekya 240
Entropi 193, 208
Enuma Anu Enlil 22, 23
Enuma Elish 22
Enzimler 102
Epikür 164
Epilepsi 360
Erasistratus 75, 80, 361
Eratosthenes 26, 307, 311, 313, 314, 317–318
Erickson, Erik 379, 381
Eter 201, 223
Euktemon 27

Eudiometreler **180**
Eudoksus 167
Euler, Leonhard 307
Evans, Ronald 353
Evelyn, John 368
Everest Dağı, Çin-Nepal: yükseklik 355
Evren: genişleyen— 66, 68, 69–71; geometrik şekli 70, **70**; oluşumu 66; bir kuantum olayı olarak— 228; durağan durum modeli 69
Evrensel sabit 70, 71
Evrim: kladizm ve— 246; Darwin'in teorisi 258; ilk versiyonlar 254, 255, 262, 264
Eyre, John 194
Ezop 244

F

Fabricius 91
Fahrenheit, Daniel Gabriel 203, 205
Faraday, Michael **192**, **194**, 195–197, 199
Fatımiler 171
Felaketçiler 265
Fenikeliler 314, **316–317**
Fenilketonüri (PKU) 141
Fenoloji 231
Fermantasyon 100, 107, 277
Fermi, Enrico 215, 217
Fermiyonlar 229
Ferranti Mark I **388**
Feynman diyagramları 229
Feynman, Richard 223, **228**, 228–229
Fiberoptik kablolar 207
Finlay, Carlos **113**
Fisher, Osmond 355
Fisyon 217, 226, 227
Fizeau, Hippolyte 67
Flagstaff, Arizona 56, 352
Fleming, Alexander 114, 115, 116, 117
Flemming, Walter 282
Flogiston 273
Florey, Howard Walter 117
Fol, Hermann 282
Fonksiyonel manyetik rezonanslı görüntüleme (fMRI) 386
Fosiller: kıtasal sürüklenme 345–346; oluşumları 263–264, 306, 332–334
Fotoelektrik etkisi 219–220
Foto-iyonizasyon 68
Fotosentez 276, 288–289
Fracastoro, Girolamo 94–95
Frankland, Edward 62
Franklin, Benjamin **190**, 191–192
Franklin, Rosalind 137, 292–295, **294**
Fransa: mağara resimleri 232
Fransız Kraliyet Gözlemevi **52–53**
Fraunhofer, Joseph von 60, 185
Frederick II, Kral (Danimarka) 39, 40, 41
Frenoloji 383
Fresnel, Augustin 199
Freud, Sigmund 374–375, 382
Frisch, Otto 217
Frosch, Paul 109
Fuchs, Leonhart 249
Fungi (mantarlar): sınıflandırma 286
Füzyon 226

G

Gagarin, Yuri 58
Galápagos Gediği, Büyük Okyanus 297, 300
Galen, Claudius 79, **80**, 361–362; hataları 81–82, 86, 87–88, 91; vücut sıvıları teorisi 75, 78, 83, 371; etkileri 81, 82–83; yaşamı 81
Galilei, Galileo **36**; Kopernikanizm ve— 33, 37–38, 41; kütleçekim deneyleri 164; yaşamı 37; teleskop gözlemleri 29, **33**, **34–35**, 35–37, 349, 356
Gall, Franz Josef 382–383
Galle, John 56
Galler: jeolojik harita 330
Gallo, Robert 139
Galvani, Luigi 193, 365, **366**, 368
Galvanizm 365
Galvanometreler **204**
Gates, Sylvester James 218
Gay-Lussac, Joseph Louis 182
Gelgitler **334**
Gellibrand, Henry 319
Gell-Mann, Murray 217, 229
Genetik 134–141, 143, 278, 279–285, 290–292
Genetik mühendisliği **230–231**, 232
Geometri: Yunan 148, 149, 158–160; Mezopotamya 14
George III, Kral (İngiltere) 50, 311, 329
Gesner, Konrad von 240, 249–250, 259
Gestaltizm 381
Gilbert, William 164, 176, 177, **177**, 178, 179, 180, 314, 322
Giordano Bruno (krater) 356
Giovannoni, Stephen 303
Glacier Milli Parkı, Montana 354
Glikojen 289
Gnomonlar 149
Gold, Thomas 295
Gondwanaland 344
Goodricke, John 65
Göğüs kanseri 130
Gökadalar: keşif 65–66; tayflar 66–67
Gökbilim: antik 19–29; Kopernik devrimi 29–44; gezegen avcıları 50, 52–53, 55–57; güneş sistemi gözlemleri 60–63
Göktaşı düşmesi 352, 356, **356**
Göktaşı: yapısı 342–343
Görcülük: genel teori 58–60, 70, 71, 216, 225–226; özel teori 58, 213, 222–225
Graham, George 326
Gray, Stephen 188
Greene, Brian 218
Gregory XIII, Papa 24, 45
Gregory, David 53
Gregoryen takvim 24, 45
Grew, Nehemiah 255
Griffith Gözlemevi **62**
Grip 119, 284, 285
Grosseteste, Robert 174, 248
Grönland: köpek koşulan kızaklarla keşif **341**
Guatr 125
Gurden, John 296
Güçlü kuvvet 198
Güneş lekeleri 36–37, 46, 61–62
Güneş saatleri 148, **149**
Güneş sistemi: yermerkezli model 19, 25–26, 32; güneşmerkezli model 27, 30, 31, 32–33, 37–38, 313–314; mekaniği 306–308; oluşumu 308–309, 343–344
Güneş: güneş sisteminin merkezi olarak— 27, 30, 31, 32–33, 37–38, 313–314; karona (taç) 62; dünyadan uzaklığı 314; tutulmalar 25, **61**, 338, **338–339**; kadir derecesi 29; tayfı 61, 185
Güney Amerika: kıyısı 345

H

Habitat yıkımı 354
Hadley, George 315
Hahn, Otto 215
Haller, Albrecht von 272
Halley kuyrukluyıldızı **21**, 29, 48, **49**
Halley, Edmund 29, **48**, 48–49, 311, 315, 326
Hammurabi, Kral (Babil) 22
Haplotipler 144
HapMap 144

Harding, Karl Ludwig 55
Haritalar 316–319
Harmonia Macrocosmica (Celarius) 6
Harrison, John 311, 324–329
Hartl, Daniel 283
Hartmann, William Kenneth 355
Harvey, William 81, 87, 89, 90–92, 251, 255, 257
Hastalıklar: mikrop teorisi 93, 95, 98–101, 145, 269; vücut sıvıları teorisi 75, 77–78, 80, 152; miasma teorisi 99; önleme 106–107, 109; viral— 107, 109–112, 117, 119
Hava: bileşimi 181–182, 185, 348; basıncı 186
Hawking radyasyonu 217
Hawking, Stephen 48, 217, **218**, 225, 229
Hayvan öyküleri 244
Hayvancılık 98, 104, 241
Hayvanlar: Hayvan öykü kitapları 244; sınıflandırma sistemleri 233, 239–242, 246, 255, 259–261, 286; evcilleştirme 11, 235
Hayvansal elektrik 365
Hesiodos 23, 317
Heisenberg, Werner 222
Hellbrunn, Avusturya: otomatlar 271
Helmholtz, Herman von 203, 206, **210**, 211
Helmuth, William T. 100
Helyum: keşfi 63, 212; sıvı— 209, 211; yıldızlarda— 54, 63, 64
Hemoglobin 227
Hennig, Willi 246
Herakleitos 12, 13, 14, 237–239
Herodot 24, 25, 307, 314
Herophilus 242, 269
Herschel (krater) 356
Herschel, William 46, 50, **51**, 52, 53, 55, 64
Hertog, Thomas 229
Hertwig, Oskar 282
Hertz, Heinrich 199–200, 212
Hertzsprung, Ejnar 47, 63
Hertzsprung-Russell çizelgesi 63
Hesap cetveli 387–388
Hess, Harry Hammond 347
Hewish, Antony 58
Hıyarcıklı veba 83
Hidrodinamik 169–171
Hidrojen: keşfi 180–181, 327; sıvı— 208, 209; yıldızlardaki— 54, 62, 64
Hidrosfer 348
Hidrostatik 169
Hidrotermal yarıklar 297, 298, 300–302
Hill, Robert 288
Himalaya Dağları, Asya: oluşumu 348
Hindistan: anatomi 77; kolera salgını 115; elementer 152; matematik 149, 155, 174
Hint Okyanusu: akıntılar 317; tsunami 235
Hipokrat 75, **76**, 77–78, 152, 360, 371
Hipokratik koleksiyon 77
Hipotiroidizm 125
Hipparkos 26, **26**, 27, 29, 319
Hiroşima, Japonya 217
HIV 117, 120, **121**, 139, 287
Hoagland, Mahlon 138, 295
Hollanda: iklim değişikliği 354
Hollywood Tepeleri, California: Griffith Gözlemevi 62
Holmes, Arthur 346
Homeostasis 78–79, 272
Homeros 23, **165**, 310, 314, 317
Hooke, Robert: krater deneyleri 356; fosil oluşumu 333; yaşamı 257; mikroskopla keşifler 102, 103, 240, 255, 269; Newton ve— 45, 48, 49
Hooker, Joseph 265
Hopi Düzlüğü, ABD 350
Hopkins, Gowland 123
Hormonlar 124–128
Horus (tanrı) 24
Houdon, Jean Antoine 318
Hoyle, Fred 66, 68
Hubble Uzay Teleskobu: kapasitesi 27, 71; görüntüleri **18–19**; uzaya gönderilmesi 71
Hubble, Edwin 47, 64–65, 66, **67**, 68, 71
Huggins, William 46
Hunter, John 94, 106
Hutton, James 264, 315, 323, 324, 336–338, 339
Huygens, Christiaan 36–37, 174–176
Hücre teorisi 102, 103–106, 256, 278–279
Hücresel solunum 288
Hven, Danimarka 39, 41
Hyades 59, 63

I

Isı 193, 203–206, 208–209
Işık: —teorileri of 174–177, 197, 199, 219–222

İ

IBM 390
İbni Sina 82, 83, 361
İçedönüklük 375
İd 375
İkarus (asteroid) 60
İkili sayılar 389
İkili yıldızlar 60
İklim değişikliği 235, 325, 343, 345, 354
İlaçlar: antibiyotik 114–117, 119; antiviral— 118, 119; immünosüpresif— 110; psikoaktif— 371, 373, 385–386
İlyada (Homeros) 23
İmhotep 74
İndüksiyon 187
Ingenhousz, Jan 288
İngiltere: Gregoryen takvimin kullanıma girmesi 45; yerbilim haritası 329
İnka 155
İnsan Genom Projesi 139, 141–144
İnsanlar: ilk— 231–235; — kökeni 297; aşırı nüfus artışı 254, 266
İnsülin 114, 127–128
İran: kudurrus 21
İskenderiye, Mısır: antik dönemdeki önemi 166; Eratostenes'in dünyanın çevresini ölçümü 26, 311, 313; araştırma amaçlı diseksiyonlar 269, 360–361; büyük kütüphane 311, 313; yön bulma 314–315
İskorbüt hastalığı 122–123, 125
Işiyama, Fukujiro 242
İvanovski , Dimitry 282
İzostasi 344

J

Jacob, François 138
James I, Kral (İngiltere) 91, 251
James, Thomas 319
James, William 369
Jansen, B. C. P. 123
Jansen, Hans 174
Jansen, Pierre Jules Cesar 62
Janssen, Hans ve Zacharias 240
Jefferys, John 311, 327
Jel elektroforezi 143
Jenner, Edward 93, 106, 105–107, 109
Jeosenklinaller 344, 345
Johnstone, John 330
Joule, James Prescott 167, 205
Joule-Thomson etkisi 167
Julian, Percy Lavon 128

Jung, Carl Gustav 374, **374**, 375
Juno (asteroid) 55
Jülyen takvim 24, 45
Jüpiter (gezegen): Mısır'lıların gözlemleri 25; keşif 59, 355; Büyük Kırmızı Leke **302**; uyduları 35, 36, 37, 174; yörüngesi 307–308; oluşumu 309

K

Kahire, Mısır 16, 171
Kalahari Havzası, Afrika: avcı-toplayıcılar **234**
Kaldıraçlar 167
Kalıtım bkz. Genetik
Kallimakhos 316
Kalorik teori 205, 206
Kalp: —hastalığı 94–95; —i dinlemek 94–95; bir pompa olarak— 91–92; duyuların merkezi olarak— 360–361; —nakli 138
Kamerlingh Onnes, Heike 209
Kan: dolaşımı 90, 91, 92, 253; basıncı 92; miktarı 92; nakli 92–93; tipleri 93
Kanser 128–135; apoptozis ve— 132–135; nedenleri 129–132; tarihi 128; tedavileri 114, 130, 133
Karadelikler 47, 54, 66, 217, **224**, 225, 226, 229
Karanlık enerji 70–71
Kartezyen dualizm 363
Kasparov, Gary 390, 391
Kassit hanedanı 22
Katolik Kilisesi: Kopernik modeline karşı çıkış 30–32, 37–38
Katot ışınları 202
Kayalar: oluşumları 336–337; tipleri 342
Kelvin, Lord 167, 189, 206, 208–209, 325, 326, 334, 341
Kemoterapi 114
Kendall, Edward Calvin 127
Kendall, Larcum 329
Kendiliğinden oluşum 100, 241, 257, 259, 269
Kepler, Johannes 28, 32, 39, 40–44, **42**, 52, 60
Kıldaniler 14
Kırmızıya kayma 66, 69
Kitasal sürüklenme 325, **331**, 337, 345–348
Ki (tanrı) 23
Kilimanjaro Dağı, Tanzanya **343**, 354
Kirchhoff, Gustav 60–61, 185, 189
Kişilik bozuklukları 380
Kladizm 246
Klonlama 142, 296
Klorofil 276
Kloroplastlar 276, **276**, 289
Koch, Robert 93, 98, 101
Koezit 352
Kolera 95, 107, 115
Konfüçyüsçülük 236
Kopernik, Mikolaj 6, 27, 28, 30–33, **31**
Kortizon 127–128
Koyu Mavi **390**, 391
Kozmik Arkaplan Araştırıcısı (COBE) 69
Kozmik ışınlar 212, 214
Kraterler 350–352, 356
Krebs döngüsü 296
Krebs, Hans Adolf 289–290, 296
Kromozomlar 102, 143, 283, 291–292
Ksenofanes 232, 306, 310
Kuantum mekaniği 216, 218, 222, 226–229
Kuarklar 217, 219
Kudurma **21**
Kuduz hastalığı 109
Kuiper, Gerard Peter 344
Kutsal Roma İmparatorluğu: Gregoryen takvim 24
Kuyrukluyıldızlar: Çin astronomisi 22; Halley— 21, 29, 48, 49; yerkürceye çarpması 349
Kuzey Amerika: iklim değişiklikleri 354
Küba: sarı humma salgını 111–112, **113**
Küçük Ayı 316
Kültür 375–377
Küresel ısınma *bkz.* İklim değişikliği
Kütleçekim: Einstein'ın teorisi 58–60, 226; ayın— 53; Newton'un teorisi 44, 47, 58, 322; —kuvveti 198; birleşik alan teorisi 218; dalgaları 60

L

La Mettrie, Julien de 90, 271–272
Laennec, René-Théophile-Hyacinthe 93–94
Lagrange, Joseph-Louis 275, 307
Laing, Ronald D. 382
Lamarck, Jean-Baptiste 255, 258, 261, 263, 264
Lancisi, Giovanni Maria 94
Landsat 1 351
Landsteiner, Karl 93
Lansbergen, Philips **6**
Laplace, Pierre-Simon Marquis de 307, 308, **318**, 343
Lavoisier, Antoine 152, 181, 205, 270, 271–274, **274**, 274–275
Lawrence, Ernest 212
Lazear, Jesse 111, 112
Lazerler 207, **207**
Leavitt, Henrietta Swan 65
Lehmann, Johann Gottlob 334–335
Leibniz, Gottfried Wilhelm 388
Lemaître, Georges Henri 67–68, 71
Lenard, Philipp 219
Lenf 110
Lenfositler 110, **110**
Leo X, Papa 32
Leonardo da Vinci 84, 249, 332
Levene, Phoebus 292
Leverrier, Urbain-Jean-Joseph 55
Levi-Strauss, Claude 375–376
Lewin, Kurt 381
Leyden kavanozları 191–192
Linnaeus, Carolus 204, 241, **246**, **246**, 258, 260, 261, 286
Lipmann, Fritz Albert 289
Lippershey, Hans 28
Lister, Joseph 93, 98, 100, 101
Livorno, İtalya: köpekbalığı dişi 333
Lizozomlar 133
Lobotomiler 369, **372**, 372–373
Locke, John 368
Lockyer, Joseph Norman 61–62, 212
Logos 237–238
Londra, İngiltere: güneş tutulması (1748) 61
Long, Crawford Williamson 93
Lorenz, Konrad 377
Los Alamos, New Mexico: atom bombası 217
Lovell, James 305
Lovley, Derek 296–297
Lowell, Percival 56
Lower, Richard 92
Lucius Verus 81
Lucretius 177
Ludlow, Daniel 107
Luna 9 351
Lunin, N. 120–121
Luther, Martin 30–31
Lyell, Charles 264–268, 324, 325, **328**, 329, 339, 341
Lysenko, Trofim 290–291, 290

M

Macellan Bulutu 65
MacLeod, Colin M. 136, 292

MacLeod, John 114, 127
Madagaskar 317–318
Maddox, Brenda 292
Magellan uzay aracı 59
Magendie, François 272
Magnesia, Anadolu: mıknatıs taşı 178
Magsat uydusu 351
Mağara resimleri 232
Maiman, Theodore 207
Maksimilyan, Prens 204
Malpighi, Marcello 91–92, 255
Malthus, Thomas 254, 258, 265–266
Manhattan Projesi 215, 217, 226
Manyetik rezonanslı görüntüleme (MRI) 387, **387**
Manyetizma 164, 177, 178–180, 187
Manyetoensefalografi (MEG) 386
Marconi, Guglielmo 200–201
Marduk (tanrı) 22
Mare Orientale (krater) 356
Mariana Çukuru, Büyük Okyanus 300
Mars (gezegen): Mısırlıların gözlemleri 25; keşfi 355; yörüngesi 42; oluşumu 309; volkanik yapısı 355
Marten, Benjamin 117
Maskelyne, Nevil 328–329
Massa, Niccolo 83
Matematik: antik dönem 147–151, 153–155, 159–160, 163; Arap— 172, 174
Maviyekayma 69
Maxwell denklemleri 197, 199
Maxwell, James Clerk 187, 187, 189, 197, 199
Maxwell-Boltzmann kinetik dağılım yasası 197
Maya: takvim 24
Mayer, Julius 206
Mayow, John 92
McCarty, Maclyn 136, 292
McClung, Clarence 283
Mechain, Pierre 64
MEG (manyetoensefalografi) 386
Meister, Joseph 109
Meitner, Lise 217
Meksika: tarım 11
Melanezyalılar 316
Melishishu II, Kral (Babil) 21
Mendel, Gregor 135, 137, 139, 269, **279**, 280–284, 291
Mendeleyev, Dmitri 183, **183**, 184–185, 212
Mendelizm 283
Mengele, Josef 242
Mercator, Gerardus 314
Mercuriali, Girolamo 83
Merkür (gezegen): Mısırlıların gözlemleri 24; yörüngesi 59–60; oluşumu 309
Mesajcı RNA (mRNA) 139, 295
Messier kataloğu 64
Messier, Charles 64
Metabolizma 120, 123
Metastaz 133
Meteoritler (Göktaşları): yapısı 342–343
Meteorograflar 350
Meton 27
Mezopotamya: geometri 14; sayı sistemi 11
Mezoskaf 297
Mıknatıs taşları 177–180
Mısır: astronomisi 20, 25; takvimleri 14, 24–25; saatleri 25; Ebers Papirüsü 74, 74–75; matematiği 155; tıbbi 74–75, 75, 92, 360; piramitleri 20; Turin Papirüsü 306
Miasma teorisi 98, 99
Michelson, Albert 201
Mikronezyalılar 316
Mikrop teorisi 93, 98–101, 269
Mikroskoplar: ilk— 174, 252, 254; etkileri 255–257; tipleri 103, **240**
Milankoviç, Milutin 325
Milet, Anadolu 16, 155
Miletli Anaksimenes 155, 236, 310
Miletli Thales 25, 27, 148, 155, 236–237, 310, 316
Milner, Richard 258
Mississippi Vadisi, ABD: sarı humma salgınları 109
Mitchell, John 322
Mitler: yaratılış 23, 306; evrensel yapıları 374–376
Mitoz 102–103, 137, 282
Moken 235
Moleküller: tanım 184
Moniz, Antonio Egas 372
Monod, Jacques 138–139
Montagnier, Luc 139
Montpellier, Fransa: tıp okulu 84
Morgagni, Giovanni Battista 268, 269
Morgan, Thomas 283, 291
Morley, Edward 201
Moulton, Forest Ray 343–344
MRI (manyetik rezonanslı görüntüleme) 387, 387
Mul Apin tabletleri 22–23
Muller, Johannes 129
Murray, Joseph 115
Musschenbroek, Pieter van 190, 191
Mutlak sıfır 189, 193, 209
Müzik gamı 15–16
Myron 74

N

Nabonassar, kral (Babil) 25
Nagazaki, Japonya 217
Nakamura, Yusuke 145
Nanai (tanrı) 21
Napolyon Bonapart 189
NASA: Apollo uçuşları 59, 305, 352–353, **353**; Kozmik Arkaplan Araştırıcısı 69; Hubble Uzay Teleskobu 18–19, 29; New Horizons [Yeni Ufuklar] 57; Voyager 1 ve 2 59, 302, 357; Wilkinson Microwave Anisotropy Probe [Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Uzay Sondası] 69, 71
National Geographic Society: gökyüzü incelemesi 67
Nekroz 132
Neptün (gezegen): keşfi 56; incelenmesi 59; oluşumu 309
Neptünizm 335, 336
Nevada: nükleer test alanı 146–147, 148
Nevroz 380
New Horizons [Yeni Ufuklar] 57
New York, New York: iklim değişikliği 354
Newlands, John 184–185
Newton, İsaac 10, 17, 44–50, 52, 308; ölümü 46, 50; hareket yasaları 44, 58, 165; yaşamı 45; ışığın parçacık teorisi 176–178, 219; *Principia* 29, 44, 49, 165, 306; yansıtmalı teleskop 175, 176; kütleçekim teorisi 44, 47, 48–49, 58, 322
Nil Nehri, Afrika: taşması 14, 20, 24, 171
Norepinefrin 385
Nova'lar 22
Nöronlar 384, **384**, 385, 386
Nötrinolar 215
Nötronlar 198, 215, 217
Numaralama sistemleri: antik dönem— 11, 149, 150–151, 153–155; Arap— 172, 174; ikili— 388
Nuremberg, Almanya 32, 33
Nurse, Paul 256
Nükleik asitler 102

O
Odise (Homer) 23
Ørsted, Hans Christian 179, 180, 195
Ohm yasası 171
Ohm, Georg Simon 171
Oken, Lorenz 277
Oksijen: keşfi 92, 181, 273, 275; önemi 92; sıvı— 209; fotosentez ve— 276, 288–289
Okyanus keşif seferleri 296–303
Olbers, Heinrich Wilhelm Matthaus 55
Oldenburg, Henry 45
Olympus Dağı, Mars 355
Onkogenler 132
Orak hücre anemisi 227–228
Orel, Vitezslav 283
Organ nakilleri 110, 115
Ormansızlaşma 345
Ortak bilinçdışı 375
Ortis Sanitatis 367
Osiris (tanrı) 24
Otoimmünite (özbağışıklık) 110
Ozon tabakası 349, 351

Ö
Ökaryotlar 286, 290
Öklid (Euclid) 149, 154, 159, 160, 161, 313
Ölçümler: antik dönem 148; standardizasyon 309
Ölü Deniz, İsrail-Ürdün: archaea 295

P
Padova, İtalya: tıp okulu 84
Pallas (asteroid) 55
Palmieri, Luigi 324
Palomar Gözlemevi 67
Pangaea 346
Paracelsus 78, 87, 88, 89–92
Parçacık hızlandırıcıları 212, 219, 222
Paris, Fransa: tıp okulu 84
Parmenides 152, 162, 311
Pascal, Blaise 164, 169, 170, 387
Pasteur, Louis: kendiliğinden oluşumu çürütmesi 100, 269; fermantasyon 100, 268, 277; mikrop teorisi 93, 98, 100–101, 259, 269; etkileri 111; yaşamı 99; aşılar 105–109; vitalizm 243
Pastörize işlemi 107
Paul III, Papa 37
Pauli ilkesi 216
Pauli, Wolfgang 216
Pauling, Linus 220, 221, 227, 292
Paulze, Marie-Anne Pierette 270, 272, 275
Pavlov, İvan 377–378, 378, 379, 382
Penisilin 114, 116, 117, 118, 119
Peregrinus, Peter 179
Perga'lı Apollonius 27
Periyodik tablo 152, 183, 185, 212
Peroksizomlar 133
Peru: hayvanların evcilleştirilmesi 11
PET (pozitron emisyon tomografisi) 380, 386
Petrocellus 82
Phipps, James 106, 107
Physis 236, 237
Pi 158, 167
Piaget, Jean 378, 381, 383
Piazzi, Giuseppi 53
Piccard, Auguste 299
Pickering, Edward Charles 63
Pinel, Philippe 368
Piramitler 20
Pisagor 12, 14, 16, 154, 156, 158, 159, 163, 307, 310
Pisagor teoremi 14, 154, 158
PKU (fenilketonüri) 141
Planck, Max 213, 220
Platon 233, 362, 362, 363; Akademisi 237, 238; ideal formları 158; araştırmacı yöntemleri 239
Pleiades 54, 63
Plutonculuk 338
Plüton (gezegen): keşfi 55, 56; araştırılması 56–57
Polaris 314–315, 316
Polinezyalılar 316
Polio 115, 118, 120
Polonyum: keşfi 201, 203
Potasyum: keşfi 195
Pozitron emisyon tomografisi (PET) 380, 386
Pozitronlar 198, 215
Prag, Çek Cumhuriyeti 39, 40, 41, 219
Priestley, Joseph 92, 181, 192, 254, 273, 274–288
Principia (Newton) 29, 44, 45, 49, 165, 306
Prionlar 17, 120, 287, 288
Prokaryotlar 286, 289
Protista 286
Protonlar 183, 212, 217, 218
Proto-onkogenler 131
Prozac 373, 383
Prusiner, Stanley B. 120, 287
Psikoterapi 373–375
Psikozlar 380
Pulsar 58
Punnett Karesi 143
Punnett, Reginald 143
Purkinje, Jan Evangelista 103, 277, 369
Pusulalar 178, 178–179, 326

R
Radyo dalgaları 200, 212
Radyoaktivite: nedeni 226; keşfi 202–203, 340
Radyokarbon tarihleme 340
Radyum: keşfi 203
Ramon y Cajal, Santiago 384–385
Ramses II, Firavun (Mısır) 306
Ranger 7 350
Rankine, James 167
Rankine, William 167, 189
Raphael 362
Raşitizm 122
Ray, John 246, 259
Reddetme 110
Redi, Francesco 241, 259
Reed, Walter 111–112, 113
Remak, Robert 279
Rembrandt 164
Renk körlüğü 182, 186, 197
Reseptörler 126
Retrovirüs 118
Rezonans 227
Rh faktörü 93
Rhazes 82
Rheticus, Georg Joachim 33
Richter ölçeği 350
Richter, Charles 350
RNA: keşfi 292; işlevi 102, 295; mesajcı— 139–140, 295; yapısı 294; transfer— 138, 295; viral 113, 118, 119, 120
Roche, Édouard Albert 355
Rømer, Ole 174, 204
Roma, İtalya: takvimler 24
Ronan, Colin 178
Roosevelt, Franklin 226
Rosa, Salvator 158
Rosenberg, Hans 63
Rous, Francis Peyton 112
Röntgen, Wilhelm Conrad 131, 202
Rubens, Peter Paul 14
Rubey, William Walden 348
Rubu tahtaları 39, 41
Rudolph II, İmparator (Kutsal Roma İmparatorluğu) 40, 42, 43, 43
Russell, Henry Norris 63
Rusya: Gregoryen takvimin kullanıma girmesi 45
Rutherford, Ernest 198, 211, 221, 340

Rüyalar 374, 375, 382
Rüzgarlar Kulesi 310

S
Saatler: Çin 9; Mısır 24; deniz— 311, **324**, 324–329; su— 24, **310**
Sabin, Albert 112
Salerno, İtalya: tıp okulu 83, 84
Salisbury Ovası, İngiltere 14, 15
Salk, Jonas 115
Samanyolu 33, 64, **357**
Samoslu Aristarkos 21, 26, 29, 313–314
San Andreas Fault, California 348
San Diego County, California: Palomar Gözlemevi 67
Sanat: —olarak anatomi 84–87; tarih öncesi— 232; bilim temelli 249
Santa Barbara, California 57
Santorio 89
Sargasso Denizi, Atlas Okyanusu 295
Sarı humma 109, 111, 112, **113**
Satranç **390**, 390–391
Satürn (gezegen) : Mısırlıların gözlemleri 24; araştırmalar 59, 357; yörüngesi 306–308; oluşumu 308; halkaları 36–37, 174
Scablands, Washington: oluşumu 341
Schleiden, Matthias Jakob 103, 104, 277, 278
Schmandt-Besserat, Denise 151
Schmitt, Harrison H. 352
Schrieffer, John 209
Schrödinger Havzası (krater) 356
Schrödinger, Erwin 222, 292
Schwabe, Heinrich 46
Schwann, Theodor 102, **102**, 103, 104, 105, 277–278
Schwarzschild, Karl 47
Schwemin, A. J. 208
Scilly Adaları, İngiltere 323
Scrapie 287–288
Scribonius Largus 365
Searle, John 391
Secchi, Pietro Angelo 63
See, Thomas Jefferson Jackson **355**
Seminelweis, Ignaz 99–100
Sera etkisi 345, 354
Serotonin 385–386
Shasta Dağı, California 342
Shoemaker, Eugene 335, 350–352
Sıfır: mutlak 189, 193, 209; kavramı 11, **149**, 174
Sığır çiçeği 105, 106, 107, 109
Sibyl 366
Sicim teroisi 217, 218
Silliman, Benjamin 342
Sindirim 272, 273
Sinir iletiçiler 384, 385
Sinir sistemi **358–359**, 360; keşfi 363–364; işlevi 364–365, 384–385
Sinirbilim 382–386
Sirius 24, 27
Sivrisinekler 111–112
Skinner, B.F. 376, 377, 378, 379, 382
Smith, William 330, **330**
Snell yasası 164
Snell, Willebrord 164, 174
Snow, John 95
Soğurma çizgileri 61
Sosyal psikoloji 381
Sovyetler Birliği: uzay yarışı 58, 352; genetik teorisi 291
Spencer, Herbert **258**
Sputnik 1 (uydu) 58, 355
St. Martin, Alexis 100
Stahl, Georg Ernst 273
Stanley, Wendell 285, 296
Steno, Nicolaus 263, 315, 330, 333
Steroidler 128
Stetoskoplar: icadı 93–94
Stonehenge, İngiltere 14–15, 15, 20
Stoney, George 211
Strassmann, Fritz 215
Streptomisin 114, 117, 119
Su: moleküler yapısı 181
Suess, Edward **344**
Susa, İran: kudurrus **21**
Sutton, Walter 283
Sülfa ilaçları **117**
Sümerler 11, 150, 151, 360
Süper akışkanlar 209
Süperego 375
Süperiletkenler 209, 211
Süpernova Evrenbilim Projesi 70
Süpernovalar 28, 39, 54, 70
Swammerdam, Jan 241, 254, 255, 256, 257, 269
Syene, Mısır 26, 313

Ş
Şartlandırma 378
Şizofreni 380, 382, 385

T
T hücreleri 110, **110**
T2R'ler 126
Takamine, Jokiçi 125
Taksonomi 246, 255, 260, 286
Takvimler 14, 24–25, 45
Tarım: etkisi 235; kökleri 11, 235
Taş Devri 10
Tat reseptörleri 126
Tayfanalizi 60, 185, 189
Taylor, Frank B. 345
Tay-Sachs hastalığı 133
Teb, Mısır: tutulma tahminleri 25
Tekbiçimcilik 264, 338, 339, 341
Teklikler 69
Teknoloji : —nin etkisi 10
Tektonik plakalar 337, **344–348**
Teleoloji 239, 240–241
Teleskoplar: icadı 28, 33; tipleri 38, **175**
Teoriler: tanımı 8; çürütme 8–9
Termodinamik 193, 208–209, 213
Termometreler 203–204
Ters transkriptaz (kopyalama) 118
Testosteron 125
Tetani 125
Texas Instruments 390
Thames Nehri, İngiltere 354
Theophrastus 233, 239, 259, 269
Thomas Aquinas, Aziz **245**, 249
Thompson, Benjamin 170, 204–205
Thomson, Joseph John 202, 211, 213
Thomson, William 204
Tiberius Caesar 379
Tifoid ateş 119
Tiroid bezi 125
Titan (Satürn'ün uydusu) 357
Titius, Johann Daniel 53
Tokai Araştırma ve Geliştirme Merkezi **227**
Tombaugh, Clyde **55**, 56–57
Townes, Charles 207
Transfer RNA (tRNA) 138, 295
Transformatörler **196**
Trefinasyon 360, 367
Trotter, Wilfred 391, **391**
Tunguska, Sibirya: göktaşı düşmesi 356
Turin Papirüsü **306**
Turing testi 383
Turing, Alan 383, **388**, 388–389
Tutulmalar: Jüpiter uyduları 174; ay— 25, 26; tahmini 25; güneş— 25, 61, **338–339**, 339
Tüberküloz 100, 101, 107, 114, 117
Tünelleme 216
Tüp bebekler 138
Tüpkurtları 300
Türler: sınıflandırma sistemleri 233, 239–242, 246, 249, 255, 259–261, 286; tanım 246, 260; çeşitlilik 260; tehlike altındaki— 354; bilimsel adlar dizini 246

Tütün mozaik 109, 112, 285, 294
Tycho'nun yıldızı 39
Tyson, Neil 224

U
Ulusal Kanser Enstitüsü 131
Uluslararası Adlar Dizini Kılavuzu 246
Uluslararası HapMap Konsorsiyumu 144–145
Urania (ilham perisi) 6
Uranüs (gezegen): keşfi 50, 53; araştırmalar 59; oluşumu 309
Uranyum 213; atomu 198; fisyon 217
Urban VIII, Papa 38
Ussher, James 331, 332
Usturlaplar 29
Uydular: Landsat 1 351; Magsat 351
Uzay-zaman: kavramı 57–58; bükülmesi 70, 226

Ü
Üre 255
Üreme teorileri 80, 101, 257
Üstüste konumlanma 333

V
Vakum 186, 188
Valhalla Havzası (krater) 356
Valium 373
Van de Graaff, Robert 212
Van der Waals, Johannes Diderik 209
Van der Waerden, B. L. 160
Van Helmont, Joan Baptista 371
Van Kalcker, Jan Stephanus 86
Van Leeuwenhoek, Antoni 92, 95, 98–100, 103, 174, 241, 254, 256, 257
Varmus, Harold 131, 132
Vavilov, Nikolay 291
Vega 63
Venedik, İtalya: teleskop ugulamalı gösterimi 33, **34–35**
Veneziano, Gabriele 217
Venter, J. Craig 295–296
Venüs (gezegen): araştırmalar 59; ilk gözlemler 22, 23, 25; yörüngesi 60; oluşumu 309; evreleri 37
Vesalius, Andreas 81, 83, 84, 85, **86**, 87, 368
Vesta (asteroid) 55
Vezüv Dağı, İtalya 342
Vikingler 316
Virchow, Rudolf 78, 104, 128, 269, 278, 279, 280, **280–281**
Virüsler: keşfi 282, 285; hastalıklar ve— 107, 109–114, 118, 119, 129–131, 287; çoğalmaları 113–114; retro— 118; yapısı 112, 119; aşılar ve— 287
Vitalizm 104, 243
Vitaminler 121–124
Viviseksiyon 242, 272
Volkanlar: atmosfer oluşumu 348; nedenleri 336; Mars— 355
Volta, Alessandro 170, 180, 193–195, 365; pili **189**, 194; tabancası **188**
Von Fiselsberg, Anton Freiherr 125
Von Guericke, Otto 185–186, 188
Von Kleist, Ewald G. 190
Von Weizsäcker, Carl Friedrich 344
Von Zach, Franz Xaver 53
Voyager 1 ve 2 59, 302, 357
Vücut sıvıları teorisi 75, 78–79, 82, 152

W
W parçacıkları 229
Wagner-Jauregg, Julius 125
Waksman, Selman 114, 117
Wallace, Alfred Russel 265–266, 268
Walton, Ernest 212
Watson, James 102, 115, **136**, 137, 139, 141, 228, 285, 292, 293–294
Watson, John B. 382
Watt, James 193
Watzenrode, Lukasz 30
Webb, Edward 330
Wegener, Alfred 325, 331, 337, **341**, 345–346
Weiditz, Hans 249
Weinberg, Robert 131–132
Werner, Abraham Gottlob 330, 335–338
Whiston, William 323
Wilkins, Maurice 137, 141, 292, 294, 295
Wilkinson Microwave Anisotropy Probe [Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Uzay Sondası] (WMAP) 69, 71
Willard Yasası 371
Wilson, Edward O. 377
Woese, Carl 286, 289, 290, 295
Wood, John 208
Woodall, John 122, 125
Wöhler, Friedrich 255
Wren, Christopher 48
Wundt, Wilhelm 369

X
X-ışını kristalografisi 291, 292
X-ışınları 131, 202

Y
Yanma 273–274, 275
Yapay zeka 383, 388–391
Yapısalcılık 376–377
Yaratılış mitleri 22, 306
Yaşam: tanımı 297; dünya dışı— 301; başlangıcı 297, 301, 349
Yaşlılar: zihinsel hastalık 379
Yaşlılık 379
Yellowstone Milli Parkı, ABD 295, **301**
"Yerdoğumu" 305
Yıldızlar: ikili 60; parlaklık 26, 27, 29, 47, 63–64; Cepheid değişkeni 65–66; enerji kaynağı 64; yaşam döngüsü 54; pulsarlar 58; tayfları 63–64, 65; süpernovalar 28, 39, 54
Young, Thomas 197, 199, 219
Yön bulma 29, 178–179, 314–319, 322–329
Yucca Düzlüğü, Nevada 352
Yunanistan (antik): astronomisi 19, 21, 23–30, 310–311, 313–314; takvimleri 24; zihin kavramı 360–362; elementler 152; mıknatıs taşları 177, 178; matematiği 148, 149, 154, 155, 158–160; tıbbı 77–82; müzik gamı 15–16; felsefesi 160–166, 235–242
Yüksek-Z Süpernova Araştırması 70

Z
Z parçacıkları 229
Zayıf kuvvet 198, 229
Zihin: bileşenleri 375; bedenle dualizm 363; yeri 360–362
Zihinsel hastalıklar: akıl hastaneleri 367–369; nedenler 365–366, 369, 370, 371, 382; sınıflandırmalar 380; tanım 380; yaşlılar 379; fiziksel tedaviler 366–369, 371–373; psikoterapi 373–375
Zodyak 14

Görseller

İLK SAYFALAR: 2, The Wellcome Library, London; 6, Archivo Iconografico, S.A./CORBIS; 9, The Granger Collection, NY; 10, Bettmann/CORBIS; 12-13, The Granger Collection, NY; 15, The Stapleton Collection/CORBIS; 17, The Granger Collection, NY.

1. BÖLÜM, GÖKLER: 18-19, NASA, ESA, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA); 21, Erich Lessing/Art Resource, NY; 23, Bibliothèque des Arts Décoratifs, Paris, France, Archives Charmet/The Bridgeman Art Library; 24, The GrangerCollection, NY; 26, HIP/Art Resource, NY; 28, The Granger Collection, NY; 29, Bettmann/CORBIS; 31, Jean-Leon Huens; 34-35, The Granger Collection, NY; 36, The Granger Collection, NY; 39, Erich Lessing/Art Resource, NY; 40, The Granger Collection, NY; 42-43, Bettmann/CORBIS; 44, William Schick/CORBIS; 46 (upper), Fitzwilliam Museum, University of Cambridge, UK/The Bridgeman Art Library; 46 (lower), Clayton J. Price/CORBIS; 47, CORBIS; 48, Bettmann/CORBIS; 51, Mansell/Time Life Pictures/Getty Images; 52-53, Bibliotheque des Arts Décoratifs, Paris, France, Archives Charmet/The Bridgeman Art Library; 54, Robert Gendler/www.robgendlerastropics.com; 55, Bettmann/CORBIS; 57, Courtesy of the Archives, California Institute of Technology; 59, Mary Evans/Photo Researchers, Inc.; 61, Science Museum/Science & Society Picture Library; 62, Robert Cummins/CORBIS; 65, Bettmann/CORBIS; 66, Shigemi Numazawa/Atlas Photo Bank/Photo Researchers, Inc.; 67, Bettmann/CORBIS; 68, T.A. Rector/University of Alaska, Anchorage and WIYN/AURA/NSF; 70, Julian Baum/Photo Researchers, Inc.

2. BÖLÜM, İNSAN BEDENİ: 72-73, Araldo de Luca/CORBIS; 74, The Wellcome Library, London; 75, College of Pharmacy/Washington State University; 76, Stock Montage/Getty Images; 78, Wellcome Library, London; 79, North Wind Picture Archives; 80, The Granger Collection, NY; 83, CORBIS; 84, National Library of Medicine/Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.; 85, The Granger Collection, NY; 86, The Wellcome Library, London; 88, Erich Lessing/Art Resource, NY; 90, Bettmann/CORBIS; 92, Scimat/Photo Researchers, Inc.; 94, The Wellcome Library, London; 96-97, Jean-Loup Charmet/Photo Researchers, Inc.; 98, The Wellcome Library, London; 101, The Wellcome Library, London; 102, Bettmann/CORBIS; 105, The Wellcome Library, London; 106, The Wellcome Library, London; 108, Stefano Bianchetti/CORBIS; 110, Visuals Unlimited/CORBIS; 111, Oxford Science Archive/HIP; 113, Bettmann/CORBIS; 115, The Wellcome Library, London; 116, Bettmann/CORBIS; 118, Bettmann/CORBIS; 119, Biophoto Associates/Photo Researchers, Inc.; 121, CDC/PHIL/CORBIS; 123, Hulton-Deutsch Collection/CORBIS; 124, The Wellcome Library, London; 126, Don W. Fawcett/Photo Researchers, Inc.; 128-130 (all), The Wellcome Library, London; 133, Paul Almasy/CORBIS; 134, CORBIS; 136, Ted Spiegel/CORBIS; 138, Bill Nation/CORBIS SYGMA; 139, Sheila Terry/Photo Researchers, Inc.; 140, Stephen Ferry/Liaison/Getty Images; 142, Rick Friedman/CORBIS; 145, Ernesto Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.

3. BÖLÜM, MADDE VE ENERJİ: 146-147, CORBIS; 148, Bettmann/CORBIS; 149, Allan H. Shoemake/Getty Images; 150, The Granger Collection, NY; 152, The Granger Collection, NY; 153, David Lees/CORBIS; 154, The Granger Collection, NY; 156-157, Kimbell Art Museum/CORBIS; 159, The Wellcome Library, London; 160, Hulton Archive/Getty Images; 161, The Wellcome Library, London; 162, Archivo Iconografico, S.A./CORBIS; 164, Ann Ronan Picture Library/HIP; 165, The Granger Collection, NY; 166, The Granger Collection, NY; 168-169, HIP/Art Resource, NY; 170 (upper), IIHR, History of Hydraulics Collection; 170 (lower), The Granger Collection, NY; 173, Ann Ronan Picture Library/HIP; 175, Jim Sugar/CORBIS; 176-177, Private Collection/The Bridgeman Art Library; 178-180 (all), The Granger Collection, NY; 183, Science Museum/Science & Society Picture Library; 184, Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.; 186, Science Museum/Science & Society Picture Library; 187, Baldwin H. Ward & Kathryn C. Ward/CORBIS; 188 (upper), Science Museum/Science & Society Picture Library 188 (lower), NASA; 189, Mary Evans Picture Library; 190, The Granger Collection, NY; 192, Science Museum/Science & Society Picture

Library; 193, The Granger Collection, NY; 194, Science Museum/Science & Society Picture Library; 196, The Royal Institution, London, UK/The Bridgeman Art Library; 198, The Granger Collection, NY; 199, Ernesto Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory; 200, Bettmann/CORBIS; 203, Science Museum/Science & Society Picture Library; 204, Science Museum/Science & Society Picture Library; 207, Roger Ressmeyer/CORBIS; 208, Ernesto Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory; 210, The Granger Collection, NY; 213, DOE/Science Source/Photo Researchers, Inc.; 214, Carl Anderson/Photo Researchers, Inc.; 216, Novosti Photo Library/Photo Researchers, Inc.; 218, Douglas Kirkland/CORBIS; 220, Ralph Morse/Time Life Pictures/Getty Images; 222, Danny Lehman/CORBIS; 224, NASA/SAO/CXC; 227, Everett Kennedy Brown/epa/CORBIS; 228, Kevin Fleming/CORBIS.

4. BÖLÜM, YAŞAMIN KENDİSİ: 230-231, Mediscan/CORBIS; 232, The Granger Collection, NY; 233, CORBIS; 234, The Granger Collection, NY; 238, Bettmann/CORBIS; 240 (upper), Topkapi Palace Museum, Istanbul, Turkey/The Bridgeman Art Library; 240 (lower), The Wellcome Library, London; 243, Explorer/Photo Researchers, Inc.; 245, The Granger Collection, NY; 246, The Granger Collection, NY; 247, Gianni Dagli Orti/CORBIS; 248, The Granger Collection, NY; 250, Stock Montage/Getty Images; 252-256 (all), The Granger Collection, NY; 258, Mansell/Time Life Pictures/Getty Images; 260, Mansell/Time Life Pictures/Getty Images; 262, Ann Ronan Picture Library/HIP; 266-267, The Granger Collection, NY; 268, The Wellcome Library, London; 270, The Granger Collection, NY; 274-275, The Granger Collection, NY; 276, John Durham/Photo Researchers, Inc.; 278, The Granger Collection, NY; 279, Mansell/Time Life Pictures/Getty Images; 280-281, The Wellcome Library, London; 282, Science Source/Photo Researchers, Inc.; 283, Lee D. Simon/Photo Researchers, Inc.; 284, Kurt Hutton/Picture Post/Getty Images; 286, Michael Freeman/CORBIS; 289, Michael A. Keller/CORBIS; 290, Bettmann/CORBIS; 293, Digital Vision/Getty Images; 294, Photo Researchers, Inc.; 296, Ralph White/CORBIS; 297, Stephen Ferry/Liaison/Getty Images; 298-299, Henry Groskinsky/Time Life Pictures/Getty Images; 301, O. Louis Mazzatenta/NGS Image Collection; 302, NASA.

5. BÖLÜM, DÜNYA VE AY: 304-305, The Granger Collection, NY; 306, Gianni Dagli Orti/CORBIS; 306-307, Mary Evans Picture Library; 309, SuperStock, Inc.; 310, Robert Magis; 312, Mary Evans Picture Library; 315, The Granger Collection, NY; 316-317, Bettmann/CORBIS; 318, Musée des Arts Décoratifs, Paris, France, Lauros/Giraudon/The Bridgeman Art Library; 320-321, Gianni Dagli Orti/CORBIS; 322, The Granger Collection, NY; 324 (upper), The Worshipful Company of Clockmakers' Collection, UK/The Bridgeman Art Library; 324 (lower), Bettmann/CORBIS; 325, The Granger Collection, NY; 326, Bettmann/CORBIS; 328, Science Museum/Science & Society Picture Library; 330, The Granger Collection, NY; 332, Roger Ressmeyer/CORBIS; 334, Bettmann/CORBIS; 337, NGS Maps; 338-339, Roger Ressmeyer/CORBIS; 340, Bettmann/CORBIS; 341, The Granger Collection, NY; 343, Kazuyoshi Nomachi/CORBIS; 345, Skyscan/CORBIS; 347, R. Russell/PanStock/Panoramic Images/NGSImages.com; 350, NASA; 351, Science Museum/Science & Society Picture Library; 353, NASA/Roger Ressmeyer/CORBIS; 354, Francesc Muntada/CORBIS; 356, Don Davis/NASA; 357, P. Stattmayer/PanStock/Panoramic Images/NGSImages.com.

6. BÖLÜM, ZİHİN VE DAVRANIŞ: 358-359, Anatomical Travelogue/Photo Researchers, Inc.; 361, CORBIS; 362, Ted Spiegel/CORBIS; 364, Hulton Archive/Getty Images; 366-368 upper (all), The Wellcome Library, London; 368 (lower), Bettmann/CORBIS; 370, The Wellcome Library, London; 371, The Wellcome Library, London; 372, Bettmann/CORBIS; 374, Central Press/Getty Images; 376, Bettmann/CORBIS; 378, Novosti/Photo Researchers, Inc.; 380, D. Silberswieg/Photo Researchers, Inc.; 382, The Wellcome Library, London; 383, James Leynse/CORBIS; 384, Jim Dowdalls/Photo Researchers, Inc.; 387, Simon Fraser/Photo Researchers, Inc.; 388, Science Museum/Science & Society Picture Library; 390, Louie Psihoyos/CORBIS; 391, The Wellcome Library, London.

Sayıların İcadından Sicim Teorisine

Bilimin Serüveni

John Langone, Bruce Stutz ve Andrea Gianopoulos

NTV yayınları

DOĞUŞ GRUBU İLETİŞİM YAYINCILIK VE TİCARET A.Ş.
Erman Yerdelen, *Yönetim Kurulu Başkanı*
Cem Aydın, *Genel Müdür*
Görkem Yaşayan, *Genel Müdür Yardımcısı*

EDİTÖR
Mustafa Alp Dağıstanlı

YAYINA HAZIRLAYAN
Emre Ergüven

İNGİLİZCEDEN ÇEVİREN
Duygu Akın

DÜZELTİ
Osman Çakmakçı

GRAFİK UYARLAMA
Halil Budak Akalın

PROJE KOORDİNASYON
Sena Uzunoğlu
Özgür Akhan

BASKI
Ofset Filmcilik ve Matbaacılık San. ve Tic. A.Ş.
Şair Sokak No:4, Çağlayan Mahallesi Kağıthane 34410 İstanbul
Tel: (212) 295 8601

1. Baskı: Nisan 2008

Copyright © 2006 National Geographic Society. Tüm hakları saklıdır.
Copyright © 2008 (Türkçe) National Geographic Society. Tüm hakları saklıdır.

DOĞUŞ GRUBU İLETİŞİM YAYINCILIK VE TİCARET A.Ş.
Eski Büyükdere Cad. USO Center No:61 Kat:2
Maslak 34398 İstanbul
Tel: (212) 3350000 Faks: (212) 3300323
http://kitap.ntvmsnbc.com
info@ntvyayinlari.com

1888'de kurulan National Geographic Society, dünyanın kâr amacı gütmeyen en büyük bilimsel eğitim kuruluşlarından biri. O tarihten bu yana NATIONAL GEOGRAPHIC ve diğer dergiler, National Geographic Channel, belgeseller, radyo programları, filmler, kitaplar, videolar, DVD'ler ve haritalar aracılığı ile tüm dünyada her ay 285 milyonu aşkın okuyucuya ulaşıyor. Bugüne kadar 8000'i aşkın bilimsel araştırmayı fon sağlayan National Geographic, coğrafya bilgisinin artırılması amacıyla yürütülen bir eğitim programını da destekliyor.

THEORIES FOR EVERYTHING
An Illustrated History of Science
[BİLİMİN SERÜVENİ - Sayıların İcadından Sicim Teorisine]
John Langone, Bruce Stutz ve Andrea Gianopoulos

National Geographic Society tarafından yayınlanmıştır
John M. Fahey, Jr., *Başkan ve CEO*
Gilbert M. Grosvenor, *Yönetim Kurulu Başkanı*
Nina D. Hoffman, *İdari Başkan Yardımcısı, Kitap Yayıncılığı Grubu*

Kitap Bölümü tarafından hazırlanmıştır
Kevin Mulroy, *Başkan Yardımcısı ve Genel Yayın Yönetmeni*
Leah Bendavid-Val, *Görsel Yönetmen*
Marianne R. Koszorús, *Tasarım Yönetmeni*

Barbara Brownell Grogan, *Yönetici Editör*
Elizabeth Newhouse, *Geçi Yayınları Direktörü*
Carl Mehler, *Harita Yönetmeni*

Yayına hazırlayanlar
Garrett W. Brown, *Editör*
Peggy Archambault, *Sanat Yönetmeni*
Jennifer Davis, *İllüstrasyon Editörü*
Susan Tyler Hitchcock, *Editör (Proje Geliştirme)*
Judith Klein ve Margo Browning, *Yardımcı Editörler*
Karin Kinney, *Redaksiyon*
Richard Wain, *Üretim Proje Müdürü*
Meredith Wilcox, *İllüstrasyon Uzmanı*
Cantwell Zotter, *Tasarım Asistanı*
Suzanne Poole, *Araştırma Asistanı*
John Baldridge and Michael Greninger, *Yazı İşleri Stajyerleri*
Al Morrow, *Tasarım Stajyeri*

Rebecca Hinds, *Sonunda Yazışkeri Müdürü*
Gary Colbert, *Üretim Direktörü*

NATIONAL GEOGRAPHIC