

BİLİMİN DÖNÜM NOKTALARI

Evrenin Sırlarını Nasıl Keşfettik?

James D. Stein

Çeviren: Fatih Şekerci

say

BİLİMİN DÖNÜM NOKTALARI

Say Yayınları
Bilim

Bilimin Dönüm Noktaları: Evrenin Sırlarını Nasıl Keşfettik? / James D. Stein
Özgün adı: *The Milestones of Science: How We Came to Understand the Universe*

© James D. Stein

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

ISBN 978-605-02-1011-8
Sertifika no: 44233

İngilizceden çeviren: Fatih Şekerci
Yayın koordinatörü: Sinan Köseoğlu
Editör: Sinan Köseoğlu

Baskı: Vizyon Basımevi
Beylikdüzü O.S.B. Mah. Orkide Cad.
No:1/Z Beylikdüzü/İstanbul
Tel.: (0212) 671 61 51
Matbaa sertifika no: 52098

1. baskı: Say Yayınları, 2024

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

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

İÇİNDEKİLER

Bilimsel Zaman Çizelgesi.....7
Giriş 17

1. Astronomi.....23
2. Yerküre.....55
3. Kimya 75
4. Madde 101
5. Kuvvetler ve Enerj.....131
6. Yaşam 161
7. Genetik ve DNA 185
8. İnsan Vücudu.....201
9. Hastalık.....217
10. Yirmi Birinci Yüzyılda Bilim.....239

Kaynakça 245
Teşekkür 247

James D. Stein
Lisans derecesini Yale Üniversitesi'nden aldı ve doktora çalışmalarını Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nde tamamladı. Eğitim ve ders kitabı inceleme komitelerinde danışmanlık yaptı ve Ulusal Bilim Vakfı'nda matematik eğitimi üzerine projeler yürüttü. 1960'larda Ay'a iniş ve 1980'lerde hisse senetleri üzerine çalışmalarda bulundu. Matematik ve bilim tarihi üzerine kitaplar yazan Stein'ın *How Math Can Save Your Life?* (Matematik Hayatınızı Nasıl Kurtarır?), *Cosmic Numbers* (Kozmik Sayılar) ve *How Math Explains the World?* (Matematik Dünyayı Nasıl Açıklar?) gibi kitapları bulunuyor. Bugün Long Beach, Kaliforniya'daki California State Üniversitesi'nde matematik profesörlüğünü sürdürüyor.

Fatih Şekerci
Lisans eğitimini İTÜ Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümünde, yüksek lisansını İTÜ Jeoloji Mühendisliği bölümünde tamamladı. İTÜ bünyesinde bulunan Jeomikrobiyoloji ve Biyojeokimya Laboratuvarı'nda bakteri-mineral ilişkileri, bu ilişkilerin doğaya olan etkileri ve astrobiyoloji alanındaki yorumlamaları üzerine çalıştı. 2022 yılından beri kitap çevirmenliği yapıyor, *Uzay Turizmi ve Ticareti* ile *Evrene Bir de Böyle Bakın* adlı kitapları Türkçe'ye çevirdi. Şu anda doktora çalışmalarını Eberhard Karls Tübingen Üniversitesi'ndeki Jeomikrobiyoloji Grubu'nda sürdürüyor.

James D. Stein

BİLİMİN DÖNÜM NOKTALARI

Evrenin Sırlarını Nasıl Keşfettik?

İngilizceden çeviren: Fatih Şekerci

say

BİLİMSEL ZAMAN ÇİZELGESİ

MÖ 585	Thales Güneş tutulmasını ilk kez önceden tahmin eder.
~ MÖ 350	Aristoteles bilinen beş yüz hayvan türünü sınıflandırır.
~ MÖ 240	Eratosthenes Dünya'nın boyutunu ölçer.
~ MÖ 225	Arşimet, "Arşimet ilkesi" olarak da bilinen hidrostatik kanununu oluşturur.
MS 164	Galen Roma İmparatoru Marcus Aurelius'un saray hekimi olur.
1330	Ockhamlı William en basit açıklamanın kabul edilmesi gerektiğini öne süren Ockham'ın usturasını yayınlar.
1543	Kopernik Güneş merkezli evren teorisini yayınlar. Vesalius ilk resimli insan anatomisi kitabını yayınlar.
1576	Tycho Brahe ilk astronomi rasathanesinin inşasına başlar.
1590	Galileo'nun düşen cisim deneyleri Aristoteles'in hareket teorisini yanlışlar.
1609	Johannes Kepler Gezegensel Hareket Kanunları'nın ilk ikisini yayınlar.
1628	William Harvey kan dolaşımı hakkındaki araştırmasının sonuçlarını yayınlar.
1658	Jan Swammerdam kırmızı kan hücrelerini keşfeder.
1662	Robert Boyle bir gazın hacmi ile basıncının sabit sı-

caklıkta birbirlerine ters orantılı olduğunu gösterir.

1665 Isaac Newton mekanik ve kütleçekim teorilerini geliştirmeye başlar.
Robert Hooke kuru mantar tıpasının hücrelerini keşfeder.

1676 Anton von Leeuwenhoek bakterileri keşfeder.

1735 Carl Linnaeus bugün kullanılan biyolojik sınıflandırmanın temelini oluşturan *Systema Naturae* adlı eserini yayınlar.

1753 James Lind limon suyunun iskorbüt hastalığını iyileştirdiğini keşfeder.

1771 Luigi Galvani kurbağa kaslarının iki farklı metal temas ettirildiğinde oluşan elektrik akımına yanıt verdiğini gösterir.

1779 Jan Ingenhousz fotosentezi keşfeder.

1781 Charles Messier kuyruklu yıldızlarla karıştırılmaması gereken "nebulamsı" yapıların listesini yayınlar.

1785 Antoine Lavoisier flojiston teorisini çürütür.
James Hutton modern jeolojinin temel ilkelerini ortaya koyar.
Charles Coulomb elektrik yükünün kütleçekime benzer şekilde uzaklığın karesi kuralına uyduğunu keşfeder.

1787 Jacques Charles farklı gazların aynı sıcaklık artışına maruz bırakıldığında aynı oranda genleştiğini gösterir.

1794 Alessandro Volta iki farklı metalin temasının elektrik akımı oluşturduğunu gösterir.

1796 Edward Jenner çiçek hastalığına karşı bir aşı geliştirir.

1800 Humphry Davy "kahkaha gazı" olarak da bilinen azot oksiti keşfeder.
William Herschel kızılötesi ışımayı keşfeder.

1801 Johann Ritter morötesi ışımayı keşfeder.

1802 Thomas Young'ın çift yarık deneyi ışığın dalga olduğuna işaret eder.

1803 John Dalton modern atom teorisini geliştirir.

1807 Humphry Davy potasyum elde etmek için elektroliz yöntemini kullanır.

1811 Amadeo Avogadro aynı hacimdeki gazların aynı sayıda parçacıktan oluştuğunu öne sürer.

1820 André Ampère elektromanyetizmadaki sağ el kuralını oluşturur.

1824 Sadi Carnot termodinamik verimliliği inceler.

1826 Johannes Müller optik sinir uyarımlarının ışıktan kaynaklandığını keşfeder.

1827 Georg Ohm elektrik akımının potansiyel fark ve dirençle olan ilişkisini keşfeder.

1828 Friedrich Wöhler organik bir bileşik olan üreyi laboratuvarda üretir.

1831 Michael Faraday elektromanyetik endüksiyonu keşfeder.

1832 Charles Babbage delikli kartlar kullanarak hesaplama yapan "analitik makinesini" tasarlamaya başlar.

1835 Gaspard de Coriolis Dünya'nın kendi çevresindeki dönüşünün hava ve okyanus akıntılarını saptırdığını keşfeder.

1837 Louis Agassiz "Buzul Çağı" adını verdiği buzul ilerlemesinin kanıtını bulur.

1838 Matthias Schleiden bitki hücre teorisini geliştirir.

1839 Theodor Schwann hayvan hücre teorisini geliştirir.

1842 Crawford Long gırtlak tümörünü iyileştirmek için eter kullanır.

Christian Doppler kaynağın hareketinin ses üzerindeki bugün Doppler etkisi olarak bilinen etkisini tespit eder.

1843 James Joule ısının mekanik karşılığını belirler.

1845 John Adams Neptün'ün varlığını tahmin eder, bir sonraki sene Urbain Le Verrier bağımsız olarak aynı tahminde bulunur.

1846 William Thomson (Lord Kelvin) Dünya'nın yaşını yaklaşık 100 milyon sene olarak belirler.

1847 Ignaz Semmelweis lohusa humması vakalarını azaltmak adına antiseptik yöntemler uygular.

1854 John Snow Londra'daki kolera salgınının yayılmasını istatistiksel yöntemlerle analiz eder.

1856 William Perkin ilk yapay boya olarak leylak rengini sentezler.

1858 Charles Darwin ve Alfred Wallace Londra Linne toplantısından önce evrim üzerine olan makalelerini okur.

Rudolph Virchow "tüm hücrelerin hücrelerden kaynaklandığını" öne sürer.

August Kekulé kimyasal bağ teorisini ortaya atar.

1859 Robert Bunsen ve Gustav Kirchhoff ilk kez bir kimyasal elementin spektral çizgilerinin ölçümünü yapar.

1862 Louis Pasteur kendiliğinden üreme teorisinin yanlışlığını gösterir.

1864 James Maxwell elektromanyetik alan üzerine ilk makalesini yayınlar.

1865 Julius von Sachs klorofilin fotosentez sürecinden sorumlu olduğunu keşfeder.

1866 Gregor Mendel bezelyelerdeki kalıtım özelliği üzerine yaptığı çalışmasını yayınlar.

1867 Joseph Lister ameliyat sonrası oluşan enfeksiyondan kaynaklanan ölümleri engellemek için karbolik asit kullanır.

1869 Dmitri Mendeleev periyodik tabloyu oluşturur.

1871 Ludwig Boltzmann termodinamiğin ikinci yasasının istatistiksel reformülasyonu üzerine çalışmaya başlar.

1872 Louis Pasteur anaerobik bakterileri keşfeder.

1876 Robert Koch *bacilli* sınıfı bakterilerin şarbona yol açtığını gösterir.

1882 Walther Flemming kromozomları keşfeder ve mitoz bölünmeyi inceler.

1884 Svante Arrhenius çözeltilerin elektrik iletkenliğini açıklamak adına iyonizasyonu öne sürer.

1887 Albert Michelson ve Edward Morley ışığın birbirine dik iki yönde de aynı hıza sahip olduğunu gösterir.

1888 Heinrich Hertz radyo dalgalarını tespit eder.

Edouard van Beneden genetiğin temelini oluşturan sperm ve yumurtanın üretildiği mayoz bölünmeyi keşfeder.

Friedrich Ostwald katalizörlerin reaksiyonlarda oluşan ürünlerle alakası olmadığını, sadece reaksiyonu hızlandırdıklarını keşfeder.

1895 Wilhelm Röntgen X-ışınlarını keşfeder.

1896 Antoine Becquerel radyoaktiviteyi keşfeder.

Svante Arrhenius endüstriyel faaliyet sonucu oluşan karbon dioksitin sera etkisini artırabileceğini öne sürer.

Edward Buchner fermentasyonun hücre dışında gerçekleşebileceğini gösterir.

1897 J.J. Thomson elektronları keşfeder.

Christiaan Eijkman beriberi hastalığının beslenme eksikliğinden kaynaklandığını keşfeder.

1898 Martinus Beijerinck bakterilerinden daha küçük boyutta, hastalık yapıcı olan, "virüs" adını verdiği organizmaların varlığını öne sürer.

1900 Max Planck'ın kuantum teorisi "morötesi felaket" sorununu çözer.

Karl Landsteiner antijen ve antikorların ilişkisini keşfeder ve kan gruplarını belirlemek için kullanır.

1902 Ernest Rutherford ve Frederick Soddy radyoaktif bozunmanın elementlerin birbirine dönüşmesine yol açtığını keşfeder.

Ivan Pavlov şartlı reflekslerin varlığını gösterir.

1905 Albert Einstein özel görelilik teorisini yayınlar.

William Bayliss ve Ernest Starling hormonları keşfeder.

1906 Ernest Rutherford'un alfa parçacığı saçılma deneyleri atom çekirdeğinin keşfedilmesine olanak sağlar.

1907 Bertram Boltwood 400 milyon yıldan daha yaşlı kayaçların varlığını göstermek için radyoaktif bozunmayı kullanır.

Emil Fischer on sekiz amino asitten oluşan bir zincir sentezler.

1909 Paul Ehrlich frengiye karşı ilaç geliştirir.

1911 Heike Kamerlingh Onnes cıvanın mutlak sıfıra yakın bir sıcaklığa soğutulduğunda süperiletken olduğunu gözlemler.

Thomas Hunt Morgan ilk kromozom haritasını oluşturur.

1912 Alfred Wegener kıtasal kayma teorisini öne sürer.

Henrietta Swan Leavitt Sefe değişenleri için periyot-parlaklık yasasını hesaplar.

Max von Laue X-ışını kristalografisini icat eder.

1913 Niels Bohr atomun "güneş sistemi" modelini geliştirir.

Frederick Soddy bir elementin farklı izotoplarının bulunduğunu öne sürer.

Henry Moseley atom numarası kavramını geliştirir ve periyodik tabloyu düzenlemek için kullanır.

1916 Gilbert Lewis kimyasal bileşiklerdeki kovalent bağı tanımlar.

1918 Harlow Shapley Güneş'in Samanyolu'nun merkezinden elli bin ışık yılı uzaklıkta bulunduğunu öne sürer.

1921 Otto Loewi ilk kez bir nörotransmitter izole eder.

1924 Louis de Broglie parçacıkların dalga olarak davrandığını gösterir.

1927 Werner Heisenberg belirsizlik ilkesini formüle eder.

1928 Alexander Fleming penisilini keşfeder.

1929 Paul Dirac anti maddenin varlığını tahmin eder.

1931 Subrahmanyan Chandrasekhar bir beyaz cüce yıldızın ancak kütlesi Güneş'ten 1,4 kat daha küçük olması durumunda var olabileceğini öne sürer.

1932 Carl Anderson kozmik ışınları çalışırken anti elektronları keşfeder.

1934 Leo Szilard zincir reaksiyon fikrini oluşturur.
Karl Popper bir açıklamanın bilimselliğine karar vermek için yanlışlanabilme kriterini kullanır.
Irene ve Frederic Joliot-Curie doğada bulunmayan radyoaktif izotoplar üretir.

1935 Wendell Stanley tütün mozaik virüsünü kristalize eder.
William Rose beslenme açısından önemli olan amino asitlerin sonuncusu treonini izole eder.
Albert Einstein, Boris Podolsky ve Nathan Rosen çözümü gerçekliğin doğasına ışık tutacak bir düşünce deneyi tasarlar.
Hideki Yukawa güçlü etkileşim teorisini geliştirir.

1937 Hans Krebs sitrik asit döngüsünün canlıların temel enerji kaynağı olduğunu keşfeder.

1938 Hans Bethe Güneş'in enerji üretme mekanizmasını açıklayan termonükleer füzyon teorisini geliştirir.

1939 Otto Hahn ve Fritz Strassmann uranyuma nötron bombardımanı uyguladıkları çalışmalarının sonuçlarını yayınlar. Lisa Meitner bir nükleer fisyon gerçekleştiğini fark eder.
Linus Pauling *Kimyasal Bağın Doğası* adlı kitabını yayınlar.

1940 J. Robert Oppenheimer kara delikleri tanımlar.

1948 John Bardeen, Walter Brattain ve William Shockley transistörü geliştirir.

1949 Melvin Calvin fotosentez çalışmasında radyoaktif işaretçiler kullanır.

1950 Karl von Frisch arıların dans ederek birbirine bilgi aktardığını ortaya çıkarır.

1953 James Watson ve Francis Crick DNA'nın yapısını ortaya çıkarır.
Frederick Sanger insülinin yapısı üzerine çalışır.
Stanley Miller ilksel atmosferdeki şimşekler üzerine çalışır ve proteinlerin yapıtaşı olan amino asitlerin üretilmesine sebep olduğunu keşfeder.

1955 Jonas Salk'ın ürettiği çocuk felci aşısının güvenli ve etkili olduğu kanıtlanır.

1957 Frank Burnet bağışıklık sisteminin antijene özel antikor üretmesinin mekanizmasını ortaya çıkarır.

1960 Harry Hess levha tektoniğinin ortaya çıkmasına olanak sağlayacak olan deniz tabanı yayılması teorisini geliştirir.
François Jacob ve Jacques Monod mRNA'yı keşfeder.

1961 Edward Lorenz hava durumuyla ilgili çalışmalarını yaparken kaos bilimine öncülük yapacak olan "kelebek etkisini" keşfeder.

1962 Marshall Nirenberg bir kodonun ne manaya geldiğini ilk çözümleyen kişi olur.
Rachel Carson DDT'nin vahşi yaşam üzerine olan etkisini anlattığı *Sessiz Bahar* isimli kitabını yayınlar.

1963 Morris Goodman kanın albümine nasıl tepki verdiğine dair yürüttüğü biyokimyasal çalışmalarla moleküler antropolojinin ilk adımlarını atar.
Maarten Schmidt daha sonra kuasar olarak tanımlanacak olan 3C 273'ün büyük bir radyo kaynağı olduğunu öne sürer.

1964 Murray Gell-Mann nötron ve protonların üç kuarkın birleşiminden oluştuğunu öne sürer.

1965 Arno Penzias ve Robert Wilson büyük patlamanın yankısını keşfeder.

1967 Allan Wilson ve Vincent Sarich elde ettikleri biyokimyasal kanıttan dolayı insan ve maymunun 5 milyon yıl önce ayrıldığı sonucuna varır.
Jocelyn Bell ve Anthony Hewish daha sonra pulsar

olarak adlandırılacak olan, kendi çevresinde hızla dönen bir nötron yıldızı keşfeder.

1968 Werner Arber restriksiyon enzimlerini keşfeder.

1970 Howard Temin retrovirüslerin çoğalma mekanizmasını keşfeder.

1971 Vera Rubin galaksilerin karanlık madde barındırdığını keşfeder.

1973 Herbert Boyer ve Stanley Cohen ilk kez bir bakterinin genetiğini değiştirir.

1980 Walter ve Luiz Alvarez Dünya'ya çarpan bir asteroidin dinozorların sonunu getirdiğini öne sürer.
Alan Guth kozmik şişme teorisini oluşturur.

1983 Üç "vektör bozonunun" keşfi Sheldon Glashow, Abdus Salam ve Steven Weinberg tarafından geliştirilen elektrozayıf teoriyi doğrular.

1984 Bradford Smith ve Richard Terrile Beta Pictoris yıldızının çevresindeki bir ön gezegen diskini fotoğraflar.

1986 Karl Müller ve Georg Bednorz ilk süperiletken seramik oksidi üretir.

1987 Allan Wilson ve meslektaşları mitokondriyal DNA'sı bugün tüm insanların genetik yapısının bir parçası olan bir kadın "mitokondriyal Havva'nın" varlığını öne sürer.

1994 Alexander Wolszczan bir pulsarın etrafında yörüngede olan bir gezegen keşfeder.

GİRİŞ

İnsanlığın başarısını hayat kalitesine yapılan katkı açısından ölçmeye kalktığımızda bilim kesinlikle en başarılı girişimimizdir. Tabii ki teknolojinin oynadığı devasa rolü görmezden gelemeyiz, fakat teknoloji bilimin rehberliği olmadan muhtemelen Buhar Çağı'nda kaydedilen gelişmelerin ötesine geçemezdi.

Bilimin bu dikkate değer etkisi bir dizi faktöre bağlıdır. Evrimin bir beyin ve *Homo sapiens*'in sahip olduğu beş duyuyu ortaya çıkarması birkaç milyar yıl aldı, bilim de bunların her birinden önemli ölçüde yararlanıyor. Bilim; gözlem veya deney aracılığıyla elde edilen enformasyonları kullanarak fiziksel evren hakkında sistematik şekilde bilgi edinmektir. Bilimin temel öğeleri üç farklı gruba ayrılır: Gözlemler, deneyler ve teoriler. Gözlem ve deney, duyularımızı ya da duyularımızın algı sınırlarını geçmemizi sağlayan mikroskop gibi aygıtları kullanır. Bilginin sistematik hale getirilmesi ise beynimizle ya da beynimizin sınırlarını geçmemizi sağlayan bilgisayar gibi aygıtlarla gerçekleşir.

Teori bilginin sistematikleştirilmesidir, gözlem ve deney ise hem bu bilginin keşfedilmesi hem de sistematikleştirilmeden önce kanıtlanması için gereklidir. Bilimin etkili olmasının nedenlerinden biri teori, gözlem ve deneyin kendi içlerinde bağımsız oldukları halde ayrı ayrı önemli rol oynamalarıdır. Bilim sistematikleştirmek, tahminde bulunabilmek ve hangi gözlem ve deneylerin yapılması gerektiğine karar verebilmek için teoriye

ihtiyaç duyar. Sistematikleştirme için gereken veriyi üretmek ve teori oluşturma aşamasında başarılı olup olmadığımızı anlamak için de gözlem ve deneye ihtiyaç duyar.

Bilimin etkili olmasına sebep olan faktörlerden biri de kümülatif olmasıdır. İnsanlığın çaba gösterdiği başka hiçbir alan daha önceden başarılmış olan şeylerin üzerine bu kadar etkileyici bir şekilde inşa edilemez. Bilimsel bilginin üstel olarak arttığını söylüyoruz. Bu cümle her ne kadar çoğu zaman bir metafor olarak kullanılsa da gerçek olma ihtimali oldukça yüksektir. Üretilen bilginin miktarı muhtemelen var olan bilginin miktarıyla doğru orantılıdır. Matematik diliyle bir diferansiyel denklem olarak ifade edecek olsak, çözüm bilginin üstel olarak artması olurdu.

Bilim, aynı zamanda hataları tespit eden bir metodoloji içermesi bakımından da benzersizdir. Küçükken "araştırma" kelimesini açıklayan bir dize öğrendiğimi hatırlıyorum:

Doğru mu diye düşüncelerin
Araştırma yap bilmek için.

Araştırma bilimde kritik bir yer tutar. Eğer bir bilimsel teori, yapılan bir araştırmanın sonuçlarıyla uyumlu değilse, ne kadar güzel olursa olsun gözden çıkarılmak zorundadır.

BAĞLANTILAR

Yıllar önce, Long Beach'te bulunan California State Üniversitesi'ndeki görevime atandığım zaman üniversiteye yeni gelen insanları tanımanın faydalı olduğunu düşünen, oldukça bilgili bir adam olan rektörle bir görüşme yaptım. Yaklaşık bir saat boyunca sohbet ettik ve bana sorduğu sorulardan biri ıssız bir adaya tek bir kitap götürme şansım olsa bunun hangisi olacağıydı.

James Burke'ün *Bağlantılar* adlı kitabını yeni okumuştum ve tercihimin o olacağını söyledim; o zamanlar bu kitap, onu yeni okumuş olduğum için avantajlı durumdaydı belki, ama bugün de hâlâ aynı fikirdeyim. Bu kitabı henüz okumamış olanları çok

keyifli saatler bekliyor. Burke bilimi, tarihi, biyografiyi ve teknolojiyi her biri bilgisayar gibi yirminci yüzyılın ufuk açıcı teknolojik gelişmelerinden biriyle sonuçlanan on hikâyede toplamayı başarmış.

Kitabın yapısını oluştururken *Bağlantılar*'ı örnek aldım. Hikâyeleri Burke'ün yaptığı gibi özel bir icadın çevresinde toplamak yerine genetik ve DNA'nın hikâyesi gibi büyük bilimsel temalar çerçevesinde organize ettim. Bununla birlikte Burke, hikâyesini anlatmak için kullandığı olayları çevreleyen tarihsel ya da siyasal arka planları biliyor veya iyi bir araştırma yapabiliyordu. Benimse amacım daha farklı: Büyük bir bilimsel temanın hikâyesini dönüm noktalarıyla –teoriler, gözlemler ve deneylerle ya da bu gelişmelerden sorumlu olan kişilerle– anlatmak.

Burke yaptığı seçimlerin kitabın yazıldığı ana özgü olduğunu açıklıyordu. Bilgisayarın geliştirilmesine yol açan bağlantıların hikâyesini yeniden yazacak olsaydı tamamen farklı bir şekilde anlatabileceğinden bahsetmişti. Burke'ü bu seçimleri yapmaya iten o mükemmel duyarlılığın bir benzerine sahip olduğumu sanmıyorum; neyse ki buna mecbur da değilim. Evet, belki büyük bir teoriyi ya da deneyi atlamakla veya daha önemsiz görülen bazı çalışmaları dâhil etmekle hata yapmış olabilirim. Fakat kütleçekim fenomeninin araştırılmasının hikâyesinde Newton ve Einstein'ın teorilerini, bu teorilerin inşasında ve ispatlanmasında kullanılan önemli gözlem ve deneylerin bir kısmını dâhil ettiğimden emin olduğumu söylemekle çok ileri gitmiş olmayacağım.

Son olarak, Burke hikâyelerini kronolojik olarak anlatmıştı. Tarih ve teknolojiyi birlikte işlemişti; kimi zaman tarih teknolojiyi, kimi zaman teknoloji tarihi etkilemişti, fakat ilerleme ve süreçler anlaşılırdı. *Bağlantılar*'ın okunmasını keyifli yapan şeylerden biri Burke'ün tarihin en büyük kişiliklerini seçiş ve hikâyelere ekleyiş şekliydi. Kitapta bahsi geçen karakterlerin çoğunluğu –beklendiği gibi– bilim insanıydı, ancak yer alan

isimlerin çoğu, hayatları daha iyi bilinen siyasi figürler ve ünlüler kadar ilginç hayatlar sürmüşlerdi.

DENEYLER VE GÖZLEMLER

Deneyin sözlük tanımı şudur: "Deney, bir gerçeği göstermek, bir hipotezin doğruluğunu sorgulamak ya da henüz denenmemiş olan bir işlemin verimini ölçmek amacıyla kontrollü koşullar altında yürütülen bir testtir." Deneyler ve teoriler bilimin önemli bir kısmını oluşturur, fakat Galileo'nun Satürn'ü teleskopla incelemesi veya Leeuwenhoek'un bir su damlasına mikroskopla bakması gibi gözlemlerden kaynaklanan tesadüfi keşifler de bilimde önemli yer tutar.

Deney rehberliğinde yapılan gözlemler gündelik bilimde de önemli bir rol oynar. Bir süre önce –beş dolar gibi inanılmaz düşük bir ücrete– *CRC Kimya ve Fizik El Kitabı*'nın 62. edisyonunu (1981-1982) satın aldım. 2,72 kg ağırlığındaki bu kitap, ağırlığından kat kat fazla bilgi ve müthiş miktarda gözlem sonucu içeriyor. Örneğin, sayfa B-147'de inorganik sodyum klorür bileşiğinin formülünün NaCl olduğunu ve ayrıca "sofra tuzu" ve "nathalit" (bileniniz var mıydı?) olarak da adlandırıldığını öğreniyoruz. Moleküler ağırlığı 58,44 gram, yoğunluğu 2,165 g/cm^3, erime noktası 801 °C ve kaynama noktası 1413 °C'dir. Bu değerler deneyle belirlenir ve sadece teorik olarak belirlenmesi mümkün değildir. Maddeyi tartmanız, eritmeniz ve kaynatmanız gerekir; bunlar da birçok deney yapılması anlamına gelir.

El Kitabı türümüzün en büyük başarılarından biri. Richard Feynman şöyle diyor:

Bir felaket sonucu tüm bilimsel bilgiler yok olup geleceğe yalnızca bir cümle aktarılacak olsaydı, en az kelimeyle en çok bilgiyi hangi ifade içerirdi? Ben bunun her şeyin sürekli hareket halinde olan, kısa mesafede olduklarında birbirini çeken fakat sıkıştırılmaya çalışıldığında itme kuvveti uygulayan, sürekli hareket halinde olan atomlardan meydana geldiğini ifade eden atomik hipotez (veya atomik olgu ya da ne demek isterseniz) olduğunu düşünüyorum.

Ben de bir felaket sonucu tüm kitaplar yok olsa ve gelecek nesillere sadece bir kitap korunacak olsa, hangi kitabın bu nesillerin en kısa zamanda aynı medeniyet seviyesine ulaşmasını sağlayacağını soruyorum. Bana göre bu sorunun cevabı *Kimya ve Fizik El Kitabı*'nın felaket öncesi çıkmış son edisyonu olurdu. Belki kitabı Erik Oberg'in *Makinelerin El Kitabı* ile birleştirmek iyi bir fikir olabilirdi, bu şekilde teknolojiyi olabildiğince kısa sürede tekrar inşa edebilirdik.

Gözlemler ve deneyler var; bir de *büyük* gözlemler ve deneyler var. Sofra tuzunun erime noktasını bilmenin yararlı, hatta kritik olabileceği durumlar elbette vardır, fakat bu bilgi türümüzün entelektüel gelişimindeki en önemli noktalardan biri değildir. *Büyük* bilimsel keşifler entelektüel gelişimimizin önemli dönüm noktalarıdır. Büyük bir gözlem veya deney, büyük bir bilimsel keşfin gerçekleşmesinde kritik rol oynar.

Gördüğüm kadarıyla gözlem ve deney üç farklı şekilde rol oynayabilir. Birincisinde gözlem veya deneyin kendisi büyük bir keşif olabilir veya büyük bir teori oluşturmada son önemli adımın atılmasını sağlayabilir. Gözlerimizi açıp hayal bile edemediğimiz fikirleri oluşturmamıza olanak sağlayabilirler.

İkinci olarak, bir gözlem veya deney çok önemli bir teorinin kanıtlanmasında kritik rol oynadığı için büyük olarak adlandırılabilir. Önemli bilim teorileri bir evin temeline benzer; evler temellerin üzerine inşa edilir ve temeldeki bir hata tüm yapının çökmesine yol açabilir.

Üçüncü olarak, bir olgunun gerçekte nasıl bir şey olduğunu belirlemedeki kritik adım nasıl bir şey olmadığını belirlemek olabilir. Bilim tarihinde mevcut kanıtlara bakıp onları hatalı bir teoride bir araya getiren çok sayıda bilim insanına rastlanır ve bunlar genellikle büyük bilim insanlarıdır. Bir teorinin yanlış olduğunu kanıtlamak da gerçekte ne olduğunu anlamanın önemli bir adımıdır. Bazen büyük bir gözlem veya deney iki farklı teoriden birini seçebilir, hatta hatalı bir teori için ölüm çanını çalarken doğru olan teorinin küllerinden doğmasını sağlayabilir.

ZARAFET

Bilimsel gelişimimizin şu anki aşamasında büyük teorilerin çoğu şıktır. Her ne kadar Richard Feynman'ın dediği gibi gerçekliği tanımlayan tek büyük bir teori mümkün olsa bile (böyle bir teori zarafet konusunda en üst seviyede olacaktır) Feynman gerçekliğin aynı zamanda bir soğan gibi olabileceğini ve bizim sadece kabuklarını soyuyor olabileceğimizi fark etmişti. Yine de zarafet şimdiye dek bilimin tüm alanlarındaki neredeyse tüm büyük teorileri tanımlayan şey oldu. Görelilik, "büyük patlama" ve DNA replikasyonu sadece büyük fenomenleri tanımlayan büyük teoriler değildir, aynı zamanda son derece şıktırlar. Bazen bu zarif teorilere yol açan gözlem ve deneylerin kendileri de zariftir; ama bazen de değildir.

KÂİNATI ANLAMAK

Carl Sagan'ın kâinat tanımını çok severim, kâinatın şimdiye kadar olan ve bundan sonra olacak olan her şey olduğunu söylemişti. Samanyolu'nun dış bölgesindeki göze çarpmayan bir yıldızın etrafında dönen küçük bir gezegende yaşayan *Homo sapiens* türünün birkaç yüzyıl içerisinde çevresi ve kendisi hakkında bu kadar çok şey öğrenmesi ne kadar müthiş olduğumuzu gösteriyor. Hikâyemizi, gelecek nesillere aktarılacak üç kitap istenirse bu kitabın *Kimya ve Fizik El Kitabı* ve *Makinelerin El Kitabı*'nın yanında üçüncü kitap olarak seçilmesini sağlayacak kadar iyi anlatmayı umut ediyorum.

BÖLÜM 1

ASTRONOMİ

Bir şeye özel ilgi duyan insanların çoğunun ilgi duymalarını tetikleyen olayı hatırlaması doğaldır, fakat kendiminkinin üzerinden yetmiş sene geçmesine rağmen internet sayesinde ben tam tarihini verebiliyorum.

Ailemle New York şehrinden banliyöye taşınmıştık. Henüz okul çağındaydım. Babam şehirde çalışıyordu. *New York Times* okumak için erken kalkardık. Ben beyzbolda bir önceki gün olanları okumak için spor bölümünden başlardım, babamsa ilk sayfaları okurdu. Sonrasında bitirip bölümleri değiştirirdik; babam sporla ilgili biri değildi ama finans haberleri de spor bölümünde olurdu.

1 Eylül 1951'de babam gazetenin ön sayfasında bahsi geçen bir olaya dikkatimi çekti. Parçalı bir Güneş tutulması olacaktı. Babam güneş tutulmasına direkt bakmanın tehlikeli olduğunu biliyordu ancak o zamanın güvenlik önlemlerine göre tutulma bir fotoğraf filmi aracılığıyla izlenebilirdi ve babam da bir fotoğraf tutkunu olduğundan elimizde bolca film vardı.

Haberden büyülendim ve makaleyi okudum. Tutulma 17:25'te başlayacak, 18:01'de maksimum kapanmaya ulaşacak ve 19:10'da sona erecekti. Hatırladığım kadarıyla gazetenin ön

sayfasında tutulmanın nasıl olacağına dair siyah-beyaz bir çizim de vardı, hatta Güneş yüzeyinin maksimum ne kadarının kapanacağının yüzdesi verilmiş olabilir. Neyse ki 1 Eylül cumartesiye denk geliyordu, babam da bu deneyimi yaşamama yardımcı olmak için evdeydi.

Tam tarihi bilmemin sebebi arama motoruna "New York'tan gözlemlenebilen güneş tutulmaları" yazmamın ardından MS 1 yılından 3000'e dek New York'tan gözlemlenebilen tüm güneş ve ay tutulmalarının listelendiği Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) Goddard Uzay Uçuş Merkezi internet sitesine yönlendirilmemdi. Böyle bir internet sitesinin bulunması hem teknolojiye hem de bilime bir övgüdür. Bilgiye anında ulaşabilmemizin tek aracının evimizdeki ansiklopedi olduğu ve daha detaylı bir bilgiye ihtiyaç duyduğumuzda kütüphaneye gitmemiz gerektiği bir dönemde doğdum. Evimizde rahatça otururken arama motorları sayesinde erişebildiğimiz bilginin hacmi ve derinliği beni hâlâ hayrete düşürüyor; ileriki bölümlerde de bahsedileceği üzere internet sadece bildiklerimizi değil, bu bilgilere ulaşma biçimimizi de etkiliyor.

Saatin beşi geçmesinin ardından babamla arka bahçeye çıktık ve doğanın en muhteşem gösterilerinden birini izleyerek muhteşem iki saat geçirdik. Akşam yemeği için döndüğümüzde babama tutulmanın ne zaman başlayıp biteceğini nasıl bildiklerini sorduğumu hatırlıyorum. Babam bana bu tarz şeyleri bilim insanlarının incelediğini söylediğinde ise kariyer değişikliği yapmaya karar vermiştim.

O güne dek tercih ettiğim kariyer –bu alanda herhangi bir yetenek göstermemiş olmama rağmen– profesyonel bir beyzbol oyuncusu olmaktı. Fakat Yankees'in orta sahada Joe DiMaggio'nun yerini alması için benden başkasını bulması gerekecekti, çünkü güneş tutulması gibi bir şeyin zamanlanmasının bu kadar net bir şekilde tahmin edilebilmesi beni o kadar etkilemişti ki bilim insanı olmaya karar vermiştim.

GÜNEŞ SİSTEMİ

MÖ 28 Mayıs 585'te Gerçekleşen Güneş Tutulması

Miletli Thales bilimsel nitelikte pek çok şey yaptı ve aynı zamanda bunları yapan ilk kişi oldu, çünkü kendisi dünyanın ilk bilim insanıydı.

Thales'in Mısır'ı ve muhtemelen Babil'i ziyaret ettiğini bildiğimizden çoğu başarısının seyahatlerinden kaynaklanmış olduğunu düşünebiliriz. Sonuçta diğer kültürlerin başarılarının çoğundan haberdardı ve şüphesiz oluşturdukları bilgi birikiminden faydalanabiliyordu.

Başarılarının çoğu diğer yerlerden edindiği bilgilere dayansa da kendi başına başardığı şeyler olduğuna dair şüphemiz yok. Kendisinin ilk matematikçi olduğundan eminiz. Çizgileri sonsuz derecede ince ve tamamen düz olarak gören matematiksel idealleştirmeyi düşünen ve aynı zamanda matematiksel teoremleri formel ifadelerle ifade eden ve kanıtlayan ilk kişiydi. Çapın bir daireyi iki eşit parçaya böldüğünü ve bir ikizkenar üçgenin taban açılarının eşit olduğunu göstermesi en çok bilinen ispatlarındandır.

Bir Yunan entelektüeli prototipi olan Thales, astronomi ve felsefeyi bugün kozmoloji olarak adlandırdığımız konuda harmanlayan ilk kişiydi. Ayrıca evreni neyin oluşturduğunu soran ve bu soruyu kaplumbağaların sırtındaki filleri ya da mistik fenomenleri kullanmadan yanıtladığı bilinen ilk kişiydi. Thales'in soruyu evrenin Dünya'nın içinde düz bir disk olarak yüzdüğü sonsuz bir okyanus olarak cevaplaması elbette yanlıştı, ancak bu soruyu sorup mistik olmayan şeylerle yanıtlaması kendisini net bir şekilde bir bilim insanı yapıyor.

Yine de Thales'in en büyük başarısı bir güneş tutulmasının önceden tahminini yapan ilk kişi olmasıdır. Günümüzde yakın bir zamanda güneş tutulması olması durumunda internetin her yerinde haber oluyor ve yüksek ihtimalle de canlı yayında görme şansına sahip oluyorsunuz; özellikle de tam bir tutulma ise. Thales, güneş tutulmasının ancak MÖ 585 yılı içerisinde olacağı-

nı tahmin etmişti. Bu durumdaki oyun sahası son derece büyük olsa da oyun sahası tahminleri de bilimin meşru bir parçasıdır. Bugün ise 28 Mayıs tarihinden emin olabiliyoruz, çünkü dünyanın o bölgesinde bahsi geçen yılda meydana gelen tek güneş tutulmasının 28 Mayıs'ta gerçekleştiğini belirleyebiliyoruz.

Babillilerin Thales'ten iki asır önce ay tutulmalarını net bir şekilde tahmin edebildiği biliniyor, ancak ay tutulmaları çok daha sık olur ve aralığını belirlemek daha kolaydır. Thales'in tahmini bilimsel olduğu kadar tarihsel olarak da önemliydi, çünkü Medler ile Lidyalılar savaşa girmek üzereydi. Tutulma tanrıların savaş istemediğine dair bir işaret olarak görüldü. İki taraf barış antlaşması imzaladı ve evlerine döndü. Güneş tutulmasının 28 Mayıs'ta yaşanmış olması bu gerçekleşmeyen savaşın, tarihi tam olarak belirlenebilen ilk tarihi olay olmasını sağladı.

Thales aynı zamanda bilimsel eğilimini felsefeye ve belki de bir bilim insanı için şaşırtıcı bir şekilde siyasete olan ilgisiyle birleştiren, dünyanın her yönüyle ilk entelektüeliydi. Yunan şehir devletlerini kendilerini Lidya'ya karşı savunmak için birleşmeye çağırmıştı. Yedi rakamına ilgi duyan Yunanlar (örneğin antik dünyanın yedi harikası), sonrasında Yunanistan'ın yedi bilge insanının listesini oluşturacaklardı. Thales ise her zaman birinciydi.

Thales muhtemelen "Madem o kadar zekisin, neden zengin değilsin?" sorusunun sorulduğu ilk kişi değildi, fakat buna karşı parlak bir yanıtı olan ilk kişiydi. Hava durumunu inceleyerek bir sonraki zeytin mahsulünün iyi olup olmayacağını bildiği söylenir. Sonrasında tüm zeytin preslerini satın alan Thales, zeytin hasadının gerçekten bol olduğu zamanlarda preslerini kiralayarak yaşamının geri kalanını rahat bir şekilde geçirebilecek parayı kazanmayı başardı. Amacını (ve servetini) elde ettikten sonra tekrar bilime, felsefeye ve siyasete döndü.

Güneş Merkezli Güneş Sistemi Teorisi

İsa'nın doğumundan beş yüz yıldan uzun bir süre sonra Roma'nın işgalci barbarlara yenilmesi Karanlık Çağ olarak

bilinen bin yıllık bir dönemin başlangıcı oldu. Karanlık Çağ'ı karanlık yapan en önemli şeylerden biri neredeyse hiç bilimsel ilerleme yaşanmamış olmasıydı. Bu dönemde tüm büyük soruların yanıtlanmış olduğuna dair hâkim bir görüş oluşmuştu: Felsefi sorular kilise, dünyevi sorular ise Batlamyus ve Aristoteles gibi antik otoriterler tarafından yanıtlanmıştı. Cevaplanamayan sorular çözülmesi gereken bulmacalar olarak değil, sorgulamanın dinden çıkmaya yol açacağı gizemler olarak görülüyordu.

Temel problemlerden biri evrenin geometrisiydi. İsa Dünya'da yaşadığına göre Dünya'nın evrenin merkezinde olduğu kesindi. Yer merkezli teoriye göre Güneş, Ay ve gezegenler Dünya'nın çevresindeki yörüngelerde dolanıyor, en dışarıda ise yıldızlar sabit bir kürenin içinde yer alıyordu.

Bu teoriyi bariz şekilde zorlayan şey ise Mars, Jüpiter ve Satürn'ün kimi zaman gece gökyüzünde ters yönde hareket etmesiydi. Bu tutarsızlığın düzeltilmesi gerektiği kesindi ve bundan dolayı Batlamyus yer merkezli teoriyi gezegenlerin dairesel yörüngeleri içerisinde yer alan, bir atlıkarıncanın kenarında daha küçük daireler çizerek yürüyen birininkine benzer bir geometriyi ifade eden dairesel yapılar, dış çemberler ekleyerek güncelledi. Gezegenlerin hareketini tanımlamak için basit daireleri kullanan o güzel ve temel yermerkezli teori artık eskisi kadar basit değildi.

Tanrı'nın Dünya'yı neden evrenin merkezine koymuş olacağını anlamak kolaydı. Güneş'i, Ay'ı ve diğer gezegenleri de mükemmel daireler etrafında dönecek şekilde tasarlamıştı. Tanrı'nın dış çemberleri kullanmak zorunda kalması ise özellikle de Ockham'ın usturası olarak bilinen ve en basit açıklamanın doğru olduğunu iddia eden felsefi görüşe inanan bazı kimseleri rahatsız etti. Kopernik 1514 yılında *Commentariolus* (*Yorumlar*) isimli, yazar adı bulunmayan, ancak bazı arkadaşlarına gönderdiği kısa bir cilt yazdı. Bu eserde üçü Güneş merkezli teoride önemli rol oynayan yedi aksiyom belirtti. Buna göre evrenin merkezi Güneş'in yakınlarındaydı, yıllık mevsimler Dünya'nın Güneş çev-

resindeki hareketinden kaynaklanıyordu ve dış çemberler bu hareketlerin Dünya'ya yansımasıydı. 1543 yılında, yaşamının son döneminde bu varsayımları yayınlamaya karar verdi.

Teori Roma Katolik Kilisesi tarafından kesin bir muhalefet ateşiyle karşılandı, hatta taraftarlarının kazığa bağlanıp yakıldığı da oldu. Yine de aralarında gözlemsel astronominin kurucusu sayılabilecek Danimarkalı soylu Tycho Brahe'nin de bulunduğu kimilerinin görüşünü değiştirmeyi başarmıştı. Brahe hayatının büyük bir kısmını kesin astronomik ölçümler yapabilmeye adadı. Danimarka Kralı II. Frederick'i bir gözlemevi inşası için ikna etti ve devletin saf bilim çalışmalarına hibe vermesi geleneğini başlattı.

Kopernik teorisine dönen isimlerden bir diğeri de teoriye olan inancı bilim, din, astroloji ve nümerolojinin karışımından doğan Johannes Kepler'di. Kepler gezegenlerin yörüngelerini tam olarak belirlemek ve Brahe'nin ölçümlerini geliştirmek için yirmi yıldan fazla zaman harcadı. Elde ettiği verileri dairesel yörüngelerin beş Platonik cismin (düzgün dört yüzlü, altı yüzlü, sekiz yüzlü, on iki yüzlü, yirmi yüzlü) yerleştirilmesiyle belirlenen geometrik bir şemaya sığdırabilmek için azimle çalıştı.

Kepler ne kadar azimle çalışsa da veriyi hipotezine uyduramadı. Sonrasında tarihin en büyük bilimsel kararlarından birini verdi. Veriyi hipotezine zorla uydurmak yerine hipotezini terk etti ve verilerle uyumlu olabilecek yeni birini aramaya başladı. Sonuç ise Kepler'in gezegensel harekete dair ortaya koyduğu ve ilki gezegenlerin odak noktalarından birinde Güneş'in bulunduğu bir elips çevresinde döndüğünü gösteren üç kanunu oldu. Bu sonuç Kepler'in tüm gezegensel hareket yasalarını sağlayan Newton'un yerçekimi kanununun doğruluğu üzerindeki en önemli kontrollerden biriydi.

Kopernik, Brahe ve Kepler tamamen farklı altyapılara sahipti. Kopernik aslında Kilise hiyerarşisinde bugün karşılığı denetçi yardımcısı olabilecek başlangıç seviyesinde bir yöneticiydi. Kopernik'le iki yıl birlikte yaşayan genç matematik ve astronomi

profesörü Georg Rheticus tarafından düşüncelerini dünyayla paylaşması için güçlü bir şekilde teşvik edilmeseydi destansı eseri hiç yayınlanmamış olabilirdi.

Brahe tam anlamıyla ölene kadar eğlenen bir çapkındı. Yüksek miktarda şarap içtiği bir partide zamanının âdetlerine uyarak ev sahibi kalkana dek masadan kalkmadı. Sonrasında mesanesindeki baskıyı hafifletememesinden ötürü idrarını yapamaz hale geldi ve vücudunda biriken toksinler yaklaşık on bir gün sonra ölümüne sebep oldu. Bilim tarihinden pratik bir şey öğrenilmediği söylenemez.

Kepler sarayın verdiği matematik ve astronomiyle ilgili görevleri yerine getiren bir matematik profesörüydü. Bu görevler daha fazla yörünge verisi toplamasına olanak sağladı. Kepler'in en büyük başarılarından biri cadılıkla suçlanan annesini başarılı bir şekilde savunmasıydı; iddia makamı işkenceyle ilgili uygun yasal prosedürleri takip etmediği için suçlama teknik ayrıntı nedeniyle düşürüldü. Ne yazık ki bu barbarca uygulamanın yankıları hâlâ batı dünyasındaki bazı hukuk sistemlerinde bulunabilir. Kepler, ayrıca Dünya'dan diğer gezegenlere yaptığı yolculukları hayal ettiği *Düş* adlı bir kitap yazdığı için bilim kurgunun babası olarak da görülebilir.

Düşen Cisimler Kanunu

Ayartma denince çoğu insanın aklına geometri derslerinde işlenen bir konu gelmeyecektir. Fakat Galileo'nun babası bir matematikçiydi, o zamanlarda da bugün olduğu gibi önemli entelektüel getirileri olan bir meslekti fakat –bir matematik profesörü olarak konuşursam– dünyevi getirileri pek yüksek sayılmazdı. Bundan dolayı çocuğunun bugün çoğu ebeveynin de düşündüğü gibi doktor olması gerektiğine karar vermişti. Ailesinin matematiğe olan ilgisinin çocuğuna da geçebileceğinin farkında olarak Galileo'yu matematikten uzak tutmak için elinden geleni yaptı. Galileo geometri dersi aldığında ve Arşimet'in matematiksel ve bilimsel başarılarıyla ilgili bir kitap keşfettiğinde ise çaba-

ları boşa çıkmıştı. Kaçınılmaz sona teslim olan babası matematik ve bilim yapmasına izin verdi.

Galileo bilimin iki yönünü tam olarak anlayan modern çağın ilk bilim insanıydı: Bir teori oluşturmak için doğru verilerin gerekliliği ve matematiğin fizik kanunlarına çerçeve sağlamadaki rolü. Galileo otoritelerin söylediklerine güvenmedi ve doğruyu kendisi aradı. Aristoteles'in ağır cisimlerin hafif olanlardan daha hızlı düştüğü iddiası yaklaşık iki bin yıldır kabul edilen gerçekti. Galileo (doğruluğu şüpheli olsa da) meşhur deneyinde biri diğerinden on kat daha ağır olan iki topu Pisa Kulesi'nden bıraktı. İki top aynı anda yere vurmuştu. Galileo yüzyıllar sonra Ay'a giden astronotların tüm dünyada televizyonlarının başında olan izleyicilere yaptığı deneyde de olduğu gibi vakum bir ortamda demir bir ağırlık ile bir tüyün aynı hızda düşeceği tahmininde bulunmuştu.

Galileo'nun mekanik çalışmaları Newton'un devrimsel teorilerine yol hazırladı. Eğik bir düzlemde yuvarlanan topun hızını ölçtü. Düzlemin eğim açısını değiştirerek, düşen cismin gittiği yolun bırakıldığı andan itibaren geçen sürenin karesiyle orantılı olduğunu gösterdi. Gerçekten muhteşem bir gözlemdi, çünkü Galileo'nun yaşamı boyunca doğru ölçüm araçlarının bulunmayışı ve kendi nabzını bir saat gibi kullanmak zorunda kalması işini zorlaştırmıştı.

Bilimin diğer alanlarında da gelişmeler yaşanmıştı. Teleskop icat edildiğinde ilk olarak askeri ve ticari amaçlarla kullanılıyordu. Galileo ise teleskobunu gökyüzüne çevirdi ve teleskobik astronomiyi başlattı. Ay'daki dağları, güneş lekelerini, Venüs'ün evrelerini ve Jüpiter'in bugün Galilei uyduları olarak bilinen dört uydusunu keşfetti. Keşifleri Galileo'yu kilisenin iki dogmasının, yer merkezli evren teorisinin ve göğün mükemmelliğinin yanlış olduğuna ikna etmişti. Benzer argümanlarından dolayı Giordano Bruno'nun 1600 yılında yakılmasına rağmen Galileo kilise yetkililerinin onun görüşlerini yayınlamasını daha yüksek toleransla karşılayacaklarına ikna olmuştu.

Ne yazık ki kendisi öyle zannediyordu. Yaşlı ve tedbirsiz Güneş gözlemlerinden dolayı neredeyse kör bir adamken Roma Katolik Kilisesi kendisini mahkeme önüne çıkardı. Bruno'ya göre daha yüksek bir sağduyu gösteren Galileo, duruşmadan sonra götürülürken Dünya ile ilgili olarak "Yine de hareket ediyor!" dediği söylense de görünüşte sözünü geri aldı. Hayatının sonuna dek ev hapsinde tutulmasına karar verildi ve Isaac Newton'un doğduğu yıl olan 1642'de hayata gözlerini yumdu. Meşale el değiştirmişti.

Brahe ve Kepler, Kopernik teorisinin doğruluğunu gösterse de Galileo'nun teleskobik gözlemleri yer merkezli görüşün tabutuna son çiviyi çakmıştı. Jüpiter'in en büyük dört uydusunun yeterince kuvvetli bir teleskopla Jüpiter'in çevresinde döndüğünün görülebilmesi tüm gök cisimlerinin Dünya'nın çevresinde dönmediğini göstermek adına yeterliydi. Bu kanıtın herkesi ikna ettiği düşünülebilir. Fakat bugün olduğu gibi o zaman da inançların öldürülmesi oldukça zordu ve kazıkta yanmak artık yeni bilimsel teoriler için bir tehdit olmasa da birçok bilim insanı fikirlerinin kabul görmesi için Galileo gibi mücadele etmek zorunda kalmıştı. Artık Katolik Kilisesi Galileo'nun zamanında olduğu gibi bilim için bir tehdit oluşturmuyor, fakat hâlâ bilimsel ilerlemeye karşı duran dinler var ve Birleşik Devletler de dâhil olmak üzere birçok ülkede güçlü siyasi fraksiyonlarca destekleniyorlar.

Evrensel Kütleçekim Kanunu

Bugün yaşadığımız COVID-19 pandemisi geçmişteki bazı salgın hastalıklarla karşılaştırıldığında önemsiz kalıyor. 1919'da 100 milyondan fazla insanın yaşamını yitirmesine sebep olan İspanyol gribiyle karşılaştırıldığını sık sık görüyoruz, fakat Kara Ölüm, yani veba salgını, 1347-1351 yılları arasında Avrupa nüfusunun yaklaşık yüzde kırkının ölümüne sebep oldu. Kara Ölüm belirli aralıklarla Avrupa'yı ziyaret etmeye devam etti ve bu kez 1665 yılında Londra'da ortaya çıktı. O zamanlarda da eğitimin zirvesinde olan Cambridge Üniversitesi iki yıllığına kapandı ve

orada genç bir öğrenci olan Isaac Newton ailesinin Woolsthorpe'daki evine döndü. Muhtemelen insanlar o günlerde bugünkü kadar sık seyahat etmediğinden köyler vebadan Londra'daki kadar sert etkilenmemişti.

Fakat bu durumun tesadüfi bir sonucu olmuştu, çalışma aletlerinden ayrı kalan Newton yeni fikirler geliştirme fırsatı buldu. Kendisi de o zamanla ilgili şöyle yazıyor: "1665 ve 1666'daki veba yıllarında keşif yapabileceğim ve matematik çalışabileceğim en iyi çağımdaydım." Newton bu iki yılda evrensel kütleçekim kanununu geliştirdi ve gelecekte bilimin temel alacağı modeli oluşturdu.

Bilim gözlemler, deneyler ve teorilerden oluşur. Galileo düşen cisimlerin matematiksel açıklamasını yapabileceği deneyler yürütüp gözlemler yaptı. Newton iki cismin arasındaki kütleçekim kuvvetinin cisimlerin kütleleriyle doğru, aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olduğunu öne sürdü. Bu varsayımla Kepler'in üç gezegensel hareket kanununu çıkarsayabiliyordu. Newton'un varsayımlarından çıkarılabilen sonuçların geçerliliği kadar estetik bir basitlikte olması da onların süratle zamanın biliminin modeli olarak görülmesini sağladı.

Birçok bilim dalı –muhtemelen çoğu bilim dalı– Newton'un yolunu takip eder. Deneyler ve gözlemler kendisini inşa etmede kullanılan deney ve gözlemlerin ötesinin tahmin edilebilmesini sağlayan teoriler oluşturmak için kullanılır. Sonrasında bu tahminlerin gerçekle uyuşup uyuşmadığını test etmek için yeni deney ve gözlemler yaparız.

Newton'un kütleçekim kanunu evrene bakışımızı değiştirdi. Newton'dan önce gökyüzündeki cisimlerin Dünya'dakilerden farklı kanunlarla hareket ettiği düşünülüyordu. Evren insanın anlayamayacağı bir sistemde yaratılmıştı. Newton bu gizemli evreni çalışma prensibi mantıksal sorgulamayla çıkarsanabilecek dev bir mekanizma haline getirdi. Sonrasında bu bakış açısı Batı medeniyetindeki en önemli gelişmelerin ortaya çıkmasına olanak sağladı.

Birçok parlak ve yaratıcı zekâ gibi Newton da psikolojik problemlerden mustaripti. Şüphesiz paranoyaktı –eleştirilmekten korkuyordu– ve bundan dolayı keşiflerinin çoğunu yayınlamadı. Matematikte çok önemli bir rolü olan diferansiyel hesapla ilgili makaleleri ancak kendisinden on yıldan fazla bir süre sonra Alman Gottfried Leibniz bağımsız bir şekilde diferansiyel hesabı bulunca açığa çıktı. Evrensel kütleçekimle ilgili fikirlerini yazdığı *Principia*'nın taslağı yirmi yıl masasında öylece durdu. Sadece yakın arkadaşı gökbilimci Edmund Halley'in (Halley kuyruklu yıldızına ismini veren bilim insanı) ısrarlı yakarışları Newton'u çalışmasını yayınlamaya ikna etti ve Halley ilk baskının masrafını kendisi karşılamak zorunda kaldı. Tarih tekerrürden ibarettir; Kopernik'in de eğer kendisini ikna eden iyi bir arkadaşı olmasaydı Güneş merkezli evren teorisini yayınlamamış olabileceğini hatırlarsınız.

1999'da *Time* dergisi Albert Einstein'ı Yüzyılın İnsanı ilan etmişti. Aynı vakitte Binyılın İnsanını da ilan etme fırsatını kaçırdıklarını düşünüyorum. Eğer böyle bir şey yapsalardı Newton olması için bir kampanya başlatırdım.

Şair Wordsworth'ün bir Newton büstü gördükten sonra yazdıklarını her zaman sevmişimdir.

Sonsuza dek garip düşünce denizlerinde
Tek başına dolaşan bir zihnin mermer kanıtı

Neptün'ün Keşfi

Kayıtlı tarihten önce bile gökyüzündeki cisimlerin bakanları kendilerine hayran bıraktıklarından emin olabiliriz. Her ne kadar diğer kültürlerin tuttuğu bazı kayıtlar olsa da yıldızların haritasını ilk çıkaranlar Yunanlardı. Bunu yaparken tüm yıldızların arasında hızla hareket eden ve gezegen (Yunancada gezgin anlamına gelen: πλανήτης [planítis]) adını verdikleri parlak cisimleri gözlemlediler. Gezegenlerden beşi –Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn– çıplak gözle görülebiliyordu.

Teleskobun icadı gözlemsel astronominin gelişimini hızlandırdı. En iyi teleskop imalatçılarından ve buna bağlı olarak en iyi gökbilimcilerinden ikisi İngiliz William Herschel ve kardeşi Caroline'di. William mükemmel bir mercek üreticisiydi ve çalıştığı sırada kardeşi Caroline (ilk büyük kadın astronom olacaktı) ona yüksek sesle okuma yapar ve çalışmaya devam edebilmesi için yardımcı olurdu. 1781'de gökyüzünde daha önce hiç görmediği bir cisimle karşılaştı. Teleskopta bir yıldız gibi nokta halinde görünmektense bir disk şeklinde göründüğü için Herschel başlangıçta bir kuyrukluyıldız keşfettiğini düşündü. Sonraki gözlemleri ise bu cismin kuyrukluyıldızlardaki gibi flu kenarlara değil, gezegenlerdeki gibi keskin kenarlara sahip olduğunu gösterdi. Yörüngesini hesaplayabilecek kadar veriye sahip olduğunda yörüngesinin bir kuyrukluyıldızınki gibi uzun bir elipstense bir gezegeninki gibi dairesele yakın olduğunu fark etti. Sonuç artık kaçınılmazdı ve sonrasında Uranüs adı verilen gezegeni keşfettiği açıktı.

Gezegenin yörüngesi Newton'un kütleçekim kanunlarına göre çıkarıldı. Yine de birkaç on yıl sonra gezegenin olması gereken yer ile gerçekte olduğu yer arasında tutarsızlıklar belirlenmeye başladı. Bu tutarsızlıklar, onların Newton'un kanunundaki kusurlardan kaynaklandığına inanan Kraliyet Astronomu Sir George Airy tarafından ortaya kondu. 1845'te Cambridge'den bir lisans öğrencisi olan John Couch Adams, Uranüs'ün yörüngesi hakkında bir makale kaleme aldığında ise kimse aldırış etmedi.

Tarih bunun Airy açısından devasa bir hata olduğunu gösterecekti. Eğitim ücretini karşılayabilmek için Cambridge'de öğretmenlik yapan Adams, tatilini radikal bir teori üzerinde çalışarak geçirmişti: Uranüs'ün yörüngesinin hesaplanandan sapmasının sebebi henüz keşfedilmemiş olan bir gezegendi. Adams sonrasında bu sapmalardan yola çıkarak keşfedilmemiş gezegenin konumunu ve kütlesini hesapladı.

Adams yalnız değildi. Aynı hipotez üzerinde çalışan Fransız Urbain Le Verrier de bu gezegenin kütle ve konumunu hesaplamıştı. Fakat Le Verrier şanslı olan taraftı. Kendisi Adams'ın aksine tanınmış bir gökbilimciydi. Berlin Rasathanesi'nden Johann Galle kendisine birkaç taslak gönderdiğinde Le Verrier teşekkür etti ve gökyüzünün belirli bir bölgesine bakmasını tavsiye etti. Le Verrier'in şansı devam ediyordu; Galle, Le Verrier'in ilgisini çeken yeni ve geliştirilmiş haritalar yollamıştı. Nihayetinde Galle Neptün'ü gören ilk insan olmuştu.

Neptün'ün keşfi teorik bir güç gösterisiydi ve Newton'un kütleçekim kanununun geçerliliğini (o zamanlar pek şüphe duyulmasa da) olası herhangi bir şüphenin ötesinde kanıtladı. Le Verrier ve Adams gökbilimci olarak üst seviye kariyerlere sahip oldular, fakat ikisi için de Neptün'ün keşfi başarılarının en üst noktasıydı.

Neptün'ün keşfi Le Verrier'in bilinmeyen bir gezegen bulmaya yönelik ilk çabası değildi. Uranüs'ün yörüngesindeki tutarsızlıklarla uğraşmadan önce Merkür'ün yörüngesindeki anomalileri fark etmiş ve Vulcan adını verdiği (muhtemelen Güneş'e Merkür'den daha yakındı ve Roma mitolojisindeki ateş tanrısı Vulcan'ın ergitme ocağından bile daha sıcaktı) başka bir gezegen öne sürerek benzer bir çaba içerisine girmişti. Böyle bir gezegen hiçbir zaman keşfedilmedi ve Merkür'ün yörüngesindeki anomaliler yirminci yüzyılın başına dek gökbilimcileri meraklandırmaya devam etti. Sorun Le Verrier'in hesaplamalarında değil, yirminci yüzyılın başında Almanya doğumlu genç bir fizikçinin göstereceği üzere Newton'un kanunlarındaydı.

Görelilik Teorisi

Albert Einstein 1905 yılını muhtemelen bir bilim insanının ulaşabileceği en üst seviyede geçirdi. Doktorasını bitirmesinin ardından akademik dünyaya uygun bir iş bulamadı ve Bern'deki İsviçre Patent Ofisi'nde çalışmaya başladı. Gündüzleri bir silah olarak geliştirilen aletleri ya da alternatif akımın yeni bir kul-

lanımını inceleyen bir devlet memuruydu. Akşamları bazen yakındaki Cafe Bollwerk'e gidip kahve içer, sohbet ederdi. Sabah saat dokuzdan akşam beşe kadar çalışırken her nasılsa üç makale yazmayı başardı. Bunlardan ikisi direkt Nobel Ödülü getiren çalışmalardı, üçüncüsü de diğerleri kadar parlak olmasa da iyi bir makaleydi.

Kütleçekiminin çalışma prensibini muhteşem bir şekilde açıklayan görelilik teorisi Einstein'ın en bilinen başarısıdır. Einstein kendisini görelilik teorisine götüren fikirler üzerine kafa yormaya ilk olarak meşhur bir düşünce deneyi yürüterek başladı. Saat tam on ikiyi vurduğunda bir ışık demetiyle saatten uzaklaşabildiğinizi varsayın. Işık saatten çıktığı andaki zaman bilgisini taşıyacağından sonsuza dek saatin on iki olduğunu görürsünüz. Yani ışık hızında seyahat ederseniz zaman durur. Sonuç ise zamanın mutlak olmadığı, gözlemciye bağlı olduğudur.

Zamanın göreliliği ilk olarak Einstein'ın özel görelilik teorisinin çekirdeğini oluşturan 1905 tarihli "Hareket Eden Cisimlerin Elektrodinamiği Üzerine" adlı makalesinde ortaya çıktı. Fakat Einstein daha da ileri gidecekti. On yılını genel görelilik teorisine, Newton evrenini yeniden formüle etmek için çalışmaya adadı.

Newton'un evreninde uzay ve zaman herhangi bir gözlemcinin ölçebileceği, birbirinden bağımsız ve mutlak büyüklüklerdir. Evren herhangi bir anda uzamsal bir sahnenin anlık görüntüsüdür ve kütleler birbiriyle olan ilişkilerine göre hareket eden aktörlerdir. Newton'a göre evren devam eden bir sinema filmidir.

Einstein'ın evreninde ise uzay ve zaman, uzayzaman adı verilen dört boyutlu bir geometrik yapıyla birbirine bağlıdır. Uzayzamanın şekli cisimlerin nasıl hareket edeceğini belirlerken cisimler de uzayzamanın şeklini belirler. Einstein'a göre evren uzay, zaman ve cisimlerin birbirinden ayrılamaz şekilde bağlı oldukları geometrik bir yapıdır. Newton ve Einstein evrenleri arasındaki farkı günlük yaşantımızda göremeyiz, fark ancak bir

cisim çok yüksek hızda hareket ettiğinde veya devasa bir kütleye sahip olduğunda belli olur. Einstein'ın formülasyonunun doğruluğunun ilk kanıtı Sir Arthur Eddington'ın 1919'da tam bir Güneş tutulması izlemek amacıyla gerçekleştirilen bir Afrika gezisine liderlik etmesiyle yapıldı. Ancak o zaman Einstein'ın Newton'un teorisindeki tutarsızlığa yanıt verip veremediğini anlamak için Merkür'ün hareketinin kritik ölçümlerini yapmak mümkün olabilirdi. Önceki kısımlarda anlattığımız ekstrem durumlarda Einstein'ın teorisinin doğruluğu kanıtlandı ve teori her testi büyük bir başarıyla geçti.

Einstein büyük ihtimalle yaşayan en meşhur, hatta belki de en zeki bilim insanıdır. Karamsar ve paranoyak Newton ya da kasvetli ve pesimist Darwin'in aksine sıcak ve samimiydi. Çoğu ünlünün aksine güçlü ve zayıf yönlerinin farkındaydı. Siyonizmin önde gelen ve kesinlikle en ünlü sözcülerinden biri olarak İsrail devleti kurulduğunda cumhurbaşkanlığı teklif edilen ilk kişiydi. Kendisi ise insan problemlerini çok anlamadığını söyleyerek teklifi geri çevirmişti.

Einstein aynı zamanda evren hakkında Tanrı'yı dâhil ederek konuşmasıyla tanınıyordu. 1919'da Güneş tutulmasının varsayımlarını doğrulamaması durumunda neler hissedeceği sorulduğunda Tanrı'nın evreni tasarlamakta kötü bir iş çıkardığını düşüneceğini söylemişti. Einstein'ın kuantum mekaniğindeki olasılık üzerine düşüncesi ise oldukça meşhur olan bir sözüyle biliniyor: "Tanrı zar atmaz." Uzun yürüyüşler yapıp fizik üzerine konuştuğu yakın arkadaşı Niels Bohr en sonunda onun açıklamalarından sıkılmış ve "Tanrı'ya ne yapması gerektiğini söylemeyi kes artık" demişti. Einstein'ı azarlamak için ancak Bohr kadar zeki biri olmalıydınız. Yine de bilim camiasının Einstein'a beslediği duygunun en iyi ifadesini Jacob Bronowski *İnsanın Yükselişi* adlı kitabında yapmıştı: "Einstein basit sorular soran bir adamdı. Hayatı ve çalışmaları cevapların da basit olduğunu gösterdiğinde Tanrı'nın düşündüğünü duyarsınız."

YILDIZLAR

Sefe Değişkenlerinin Periyot-Parlaklık Eğrisi

"Evrenin büyüklüğü nedir?" sorusu şüphesiz tüm zamanlarda her kültür tarafından sorulmuş bir sorudur.

Teleskoplar on dokuzuncu yüzyılın başında yakındaki cisimlerin sabit arkaplana göre hareketini ifade eden paralaksı ölçebilecek kadar gelişmişti. Parmağınızı burnunuzun önüne koyar, sonra sırayla birer gözünüzü kapatıp parmağınıza bakarsanız arkaplanın parmağınıza göre hareket ettiğini fark eder ve paralaksı deneyimleyebilirsiniz. Friedrich Bessel 1838 yılında bu tekniği kullanarak 61 Cygni yıldızının Dünya'ya altı ışık yılından daha uzak bir mesafede bulunduğunu hesapladı. Keşif bizler için evrenin boyutunu büyütmüştü, çünkü büyük otorite Newton bile Dünya'ya en uzak yıldızın iki ışık yılından daha uzak olamayacağını öngörmüştü.

Paralaks ölçümü on dokuzuncu yüzyılın geri kalan kısmında yıldızların uzaklığını belirlemek için kullanılan öncü teknik olmuştu. Teleskoplar güçlendi ve daha küçük paralakslar belirlenebilir hale geldi. Bu da bir yıldız için belirlenebilen uzaklık sınırını birkaç ışık yüzyılına çıkardı. Çoğu yıldızın uzaklığı ölçülemediğinden gökbilimciler evrenin daha da büyük olduğundan şüphelenmeye başladı, fakat ne kadar büyük olduğu halen merak konusuydu.

Yirminci yüzyılın ilk yirmi yılında evrenin büyüklüğünü belirlemek için daha hassas ölçüm yapabilmesini mümkün kılan birkaç gelişme oldu. İlki Danimarkalı gökbilimci Ejnar Hertzsprung'un bir yıldızın mutlak büyüklüğüne dair yaptığı tanımdı. Öncesinde bir yıldızın büyüklüğü (artık görünür büyüklük adı veriliyor) bir yıldızın ne kadar parlak göründüğüyle ilgiliydi. Bu da yıldızın kendi parlaklığı ve Dünya ile arasındaki uzaklığın fonksiyonuydu. Hertzsprung yıldız parlaklığının standart bir mesafeye göre hesaplanmasını önerdi. Sonuç üç değerden oluşan basit bir eşitlikti: Mutlak büyüklük (Hertzsprung sayısı), görünür büyüklük ve Dünya'dan uzaklık.

Bir yıldızın görünür büyüklüğü ve mutlak büyüklüğü bilinirse uzaklığı hesaplanabilirdi. Gökbilimciler yıllardır görünür büyüklüğü ölçüyorlardı, fakat asıl zorluk yıldızın mutlak büyüklüğünü hesaplamaktı. Sönük bir yıldız gördükleri zaman yakın mesafede bulunan bir sönük yıldıza mı yoksa uzakta bulunduğu için ışığı daha az gelen bir yıldıza mı baktıklarını söylemenin bir yolu yoktu.

Henrietta Swan Leavitt Harvard Üniversitesi'nde görev alan bir gökbilimciydi. Sefe değişkeni adı verilen yıldız grubunu çalışıyordu. İlk olarak Sefe (*Cepheus*) takımyıldızında keşfedilen bu yıldızlar son derece düzenli bir şekilde parlayıp sönüyordu. Leavitt'in büyük keşfi bir Sefe değişkeninin mutlak büyüklüğü ile periyodu –en parlak halinden en sönük haline ve sonra tekrar en parlak haline döndüğü süre– arasında matematiksel bir ilişki olduğunu belirlemesiydi. Bu periyotlar sadece süre tutarak basit bir şekilde ölçülebiliyordu. O zamana dek birkaç Sefe değişkeninin uzaklığı hesaplanmıştı ve bu sayede ölçümler Sefe ölçüsünü kalibre etmek için kullanılabilirdi. Birkaç yıl sonra, daha sonra galaksi olarak tanımlanacak bazı yıldız kümelerinde Sefe değişkenleri tespit edildi ve ilk kez evrenin en az birkaç milyon ışık yılı çapına sahip olması gerektiği anlaşıldı.

Sefe değişken ölçüsü, doğruluğu tüm astronomi camiası tarafından kabul gören tek ölçüdür. Ancak bu teknik, Sefe değişkenlerini birbirinden ayırabilmek imkânsız olduğundan uzak galaksilerde kullanılamaz. Son önerilerden biri ise uzaklığı ve parlaklığı arasındaki ilişki belirlenebilen farklı tiplerde yıldızlar keşfedip Leavitt'in Sefe değişkenleri için ortaya koyduğu periyot-parlaklık yasasını güncellemek. Şu anki aday ise çok uzak mesafelerden gözlemlenebilen Tip Ia süpernovalar. Gökbilimciler Sefe değişkenleri için kullanılan periyot-parlaklık yasasını Tip Ia süpernovalara uyarlamaya çalışıyor. Böyle bir yasa varsa, evrenin sınırları daha gerçekçi bir şekilde belirlenebilir.

Leavitt'in yaşamı kadınların hayatları boyunca maruz kaldığı ikinci sınıf statünün iyi bir göstergesidir. Bugün Radcliffe

Koleji olarak bilinen okuldan eğer erkek olsaydı lisans derecesi alabileceğini söyleyen bir belgeyle mezun oldu. Zamanının önde gelen gökbilimcilerinden biri olan Harlow Shapley ise Leavitt'in Harvard Rasathanesi'ndeki müdürüne "periyot ve parlaklık arasındaki ilişkiye dair keşfinin yıldız astronomisindeki en önemli keşiflerden biri olacağına inanıyorum" yazmıştı.

Leavitt 1921 yılında hayata gözlerini yumdu. Tüm başarılarına karşın ölümünden aralarında kendisine 1925 yılında mektup gönderen Gosta Mittag-Leffler'in de olduğu öncü bilim insanlarının haberi olmamıştı. Mittag-Leffler mektupta şöyle diyordu:

Sevgili Bayan Leavitt, Uppsala'da profesörlük yapan arkadaşım ve meslektaşım von Zeipel'in Küçük Macellan Bulutu'ndaki Sefe değişkenlerinin periyot uzunluğu ile parlaklıkları arasındaki yasaya ilişkin keşfinizi anlatması beni o kadar etkiledi ki sizi 1926 Nobel Fizik Ödülü'ne aday göstermek istiyorum.

Çalışmalarına bu kadar saygı duyulan birinin ölümünün fark edilmeyeceğine, hatta mezuniyet belgesinde de yazdığı gibi muhtemelen bir erkek olsaydı ölümünden bu şekilde habersiz kalınmayacağına inanmak gerçekten çok zor.

Füzyon ve Yıldızların Yaşamı

Güneş Dünya'daki yaşam için gerekli olan ışık ve ısıyı nasıl üretiyor? Termodinamik yasalarının keşfiyle birlikte kömür örneğinde olduğu gibi kimyasal yanmaların son derece verimsiz olduğu anlaşıldı. 1854 yılında Alman fizikçi Hermann von Helmholtz ısı üretimi için bir mekanizma öne sürdü: Kütleçekimi. Güneş'in merkezine çekilen parçacıkların kinetik enerjisi termodinamik yasalarına göre radyasyona dönüştürülebilirdi. Böyle bir güç Güneş'e 25 milyon yıllık bir ömür sağlardı.

Ne yazık ki jeologlar Dünya'nın en az yüzlerce milyon yıl yaşında olduğu konusunda ikna edici kanıtlar elde etmişti, bundan dolayı mekanik enerjinin ısı yayılımına kütleçekimsel dönüşümü yanıt olamazdı. Problem atomun içerisinde de enerji kaynaklarının olduğunun keşfedildiği yirminci yüzyılın başına

dek çözümsüz kalmaya devam etti. Einstein'ın meşhur $E = mc^2$ formülü Güneş'in yeterli verimle milyarlarca yıl boyunca enerji üretebileceği bir mekanizma önerdi.

Dönüşüm tekniğini keşfeden kişi Nazi Almanyası'ndan kaçıp Cornell Üniversitesi'ne gelen Alman fizikçi Hans Bethe'ydi. Bethe nükleer süreçlere aşinaydı ve Arthur Eddington'ın yıldızların iç sıcaklığının yüz milyonlarca derece olması gerektiğini ortaya koyan sonuçlarını okumuştu. Bethe bu sonuçları kullanarak, iki hidrojen atomunun sıkıştırılmasıyla bir helyum atomunun oluştuğu varsayımını ortaya koydu. "Füzyon" sonucu üretilen helyum kendisini meydana getiren hidrojenlerden daha hafifti, Bethe bu sayede Einstein'ın formülüne göre hesaplanan enerjideki eksikliğin ne olduğunu göstermiş oldu. Güneş her saniye 4.200.000 ton malzemeyi enerjiye dönüştüren dev bir fırındı. Dev kütlesinden dolayı milyarlarca yıl ısı ve ışık üretmeye devam edebilirdi.

Tüm yıldızlarda meydana gelen bu süreç yıldızın genişlemesine yol açan radyasyon basıncı ile sıkışmasına neden olan kütleçekimini dengeliyordu. Bethe ile aynı zamanlarda, Hint gökbilimci Subrahmanyan Chandrasekhar bu mücadelenin sonucunun yıldızın başlangıç kütlesiyle bağlantılı olduğunu ortaya koydu. Çok küçük yıldızlar yakıtını yavaş kullanıp mat kızıl renge sahip olur. Başlangıç kütlesi Güneş'inkinin 1,4 katından küçük olan daha büyük yıldızlarda yanma daha hızlı, kütleçekimsel sıkışma ise daha güçlü olur. Bu tarz yıldızlar yaşamlarının sonunda çok sıcak, fakat çok küçük olan beyaz cüceye dönüşürler.

Takip eden yıllarda çok daha büyük yıldızlardaki füzyon mekanizmasının ayrıntıları ortaya kondu. Bir yıldız tüm hidrojenini helyuma dönüştürdüğünde sıkışmaya başlar ve sıkışma çekirdeğin sıcaklığını artırır. Isınma helyumun da karbona dönüşmesine neden olur. Helyum tükendiğinde yıldız daha fazla sıkışır ve karbonlardan oksijen oluşturmaya başlar. Süreç devam ettikçe artan sıkışma oksijenin neona, silisyuma, kükürte ve son olarak

demire dönüşmesine yol açar. Bu füzyon reaksiyonlarının hızı daha yüksektir. Yıldızın çekirdeği demire dönüştüğünde daha fazla sıkışamaz hale gelir. Radyasyon basıncı ile kütleçekimsel sıkışma arasındaki uzun mücadeleyi sıkışma kazanır, yıldız çöker ve tepki kuvveti olarak evrendeki en dramatik olaylardan biri olan süpernova patlaması meydana gelir.

Yıldızların yaşam süresi oldukça uzundur, insanlık ise evreni ancak dört yüz yıldan beri gözlemliyor. Fakat evrende o kadar çok yıldız var ki, bugünün teleskoplarının gözlem gücüyle er ya da geç ilginç bir olay gözlemlenebiliyor. 1987'de Süpernova 1987A keşfedildi; bu, üç yüz yılın ardından keşfedilen ilk yakın süpernovaydı. Teorinin tüm önemli çıkarımları doğrulanmıştı. Yıldız yaşamı teorisinin bizim için önemli taraflarından biri kemiklerimizdeki kalsiyumdan kanımızdaki demire dek daha ağır elementlerin süpernovada meydana geldiğini göstermesidir. Evrenle gerçekten akrabayız ve hayatlarımızı yıldızların şiddetli ölümlerine borçluyuz.

Kara Delikler, Kuasarlar ve Pulsarlar

Reklamcılık sektöründe olanların bileceği üzere iyi paketleme, ürün gizemli bir fizik kavramı bile olsa onu daha cazip hale getirecektir. "Kara delik" terimi John Wheeler tarafından ilk bakışta inanılmaz gelen bir durumu tanımlamak için ortaya atıldı. Süpernova patlamasının ardından büyük bir yıldızdan geriye sadece kütleçekimsel çökmenin önünde bir engelin kalmadığı, çok küçük bir alana sıkışmış devasa kütleli malzeme kalır. Süreç ilk olarak 1783 yılında İngiliz gökbilimci John Michell tarafından ortaya atıldı ve ayrıntıları teorik fizik çalışmalarını ilk atom bombasının üretileceği Manhattan Projesi isimli İkinci Dünya Savaşı projesinin başına geçmek için bırakan J. Robert Oppenheimer tarafından açıklandı. Süpernova kalıntısı da tıpkı reklamlardaki pil maskotu gibi yerinde duramaz, kütleçekimsel kuvvet ışığın bile kaçamayacağı kadar güçlenmeye devam eder ve sonunda evrenden yok olur.

Kara delik fikri ortaya ilk atıldığında astrofizik camiasında büyük bir ilgi gördü, fakat sonrasında kimse bir kara delik adayı keşfedemediğinden ilgi azaldı. 1963 yılında ise gökbilimci Maarten Schmidt kara deliklerin varlığına dair tekrar ilgi uyandıracak bir keşif yaptı.

Schmidt, Palomar Dağı'ndaki dev teleskopta 3C 273 olarak bilinen astronomik cismi çalışıyordu. 3C 273 bir yıldız gibi görünüyordu fakat spektrumu bilinen hiçbir yıldızınkine benzemiyordu. Schmidt sezgisel bir şekilde 3C 273'ün spektrum çizgilerinin cismin çok yüksek bir kızıla kayma etkisine sahip olduğunda anlamlı olabileceğini fark etti. Bir cismin bu kadar yüksek bir kızıla kayma etkisine sahip olması için devasa bir hızda çekilmesi gerekiyordu. Çekilme hızı ile uzaklık arasındaki Hubble ilişkisine göre 3C 273 iki milyar ışık yılı uzaklıktaydı. Gökbilimcilerin bu kadar uzaktaki bir cismin bu kadar parlak görünebilmesinin sebebi olarak düşünebildiği tek mekanizma sürekli olarak madde yutan ve bu maddeyi radyasyona dönüştüren milyarlarca Güneş kütlesine sahip bir kara delikti. Sonrasında 3C 273'e benzer başka cisimler de keşfedildi ve bunlara "kuasar" teriminin üretildiği "yıldız benzeri radyo kaynakları" (*quasi-stellar radio sources*) adı verildi.

Dört yıl sonra İngiliz gökbilimci Anthony Hewish, öğrencisi Jocelyn Bell'den kuasarları çalışmasını istedi. Bell kuasarların birinde son derece farklı, nabız gibi metronomik bir düzene sahip bir radyo sinyali tespit etti. Hewish başlangıçta bu kadar düzenli bir sinyalin doğal bir mekanizmadan kaynaklanamayacağını ve Bell ile birlikte dünya dışı bir yaşam formundan gelen sinyalleri tespit etmiş olabileceklerini düşündü. Bunu sadece düşüncede bırakmayarak cisme "küçük yeşil adamlar" (*Little Green Man*) sözcüklerinin baş harflerini kullanarak LGM-1 adını verdiler.

Birkaç ay sonra benzer dört cisim daha keşfedildi. Hewish artık "küçük yeşil adamlar" teorisini terk edebilirdi, sinyalin kendi çevresinde hızla dönen bir nötron yıldızından kaynaklanabileceğini fark etti. Nötron yıldızları kara delik oluşturacak kadar

yüksek kütleye sahip olmayan süpernova patlamalarının kalıntısıdır. Yıldız, atomlardaki elektron ve protonları birbirine doğru sıkıştırıp elektriksel yüklerini sıfırlayarak geriye sadece elektriksel olarak nötr olan nötronları bırakacak kadar büyüktür. Dönen yıldız ise Dünya'dan düzenli aralıklarla radyo dalgaları tespit edilen bir kozmik deniz feneri gibi davranır. Bell bu sinyali tespit etmişti. Sonrasında radyo "atımı" (*pulse*) yayan, dönen nötron yıldızları için "pulsar" terimi kullanılır hale geldi.

Kara deliklerin varlığını gösteren birçok çıkarımsal sonuç varken kuasar bilmecesi henüz tüm gökbilimcileri tatmin edecek şekilde çözülemedi. Joseph Turner 1974 yılında bir nötron yıldızının dönme hızı üzerine çalışma yaptı. Einstein'ın görelilik teorisi bu tarz bir cismin kütleçekim dalgaları yayacağını ve bu enerji kaybının yıldızın dönme hızında azalmaya sebep olacağını öngörmüştü. Turner'ın çalışması bunu doğrulayarak tek taşla iki kuş vurmuştu: Hem nötron yıldızlarının hem de kütleçekim dalgalarının varlığını göstermişti.

Oppenheimer'ın fizikteki parlak başarısı, kimilerinin Oppenheimer'ın bulunduğu konumda başka hiçbir fizikçinin başarılı olamayacağına inandığı Manhattan Projesi'ndeki deneyiminden ötürü –deyim yerindeyse– gölgelendi. Oppenheimer sadece zeki değil, aynı zamanda karizmatikti. Manhattan Projesi'ne dâhil olması başkalarının da katılmasını sağladı. Savaşın sona ermesinden sonra ise Komünist Parti üyeleriyle olan ilişkisine dair endişelerden ötürü insanlar üzerindeki etkisi azaldı.

EVREN

Samanyolu Galaksisinin Yapısı ve Boyutları

Yirminci yüzyıla dek evrenin gerçekten ne kadar büyük olduğunu fark edememiştik. Evrenin yaşı ile büyüklüğü arasında basit bir ilişki bulunduğunu anladığımızda ise büyüleyici bir keşif yapmıştık.

Teleskobun icadı ve astronomik amaçlar için ilk kullanımının kökleri on yedinci yüzyıla dayansa da gözlemsel astronomi an-

cak on sekizinci yüzyılda gelişmiş lenslerin üretilmesiyle popülerleşti. Alana ilgisi olan isimlerden biri, Halley kuyrukluyıldızının Halley'in tahmin ettiği gibi 1758 yılında döndüğünü gören ilk kişi olan Fransız Charles Messier idi. Deneyimi yaşamının geri kalanını kuyrukluyıldız arayarak geçirmesine ilham oldu.

Gökyüzünde ne yazık ki teleskoptan bakıldığında kuyrukluyıldızlar gibi bulanık görünen birçok cisim vardı ve Messier onları kuyrukluyıldız sanma hatasına düşmemek için konumlarını takip etmeye karar verdi. Bu şekilde yüzden fazla cisim buldu ve kataloglad. Bazılarının sadece toz, bazılarınınsa yıldız grupları olduğu anlaşıldı; Messier'in teleskobu tekil yıldızları ayırt edemeyecek kadar zayıftı. Messier yaşamı boyunca bugün hiçbiri hatırlanmayan yirmi bir kuyrukluyıldız buldu. Fakat kataloglad bazı "bulutsular" astronomik açıdan son derece önemliydi.

Messier'in kataloğundaki on üçüncü girdi gökbilimciler tarafından Messier 13 ya da kısaca M13 olarak biliniyor. Aslında, bugün Herkül takımyıldızında yer aldığından Büyük Herkül Kümesi olarak bilinen ve milyonlarca yıldızdan oluşan bir kümeydi. Harlow Shapley 1915-1920 yılları arasında Mount Wilson Rasathanesi'nde M13'e benzer küresel kümeleri inceledi. Mount Wilson'daki 100 inçlik teleskop kümedeki tekil yıldızların görülebileceği kadar iyiydi.

Neyse ki Henrietta Swan Leavitt birkaç sene önce Sefe değişkeni olarak bilinen yıldızların periyot-parlaklık eğrisini çıkarmıştı. Eğri buradaki yıldızların uzaklıklarının hesaplanmasında kullanılabiliyordu. Shapley küresel kümelerin uzaklıklarını hesaplamaya karar verdi.

Güneş'in Samanyolu'nun merkezinde olması beklenmediği gibi küresel kümeler de gökyüzüne dağılmamıştı. Aksine kabaca küresel bir şekilde konumlanmışlardı ve kürenin merkezi Yay takımyıldızında bir yere denk geliyordu. Samanyolu galaksisi merkezî bir nokta çevresinde simetrik göründüğünden ve Shapley, küresel kümelerin simetrik dağılmadığını düşünmesi için geçerli

bir sebebi olmadığından, küresel kümeler küresinin merkezinin de Samanyolu galaksisinin merkezi olduğunu düşündü.

Shapley küresel kümelerin uzaklığını hesaplayarak galaksinin merkezine olan uzaklığımızı hesaplayabildi. 1918'de Güneş'in galaksinin merkezine yaklaşık elli bin ışık yılı uzaklıkta olduğu bir galaksi modeli öne sürdü. Uzaklık o zamana dek önerilenlerden çok büyük olsa da bugün kabul edilen üç yüz bin ışık yılı değerinden de çok daha küçüktü. Öncesinde gökbilimciler Samanyolu'ndaki yıldızların her yönde eşit derecede parlak göründüğünü ve Güneş'in galaksinin merkezinde olduğunu varsaydığı için daha düşük tahminlerde bulunmuşlardı. Shapley ise karanlık toz bulutlarının galaksinin parlak merkezini kapattığına ve bizim sadece yakınımızdaki yıldızları görebilmemize sebep olduğuna dikkat çekti. Öngörüsü daha sonrasında radyo astronomi tarafından kanıtlandı.

Kopernik ile başlayan Dünya'yı evrenin merkezinden uzaklaştırma süreci Shapley'nin çalışmasıyla devam etti. Dünya Güneş Sistemi'nin merkezinde değilken Güneş de Samanyolu galaksisinin merkezinde değildi. Samanyolu galaksisinin spiral bir yapıya sahip olduğu, Güneş'in de merkezden kenara uzaklığın yaklaşık üçte ikisinde bulunan kollardan birinde olduğu ortaya çıkmıştı.

Bu iyi bir şey. Mevcut teoriye göre galaktik yaşanabilir bölge –bir galaksinin zeki yaşam oluşma olasılığı en yüksek olan bölgesi– süpernovaların ve diğer büyük kozmik olayların, yani radyasyonun en yüksek olduğu galaksi merkezinden uzaktadır. Galaksinin merkezinde olmak daha heyecan verici olabilirdi, fakat süpernovalar –1960'larda savaşlar için söyledikleri gibi– çocuklar ve yaşayan diğer varlıklar için zararlıdır.

Büyük Patlama Teorisi

1920'li yıllara gelindiğinde Edwin Hubble galaksilerin uzaklaşma hızını ölçmeye başladı ve evreni bir bütün halinde çalışma bilimi olan kozmoloji başlamış oldu.

Hubble galaksilerin hızlarını ölçerken olağanüstü iki şey fark etti. İlk olarak neredeyse bütün galaksiler bizden uzaklaşıyordu. İkincisi ise galaksiler bizden ne kadar uzaksa o kadar hızlı hareket ediyordu. Yani A galaksisi B galaksisinden iki kat uzaksa, A'nın hızı B'nin hızının iki katıydı. Bu durum evrenin genişlediği anlamına geliyordu.

Bu genişlemeyi açıklamak için 1950'lerin başında iki farklı teori ortaya atıldı. Sabit durum teorisine göre evren bugün nasıl görünüyorsa geçmiş ve gelecekte de aynı şekilde görünüyordu ve bir başlangıcı veya sonu yoktu. Galaksiler birbirinden uzaklaşsa da galaktik yoğunluk aynı kalacak şekilde yeni madde üretiliyordu. Büyük patlama teorisine göre ise evren devasa bir patlamayla ortaya çıkıyordu ve galaktik yoğunluk –bir ışık yılı küp boyutundaki uzay içerisindeki galaksi sayısı– zamanla azalıyordu.

İki teori arasında bir karara varmak için birkaç milyar yıl daha bekleyip galaktik yoğunluğu ölçmek şüphesiz can sıkıcı bir seçenekti. Neyse ki hangi teorinin doğru olduğunu anlamanın bir yolu daha vardı. Büyük patlama teorisi evrenin meydana geldiği patlamanın yankısının yeterince hassas radyo teleskopları ile tespit edilebileceğini öngörürken sabit durum teorisinde böyle bir şey beklenmiyordu.

1960'ların başında iki radyo astronomu Arno Penzias ve Robert Wilson, Bell Laboratuvarları tarafından bir radyo antenini Echo uydusundan gelen sinyalleri geri yansıtacak şekilde değiştirmek için görevlendirilmişti, böylece anten yeni yollanan Telstar uydusundan gelen mikrodalga yayınları alabiliyor ve uyduya yayın gönderebiliyordu. İşlerini tamamlamalarının ardından Penzias ve Wilson'a anteni radyo astronomide kullanma izni verildi.

Penzias ve Wilson tüm uğraşlarına rağmen her yönden geliyormuş gibi görünen bir arkaplan gürültüsünü yok edememişlerdi. Önlerinde büyük bir mühendislik problemi vardı. Yaklaşık bir senelerini her yolu denemekle –antenin içine yuva

yapan güvercinleri (ve onların dışkılarını) temizlemekle– hatta anteni tekrar kurmakla harcadılar. Penzias, Princeton'dan bir astrofizikçinin büyük patlamanın yankısının yeterince hassas bir radyo anteniyle tespit edilebileceğini öne süren makalesinden haberdar olduğunda sinyalin varlığını cihazlarıyla ilgili bir sorun olarak görüp reddetmek üzereydiler. Penzias ve Wilson, Princeton ekibini aradı ve iki grup *Astrophysical Journal*'da arka arkaya makalelerini yayınladılar. Penzias ve Wilson'ın makalesi antendeki teknik ayrıntıları, problemleri ve geride kalan arkaplan gürültüsünü anlatıyordu. Princeton grubunun makalesi de sinyalin büyük patlamadan geriye kalan yankı olma ihtimaline işaret etmişti.

Makul görünen teoriler nadiren deneye bu kadar çabuk yenik düşer. Kısa bir süre sonra sabit durum teorisi ölmüştü ve evrenin doğumunun duyurusu yapıldı.

Penzias ve Wilson 1978'de Nobel Fizik Ödülü'nü kazandılar. Büyük keşifler beklenmedik zamanlarda karşımıza çıksa da Nobel kazanmak için (a) başka bir şeyde başarısız olmanız ve (b) dışarıdan birinin ne başardığınızın farkına vardırması gerekir ki, bu da entelektüel açıdan çok talihli olmanız anlamına gelir. Nobel Ödülü kazanmak istiyorsanız en büyük şansınız kollarınızı sıvamanız olur. Büyük bilimsel keşifler kazara yapılabilir, fakat büyük bilimsel teorilerin kazara ortaya çıkması (çıkmışlığı varsa) çok ender görülür.

Evrenin Kaderi

Evrenin nihai kaderi yirminci yüzyıla dek filozoflar ve ilahiyatçılar tarafından tartışılan bir konu oldu ve bilimsel çerçevede hiç ele alınmadı. Fakat Edwin Hubble galaksilerin birbirinden uzaklaştığını keşfettiğinde soruyu bilimsel tartışmaya açmış oldu.

Galaksiler birbirinden uzaklaşıyorsa elimizde üç ihtimal var. İlk ihtimalde evrenin genişlemesi durmadan devam edecek ve tüm galaksiler diğerlerinden sinyal alamayacak kadar uzaklaşıp er ya da geç kozmosta yalnız kalacaklar. İkinci ihtimale

göre evrende genişlemeyi geri alacak kadar madde bulunuyor ve bundan dolayı galaksiler sonunda birbirine çarpacak. Büyük patlamayla doğan evren büyük sıkışmayla son bulacak. Üçüncü ihtimalde ise evrende genişlemeyi sıfıra indirmek için yeterli, fakat büyük sıkışmaya sebep olmak için yetersiz miktarda madde bulunuyor. Bilim insanları son senaryonun geçerli olacağı madde miktarını bir metre küplük uzay içerisinde üç hidrojen atomu olarak hesapladılar. Bu miktardan fazlası kritik yoğunluk olarak adlandırılıyor.

Evrendeki tüm madde teleskopla gördüklerimizden ibaret olsaydı madde yoğunluğu kritik yoğunluğun yüzde ikisi kadar olur ve evren sonsuza dek genişlerdi. Fakat geride göremediğimiz çok daha fazla madde var.

"Karanlık madde" olarak adlandırılan göremediğimiz maddenin varlığını gösteren kişi, doktorasını büyük patlama teorisinin yazarlarından biri olan George Gamow'un yanında yapan Vera Rubin'di. Rubin, galaksilerin hangi hızda döndüğünü ölçmeye karar verdi. Galaksilerin sadece teleskopla görebildiğimiz maddeden meydana geldiğinde sahip olması gereken hızdan çok daha yüksek bir hızda döndüğünü gözlemledi. Galaksilerin dönme hızı ancak onların daha hızlı dönmesine sebep olan yüksek miktarda karanlık madde ile açıklanabilirdi.

Galaksilerin içinde ve dışında evrenin büyük sıkışma yaşamasına sebep olacak miktarda karanlık madde var mıydı? Bu soru henüz yanıtlanmadı ve ancak gözlemle yanıtlanabilir. Fakat yakın tarihli bir teorik gelişme bize evrenin yoğunluğunun aslında kritik yoğunluk olduğunu gösteriyor.

Evrenin bugün ölçülen yoğunluğu kritik yoğunluğun onda biri. Büyük patlama sırasında evrenin asıl yoğunluğu tam olarak kritik yoğunluk veya bunun eksiği ya da fazlası olabilir. Gerçek yoğunluk bunun biraz üzerinde veya altında olsaydı 15 milyar yıllık galaktik genişleme bugün ölçülen yoğunluğun kritik yoğunluktan yüksek miktarda sapmasına neden olurdu. Bilim insanları büyük bir güvenilirlik sorusuyla karşı karşıya kaldı: Ev-

renin ilk yoğunluğu neden tam olarak (yaklaşık altmış ondalık basamağa dek!) kritik yoğunluğa eşitti? Bu soru "düzlük problemi" olarak biliniyor.

1980 yılında Alan Guth "enflasyon" (şişme) olarak bilinen devrimsel bir senaryo önerdi. Teorisine göre evrenin büyük patlamadan hayal edilemeyecek kadar kısa bir süre sonra şimdikinden çok daha yüksek bir hızda şiştiğini (genişlediğini) öne sürdü. Bu süper hızlı genişleme evrenin başlangıç koşulu ne olursa olsun yoğunluğun kritik yoğunluğa aşırı derecede yakın olduğu bir durum ortaya çıkardı. Kozmik şişme senaryosu aynı zamanda evrenin neden her yönde son derece benzer göründüğünü de açıklıyor. Hâlâ bir teori olsa da kozmologların çoğunluğu doğruluğunu kabul ediyor.

Rubin'in çalışmasının ortaya çıkardığı bir diğer ilginç soru ise karanlık maddenin doğasının ne olduğuydu: Tam olarak nasıl bir şeydi? Şu an kimse bilmiyor, fakat bolca tahmin var. Gökbilimcilerden bazıları karanlık maddenin yıldızlar gibi ölen ve artık parlamayan sıradan cisimler olduğuna inanıyor. Bazıları çok küçük kütleye sahip olduğu belirlenen, fakat evrendeki sayısı inanılmaz derecede fazla olduğu için toplamda evrenin kütlesine yakın bir kütleye sahip olan nötrinolar olabileceğini düşünüyor. Son olarak karanlık maddenin henüz tespit edemediğimiz maddeler olduğunu düşünenler var, bu parçacıklar maddenin doğasına yönelik gizemli "süpersimetrik" teorilerle tanımlanıyor.

Vera Rubin 1948 yılında Vassar Koleji'ni okulun astronomi dalında tek mezunu olarak bitirdiğinde doktorasını yapmak için Princeton astronomi programına başvurdu, fakat aldığı tek cevap "Princeton kadın kabul etmez" oldu; bu politikadan ise ancak 1975 yılında vazgeçildi. Princeton'ın dünyanın en iyi eğitim ve araştırma enstitülerinden biri olduğuna şüphe yok, fakat insan hakları konusunda oldukça geriden gelen bir yerdi. 1940'larda siyahların derse alınmaması politikası vardı.

Rubin sonrasında doktorasını büyük patlama teorisinin öncülerinden olan George Gamow'un danışmanlığında Georgetown Üniversitesi'nden aldı. Gamow ilk matematik ve bilim popüler kitaplarından birini yazmıştı. Birkaç sene önce *Bir, İki, Üç... Sonsuzluk* adlı kitabını tekrar okuma şansım oldu. Bazı bilgiler zamanın gerisinde kalsa da halen matematik ve bilime giriş yapmak için müthiş bir kitap.

Güneş Sistemi'nin Dışındaki Gezegenlerin Keşfi

Gezegenimizdeki yaşamın ortaya çıkış şekli kadar evrenin başka yerlerinde de yaşam olup olmadığı bilimin henüz yanıtını bulamadığı en önemli sorulardan biri. Uzaylılar tarafından kaçırılma ve uçan daire ziyaretleriyle ilgili sayısız rapor tutulmuş olsa da henüz Dünya atmosferinin dışındaki bir yaşamın varlığına yönelik bir kanıt elde etmedik. Ay tamamen ölü. Yaşam ezkaza Venüs'te ortaya çıksa bile gezegenin karbon dioksit ve sülfürik asit atmosferinde 1000 °C'lik sıcaklıkta evrimleşip varlığını sürdürmesi gerekirdi. Mars'taki *Mariner* görevleri gezegenin ilginç bir kimyaya sahip olduğuna yönelik ipuçları verdi, fakat biyolojiye dair herhangi bir iz yoktu.

Bilim insanları yaşamın var olabilmesi için bir gezegenin üzerinde evrimleşmesi gerektiğinden neredeyse emin. Fakat Clyde Tombaugh'un 1930 yılında Plüton'u keşfetmesinden beri yeni bir gezegen keşfedilmemişti ve Plüton da gezegen statüsünden düşürülmüştü. Plüton'un keşfi yıllar süren bir çalışmanın zirve noktasıydı ve sonrasında güneş sistemimizde başka bir gezegen bulmaya yönelik tüm denemeler başarısız oldu. Başka bir yıldızın çevresinde dönen, Plüton'dan binlerce kat uzakta olan bir gezegen bulmak ise neredeyse imkânsız bir görevdi.

Böyle bir gezegeni keşfetmekteki tek zorluk gezegenin fiziksel olarak görülemeyecek kadar uzakta olması değil, aynı zamanda çevresinde döneceği yıldızın ışığından ötürü karanlıkta kalmasıydı. Tüm gelişmelere rağmen bir gezegenin gözle görülmesi onlarca yıl boyunca imkânsız olmaya devam etti. Tek ihtimalin

başka bir yaşam formundan gelecek sinyalin tespit edilmesi olduğu düşünülüyordu. Bundan dolayı SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence), "Dünya Dışı Akıllı Yaşam Arayışı" projesi başlatıldı.

Fakat bir gezegeni tespit edebilmenin bir yolu daha vardı. Çoğu insan gezegenlerin güneş sistemindeki Güneş'in çevresinde döndüğünü düşünse de aslında gezegenler yine Güneş'in içerisine denk gelen, güneş sisteminin ağırlık merkezinin çevresinde dönerler. Güneş'in kendisi de bu ağırlık merkezinin çevresinde döndüğü için uzaktan bakıldığında tespit edilebilen titremeler meydana gelir. Belki bu titremeler başka yıldızlarda da tespit edilebilirdi.

Güneş sisteminin oluşumu konusunda kabul gören teori gezegenlerin Güneş'in çevresinde dönen malzemenin içe çökmesiyle meydana geldiğidir. Gökbilimciler Bradford Smith ve Richard Terrile, 1984 yılında Beta Pictoris yıldızının çevresinde dönen malzeme bulutunun fotoğrafını çektiler. Bir gezegen görülmese de başka yerlerde de yıldız sistemlerinin oluşabileceğini vaat eden bir gelişmeydi.

Bu sırada bilim insanları interferometre adı verilen oldukça hassas bir tekniği kullanarak diğer yıldızlardaki titremeleri tespit etmeye çalışıyordu. 1994 yılında Alexander Wolszczan ilk kez güneş sisteminin dışında bulunan bir gezegen keşfetti. Başlangıçta bilim insanları Wolszczan'ın keşfine inanmakta güçlük çekti, çünkü keşfedilen gezegen bir pulsarın çevresinde dönüyordu. Geleneksel teoriye göre böyle bir gezegen olamazdı. Pulsarlar dev bir yıldızın süpernova patlaması sonrasında geride bıraktığı, kendi çevresinde hızla dönen nötron yıldızlarıydı. Bu süpernova patlaması neden gezegeni yok etmemişti? Henüz kimse yanıtını bilmiyor, fakat gezegen yakında bulunan başka bir yıldızdan çekilmiş olabilir veya pulsarların oluşumu üzerine olan teorimizde hata olabilir.

Wolszczan gezegeni yüksek ihtimalle üzerinde yaşam barındırmıyor. Bu konuda en uygun koşulun Güneş benzeri bir yıl-

dıza sahip olmak olduğu düşünülüyor. Wolszczan'ın keşfinin üzerinden geçen çeyrek asırda titreşim tespitinin gelişimi ve gezegenin yıldız önünden geçişinin gözlemlenebilir olmasıyla birlikte ötegezegen alanı zirve yaptı. Bugüne dek bazıları Güneş benzeri yıldızların yaşanabilir bölgesi içinde turladığı bilinen dört binden fazla ötegezegen keşfedildi.[1] Gelecek yıllarda bu gezegenlerin yüzeyini ve belki de yaşam izlerini görmemizi sağlayacak teknolojiye sahip olacağız.

1 15 Haziran 2023 tarihi itibariyle NASA'ya göre 4056 yıldızın çevresinde dönen 5438 ötegezegenin varlığı iki veya daha fazla metotla kanıtlandı. Ayrıca 9631 adet ötegezegen adayı mevcut. Güncel sayı https://exoplanets.nasa.gov adresinden takip edilebilir. (Çev.)

BÖLÜM 2

YERKÜRE

İnsanlık tarihinin büyük bir bölümünde, başımızın üstünde bulunan gezegenler ve yıldızlar kadar ayaklarımızın altında bulunan Dünya'yı da merak ettik. Fakat şaşırtıcı bir şekilde Dünya'nın doğru bir resmini çizmek gökyüzünün resmini çizmek kadar zor oldu.

On altıncı yüzyılın Dünya haritasına bakarsanız özellikle Avrupa, Afrika ve Asya'nın büyük kısmı gibi birçok yerin doğru çizildiğini görürsünüz. Kuzey ve Güney Amerika'da bazı hatalar vardır, Kuzey Kutbu'nda hataların miktarı artar ve Avustralya ve Antarktika neredeyse hiç gösterilmez. Dünya'nın yüzeyiyle ilgili ciddi miktarda bilgi olsa da Dünya'nın tarihi –nasıl oluştuğu, kaç yaşında olduğu, nasıl bir iç yapıya sahip olduğu– neredeyse hiç bilinmiyordu.

Beş yüz yıl sonra elimizde bu sorulara verilmiş güvenilir yanıtlar var. Güvenilir yanıta sahip olmadığımız soru ise Dünya'ya yakın gelecekte ne olacağı. İki milyar yıl sonra Güneş'in Dünya'yı yutacak kadar genişleyeceğini biliyoruz, fakat çok daha acil cevaplanması gereken soru bugün yaptıklarımızın önümüzdeki yüzyılda Dünya'nın yaşanılabilirliğini değiştirip değiştirmeyeceğidir.

Dünya'ya en yakın ötegezegen 4,2 ışık yılı uzaklıkta bulunan Proxima Centauri b'dir. Neyse ki yıldızının insan hayatını des-

tekleyeceği yaşanılabilir bölgesinde bulunuyor. Önümüzdeki yıllarda Proxima Centauri b'ye yakından bakma şansı bulabiliriz, fakat uzayda ışık hızına yakın hızlarda seyahat etmenin yolunu bulmadığımız sürece oraya yapacağımız seyahat binlerce yıl sürecektir.

Dünya insanlık tarihi boyunca evimiz oldu. Yakın gelecekte de evimiz olmaya devam edecek. Yani Dünya'nın nasıl işlediğini ve bizim bu işleyişi nasıl etkilediğimizi anlamamız büyük önem arz ediyor; çünkü insanlık henüz bir yere gitmiyor.

ÖLÇÜMLER

Dünya'nın Boyutlarının İlk Doğru Ölçümü

Tüm bilim alanlarında ortak olan şeylerden biri ölçüm yapmaktır.

Geometri günümüzde ayrı bir bilim sayılmaktansa matematiğin bir kolu olarak görülüyor. Fakat "geometri" teriminin aslında kelime anlamı "Dünya'nın ölçümüdür." Yunanlardan önceki medeniyetler geometriyi farklı açılardan kullansa da geometriyi formüle eden, Dünya'yı anlamak ve medeniyetlerini inşa etmek için kullananlar Yunanlar oldu.

Yunanlara göre Dünya'nın şekli konusunda bir şüphe yoktu. Güneş ve Ay daire şeklinde görünüyordu ve Ay tutulması sırasında Dünya'nın gölgesi Ay'ın üzerine düştüğünde de daire halinde görülüyordu. Tutulma ne zaman olursa olsun gölge dairesel olduğundan Dünya'nın tüm gölgeleri dairesel olmalıydı ve bunun tek yolu küre şeklinde olmasından geçiyordu. Yunanların bilmediği şey ise bu kürenin büyüklüğüydü.

Eratosthenes geniş kapsamlı entelektüel ilgilere sahip olan bir adamdı. Truva Savaşı'ndan başlayarak doğru kronolojiyi oluşturmaya çalışan bir tarihçiydi ve bu sayede bazı olayların tam tarihinin bilinmesi gerektiğini fark eden ilk insandı. Yunan komedyasını değerlendiren bir eleştirmendi. Zamanının en büyük entelektüel pozisyonu olan İskenderiye Kütüphanesi müdürlüğü için Yunanistan'dan İskenderiye'ye gönderilen bir akademis-

yendi. Britanya Adaları'ndan Sri Lanka'ya, Hazar Denizi'nden Etiyopya'ya, bilinen dünyanın haritasını çizen büyük bir coğrafyacıydı. Bugün Eratosthenes kalburu olarak bilinen, asal sayıları belirlemeye yarayan sistemi kuran bir matematikçiydi.

Fakat en meşhur başarısı Dünya'nın boyutunu ölçmesidir. İskenderiye ve Asvan şehirlerinin aynı meridyen üzerinde bulunduğunu fark etti ve bunu Dünya'nın çevresini ölçmek için kullanmaya karar verdi. Yılın belirli bir gününde Güneş'in İskenderiye'ye tam tepeden vurduğu biliniyordu. Eratosthenes kritik ölçümü için birine daha ihtiyaç duyuyordu ve yaklaşık 1.300 km seyahat edip Asvan şehrine giderek kendisiyle aynı anda gölgesinin uzunluğunu ölçmesi için parayla bir adam tutarak bilimsel araştırma yapan kişilere para ödeme geleneğini başlattı. Sonrasında bu ölçümle birlikte basit geometri kullanarak Dünya'nın çevresini gerçek değere çok yakın bir şekilde 40.000 km olarak hesapladı.

Eratosthenes ayrıca bu değeri Dünya'nın keşfedilmemiş kısımları hakkında coğrafi bir çıkarım yapmak için kullandı. Coğrafyacı deneyimine sahip biri olarak bilinen dünyanın yaklaşık boyutunu hesaplayabildi. Sonrasında bunun Dünya'nın çok küçük bir kısmı olduğunu fark etti ve doğu ve batıda yer alan denizlerin Dünya'yı birleştiren dev bir okyanus olduğu sonucuna vardı. Çıkarımı neredeyse iki bin yıl boyunca doğrulanmayı bekledi. Ancak Ferdinand Macellan on altıncı yüzyılda Dünya'nın çevresini dolaştığında çıkarımı doğrulanmış oldu.

Meslektaşları onun neredeyse her konuda dünyadaki ikinci otorite olduğunu düşündüklerinden Eratosthenes'e Beta (Yunan alfabesinin ikinci harfi) derdi. Seksen yaşına geldiğinde görme yetisini kaybetti. Yaşadığı körlükten dolayı depresyona giren Eratosthenes ölüm orucuna girerek hayatına son verdi.

Dünya'nın Yaşı

İrlandalı bir piskopos olan James Ussher 1650 yılında Dünya'nın MÖ 4004 yılında, 26 Ekim sabahı saat 9:00'da yaratıldığını du-

yurarak, Kutsal Kitap metinleriyle ilgili yıllar süren olağanüstü çalışmasını tamamladı. Ussher'ın tarihine göre belirlenen kronoloji iki yüz yıl boyunca King James incilinin kenar boşluklarında basılmıştır. Fakat Ussher'ın çalışmasını tamamlamasından yüz yılı aşkın bir süre önce Alman Georgius Agricola, Dünya'daki gizemli kemiklerin varlığını fark etmiş ve onları tanımlamak için "fosil" kelimesini kullanmıştı. 1691 yılında İngiliz doğa bilimci John Ray bunların nesli tükenmiş hayvanların kalıntısı olduğunu sonucuna vardı. Zamanına göre devrimci olan bu görüşün doğruluğu sonraki çalışmalarla kanıtlanacaktı.

Kesinlikle farklı canlı türleri olduğunu göz önüne aldığımızda fosillerin varlığı iki sonuç ortaya çıkarıyordu. Ya Dünya, üzerinde yaşayan canlıların tamamını yok eden periyodik kıyametlere maruz kalıp tekrar canlılarca istila ediliyordu ya da bugün var olan canlı türleri zaman içerisinde antik türlerden türemişti. İlk ihtimal İncil'deki yaratılış görüşünü doğruladığından popülerdi, fakat ikinci görüş biyolog ve jeologlar arasında taraftar edinmeye başlamıştı. 1830 yılında Charles Lyell fosil barındıran en yaşlı kayaların yüzlerce milyon yıl yaşında olması gerektiğini öngördü.

On dokuzuncu yüzyılın ortasında diğer bilimler de bu soruya dâhil oldu. William Thomson (daha sonra kendisine Lord Kelvin unvanı verildi) dahi bir çocuktu. Babası matematik profesörüydü ve on bir yaşında girdiği Glasgow Üniversitesi'nden ikincilikle mezun oldu. Fizikteki soğuma kanununu kullanarak Dünya'nın yaşını hesaplamaya karar verdiği 1846 yılında profesör unvanı aldı. Dünya'nın eskiden Güneş'in bir parçası olduğu yanlış varsayımıyla işe başlayan Kelvin Dünya'nın yaşını yaklaşık 100 milyon yıl olarak hesapladı.

Sonuç Dünya'nın daha yaşlı olduğunu düşünen jeologlar tarafından iyi karşılanmadı. Gökbilimciler ve jeologlar yarım yüzyıldan uzun bir süredir tartışma içindeydi, fakat herkesi tatmin edecek cevap kimya biliminden gelecekti.

Yirminci yüzyılda radyoaktif elementler keşfedildi ve ısı ürettikleri anlaşıldı. Bu durum Kelvin'in argümanını geçersiz kılıyordu. 1904 yılında Bertram Boltwood bir radyoaktif elementin başka bir elemente bozunabileceğini gösterdi, bozunma tamamlanana dek uranyum kurşuna bozunuyordu. 1907 yılında sonuçlarını bir kayadaki uranyum/kurşun oranına bakarak yaşının hesaplanabileceği şekilde geliştirdi ve Connecticut'taki evinin yakınlarındaki minerallerin 400 milyon yıldan yaşlı olması gerektiği sonucuna vardı. Radyoaktif yaşlandırma bilimi doğmuştu. Bu teknik sayesinde 4,2 milyar yaşındaki kayaların varlığı keşfedildi ve Dünya'nın yaşının 4,6 milyar yıl olduğu hesaplandı.

Din, paleontoloji, biyoloji, jeoloji, astronomi, fizik ve kimyanın tamamının bu soruna el attığı düşünülürse Dünya'nın yaşını hesaplamanın oldukça zor bir mesele olduğu anlaşılır.

Kelvin ismi artık onu büyüleyen ısı biliminin ayrılmaz bir parçasıdır. Isıyı Dünya'nın yaşını hesaplamak için kullanırken büyük bir hata yapmış olsa da çok önemli bir sonuca varmayı başarmıştı. 0 °C'deki bir gazın her bir derecelik sıcaklık düşüşünde hacminin 273'te birini kaybettiğini fark etmesinin ardından -273 °C sıcaklığa düşülmesi durumunda hacmi kalmayacağından daha düşük bir sıcaklığa ulaşılmasının imkânsız olduğunu anlamıştı. Sonrasında mümkün olan en düşük sıcaklığın 0 olduğu yeni bir sıcaklık ölçütü önermişti. Bugün mutlak sıfır olarak bilinen sıcaklığın ölçütü Kelvin derece (°K) olarak adlandırılıyor.

JEOLOJİ

Tekdüzelik Teorisi

Bilim insanı olmanın tek şartı çevremizdeki dünyanın gerçek doğasına dair merakı giderme dürtüsüdür. Yine de bilim insanı olmak için sağlamanız gereken standartlar yoktur. James Hutton bilim kariyerine başka bir kariyerle flörtleşerek başladı.

Birinin tıp okuyup doktorluk ya da tıbbi araştırma yapmaması ender görülen bir olaydır. Hutton ise tıp fakültesinden mezun

olmasının ardından tarım kimyageri oldu. Kimya endüstrisinde ekonomik fırsatlar doğduğunu fark etmişti. Amonyum klorür üretimi yapan bir fabrika kurdu. O kadar başarılı olmuştu ki, kırk iki yaşında emekli olup memleketi İskoçya'nın ilgi duyduğu jeolojik yapılarını inceleyebildi.

Sanayi Devrimi'nin yaşandığı dönemdi ve jeoloji alanında çalışmanın önemli ekonomik getirileri olacağı açıktı. Kanalların ve demiryollarının doğru yerleşimini yapmak için jeolojik koşullar hakkında bilgi sahibi olmak gerekiyordu, çünkü potansiyel maden yatakları söz konusuydu. Hutton çalışmasına başladığı zamanlarda meşhur Alman jeolog Abraham Werner Dünya'nın ilk olarak minerallerin çözündüğü bir suyla kaplı olduğunu düşünüyordu. Dünya'yı kaplayan kaya katmanları zamanla sudan çökelmeyle meydana gelmişti. Bu teori Roma mitolojisindeki deniz tanrısına atfen neptünizm olarak biliniyordu.

Werner, Dünya'nın şu anki haline gelmesinin uzun zaman alabileceğine dikkat çeken ilk kişiydi. Hutton'ın gözlem yaptığı zamanlarda muhafazakâr düşünceler entelektüel gelişmeleri tekrar domine eder olmuştu. Bir önceki bölümde bahsedildiği gibi, on yedinci yüzyılın başında piskopos James Ussher İncil'deki zaman periyotlarını detaylı bir şekilde inceleyerek evrenin MÖ 4004 yılında yaratıldığı sonucuna varmıştı. Hutton'ın döneminde, bu tarih dinsel ve seküler otoriteler tarafından sorgusuz sualsiz kabul edilmişti. Uygulanan yaptırımlar Katolik engizisyonunun bir buçuk yüzyıl önce Giordano Bruno ve Galileo'ya uyguladığı kadar sert olmasa da ters gitmek riskliydi.

Hutton uzun çalışması sonrasında jeolojiyle ilgili iki temel fikre sahip oldu. İlki Dünya'yı şekillerinden süreçlerin bugün de işlemeye devam ettiği ve bunların yavaş ve sabit bir hızda ilerleyen süreçler olduğuydu. Sonuç olarak Hutton'ın teorisi için "tekdüzelik" terimi kullanılır oldu. Hutton aynı zamanda değişimlere sebep olan mekanizmanın Dünya'nın iç ısısı olduğunu düşünüyordu. Werner'in teorisine neptünizm dendiği gibi, Hut-

ton'ın teorisi de yeraltındaki ateşi kontrol eden tanrıya ithafen plütonizm olarak adlandırıldı.

Hutton sonuçlarını 1785 yılında *Dünya Teorisi* adlı kitabında yayınladı. Aralarında Dünya'nın bir başlangıcı veya öngörülebilir bir sonu olmadığı gibi birkaç hatalı sonuç olmasına rağmen fikirlerinin çoğu modern jeolojinin temelini oluşturuyor. Bugün jeolojik süreçlerin iki farklı sistem şeklinde ilerlediğini görüyoruz: Hutton'ın tanımladığı şekilde tekdüze olanlar ve dinozorların yok olmasından sorumlu olan meteor çarpması gibi yıkıcı olanlar.

Hutton modern jeolojinin babası olarak addediliyor, fakat notları daha erken gün yüzüne çıkarılsaydı çok daha büyük bir şöhrete sahip olabilirdi. 1947 yılında araştırmacılar Hutton tarafından kaleme alınmış ve o güne dek bilinmeyen bir el yazması buldular. Hutton bu el yazmasında Charles Darwin ve Alfred Wallace'ın kendisinden elli sene sonra ortaya koyacağı doğal seçilimle evrime dair bazı temel fikirleri özetlemişti!

Dünya'nın İç Yapısı

Daha önce yer sarsıntısına tanık olmuş herkesin bileceği gibi – kısa süre önce merkez üssü benden 15 km uzakta olan bir deprem yaşadım– depremler en korkunç doğa olaylarından biridir. Depremlerin meydana getirdiği yıkım, onları anlamayı ve önceden tahmin etmeye çalışmayı jeolojinin temel hedeflerinden biri haline getiriyor. Dünya yüzeyindeki yıkıma neyin neden olduğunu anlama çabasının Dünya'nın içinde neler olduğunu ortaya çıkarması bilimdeki büyüleyici dedektif hikâyelerinden biridir.

İrlandalı jeolog Richard Oldham deprem üzerine çalışan sayısız bilim insanından biriydi. Oldham deprem kayıtlarını incelediği sıralarda depremlerin iki tip dalga yarattığını gösterdi. Dalgalardan ilkine birincil (*primary*) anlamına gelecek şekilde P dalgası adı verildi. Bu, içinden geçtiği kayayı sıkıştırıp genişleten bir sıkışma dalgasıdır. Diğer dalga tipine ise ikincil (*secondary*) anlamına gelecek şekilde S dalgası adı verildi. Bu ise

bir makaslama dalgasıdır ve eşimle kapı pervazının altına sığındığımızda –Kaliforniya'da yaşıyorsanız bu şekilde davranmayı öğrenirsiniz– bizi yukarı aşağı silkeleyen dalgadır.

P ve S dalgaları sebep oldukları harekete ek olarak başka farklı özelliklere de sahiptirler. P dalgaları çok daha hızlıdır ve neredeyse deprem olduğu anda hissedilirler. P dalgaları katıda ve sıvıda ilerleyebilir, fakat makaslama hareketi sıvıda mümkün olmadığından S dalgaları sadece katı kaya boyunca iletilebilir. Dalgaların diğer iki önemli özelliği ise yansıma ve kırılmadır; örneğin bir pipetin su ile hava arasındaki sınırda bükülmüş gibi görünmesinin sebebi ışık dalgalarının suda kırılmasıdır. Oldham P ve S dalgalarının sahip olduğu farklı hızların yansıma ve kırılma özellikleriyle beraber göz önüne alındığında bu dalgaların Dünya'nın iç kısmının araştırılmasında bir araç olarak kullanılabileceğini öne sürdü.

Andrija Mohorovičić ilk dalga grubunun yansıması olan ikinci bir dalga setinin üretildiği Yugoslav depreminin kayıtlarını inceledi. İkinci setin, ilk setin Dünya'nın yüzeyi (kabuk olarak da bilinir) ile farklı bir malzemeden meydana gelen bir tabaka arasındaki süreksizlikten sekmesiyle meydana geldiği sonucuna vardı. Bu farklı tabaka mantoydu. İki tabakayı ayıran sınır Mohorovičić (ya da Moho) süreksizliği olarak bilinir.

Dünya'nın yoğunluğu kayaların yoğunluğundan daha fazla olduğundan uzun süredir Dünya'nın merkezinin katı bir metal çekirdekten oluştuğu düşünülüyordu. Oldham birçok deprem dalgasının verisini inceleyerek metalik bir çekirdeğe sahip Dünya modeli oluşturdu. Sonraki yıllarda sismik detektörlerin kalitesi yükseldikçe deprem kayıt verileri önemli ölçüde arttı. Bu gelişmeler Danimarkalı jeolog Inke Lehmann'ın Dünya'nın çekirdeğinin aslında dıştaki sıvı tabaka ve içteki katı çekirdek olmak üzere iki farklı tabakadan oluştuğunu göstermesini sağladı. Bu çalışmalar sayesinde Dünya'nın iç yapısı bilinir oldu. Yer yer değişiklikler gösterse de ilk tabaka olan kabuk 10 ila 40 km kalınlığa, eriyik kayalardan meydana gelen manto tabakası yaklaşık

2800 km kalınlığa, dış sıvı çekirdek 2200 km kalınlığa ve içteki katı metalik çekirdek 2200 km yarıçapa sahiptir.

Gerçekten büyük bir deprem tüm Dünya'yı sallayabilecek ve dev bir çan gibi "çalmasını" sağlayabilecek güce sahiptir. Altında yatan bilgiler Dünya'nın "farklı tonlarda" çınlamasından elde edilebilir. Bu analizleri yapmak için kullanılan tomografik tarayıcılar hastanelerde kullanılan tomografi cihazlarına benzer bir çalışma prensibine sahiptir. Sonrasında Güneş'in de bir çan gibi çaldığı keşfedildi ve şu an Dünya'yı incelemek için kullanılan teknikler Güneş'in yapısını araştırmak için yeni "heliosismoloji" alanında kullanılıyor.

Levha Tektoniği Teorisi

Bir sanatçı Mozart ya da Van Gogh'unki gibi trajik bir hayat yaşamışsa popüler kültürde bir tiyatro oyunu veya sinema filmi olarak yer bulabiliyor. Bir bilim insanı trajik bir hayat yaşarsa aynı ilgiyi görmesi oldukça zordur.

Alman Alfred Wegener yirminci yüzyılın ilk yirmi yılında saygı duyulan bir meteorologdu. İlgi alanları kendisinden öncekiler gibi meteorolojinin ötesine uzanıyordu ve Afrika'nın batı kıyısı ile Güney Amerika'nın doğu kıyısı arasındaki bariz benzerlik ilgisini çekmişti. Fakat diğerleri gibi sadece iki kıta arasındaki şekilsel benzerlikle ilgilenmekle kalmadı, ayrıca iki kıtanın jeoloji ve fosil kayıtlarını inceledi. Wegener iki kıtanın benzer kaya katmanlarına ve fosillere sahip olduğunu fark etti. Bunun sonucu olarak "kıtasal kayma" teorisini öne sürdü. Teorisine göre tüm kıtalar bir zamanlar tek ve büyük bir kara parçasıydı ve zamanla farklı parçalar üretecek şekilde çatlamıştı. Yüzlerce milyon yıl sonra ise kıtalar birbirinden tamamen ayrılmıştı.

Teorinin önünde ise büyük bir zorluk bulunuyordu. Wegener'in teoriyi öne sürdüğü zamanlarda kıtaların ayrılmasına sebep olacak bir mekanizma bilinmiyordu. Jeologlar Afrika ve Güney Amerika'da benzer fosil kayıtlarının bulunmasını bir zamanlar iki kıtayı birbirine bağlayan fakat sonrasında sulara gö-

mülen bir kara parçasının varlığıyla açıklıyordu. Zamanının jeologlarına göre Wegener meteoroloji yapmaya devam etmeliydi.

Wegener'in ilgisini çeken bir diğer yer Grönland'dı ve bölgeye başarılı üç sefer düzenlemişti. Dördüncü gidişinde amacı erzakları azalan bir grup araştırmacıya yiyecek götürmekti. Vardığında herkesin kışı atlatmasına yetecek kadar erzak kalmamıştı, bu yüzden Wegener ve bir meslektaşı köpek kızağına atlayıp başka bir kampa gitmeyi denediler. Maalesef varmayı başaramadılar.

On yıl sonra dünya İkinci Dünya Savaşı'na sürüklendiğinde okyanus tabanlarını haritalamak önemli hale gelmişti. Bu konu üzerinde çalışan kişi aslında ABD Deniz Kuvvetleri'nde tuğamiral olan Amerikalı jeolog Harry Hess'ti. 1960'ların başında F. J. Vine ve D. H. Matthews okyanus tabanının yapısıyla ilgili bir keşif yaptılar. Dünya'nın manyetik alanının kutuplarını birkaç yüz bin yılda bir değiştirdiği 1929 yılından beri biliniyordu. Vine ve Matthews manyetik alandaki bu değişimin okyanus tabanlarındaki kayaçlarda birleşik paralel şeritler halinde göründüğüne dair kanıt elde etmişlerdi. En genç şeritler rift vadisi olarak bilinen, her iki yanında dağların bulunduğu okyanus altı vadinin yanında bulunur. Yarıktan uzaklaştıkça mıknatıslanmış kaya şeritlerinin yaşı büyür.

Hess, riftteki volkanik aktivitenin yeni okyanus tabanı oluşturduğunu ve bu oluşumun eski şeritlere sahip tabanları ayırdığını öne sürdü. Bu sürekli yeni okyanus tabanı üretildiği anlamına geliyordu, Dünya büyümediğine göre eski tabanlar yok olmalıydı. Hess'in teorisine göre eski yüzeyler suya batarak yok oluyor ve sonrasında Dünya'nın iç kısmının yüksek sıcaklığıyla eriyordu.

Teori 1960'larda Dünya'nın yüzeyinin sürekli hareket eden ve birbirine çarpan bir düzine büyük levhadan meydana geldiği keşfedilince revize edildi. Levhalar çarpıştıkça dağlar oluşuyor ve bir levha diğerinin altına gömülüyordu, yok edilen yüzey ise rift vadilerindeki volkanik aktiviteyle yeniden üretiliyordu. Lev-

ha tektoniği olarak bilinen bu teori yalnızca depremlerin neden sadece belirli bölgelerde (levhaların çarpıştığı bölgeler) meydana geldiğini açıklamıyor, aynı zamanda Wegener'in kıtasal kayma teorisi için gerekli olan mekanizmayı sağlıyordu. Wegener de tıpkı Mozart ve Van Gogh gibi sonraki nesiller tarafından haklı çıkarılmıştı.

Hess, Dünya okyanusları konusunda tanınmış bir uzman olsa da NASA Ay'a yapılacak olan ilk iniş için yine kendisinin uzmanlığına ihtiyaç duymuştu. Maalesef Hess başarılı *Apollo 11* görevinden bir ay önce vefat ederek tıpkı Wegener gibi çalışmasının sonuçlarını görme şansı bulamadı.

DÜNYA'NIN YÜZEYİ

Atmosfer ve Okyanus Dinamiği

Yer bilimlerindeki en önemli keşiflerden biri okyanuslar ile atmosfer arasındaki karmaşık ilişkiydi. Keşif seyahatlerinin, veri toplamanın, matematiksel analizin ve fiziksel modellemenin hikâyesiydi; birçok bilim dalı aynı hikâyede yer alıyordu.

Dünya'daki tüm okyanuslar birbiriyle bağlantılıdır, ancak durgun birer havuz değildirler. On sekizinci yüzyılın ortalarında Boston Gümrük Kurulu, İngiltere'den gelen posta gemilerinin Atlantik'i geçmelerinin Rhode Island ticaret gemilerinden iki hafta daha uzun sürdüğünden şikâyetçi oldu. Benjamin Franklin bunun üzerine Nantucket'lı bir kaptana bunun bir açıklaması olup olmadığını sordu. Kaptan, Amerikan gemilerinin batı yakasındaki Körfez Akıntısı'ndan kaçındıklarını, fakat İngiliz gemilerinin buna dikkat etmediğini söyledi. Körfez Akıntısı kendini çevreleyen su kütlesine kıyasla yaklaşık saatte 5,5 km hızla hareket ettiğinden İngiliz gemileri akıntıya karşı yüzmek zorunda kalıyordu.

Franklin en büyük okyanus akıntısı olan Körfez Akıntısı'nın haritasını çizen ilk kişiydi. Kâşif Alexander von Humboldt da Peru yakınlarında başka bir büyük okyanus akıntısı keşfetti. Bugün Humboldt Akıntısı olarak bilinen akıntının iklim üzerinde

önemli etkileri bulunuyor. Aslında soğuk olan Humboldt Akıntısı ekvatordan aşağı doğru ilerleyen sıcak su akışıyla düzensiz aralıklarla kıyıdan saptırılır. Bölgede yapılan hamsi hasadı sıcak suyla azaldığından yerel ekonomi için felaket bir durum yaratır. El Niño olarak adlandırılan bu durumun daha da önemli olan özelliği ise dünya iklimi üzerinde etkisi olmasıdır, Amerika Birleşik Devletleri'nde sellere, Afrika'da ise kuraklığa neden olur.

Okyanus fiziğindeki ilk büyük atılım Fransız fizikçi Gaspard de Coriolis'in 1835 yılında yürüttüğü analizlerle geldi. Dünya'nın kendi çevresindeki dönüşünün, havanın ve suyun ekvatordan uzaklaştıkça doğuya, ekvatora yaklaştıkça batıya sapmasına neden olduğunu gösterdi. Bugün Coriolis kuvveti olarak bilinen sapmanın rüzgâr ve su akıntıları üzerinde büyük etkisi olduğunun matematiksel ispatı yirmi yıl sonra William Ferrel tarafından yapıldı. Kuzey yarımkürede bu girdaplar saat yönünde dönerken güney yarımkürede saat yönünün tersine dönüyordu ve ekvatorun kuzeyinde veya güneyinde olmanıza bağlı olarak suyun bir delikten girdap yaparak akarken farklı yönlerde döndüğü görülebiliyordu.

Yirminci yüzyıl atmosfer ile okyanus arasındaki ilişki üzerine yoğun çalışmalar yürütülen bir dönem oldu. Atmosfer-okyanus davranışlarının İskandinav ülkeleri üzerindeki büyük etkisinden ötürü alana katkı yapan isimlerin çoğu İskandinav kökenliydi. Bjerknes ailesinin üç nesli –Carl, Vilhelm ve Jacob– hayatlarını okyanus ve atmosfer bilimine adadı. Televizyonda izlediğiniz günlük hava durumu haritasında görünen cephelerde Jacob Bjerknes'in tasarladığı semboller kullanılır.

Üç neslin ikincisi olan Vilhelm yalnızca babasının analiz hatalarını düzeltmekle kalmadı, ayrıca ilham verici bir öğretmenlik de yaptı. Öğrencilerinden biri olan oğluyla birlikte yirminci yüzyılda bu alanın önde gelen bilim insanlarından oldular. Vagn Ekman, Coriolis kuvvetinin okyanusun bugün Ekman tabakası olarak bilinen en üst katmanına olan etkisini inceledi. Bir diğer öğrencisi Carl-Gustaf Rossby jet akıntıları olarak bilinen, sadece

günlük havayı değil, uçak seyahatlerini de etkileyen yüksek hızlı hava akıntılarını keşfetti. Jet akıntıları atmosfere Körfez Akıntısı'nın okyanusa yaptığı etkinin bir benzerini yapıyor; sadece iklimi değil, ulaşımı da etkiliyor.

Rossby'nin meteorolojiye olan katkılarından biri de hava durumu için bilgisayar kullanan ilk kişi olmasıydı. Son 50 yılda bilgisayarın hava tahminleri daha isabetli hale geldi, 1970'lerin başında, iki günlük tahminlerin doğruluğu bugünkü haftalık tahminlerin doğruluğuna erişmişti. Bilgisayarlar aynı zamanda gelecekteki iklim değişimini analiz etmek için de kullanılıyor. Bizi rahatsız eden keşfimiz ise okyanus ve atmosferik akıntıların geçmişte tuhaf iklim değişikliklerine yol açmış olması ve bunun dünyanın son derece kısa süreler içerisinde aniden buzul ya da tropik koşullara girmesiyle sonuçlanmış olmasıydı. Bir sonraki iklim kayması sera etkisinden değil, okyanusun derinliklerindeki değişimlerden kaynaklanabilir. Ayrıca ısınma ve soğuma birbiriyle bağlantılı görünüyor. Son çalışmalar Kuzey Kutbu'ndaki ısınmayla Kuzey Amerika'da sert geçen kışların arasında önemli bir ilişki olduğunu ve bunun Atlas Okyanusu'nun derinliklerindeki değişimlerden kaynaklandığını gösterdi.

Buzul Çağları

Bazı büyük bilimsel keşifler yeni bir fikir olmaktan ziyade var olan bir fikrin yeniden keşfinden ibarettir. Örneğin, Orta Çağ Avrupası'nda yaraları küflenmiş ekmekle kapatmak yaygın bir uygulamaydı, Alexander Fleming ise yüzlerce yıl sonra penisilin küfünün antibiyotik özelliğini keşfetmişti.

Buzul çağını güvenilir bir bilimsel teori haline getiren bilim insanı olan Louis Agassiz'in İsviçreli olması muhtemelen onu avantajlı hale getirmişti, çünkü teoriyi oluştururken İsviçre'deki buzullardan ilham almıştı. Fakat buzul çağı fikrini ortaya atan ilk kişiler bilimsel camiadan değil, yine buzullarla son derece haşır neşir olan İsviçreli dağcılardı. 1815'te dağcı Jean-Pierre Perraudin bir vadinin tabanında, havaya maruz kalmayan sert

kayalarda izler gözlemledi. Benzer izleri tepedeki buzulların yakınındaki kayalarda da görünce bunun tek açıklamasının buzulların bir zamanlar tüm vadiyi doldurmuş olması olduğunu yazdı. Fikrini, fikrinden etkilenen fakat tamamen ikna olmayan, tanınmış bir doğa bilimciye iletti.

1815 yılında Louis Agassiz sekiz yaşındaydı. Üniversitede zooloji bölümünden mezun olduktan sonra balık fosilleri üzerine beş ciltlik bir eser yazacağı İsviçre'nin Neuchatel kentinde doğa tarihi profesörü oldu. Agassiz kırsal alanlarda dolaşmayı seven bir doğa bilimciydi ve bu keşifler kendisini vadilerin ortasında bulunan dev kayalara getirdi, kesinlikle şu anki konumlarına başka bir yerden gelmiş olmalılardı. Bilim insanı olan ve olmayan birçok kişiden bu kayaların dağların tepesinden vadilere inmiş buzullar aracılığıyla getirilmiş olabileceği fikrini duydu. Sonunda Agassiz durumu kendisi araştırmaya karar verdi.

Bu iri kayaların taşınmasına yönelik alternatif bir açıklama Kutsal Kitap'ta söz edilen "Büyük Tufan" olabilirdi. Şiddetli akan nehirlerin büyük kayaları hareket ettirebildiği biliniyordu, fakat kimse buzulların da bunu yapabildiğini göstermemişti. Agassiz buzulların genellikle kayalarda son bulduğunu ve bu kayaların üzerinde Perraudin'in bulduklarına benzer izler olduğunu fark etti. 1839 yılında 1827'de buzulun üstüne inşa edilmiş ve ilk inşa edildiği yerden bir buçuk km aşağı kaymış bir kulübe buldu. Sonrasında buzula düz bir sıra oluşturacak şekilde kazıklar çaktı. İki yıl içerisinde bu kazıklar sadece hareket etmekle kalmayıp U şeklini aldı. Bu durum merkezdeki buzun, çevreleyen dağlarla sürtünmeleri nedeniyle yavaşlayan kenarlardaki buzdan daha hızlı hareket ettiğini gösterdi.

Agassiz artık bir buzul çağı yaşandığına ikna olmuştu. Britanya Adaları'nda bir zamanlar buzulların var olduğuna yönelik kanıtlar buldu. Yıllar süren araştırmalarının sonucunda artık bir buzul çağı yaşanmış olduğu gösterilmişti.

Modern bilim buzul çağlarının tekrar eden bir fenomen olduğunu ortaya çıkardı, yüz milyonlarca yıl öncesinde buzul çağları

yaşandığına dair kanıtlar bulundu. Buzul çağlarının tarihimizin bir parçası olduğunu öğrendiğimize göre sıradaki soru bunlara neyin sebep olduğu olmuştu. Bu konuya yönelik önemli bir çalışma 1912-1914 yılları arasında üç makale yayınlayan Yugoslav fizikçi Milutin Milankoviç'ten geldi. Bu makalelerde Dünya'nın ikliminin iki temel astronomik döngüyle kontrol edildiğini öne sürdü: Dünya'nın ekseni ile yörüngesi arasındaki açının 41.000 yıllık döngüsü ve Dünya-Güneş uzaklığının 22.000 yıllık döngüsü. Milankoviç'in teorisi meteoroloji camiasında yankı uyandırdı. Bugün ilk formülasyonu yanlışlanmış gibi görünse de kendi bulgularını Milankoviç'inkilerle birleştirerek çalışan her bilim insanı iklim koşullarını tahmin etmede giderek daha doğru bir sonuç veren başka bir döngü bulur.

Sıradaki önemli soru ise bir sonraki buzul çağının ne zaman olacağıdır. Sürekli sera etkisinden dolayı her şeyin ısındığını söylediğimiz bir çağda bir sonraki felaketimizin ateş değil de buz olacağını söylemek en hafif tabirle ironik görünüyor. Son zamanlardaki bilgisayar simülasyonları derin ve soğuk okyanus akıntılarının kıvrımlı doğasının kaotik olduğu ve bu akıntıların yer değiştirmesinin Dünya'yı yüz yıldan kısa bir süre içerisinde bir buzul çağına sokabileceği gibi rahatsız edici bir olasılığı gündeme getirdi.

İnsanın Dünya'ya Olan Etkisi

Alman filozof ve biyolog Ernst Haeckel tarafından canlılar ve çevre ilişkisini tanımlamak için türetilen bir terim olan ekoloji, ancak son yıllarda kabul gören bir bilim alanı haline geldi. Fakat insanlığın çevresine olan muhtemel etkisinden bahseden ilk kişi İsveçli kimyacı Svante Arrhenius'tu.

Arrhenius iyonların davranışları üzerine kurduğu teorisiyle ilk Nobel Ödüllerinden birini alan birinci sınıf bir kimyacıydı. 1896 yılında karbon dioksit gazının gündüzleri yüksek enerjili güneş ışınlarının Dünya'nın yüzeyine ulaşmasını sağladığını, fakat geceleri Dünya'nın ısı olarak yaydığı düşük frekanslı kı-

zılötesi ışığı geri yansıttığını ortaya koydu. Arrhenius'a göre bu durum, artan sanayileşme ile birlikte karbon dioksit gazının atmosferde birikmesine ve gezegendeki sıcaklığın artmasına sebep oluyordu. Sera etkisi ilk kez gündeme gelmişti. Yirminci yüzyılın sonuna doğru Venüs gezegeninin bir tür sera etkisine sahip olduğu ve atmosferde çok yüksek miktarda bulunan karbon dioksit gazının gezegenin sıcaklığını 475 °C'ye çıkardığı anlaşıldı.

Ekoloji yirminci yüzyılın ilk yarısında görmezden gelinen bir bilim alanıydı. Ortaya çıkışındaki en önemli gelişme doğa bilimci bir yazar ile kuş korunağı sahibi olan arkadaşının yazışmalarıyla yaşandı. Rachel Carson gençliğindeki yazar olma isteğinden üniversitede zooloji okumak için vazgeçmiş, Birleşik Devletler Balıkçılık Bürosu'nda çalışan bir su biyoloğuydu. Büroda çalıştığı sıralarda sualtı yaşamıyla ilgili bir radyo programı dizisi hazırladı ve nihayetinde 1941 yılında ilk kitabı olan *Sular Altında*'yı yayınladı. İkinci kitabı olan *Bizi Saran Deniz* on yıl sonra yayınlandı ve klasikler arasına girerek büyük bir ekonomik başarı yakaladı.

Kazandığı ekonomik özgürlük kendisine doğayı gözlemleme ve doğa hakkında yazma şansı verdi. Kuş korunağı sahibi olan bir arkadaşı Carson'a DDT spreyinin alandaki kuşlar üzerine olan etkisini yazdı. DDT, sivrisinek popülasyonunun ve buna bağlı olarak sıtma hastalığının azalmasını sağlayan bir böcek ilacıydı, fakat yaban hayata olan etkisi araştırılmamıştı. Carson'ın bu sorun üzerine çalışması çevresel problemler hakkında bugüne dek yazılan tartışmasız en etkili kitap olan *Sessiz Bahar* ile sonuçlandı. 1962'de yayınlanan kitap yıl sonuna dek yasa koyucular tarafından böcek ilaçları üzerinde 40'tan fazla yasa tasarısı çıkarılmasını sağladı ve bugün bildiğimiz çevre hareketi doğdu.

Carson 1967 yılında hayata gözlerini yumdu ve Amerika Birleşik Devletleri'nde 1972 yılında DDT'nin yasaklanmasını görecek kadar yaşayamadı. Çevre çalışmaları artık birçok kolej ve üniversitenin eğitim programının bir parçası haline gelmiş durumda. İnsanlığın çevreye olan etkisi üzerine farkındalığın

artması sektör ve sanayide bir işe başlamadan önce çevresel etki raporunun hazırlanmasının gerekliliği gibi büyük değişiklikler yaşanmasına neden oldu.

Çevre sorunlarıyla ilgili bilincin artmasına dair bir başka hikâye soğutmada yaygın olarak kullanılan kimyasallar olan kloroflorokarbonların (CFC'ler) geçmişine bakarak görülebilir. 1974 yılında Mario Molina ve F. Sherwood Rowland CFC'lerin Dünya'yı ultraviyole radyasyondan koruyan ozon tabakasına zarar verdiğini öne sürdü. Rapor başta dikkate alınmadı. 1980'li yıllarda ise uydular ozon tabakasının Antarktika üzerinde olan kısmında bir delik oluştuğunu tespit etti. Bunun sonucunda 2000 yılında CFC'lerin tamamen ortadan kaldırılmasına yönelik Montreal Protokolü imzalandı. Molina ve Rowland 1995 yılında çalışmaları sebebiyle Nobel Kimya Ödülü'ne layık görüldü.

Kaos Fenomeninin Keşfi

Ölçümlerin bilimde ne kadar önemli bir yer tuttuğundan bahsetmiştik. Aslında sayıların geniş bir fenomen sınıfını eksiksiz tanımladığı uzun zamandır biliniyordu, sayıları tahmin etmenin bir yolu olsaydı bu sayede fenomenler de tahmin edilebilirdi. Bundan dolayı, 1950'lerin sonunda bilgisayar fiyatlarının uygun seviyelere inmesi bu cihazları gerçek dünyadaki süreçleri simüle etmek için nümerik model kullanmak isteyen bilim insanlarını son derece memnun etti.

1961'in sonunda, MIT'de çalışan bir meteorolog olan Edward Lorenz havayı modellemek için böyle bir bilgisayar kullandı. Atmosferin hareketi, denklemleri iyi bilinen, fakat kolayca çözülmesi imkânsız görünen bir akışkan hareketine örnekti. Fakat bilgisayarla bu denklemleri tam olarak çözecek genel nümerik yaklaşımlarda bulunmak mümkün olabilirdi. Lorenz bir günün hava durumunu karakterize eden sayıları her dakika yazdıran bir bilgisayar modeli geliştirdi. Yakın tahminlerde bulunulan, fakat hiçbir zaman tam olarak öngörülemeyen hava

durumu modellerine benzeyen sayısal bilgisayar modelleri oluşturdu.

Modeli kullanmak için havanın başlangıç koşullarını vermek gerekiyordu. Lorenz bir noktada belirli bir gün dizisini yakından incelemek istedi ve bir kısa yol kullandı. En baştan başlamak yerine, incelediği gün dizisinin ortasından bir günün çıktılarını aldı ve bu çıktıları başlangıç koşulu olarak kullanarak modeli bir kez daha çalıştırdı. Başlangıçta sonuçlar tahmin edileceği üzere ilk denemeyi tekrar ediyordu. Fakat sonrasında yavaş yavaş farklılıklar oluşmaya başladı. Bir süre sonra ikinci denemenin sonuçları ilkinden alakasız hale gelmişti.

Lorenz'in ne olduğunu anlaması zaman aldı. Bilgisayar, verileri 0,318297 gibi sıfırdan sonra altı hane hassaslığında hesaplıyor fakat 0,318 şeklinde üç hane hassaslığında gösteriyordu. Lorenz değerleri tekrar girdiğinde sadece üç haneyi kullanmıştı. Yani bilgisayar ikinci denemede 0,318297 yerine 0,318'i kullanmıştı. Başlangıç koşullarındaki bu minik farklılık ilerleyen dönemde büyük değişimlere yol açıyordu.

Bu minik farklılıkların büyük sonuçları olması "kelebek etkisi" olarak biliniyor. İsmini Hawaii'deki bir kelebeğin kanat çırpışının Kansas'ta üç hafta sonra bir hortum meydana gelip gelmemesini etkileyeceği örneğinden alıyor.

Kelebek etkisi bugün kaos fenomeni olarak bilinen süreçlerin ilk örneğiydi. Keşfe kadar bu süreçler deterministik veya rastlantısal olarak tanımlanıyordu. Deterministik fenomenlerin basit bir örneği gezegenlerin son derece güvenilir olan ve yüzlerce yıl sonraki konumlarının bile bilinebileceği yörüngeleriydi. Bir parayla yazı tura atılması veya bir radyoaktif atomun bozunumu rastlantısal süreçler sayılıyordu. Kaos, dışarıdan bakınca öngörülebilir gibi görünen ancak tahmin edilebilirliği doğaları gereği sınırlı olan fenomenlerin incelenmesidir.

Bazen bilimsel bir keşif diğer alanların da tekrar gözden geçirilmesini tetikler. Newton'un mekaniğinin insan bilgisinin tüm alanlarında birer matematiksel yasa arayışını teşvik etmesi gibi

Lorenz'in çalışması da kaosun kalp krizi sırasında kalp fibrilasyonundan borsadaki finansal çöküşlere kadar birçok alanda keşfedilmesini sağladı. Kaotik fenomenlerin keşfedilmesi evren tanımımızı genişletti.

Ayrıca yanlışlıkla bir noktada iklim sistemimizi yerinden oynatacak bir kelebeğin kanat çırpışına sebep olma korkumuzu şiddetlendirdi. Bir buzul çağının gelmesi durumunda veya bizi Venüs'e dönüştürecek bir sera etkisine karşı ne yapacağımızı bilmiyoruz. Ancak simülasyonların bize verdiği uyarılara dikkat etsek iyi olur, çünkü bir gün bu simülasyonların kaygı verici bir gerçeklik için uzak bir erken uyarı sistemi olduğunun farkına varmak zorunda kalabiliriz.

BÖLÜM 3

KİMYA

Karmaşık şeyler genelde basit şeylerden meydana gelir. Birçok bilim dalı üç temel soru etrafında şekillenir: Temel yapıtaşları nelerdir, nasıl bir araya gelip karmaşık bir yapı oluştururlar ve biz insanlar bu karmaşık şeyleri nasıl oluşturabiliriz?

Küçükken izlemeyi sevdiğim televizyon programlarından birine büyük kimya şirketlerinden biri sponsor olmuştu. Şirketin sloganı "Kimya ile Daha İyi Yaşayın" idi. Kimya tüm bilim dalları içerisinde hayatı daha iyi hale getirmek konusunda en büyük katkıyı sunan disiplin olabilir.

Evet, biyoloji hastalandığımızda çok yardımcı oluyor, fakat şükürler olsun ki çoğu zaman hasta değiliz. Ayrıca fizik bilgilerimizle ürettiğimiz enerji olmadan, mesela elektrik olmadan hayatımız aynı olmazdı, fakat yine de karmaşık ve nispeten ilerlemiş bir toplum oluşturabilirdik.

Ateşi (muhtemelen başarılı bir şekilde yürüttüğümüz ilk kimyasal reaksiyonu) ve kimyasal reaksiyonları (örneğin alkollü içecek üretmek için gerekli olan fermantasyonu) ilk kullandığımız zamandan beri kimyadan yararlanıyoruz. Her gün hayatınızı daha iyi hale getiren kimyasallar kullanıyorsunuz. Batı medeniyetinin başarısını tek cümle ile özetlemek isterseniz "Kimya ile Daha İyi Yaşayın" sloganını kolaylıkla kullanabilirsiniz. Kimya

ile elde ettiğimiz bilgilerden etkilenmeden bir saat geçirmek bile neredeyse imkânsız.

Kimyanın oynadığı temel role bir diğer örnek ise astronomiden zoolojiye dek neredeyse tüm diğer bilim alanlarıyla bir bağlantısı olması; üstelik astronomi ile zooloji arasında bir yakınlık olduğunu sanmıyorum. Fakat kimyanın her bilim dalıyla alakası olmasının sebebi her şeyin özüyle ilgilenmesi: Bir şey ne'den meydana gelir, nasıl meydana gelir ve o şeyle nasıl yeni bir şey üretilir? Ayrıca sadece Dünya'da var olan eşyalar da kimyanın ilgi alanına girer, çünkü biz üretene dek Dünya'da eşyalar yoktu ve henüz eşya üreten uzaylıların var olup olmadığını da bilmiyoruz. En azından elimizde bu konuyla ilgili güvenilir bilgiler yok.

İLKELER OLUŞTURMAK

Bana göre tarihin en etkileyici bilim insanı olan Isaac Newton matematik ve fiziğe yaptığı katkılarla bilinir. Buna ek olarak fizikte yaptıklarını simyada da başarmak için yıllarını harcadı fakat herhangi bir başarı elde edemedi.

Newton mekanik ve kütleçekim teorilerini oluştururken elinde birçok çalışma vardı. Tycho Brahe ve Johannes Kepler gezegenlerin yörüngeleri üzerine değerli veriler üretmiş ve Galileo düşen cisimlerin hareket yasasını oluşturmuştu. Fakat kimya alanında kendisine yardımcı olacak şeyler henüz yapılmamıştı, Newton'un fizikteki ufuk açıcı başarılarından bir asır sonra bile kimyanın temel ilkeleri oluşturulmamıştı.

Kütle Korunumu Kanunu

Bilimdeki en zor şeylerden biri destekçisi çok olan bir teoriyi yanlışlamaktır. Bilimin sorunsuzca doğruya ilerlediği yönündeki tasvir oldukça yanlıştır. Bilimdeki birçok büyük ilerleme, güzel kurulmuş fakat yanlış olan karşıt görüşleri yenmek suretiyle gerçekleşebilmiştir.

Bunun bir örneği flojiston teorisidir. Yanmaya bir açıklama sunan bu teori bir asırdan uzun süre dominant görüş olarak kalmıştır. Yunanlar milattan yüzlerce yıl önce evrendeki her şeyin toprak, hava, ateş ve su olmak üzere dört elementten meydana geldiğini öne sürmüştü. Karanlık Çağ'dan sonra tekrar doğan bilgi arayışı, üzerine inşa edileceği bir temel arıyordu ve bu temel genellikle antik Yunanların teorileriydi.

On yedinci yüzyılın en büyük gizemlerinden biri ateşin doğasıydı. Alman kimyacı Georg Stahl, Yunan teorilerini ve yeni yeni üretilmeye başlayan deneysel bilgileri harmanlayarak flojiston teorisini oluşturdu. Teoriye göre tüm yanıcı malzemelerin içinde flojiston denen bir madde vardı. Yanma başladığında flojiston denen madde havaya salınıyordu. Yanan maddeler flojistonca zenginken yanmayanlar flojiston içermiyordu.

Yüzeysel olarak bakılırsa mantıklı bir teori gibi görünebilir. Bazı maddelerin neden diğerlerinden daha iyi yandığını veya neden bir kere yandıktan sonra bir daha yanmadığını açıklayabiliyor. Öte yandan flojistonu ayrıştırmaya yönelik tüm çabalar sonuçsuz kalmıştı.

Yalnızca bu durum değil, bazı deneylerden gelen sonuçlar da flojiston teorisinde çatlaklar oluşturmuştu. Cıva veya kalay yandıktan sonra artakalan madde başlangıçtakinden daha ağır oluyordu. Flojiston teorisine göre ise yanan maddeler flojistonunu kaybedip hafiflemeliydi.

Bütün bu sonuçlarla karşı karşıya kalan flojiston teorisi taraftarları çoğu bilim insanının yapacağı şeyi yaptı ve teoriyi gözlem verilerine uyacak şekilde güncellemeye çalıştı. Flojiston ağırlıksız, hatta daha da hafif olabilirdi ve doğru koşullar altında flojistonunu kaybeden bir maddenin ağırlığı artabilirdi.

On sekizinci yüzyılın ikinci yarısında havanın birden fazla gazın karışımından oluştuğu ve bunlardan biri olan oksijenin sadece yanma için değil, solunum için de gerekli olduğu ortaya konmuştu. Kariyerine avukat ve vergi memuru olarak başlayan Fransız Antoine Lavoisier kimya alanına yönelmişti. Basit oldu-

ğu kadar şık olan bir deney yürüttü. İlk olarak cıvayı oksijenli ortamda ısıttı, yanma olayından önce oksijen ve cıva miktarını, yanma olayından sonra da ortaya çıkan malzemenin (cıva oksit) ve oksijenin miktarını ölçtü. Sonra cıva oksidi oksijeni bırakacağı noktaya kadar ısıttı ve işlem sonucunda ortaya çıkan maddelerin ağırlıklarını tekrar ölçtü. Deneyin sonuçlarına göre yanmanın sadece oksijenin varlığında gerçekleşen bir reaksiyon değil, aynı zamanda maddelerin içeriğini değiştirebilecek bir kimyasal reaksiyon olduğunu ve reaksiyondaki tüm maddelerin toplam ağırlığının değişmediğini tespit etti. Lavoisier tek bir deneyle sadece flojiston teorisini yıkmamış, aynı zamanda kimyanın en temel kanunlarından biri olan kütle korunumu kanunu da ortaya koymuştu.

Korunum kanunu iki bin yıl önce, Lavoisier'in yaptığı gibi nicel bir formda olmasa da "her şeyin toplamı her zaman şimdi olduğu gibiydi ve hep öyle olacak" diyen Yunan filozof Epikür tarafından da öngörülmüştü. Arap bilim insanı Nasîrüddin Tûsî de biraz daha ayrıntıya girerek "Madde hiçbir zaman tamamen yok edilemez. Ancak formunu, yapısını, içeriğini, rengini ve diğer özelliklerini farklı bir karmaşık veya basit bir maddeye dönüştürür" şeklinde ifade etmişti. Fakat bunu nicel olarak gösteren kişi Lavoisier'di.

Lavoisier çalışmalarında kendisine yardım edecek bir eşe sahip olacak kadar şanslı, fakat Fransız devrimi sırasında Fransa'da yaşayacak kadar şanssız biriydi. Bir vergi memuru olarak işi kendisini ülkeyi yakıp kavuran siyasi taşkınlığın hedefi haline getirdi ve giyotinle idam cezasına çarptırıldı. Lavoisier'in büyük bir bilim insanı olduğu söylendiğinde ise hâkimin cevabı "Cumhuriyetin bilim insanlarına ihtiyacı yok" olmuştu. Ne yazık ki son yıllarda hâlâ birçok kişinin hâkim olarak benzer görüşlere sahip olduğu bir çağda ve cumhuriyette yaşadığımızı gösteren birçok şey yaşandı.

Büyük matematikçi ve fizikçi Lagrange, Lavoisier'in ölümüyle ilgili "Yerine konması yüzlerce yıl alacak bir baş bir anda koparıldı" demişti.

Atom Teorisi

Meşhur fizikçi Richard Feynman 1961 yılında Caltech'te verdiği fiziğe giriş dersine şu sözlerle başlamıştı: "Eğer bir kıyamet meydana gelir ve tüm bilimsel bilgiyi götürüp sadece bir cümlenin gelecek nesillere aktarılabilmesine sebep olursa, hangi cümle en az kelimeyle en çok şeyi anlatabilirdi? Bence bu cümle her şeyin sürekli hareket halinde olan, atom adı verilen küçük parçacıklardan oluştuğunu söyleyen atom teorisi olabilirdi."

Her şeyin atom denilen, evrenin farklı kimliklere sahip en küçük parçacıklarından meydana geldiği fikrinin tarihi eski Yunan filozoflarına dek uzanıyor. Fakat maddenin içeriği hakkında spekülasyon yapmak başka bir şey, açıklamakla kalmayıp sonuçlarını öngören uygulanabilir bir teori geliştirmek başka bir şeydir. On dokuzuncu yüzyılın başında hidrojen ve oksijen gibi maddelerin element olduğu ve bir araya gelerek farklı bileşikler oluşturduğu biliniyordu. Örneğin su hidrojen ve oksijenden meydana geliyordu ve aynı miktarda hidrojen ve su koymak her zaman su oluştururdu. Ne tür bir mekanizma bunu açıklayabilirdi?

İngiltere'nin Manchester kentinde yaşayan ve Quaker mezhebine bağlı bir öğretmen olan John Dalton, 1803 yazını Yunan atom teorisini geliştirmeye çalışmakla geçirdi. Dalton'un atomları, atomları felsefi bir yapı olarak düşünen Yunanların aksine gerçek bir fiziksel özelliğe sahipti: Ağırlık. Dalton şöyle yazmıştı: "Bildiğim kadarıyla temel parçacıkların göreli ağırlıklarına yönelik bir araştırma yeni bir şey. Son zamanlarda bu çalışmayı kayda değer bir başarıyla ilerletiyorum." Dalton, bir elementin tamamen aynı kütleye sahip eş parçacıklardan oluştuğunu kabul etmemiz durumunda bunun elementlerin nasıl bileşik oluşturduğunu açıklayabileceğini fark etti.

Bilim her zaman muhafazakâr ve inatçı bir yapıya sahiptir, yeni fikirler daima şüpheci engellerle karşı karşıya kalır. Fakat Dalton'un atom teorisi o kadar zekice ve ikna ediciydi ki neredeyse anında kabul edildi. Atomlar ancak 1980'lerde görüntülenebilseler de sonraki yüz elli yılda atomların fiziksel özellikleri gittikçe artan doğrulukta belirlenmeye başladı. Kimya, Dalton'un atom teorisi olmadan ancak gelişigüzel karışımların ısıtılıp soğutularak simya yapılmasından ibaret olurdu ve birçok şeyden mahrum kalırdık.

Dalton özel alışkanlıkları olan bir adamdı. Her perşembe İngiliz kırsalında yürüyüş yapar, bowling oynamaya giderdi (on dokuzuncu yüzyılda bowling salonları yoktu) ve neredeyse altmış yıl boyunca her gün sıcaklığı, yağışı ve hava basıncını ölçmüştü. Hayatı boyunca 200.000'den fazla meteorolojik ölçüm yapıp kayda değer bir kullanıma sokmadığı, fakat döneminde benzeri olmayan bir veri seti hazırladı. Yoksa kullanmış mıydı? Belki de Dalton'un atom teorisini oluşturmasını sağlayan kafa yapısına ulaşması bu meteorolojik verilerin toplanması ve birikmesiyle oldu.

Avogadro'nun Hipotezi

Meslek hayatına hukukçu olarak başlayıp meşhur bilim insanı olarak devam eden isimlerin listesi oldukça kabarıktır (öte yandan, meslek hayatına bilim insanı olarak başlayıp sonradan hukukçu olan kişilerin sayısının pek fazla olmadığı kanısına kapılmamak elde değil). Amadeo Avogadro da benzer bir durumdaydı. Hukuk doktorası yapmış, üç sene mesleğini sürdürmüş ve sonrasında bilim insanı olmuştu.

Bu dönüşüm, Dalton'un atom teorisinin dünyanın ilgisini çektiği on dokuzuncu yüzyılda gerçekleşmişti. Kimya on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında filizlenmişti ve tüm deney sonuçlarını atom teorisi açısından açıklama konusunda ortak bir çaba vardı.

Sonuçlardan biri Gay-Lussac'ın toplam hacim yasasıydı. Dikkatli deneyci Joseph Louis Gay-Lussac, bir araya gelen iki gazın, eşit sıcaklık ve basınç altında, basit, tam sayılı oranlarla birleştiğini keşfetti. Hidrojen ve oksijen su üretmek için birleştirildiğinde, 2 hacim hidrojen ile 1 hacim oksijen, 2 hacim su buharı üretiyordu.

Avogadro bu bilgiyi kullanarak sarsıcı, fakat mantıklı bir sonuca vardı: Aynı basınç ve sıcaklık altında, eşit hacimlerdeki gazlar eşit sayıda parçacıktan oluşmalıydı. Bu sonuç Avogadro'nun hipotezi olarak biliniyor.

Basit ve düz bir mantıktı. 2 hacim hidrojenle 1 hacim oksijeni birleştirdiğinizde geriye hidrojen veya oksijen kalmıyordu. Avogadro hipotezine göre 2 su buharı parçacığı üretmek için 2 hidrojen parçacığı ile 1 oksijen parçacığı birleşmeliydi, bu şekilde geriye hidrojen veya oksijen kalmazdı.

Avogadro'nun hipotezi anında kullanışlı bir paylama yöntemi üretti. O zamanlar suyun kimyasal formülünün H_2O olduğu biliniyordu. Dalton'un atom hipotezine göre 2 molekül (Avogadro'nun ürettiği bir terimdi) su, 4 hidrojen atomu (2 hidrojen parçacığı) ve 2 oksijen atomuna (1 oksijen parçacığı) ihtiyaç duyuyordu. Bu yüzden her hidrojen parçacığı (molekülü) 2 hidrojen atomu ve her oksijen parçacığı 2 oksijen atomu içermeliydi.

Avogadro'nun hipotezi sonrasında tüm bileşiklere genişletildi. Eşit atom ağırlığına sahip olan maddeler aynı sayıda parçacık içeriyordu. Karbonun atom ağırlığı 12, amonyağın (NH_3) atom ağırlığı 17 idi. Yani 12 gram karbon ile 17 gram amonyak aynı sayıda parçacıktan meydana geliyordu. Herhangi bir maddenin atom ağırlığı, o maddenin moleküllerinden kimyacıların kısaca N olarak gösterdiği, "Avogadro sayısı" kadar içerir. Sonraki çalışmalar N değerini yaklaşık 6×10^{23} olarak buldu.

Avogadro'nun hipotezi zamanında pek ilgi görmedi ve 1860'ta ilk kez yapılan Uluslararası Kimya Kongresi'ne dek tam olarak takdir edilmedi. İtalyan kimyacı Stanislao Cannizzaro, Avogadro'nun hipotezinin gazların moleküler ağırlıklarını he-

saplamak için kullanılabileceğini gösterdi ve atomlarla moleküllerin arasındaki farka dair karışıklığın giderilmesini sağladı. Maalesef Avogadro fikirlerinin doğrulandığını görememiş, kongreden iki sene önce ölmüştü.

Hipotez aslında John Dalton'un da aklına gelmiş, ancak Dalton akıllıca fakat hatalı bir mantık yürüterek onu bir kenara bırakmıştı. Dalton gaz moleküllerinin birbiriyle yakın temasta olduğunu ve bu moleküller farklı ağırlıklara sahipse eşit hacimde aynı sayıda parçacık bulunamayacağını düşünmüştü. Mantık sıvı ve katılar için mükemmel şekilde çalışıyordu fakat gazlarda moleküllerin arasında önemli miktarda mesafe bulunuyordu (moleküllerin kendi boyutuyla karşılaştırıldığında önemli bir farktı). Bundan dolayı Dalton, Gay-Lussac'ın deneylerinin hatalı olması gerektiğini düşünüp Gay-Lussac'a deneyi tekrarlaması yönünde tavsiyede bulunmuştu.

Elementlerin Periyodik Tablosu

Akşam yemeğinde sığır eti, patates, havuç ve soğan kesip pişirmeye karar verirseniz sonucunda ne olacağını bilirsiniz: Dana yahnisi. Tadının nasıl olacağı hakkında da epey bir fikriniz vardır. Kimyacılar içinse on dokuzuncu yüzyılda durumun bununla hiç alakası yoktu.

O zamana kadar kimyacılar kozmik tarif kitabındaki maddelerden altmış üç elementi keşfetmişti. Kozmik tariflerin kendileri ise güvenilmezdi. Örneğin, düşük ağırlığa sahip kabaran bir metal olan sodyum, zehirli ve sarı-yeşil bir gaz olan klorla "pişirildiğinde" ortaya çıkan sonuç sofra tuzuydu. Sodyum klorür ne metaldi ne gazdı, ne zehirliydi ne de kabarıyordu. Kozmik tarif kitabının kuralları keşfedilene dek kimyanın potansiyeli gelişigüzel uygulamalarla sınırlı kalmaya devam edecekti.

Bilimdeki en temel keşiflerden biri doğadaki birçok fenomenin bir model içerisinde düzenlenmesiydi. Rus kimyacı Dmitri Mendeleev bilinen elementleri bir sistem içerisine yerleştirmeye çalıştı. Bunun için önce elementleri artan atom ağırlıklarına göre

sıralayıp düzenledi (bu ilişki, atom teorisini oluştururken John Dalton'un da dikkatini çekmişti). Sonra, elementleri metalik olma ve kimyasal tepkime yapabilme gibi ikincil niteliklere göre gruplayıp bir başka düzen daha oluşturdu; bu düzen, hangi elementlerin birbirleriyle daha kolay birleşebileceğini gösteriyordu.

Mendeleev'in çalışmalarının sonucu elementlerin hem satır hem de sütun halinde bir tablonun içine yerleştirildiği periyodik tabloydu. Temelde her sütun alkali metal veya kimyasal reaksiyona girmeyen bir gaz olma gibi belirli kimyasal özellikleri ifade ediyordu. Atomik ağırlıklar satır boyunca soldan sağa ve sütun boyunca yukarıdan aşağı artıyordu.

Mendeleev çalışmasına başladığında elementlerin tamamı bilinmiyordu. Bundan dolayı tabloda Mendeleev'in belirli atom ağırlığı ve kimyasal özelliklere sahip olması gerektiğini düşündüğü elementler için bıraktığı boşluklar vardı, fakat henüz o elementler keşfedilmemişti. Mendeleev müthiş bir özgüvenle atom ağırlığı ve kimyasal özelliklerini vererek henüz keşfedilmemiş olan, ancak keşfedileceğini düşündüğü üç elementin varlığını öngördü. En meşhur tahmini eka-silisyum dediği elementti. Onu sütunlarından birinde silisyum ile kalayın arasında koydu ve silisyum ile kalayınkine benzer metalik özelliklere sahip olacağını varsaydı. Ayrıca elementin kendisi sudan 5,5 kat, oksidiyse yine sudan 4,7 kat ağır olacaktı. Eka-silisyum (sonrasında ona germanyum adı verildi) yirmi sene sonra keşfedildiğinde Mendeleev'in tahminleri gerçekleri on ikiden vurmuştu.

Periyodik tablo pratik açıdan büyük önem taşıyor. Bir madde kullanışlı fakat istenmeyen özelliklere sahipse bunu benzer özelliklere sahip başka bir elementle kolayca değiştirmenize olanak sağlıyor. Sodyum alımını düzenlemek isteyen bireyler bu "hafif" sofra tuzunun alternatifi olarak periyodik tabloda sodyumun bir altında kalan potasyum ile yapılan potasyum klorürü kullanabilirler.

Bilim insanlarının teorilerini şaşırtıcı şekillerde oluşturdukları görülmüştür. Mendeleev'in periyodik tabloyu sayısız kez

değiştirmesi gerekmişti ve başlangıçta ne kadar satır ve sütun gerektiğiyle ilgili bir fikri yoktu. Tüm ihtimalleri yazmak herkesin sabrını sınayacaktır. Nihayetinde Mendeleev her elementin ismi ve özelliklerinin olduğu bir kart seti hazırladı. Sonra bu kartlarla Solitaire oynayarak farklı periyodik tablo olasılıklarını daha kolay ve eğlenceli bir şekilde denemenin yolunu buldu. Tesadüfen on dokuzuncu yüzyılda Solitaire oyunu "Sabır" olarak isimlendiriliyordu ve şüphesiz Mendeleev'in sahip olduğu özelliklerden biriydi.

ANALİZ VE SENTEZ

Analiz bir şeyi parçalama, sentez de bir araya getirme sürecidir. Sıradan bir kimyasal reaksiyon ise ikisini de içerir. Basit bir örneği sodyum hidroksit ile hidroklorik asidin reaksiyonudur. İki bileşik de ilk olarak parçalarına ayrılır ve sonrasında tekrar bir araya gelerek tuz ve su oluştururlar.

Bir kimyasal reaksiyonu diğerlerinden ayıran şey başlangıçtakilerden farklı maddeler üretmesidir. Tuzla suyu karıştırıp suyu daha tuzlu hale getirebilirsiniz, fakat elinizde hâlâ tuz ve su olacaktır. Bileşiklerin nasıl parçalandığı ve farklı maddeler oluşturmak için bir araya nasıl geldiğine yönelik yapılan çalışmalar hayatlarımızda yüzlerce yıl önce başlayan ve bugün hâlâ devam eden kalite artışının nedeni olmayı sürdürüyor. Tabii ki bu, söz konusu çalışmaların risksiz olduğu anlamına gelmiyor, bugüne kadar zararlı birçok bileşik üretildi. Fakat bütüne bakarsak daha iyi yaşamak için kimya sayesinde ürettik, üretiyoruz ve üretmeye devam edeceğiz.

Elektrokimya

Humphry Davy bilimde fakirlikten zenginliğe gidişin bir Horatio Alger hikâyesi olabilir. Büyük bir borçla doğdu ve on yedi yaşında eczacı çırağı olmak için okulu bırakmak zorunda kaldı. Çoğu zaman olduğu gibi eğitimin önemi ancak okulu bıraktıktan sonra anlaşıldı ve Davy kendi başına çalışmaya başladı.

On yedi yaşındaki herhangi bir gence göre ilgi alanları fazla çeşitliydi, fakat büyük Fransız bilim insanı Antoine Lavoisier'in kimya kitabını okumasının ardından ilgisini buraya yönlendirdi. O zamanlar kimyanın teorik temelleri tam oturmamıştı, ancak Davy muhtemelen bunu dert etmiyordu çünkü tipik bir deneyciydi.

En sevdiği denek kendisiydi. Ancak çeşitli gazların terapötik kullanımlarını araştıran bir kurumun yöneticisi olmasının ardından etkilerini anlamak için deneylerinin ürünlerini koklamayı bıraktı. Neyse ki hiç siyanür koklamamıştı fakat bir kez hidrojen, bir kez de karbon dioksitten olmak üzere iki kere soluduğu gazlardan zehirlenmenin kıyısından döndü. Fakat deneylerinden birinin büyük bir getirisi oldu. Davy azot oksit gazını kokladığında başının döndüğünü ve kendini sarhoş hissettiğini, hatta fiziksel acı hissinin azaldığını fark etti. Gözlemleri başlangıçta ilgi görmedi, fakat onlarca yıl sonra azot oksit ilk kimyasal anestezi ürünü olarak kullanılmaya başladı. Bugün hâlâ kullanılıyor.

Davy muhtemelen bilimi popülerleştiren ilk bilim insanıydı. Ders vermesi için Kraliyet Enstitüsü'ne alındığında dersleri ve sunumları kısa sürede Londra'nın yüksek sosyetesinin ilgi odağı olmuştu. Davy bir deneyci olarak titiz olmaktan ziyade zekiydi. Bir konuya ilgi duyduktan sonra sıkılana kadar deney yapıyor ve sonra başka bir konuya geçiyordu.

Volta'nın elektrik pili ürettiğini öğrendikten sonra Davy de güçlü piller üretmeye başladı ve 1805 yılında güçlü bir akımın elektrotlar arasındaki boşluğu doldurmak için elektrik arkı ürettiği ark lambasını geliştirdi. Azot oksidin anestezik etkilerini keşfinde olduğu gibi ark lambasının da kullanımı için onlarca yıl geçmesi gerekmişti.

Fakat Davy'nin en önemli başarıları elektrokimya alanındaydı. Elektrik akımının suyun hidrojen ve oksijenini ayırmak için kullanılabileceğini keşfetti. O zamanlar potas, kireç ve magnezyum oksidin metalik olduğu düşünülüyordu fakat henüz kimse bunu ispatlayamamıştı. Davy güçlü pillerini erimiş potastan

elektrik akımı geçirmek için kullandı. Bunun sonucunda henüz o zaman keşfedilmemiş olan potasyum elementi parçacıkları ortaya çıktı. Davy parlak ve metalik damlaları görünce laboratuvarında neşeyle dans etmeye başladı. Bir hafta içinde sodadan metalik sodyumu ayrıştırdı (Davy'nin keşiflerinin isimlerini nereden bulduğunu kolayca anlayabilirsiniz). Sonrasında magnezyum, baryum, stronsiyum ve kalsiyum elementlerini de keşfetti.

Davy'nin deneyleri bilim dünyasına elektrokimyanın önemini gösterdi. Yine de Davy'nin bilime en büyük katkısı Michael Faraday'ı asistanı olarak yanına alması olabilir. Davy fevri bir adamdı ama Faraday titiz çalışırdı. Davy elementleri keşfederken Faraday yasaları keşfetti. Faraday'ın elektroliz kanunları elektrik ile kimya arasındaki nicel ilişkiyi gösterdi. Bu kanunlar sonrasında elektriğin parçacık akımlarından meydana geldiğinin gösterildiği atom fiziğiyle bir kez daha kanıtlanacaktı.

Davy bilim dünyasının takdirini topladığı zamanlarda bile asistanı Faraday'ın kendisinin yerini alabileceğini biliyordu. Faraday'ın gördüğü ilgiyi o kadar kıskanıyordu ki, Faraday Royal Society'ye üyelik için aday gösterildiğinde ret oyu veren tek kişi kendisi olmuştu. Bu davranışın Davy'nin deneyciliğe ilk başladığı zamanlarda soluduğu veya tadına baktığı bileşiklerden sistematik bir şekilde zehirlenmesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Otuzlarındayken bile sağlığı ciddi anlamda bozulmaya başlamıştı. Kırk dokuz yaşındayken felç geçirdi ve iki sene sonra hayata gözlerini yumdu.

Leylak Rengi Boya ve Sentetik Organik Kimyanın Doğuşu

Sentetiklerin dünyasında yaşıyoruz. Bugün her gün kullandığımız ürünlerin büyük bir çoğunluğu insanlığın 150 sene önce Londra'daki Kraliyet Bilim Okulu'nda kimya dersi okutulmasına karar verilmesiyle birlikte yaratmaya başladığı tekniklerle imal ediliyor. O zamanların en iyi kimyacıları Almanlardı, fakat neyse ki Kraliyet Okulu'nun Almanya ile bağlantıları vardı. Kraliçe Victoria'nın kocası Prens Albert Almandı ve okul için yaptığı

teklifi genç Alman August von Hofmann memnuniyetle kabul etmişti.

Hofmann pek çok konuda araştırmalar yapıyordu. Bu konulardan biri, kömür yanınca artakalan sevimsiz, sakızımsı siyah bir madde olan kömür katranıydı. Kömür katranının benzen ve anilin gibi birçok kullanışlı organik bileşik içerdiği biliniyordu ve Hofmann katrandan bunları çıkarmak istiyordu.

Hofmann'ın en iyi öğrencilerinden biri on yedi yaşındaki parlak ve çalışkan William Perkin'di. Hofmann, Perkin'e asistanlık teklif etti ve Perkin büyük bir hevesle kabul etti. Perkin Kraliyet Okulu'nda olmadığı zamanlarda çalışmaya devam edebilmek için evinde kendi laboratuvarını kuracak kadar istekli biriydi.

O vakitlerde Britanya Uzak Doğu'da bir imparatorluk kurmakla meşguldü ve en iyi personellerinin çoğu sıtmaya yenik düşüyordu. Kınakına ağacının kabuğunda bulunan kininin sıtmaya iyi geldiği biliniyordu, fakat elde edilenden çok daha fazla kinine ihtiyaç vardı. Kimyacılar kininin moleküler içeriğini çözmüşlerdi, Hofmann da Perkin'e bunu kömür katranından sentezlemeye çalışmasını önermişti.

Kesinlikle rastgele bir deneme değildi. Kömür katranı bileşiklerinden biri kinin için gerekli olan elementlerin yaklaşık yarısına sahipti, yani iki molekülü bir araya getirip eksik atomları ekleyerek kinin üretmek mümkün olabilirdi. Bugün geriye dönüp baktığımızda bu yaklaşımın hiç şansı olmadığını görüyoruz, çünkü kininin bileşimi bilinse bile moleküler yapısı böyle bir yaklaşıma engel olacaktı.

Perkin kinin sentezi için sayısız denemesinden sonra bir gün siyah, yapışkan bir madde elde etti. Biraz alkol eklemeye karar verdi ve karışım çok güzel bir mor renk aldı. Perkin bu kazanın şans eseri faydalı ve değerli bir şey üretmiş olabileceğini hemen fark etti.

O zamanlar tüm boyalar doğal bir şekilde üretiliyordu ve çok pahalılardı. Mor ise her zaman nadir bulunan ve özenilen bir renk olmuştu. Antik Roma'da mor sadece kabuklu deniz hay-

vanlarından elde edilebiliyordu ve ancak asillerin bunu karşılayabilecek maddi bir imkânı bulunuyordu (İngilizcedeki "morun içine doğmak" deyişi buradan gelir).

Şans kapıyı bir kez çalar, fakat Perkin kapının çalındığını duymuştu. Boyanın patentini aldı, iş kurdu ve altı ay içerisinde "anilin moru" adını verdiği, renk yelpazesindeki tüm renklerden üstün olan boyasını üretmeye başladı. Sonrasında bir pazarlama başarısı olarak rengin adını "leylak" yaptı. Perkin kendisini hem zengin hem de dünyada sentetik boyaların otoritesi olarak bulmuştu.

Engeller yıkılmıştı. Yıllar içerisinde tüm boyalar sentetik, ucuz ve kolay bir şekilde tüm dünyayı renklendirecek miktarda üretilmeye başlandı. Sentezleme teknikleri diğer organik bileşikler için de kullanılabilirdi. Yirminci yüzyılda amaç artık sadece doğal organik bileşikleri sentezlemek değil, ayrıca doğada görülmeyen bileşikleri yaratmak olmuştu. Hayatlarımızda devrim etkisi yaratan plastik sanayinin gelişimi de Perkin'in kazara keşfi sayesindeydi.

Konu kimya olduğunda, Perkin de Midas gibi neye dokunsa altına çeviriyordu. Boya sektöründe on yıl çalıştıktan sonra emekli olacak ve ilk aşkı olan araştırmasını sürdürecek kadar zengindi. İlk başarılarından biri yeni biçilmiş samana hoş kokusunu veren kumarinin senteziydi. Bu keşif de sentetik boya endüstrisinde olduğu gibi yıllık geliri milyarlarca doları bulacak olan parfüm endüstrisinin başlangıcı anlamına geliyordu.

Kimyasal Bağlar

On dokuzuncu yüzyılın ortasına geldiğimizde kimyacılar Dalton'un tüm bileşiklerin elementlerin belirli oranlarda birleşmesiyle meydana geldiğini belirttiği teorisinin doğruluğunu kabul etmişti. Su H_2O olarak yazılıyordu (bugün olduğu gibi), fakat iki hidrojen atomu ile bir oksijen atomunun nasıl bir araya gelip su oluşturduğu gizemini koruyordu.

Bu konuda ilerleme yapan ilk kişi Alman kimyacı Friedrich von Kekulé'ydi. O zamanlar kimyacılar elementlerin iyon değerlikleri hakkında kaba fikirlere sahipti. Kekulé moleküllerde atomların arasındaki bağların çizgilerle gösterildiği bir yapı oluşturmayı önerdi. Örneğin C_2H_6O formülüne sahip etil alkol şu şekilde gösterilecekti:

Kekulé'nin gösterimi bir molekülün yapısının ardındaki modele dair ilk ipucunu sağlamaya ek olarak aynı element oranına sahip farklı kimyasal bileşikler olan izomerlerin nasıl var olabileceğini göstermeye yaradı. İzomerler aynı element oranına, fakat farklı yapılara sahip bileşiklerdi.

Kekulé'nin en büyük başarılarından biri kimyasal formülü C_6H_6 olarak bilinen benzenin yapısını ortaya çıkarmaktı. Yarı uykuda yarı uyanık olduğu bir günde bir yılanın dönüp kendi kuyruğunu ısırdığını hayal edene dek benzeni kendi yapısına bir türlü oturtamamıştı. Sonrasında altı karbonun altıgen şeklinde, tek veya çift bağlarla birbirine bağlandığı ve her bir hidrojen atomunun bir karbon atomuna altıgenden çıkan dikenler gibi bağlandığı benzen halkası doğmuştu.

Daha sonraki gelişmeler on dokuzuncu yüzyılın sonu ve yirminci yüzyılın başında çözülecek olan atomik yapıyı beklemek zorundaydı. Bilim insanları çekirdeğin çevresindeki elektronların belirli kabuklarda toplandığını ve aynı kabukta bulunan elektronların çekirdekle olan uzaklıklarının eşit olduğunu fark ettiler. Amerikalı kimyacı Gilbert Lewis, elementlerin kimyasal aktivitesinin dış kabuklarının elektronla tamamen dolmasına ne kadar yakın olduklarıyla alakalı olduğunu öne sürdü. Dış kabukları elektronla tamamen dolu olan helyum gibi soy gazlar kimyasal olarak pasifken dış kabuklarında yalnızca bir elektron bulunduran (veya dolmasına bir elektron kalan) elementler son derece aktifti. Bu durum, dış kabuğunda fazla elektron bulunduran elementlerin elektronlarını dış kabuğunda elektron eksiği olan elementlere vermesiyle oluşturulan iyonik bağ konseptinin

oluşmasını sağladı. Diğer bir önemli kimyasal bağ türü olan kovalent bağda ise elementler aynı elektronları paylaşır.

1930'larda Linus Pauling yeni kuantum mekaniğini kimyasal bağ teorisini geliştirmede kullandı. Pauling iki elementin enerjilerini kimyasal bağ kurarak düşürebileceğini, fakat bunun ancak iki atom birbirine yakın olduğunda gerçekleşeceğini gösterdi. Pauling'in matematiği tıpkı eski uygarlıkların demir cevherinden demir elde etmek için yaptığı gibi bir kimyasal bileşiği elementlerine ayırmak için enerji kullanılması gerektiğini gösterdi. Ayrıca teori kimyasal bağların ve reaksiyonların ek özelliklerini önceki teorilerin yapamayacağı şekilde açıkladı. Çalışmalarından ötürü 1954 yılında Nobel Kimya Ödülü'ne layık görüldü.

Pauling'e diğer bilim insanlarının duyduğu saygıyı anlayabilmek için James Watson'ın DNA'nın yapısını çözerken çektiği zorlukları anlattığı *İkili Sarmal* adlı kitabı okuyabilirsiniz. Pauling proteinlerin bazı temel yapılarını yeni çözmüştü ve kitabın öne çıkan noktalarından biri de Watson'ın, Pauling'in DNA için oluşturduğu varsayımsal yapının Pauling'in henüz varlığından haberdar olmadığı X-ışını fotoğraflarıyla çeliştiğini fark ettiğinde yaşadığı rahatlamayı anlatmasıydı. Kasabanın en hızlı silahşorunun mermilerinin bittiğini anlayan rakibinin yaşadığı rahatlamaya benziyor.

Pauling'in öğrencilerle soru-cevap etkinliği yaptığı PBS yayınını dinleyebildiğim için kendimi şanslı hissediyorum. Fark ettiğim ilk şey Pauling'in sorulan sorulardan sonra yaklaşık beş saniye duraksaması ve sonrasında tüm sorulara eksiksiz cümlelerle yanıt vermesiydi. Bir öğrenci astrolojiyle ilgili ne düşündüğünü sormuştu. Pauling astrolojinin temellerinin şüphesiz zamanının en zeki insanlarından biri olan Batlamyus tarafından atıldığını, fakat sonrasında veri eksikliği sebebiyle geçerliliğini yitirdiği söyledi. Ayrıca Batlamyus'u anlayabildiğini ve eğer bugün yaşamış olsaydı bilimsel olmadığı için astrolojiyi anında reddedeceğini ekledi.

Yine de Pauling'in en sevdiğim cevabı bu etkinlikte sorulan sorulardan birine değildi. Bir keresinde kendisine nasıl bu kadar iyi fikirleri olduğu sorulduğunda aslında çok fazla fikri olduğunu, sadece kötü olanları elediğini söylemişti.

Kataliz ve Fiziksel Kimya

Bilim alanında çalışan birçok öğrencinin öğrendiği yazılı olmayan kural, tez yazarken çok zeki olmanın bir işe yaramadığıdır. Bunun sebebi gayet açık: bilim oyununda bir oyuncu olabilmek için ilk olarak bilimsel camia tarafından kabul edilmeniz gerekiyor. Doktor unvanını almak için bilim camiasının iyi bilim olarak kabul ettiği bir şey yapmak gerekiyor ve iyi bilim yapmadan önce bunlara dair parlak fikirler oluşturmak oldukça zaman alabiliyor.

Svante Arrhenius bir çocuk dâhiydi. Tez yazma zamanı geldiğinde konu olarak çözündüğü zaman elektriği iletme özelliğine sahip olan elektrolitleri seçmişti. Arrhenius bir elektrolit molekülünün çözündüğünde akımı sağlayan iyon isimli yüklü parçacıklara ayrıldığını öne sürmüştü. O zamanlar kimyacılar Dalton'un bölünemez atom tasvirini kabul ettiğinden Arrhenius'un teorisi bilim camiasının çoğunluğu tarafından reddedildi. Fakat tezinin bariz şekilde hatalı olmasına rağmen parlak bir çalışma olduğunu düşündüklerinden mümkün olan en düşük geçer notu verdiler.

Bir fenomen tam olarak anlaşılmadığında bilim insanları çoğunluğun fikrine uyabilir, fakat her zaman şüpheci olan bir azınlık vardır. Arrhenius aralarında Friedrich Ostwald'ın da olduğu önde gelen bir grup kimyacıya tezinin kopyasını göndermişti. Ostwald, Arrhenius halen görüşünü destekleyecek kanıtları toplamaya devam etmesine rağmen Arrhenius'un görüşünün geçerliliğine ikna olmuş ve yaymaya başlamıştı.

Zamanla kimyacılar Arrhenius'un fikirlerine ikna olmaya başladı, fakat kilit adım J. J. Thomson'ın atom altı bir parçacık

olan elektronu ve Henri Becquerel'in radyoaktivitenin sebebinin atomların bozunması olduğunu keşfetmesi oldu.

Arrhenius ve Ostwald'ın fikirlerinin büyük bir çoğunluğu fizik ile kimyanın kesiştiği noktada yer alıyor, bundan dolayı iki kimyacı aslında fiziksel kimya alanını başlatmış oldu. Fiziksel kimyanın önemine mükemmel bir örnek kataliz sürecinde görülebilir. Arrhenius kimyasal reaksiyonların çoğu zaman reaksiyona giren maddeler ısıtıldığında daha hızlı gerçekleştiğini fark etti. Aslında bunu her gün mutfağımızda da deneyimliyoruz, bir yemeği yüksek sıcaklıkta pişirmek düşük sıcaklıktakinden daha az zaman alıyor. Bunun üzerine Arrhenius moleküllerin reaksiyona girebilmek için bir miktar enerjiye, "aktivasyon enerjisine" sahip olması gerektiğini öne sürdü.

Bu sırada Ostwald, Arrhenius'un iyonizasyon fikrini katalize farklı bir açıdan uygulamaya çalışıyordu. Nişastadan şeker üretimi gibi bazı kimyasal reaksiyonlar asit varlığında gerçekleşir. Ostwald bu tarz bir katalizin de reaksiyona giren maddelerin aktivasyon enerjisini düşürdüğünü fark etti.

Ostwald'ın katalizle ilgili gözlemleri kısa sürede endüstride uygulanmaya başladı. Platini nitrik asit üretimini daha verimli hale getirmek için kullanan kişi yine Ostwald'dı. Ostwald'ın çalışmaları, Almanya'nın I. Dünya Savaşı'nda ham madde ithal etmeden patlayıcı üretebilmesini sağladı. I. Dünya Savaşı'nın uzamasına olan katkısını enzimlerin aktivitesini açıklamak için kurduğu teorileriyle telafi etti ve biyokimya ve genetik mühendisliğinin gelişimine dolaylı yoldan katkı sağlamış oldu.

Arrhenius ve Ostwald'ın birçok başarısının Dalton'un teorisiyle açıklanabilmesi bir paradoks oluşturuyor, hele de Ostwald'ın teoriye elli yaşına gelene dek inanmadığı düşünülünce! Belki de bu sayede Ostwald Arrhenius'un iyonizasyonla ilgili, atom teorisine inanan birinin kabul etmeyeceği düşüncelerini bu kadar çabuk destekleyebildi. Atom teorisine

inanmadığı için Arrhenius'un fikirlerini kabul etmek daha kolay olmuştu.

BİYOKİMYANIN KURULUŞU

Yaşamı mümkün kılan şey kimyadır.

Bunun ilk kez nasıl olduğunu bilmesek de yaşamı tanımlayan tüm süreçlerin birer kimyasal reaksiyon olduğunu biliyoruz. Yaşam iç dengesini sürdürmek zorundadır. Besini enerjiye dönüştürmelidir. Nesilden nesile görece hatasız, yalnızca küçük değişikliklere yol açarak üreyebilmelidir. Tüm bu süreçler ise karmaşık kimyasal reaksiyonlarla meydana gelir. Bu reaksiyonları ve etkilerini anlamak hem birey hem de tür olarak insanlığın refahını sağlamada tartışmasız en önemli bilim dalı olan biyokimyayı oluşturur.

Ürenin Sentezi (Wöhler)

Evrim teorisi ortaya atıldığı ilk günden beri büyük bir kuşatma altındadır, birçok eyalette müfredattan tamamen kaldırılması ya da statüsünün karalanması yolunda girişimlerde bulunulmuştur. Bu amaçla atılan adımlardan biri üst bir güç tarafından evrenin yaratıldığını savunan yaratılışçılık fikrinin evrimle birlikte eşit ağırlıkta öğretilmesidir.

Yaratılışçıların yaratılışçılık fikrinin öğretilmesi konusunda açtığı bir davada hâkim, bir teoriyi neyin bilimsel kıldığını anlamak istedi. Sonunda felsefeci Karl Popper'in bilimsel teori tanımını kullanmada karar kıldı: Bir bilimsel teori yanlışlanabilmelidir. Teorinin yanlış olduğunu gösteren deneyler yapılabilmeli, kanıtlar bulunabilmelidir. Bu tanıma göre ise yaratılışçılık bilimsel bir teori olarak görülemez, çünkü yaratılışçılığın ardındaki fikri geçersiz kılacak bir deney yürütmek veya kanıt bulmak imkânsızdır.

Isaac Newton'un zamanında yaşayan Alman Georg Stahl kimya ve biyoloji alanlarında öncüydü. Gözlem yaptı, deney yü-

rüttü, teori geliştirmeye çalıştı ve sonunda kimyanın gelişiminde büyük rol oynayacak iki teori ortaya koydu. Yanmanın doğasını açıklamak için kullandığı flojiston teorisinin Antoine Lavoisier tarafından on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında yanlışlandığını görmüştük. Diğer teorisi vitalizm ise daha uzun süre hayatta kalacaktı.

Vitalizm, evrenin temelde biri cansız nesneleri, diğeri canlı varlıkları kontrol eden iki temel yasaya indirgenebilmesi şeklinde özetlenebilir. Vitalizm öne sürüldüğü dönemde hem dinlerin yaşam fenomenini incelerken kullandığı mistik merakı hem de yeni ortaya çıkan bilimlerin çalışma yöntemini kapsıyordu. Temel basit kimyasallar olan su ve tuzdan oluşan terlemenin haricinde yaşamla ilgili hemen hemen hiçbir kimyasal bileşik on sekizinci yüzyılın mevcut teknikleriyle analiz edilememiştir. Bir şeyi yapamıyor olmanız yapılamadığı anlamına gelmez, fakat bir şeyin henüz yapılamadığı için yapılamıyor olduğunu kabul etmek oldukça kolaydır. Bilim insanlarının canlı organizmaların ürettiği kimyasalları analiz etmeye yönelik tüm çabaları on dokuzuncu yüzyılın başlangıcına dek sonuçsuz kaldı.

Bundan dolayı vitalizm on dokuzuncu yüzyılın başına dek makul bir teori olmayı sürdürdü. Zamanının en büyük kimyacılarından olan İsveçli Jöns Jakob Berzelius kimyasalları inorganik ve organik olmak üzere iki gruba ayırdı, yaşamın ürünleri organik kimyasallardı.

Kimyasallar dünyasında inorganik ve organik olanların farklı kanunlara tabi olup olmadığı tartışıladursun, Alman kimyacı Friedrich Wöhler inorganik siyanür bileşikleriyle deney yapıyordu. 1828 yılında amonyum siyanatı ısıttı. Deney sonrasında oluşan kristaller Wöhler'e tanıdık gelmişti. Sonrasında yaptığı testler bu kristallerin idrarda bulunan temel kimyasal olan üre olduğunu ortaya çıkardı. Laboratuvar ortamında inorganik bileşikler kullanılarak organik bir bileşik üretilmişti.

Bugün aradaki fark artık bileşikte bulunan karbon elementinin kimyası üzerinden tanımlansa da kimya dünyası halen or-

ganik ve inorganik kimya olarak ikiye ayrılıyor. Vitalizm teorisi yıkılsa da genellikle yanlış yöndeki ilk girişimlerin doğru yöne girmesiyle ortaya çıkan bilimsel bilgiye giden yolda önemli bir adımdı.

Bazı tarihçiler Wöhler'in deneyinin önemini küçümseme niyeti olmadan amonyum siyanatın aslında bir organik bileşik olduğunu ve bundan dolayı deneyde aslında inorganik bir bileşiğin organik bileşiğe dönüştürülmediğini düşünüyor. Bu argümanda doğruluk payı bulunsa da Wöhler'in sonuçlarının kimyacıları organik ve inorganik bileşiklerin arasındaki farkın yapay olduğuna inandırdığı ve sentetik organik kimyanın patlamasını sağladığı aşikârdır. Bu arada, Stahl vitalizmin aslında bugün hâlâ devam ettiğini bilseydi mutlu olabilirdi, çünkü sentetik olarak üretilen vitaminlerle doğal kaynaklardan elde edilenler arasında kimyasal olarak hiçbir fark bulunmamasına rağmen çoğu insan hâlâ ikincisini satın almayı tercih ediyor.

Zimasın İzolasyonu

In vino, veritas; şaraptadır gerçek. Üzüm suyunu şaraba dönüştüren hayret verici mekanizmanın keşif hikâyesi tarih öncesine dayanır. On dokuzuncu yüzyılda biyokimyanın doğumuyla ise zirve noktasına ulaşmıştır.

Şarap neredeyse on bin yıldır hayatımızda. Üretimi atalarımızı büyülemişti. Aslında üzüm suyunun şaraba dönüşmesi o kadar büyüleyiciydi ki dünyanın toprak, hava, ateş ve sudan oluştuğu düşünülen Orta Çağ'da dönemin kimyasal teorisinin değişmesine sebep olmuştu. Üzüm suyunun şaraba dönüşme sürecine canlı maddenin benzersiz yapısını şekillendiren ve yansıtan bir beşinci öz (*quinta essencia*), bir beşinci element katılıyor olmalıydı. Bu beşinci element yaşamı karakterize ediyordu, bugün İngilizcede bir şeyin özünü ifade eden *quintessential* kelimesi buradan geliyor.

Üzüm suyunun şaraba dönüşme sürecini ifade eden fermantasyon, on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyılda birçok büyük bi-

lim insanı tarafından çalışıldı. Muhteşem Fransız kimyacı Lavoisier şeker çözeltisine düşük miktarda maya eklenmesinin alkol üretimine yol açtığını ve fermantasyonun bir tür kimyasal reaksiyon olduğunu gösterdi. Bu reaksiyon maya olmadan gerçekleşmediğinden mayanın süreçte önemli bir rol oynadığı kesindi.

Fakat maya ne tarz bir rol oynuyordu? Organik kimyanın öncülerinden Alman kimyacı Justus von Liebig mayanın rolünün kimyasal reaksiyonların hızlanmasını sağlayan titreşimler yaymak olduğunu öne sürdü. Benzer zamanlarda Alman biyolog Theodor Schwann ve Fransız mucit Charles Caignard-Latour mayanın aslında bir canlı varlık olduğunu keşfetti. Bu da mayanın şeker tüketip alkol ve karbon dioksit ürettiği biyolojik fermantasyon teorisinin oluşmasına olanak sağladı.

Bilimin tartışmasız devlerinden biri olan Louis Pasteur bakterilerin şarabın bozulmasına sebep olabileceğini keşfederek sallantıda olan Fransız şarap endüstrisini kurtardı. Pasteur'ün çalışmaları mayanın canlı hücrelerden oluştuğunu fark etmesiyle sonuçlandı, şekerin alkol ve karbon dioksite dönüştürülmesi bu hücrelerin temel enerji kaynağıydı. Fakat Pasteur bu dönüşümün aynı zamanda mayanın yaşam koşullarıyla ilgili olduğuna inanıyordu. Vitalistik kendiliğinden oluşum teorisini –yaşamın cansız maddelerden türeyebileceği görüşünü– yıkan bir adam için beklenmeyen bir sonuçtu bu.

Sorunun nihai çözümü 1897 yılında geldi. İki kardeş Hans ve Edward Buchner dikkatle tasarladıkları ve yürüttükleri deneylerle şekerin alkole dönüşmesinden sorumlu olan zimas enzimini izole etmeyi başardı. Filtre kâğıdıyla parçaladıkları ve artık yaşamadıklarından emin oldukları maya hücrelerinden elde ettikleri özün şekeri alkole dönüştürebildiğini fark ettiler. Deney, doğadaki yaşam süreçlerinin aslında kimyasal olduğunu ve aralarında zimasın da olduğu enzimlerin canlı hücrelerde ham maddelerin kullanışlı ürünlere dönüştürüldüğü kimyasal reaksiyonları hızlandırdığını göstermiş oldu.

Farklı bilimler farklı şekillerde doğar. Bazıları Mendel'in gen kavramı üzerine olan formülasyonu gibi büyüleyici bir önsezinin sonucudur. Diğerleri ise uzun yıllar süren, bazıları yanlış ve çıkmaz yollara giden gözlem ve teorilerle geliştirilir. Bir kere doğru yola girildiğinde ilerlemeler müthiş bir süratle gelir.

Zimas keşfedilen ilk enzim değildi, fakat canlı bir varlığın katılımı olmadan, canlı organizma dışı, yapay koşullarda eylemleri gözlemlenen ilk enzimdi. Zimasın ortaya çıkarılmasından birkaç sene sonra Franz Hofmeister tüm hücresel süreçleri enzimlerin kontrol ettiğini belirten, biyokimyanın en önemli dogmasını ortaya koydu.

Hans Buchner 1902'de hayata gözlerini yumdu ve Edward'ın 1907'de layık görüldüğü Nobel Ödülü'ne ortak olamadı. Edward başarılı kariyerine kimya profesörü olarak 1917 yılına dek devam etti ve 57 yaşında Birinci Dünya Savaşı için gönüllü oldu. Doğu cephesinde yaralanan Yüzbaşı Edward Buchner iki gün sonra hayatını kaybetti.

İnsülinin Yapısı

Kimyacılar on sekizinci yüzyılın sonunda bir maddenin özelliklerinin moleküler bileşimiyle ilgili olduğunu anlamıştı. Anlaşılmayan şey ise bu özelliklerin aynı zamanda moleküler yapıya da bağlı olduğuydu.

Bir evi örnek vermek gerekirse, tuğladan yapılan bir evle ahşap bir evin farklı özellikleri olduğu açıktır. Fakat tam olarak aynı sayıda tuğladan imal edilen iki ev oldukça farklı olabilir, çünkü mimari özellikler birbirinden çok farklı yapılar üretebilir. Evlerden biri aydınlık ve ferahken diğeri karanlık ve kasvetli olabilir.

Benzer bir fikir on dokuzuncu yüzyılın başında kimyada yer bulmaya başladı. İlk şüphelenen kişi Louis Pasteur'dü.

Pasteur'ün bilimdeki ilk başarısı tartarik asit kristallerinin iki farklı tipten oluştuğunu göstermesiydi. Bir kristal türü polarize ışığı sağa kırarken diğeri sola kırıyordu. Keşfin haberi

Fransa'nın en büyük bilim insanlarından biri olan Jean-Baptiste Biot'a ulaşmıştı. Biot, ışık dalgalarının davranışıyla ilgili bir fenomen olan ve bugün parlamayı azaltan güneş gözlüğü üretmek ve malzemelerdeki gerilim çizgilerini belirlemek için kullanılan polarizasyonu araştırmak için uzun zaman harcamıştı. (Lazerler ışık dalgalarının farklı bir hareketidir.) Biot şüpheci biriydi ve Pasteur'den bunu kendisine göstermesini istemişti. Pasteur'ün deneyi hazırlamasının ardından Biot etkiyi tespit ettiğinde Pasteur'ün elini tutarak "sevgili meslektaşım, hayatım boyunca bilime o kadar tutuldum ki, bu gösterdiğin şey kalbimin daha hızlı atmasına sebep oldu" demişti.

On dokuzuncu yüzyılın sonunda kimyacılar en önemli organik moleküller olan proteinlerin amino asit denilen temel yapı birimlerinin birleşmesiyle meydana geldiğini anlamıştı. Sonrasında DNA'da bulunan genetik kodun proteinleri oluşturan amino asitlerin sırasına karar verdiği anlaşıldı. 1940'larda kromatografi tekniğinin geliştirilmesiyle bir proteinin amino asit içeriğini anlamak mümkün oldu. Fakat bir proteinin işlevi amino asit içeriği bilinerek anlaşılamaz, sadece hangi tür tuğlaların kullanıldığını bilerek nasıl bir ev inşa edildiğini anlayamazsınız. Proteinlerdeki mimari evlerdeki kadar önemlidir.

Britanyalı biyokimyacı Frederick Sanger bir proteinin yapısını ortaya çıkaran ilk kişiydi. Elli amino asitten oluştuğu bilinen insülin proteiniyle çalıştı. Elli aminoasit biri on dokuz, diğeri otuz bir amino asitten oluşan iki zincir halinde sıralanıyordu. Sanger her amino asidin belirli bir ucuna bağlanan bir kimyasal keşfetti. Bu kimyasalı (bugün Sanger reaktifi olarak biliniyor) ve kromatografi tekniğini kullanarak büyük zincir parçalarını kırdı, titizlikle her parçanın yerini ve yapısını belirledikten sonra yapıyı bir araya getirdi. Yaptığı şey, bir yapbozun parçalarını tek tek daha küçük parçalara ayırıp sonra tekrar birleştirmeye benziyordu. Meşakkatli bir işti ve sekiz yıldan uzun bir süre aldı. 1953 yılında insülin molekülünün yapısını ortaya çıkarmayı başardı ve 1958 yılında Nobel Kimya Ödülü'ne layık görüldü.

Sadece bileşimi bilmenin yanında yapıyı da anlamanın önemi hafife alınmamalıdır. Örneğin, karbon monoksitin bizi zehirlemesinin sebebi karbon monoksit molekülünün hemoglobin molekülüne oksijenden daha iyi bağlanmasıdır. Bunun sonucu olarak hemoglobin molekülü oksijen ile karbon monoksit molekülü arasında bir seçim yapması gerektiğinde karbon monoksiti seçecek ve ölümcül sonuçları olacaktır. O kadar güçlü bağlanır ki, oksijen solumak zehirlenmeye çözüm olmaz, hemoglobini karbon monoksit moleküllerinden ayırmak için atmosferik basıncın iki veya üç katında oksijen solumak gerekir.

Sanger'in başarısının bilim camiasındaki önemini anlamak için Sanger'in insülinin yapısını çözdüğü 1953 senesinde Watson ve Crick'in de DNA'nın yapısını çözdüğünü hatırlatmakta fayda var. Fakat Watson ve Crick'in Nobel Ödülü kazanmaları için 1962 yılını beklemeleri gerekmişti.

BÖLÜM 4

MADDE

Karmaşık maddeler basit maddelerden oluşur ve bilimdeki en büyük araştırmalardan biri basit maddenin ne olduğunu ve nasıl çalıştığını anlamaya çalışmaktır. Kimya basit maddelerin nasıl bir araya gelip karmaşık maddeler oluşturduğunu inceler, fakat fizik bu basit maddenin ne olduğunu araştırır.

MADDENİN HALLERİ

Maddenin üç temel hali vardır: Katı, sıvı ve gaz. Yunanlar bu kadar açık ifade etmeseler de dünyanın toprak, hava, ateş ve su olmak üzere dört elementten oluştuğuna inanıyorlardı. Üç temel hali bu elementlerde bulabilirsiniz; toprak katı, su sıvı ve hava gazdır. Bu, atom teorisinin bir suyu neyin katı (buz), sıvı (su) ve gaz (su buharı) haline getirdiğini açıklamasından binlerce yıl önceydi.

Maddenin dördüncü hali olan plazma on dokuzuncu yüzyılın sonlarında keşfedildi, fakat Yunanların bu konuda da iyi bir tahminde bulunduğu söylenebilir. Yanıcı bir malzemeye ısı enerjisi verilmesiyle ortaya çıkan ateş, iyonize parçacıklardan oluşan ve kendi manyetik alanını yaratan plazmaya benziyordu. Ayrıca ateş de bir enerji formunun yarattığı parçacıklardan oluşuyordu.

En yaygın madde olan –en azından üç halde de yaygın olarak bulunan– su, araştırmalar için ilk akla gelen adaydı. Kış geldi-

ğinde nehir ve göl sularının buza dönüştüğünü ve ilkbaharda tekrar su haline geldiğini görebilirsiniz. Aynı şekilde su ısıtıldığı zaman da buhara dönüşür ve soğuk bir yüzey üzerinde tekrar yoğunlaşarak sıvı hale gelebilir. Ancak bunlar fenomenlerin yalnızca nitel tanımlarıydı. Bilim genellikle nitel tanımlamalarla başlar fakat ancak bu nitel tanımlamalar nicel hale geldiğinde önemli bir tahmin gücüne kavuşur ve bu güçle bağlantılı faydalar sağlar. Nitel olabilmesi içinse değişkenleri ölçen enstrümanlar gereklidir. Yunanlar hacim ve kütleyi ölçebiliyordu, fakat sıcaklık gibi değişkenleri ölçme şansları yoktu.

Gaz Kanunları

İskenderiyeli Heron, Yunan matematikçi, bilim insanı ve mühendisti. Heron formülü bir üçgenin kenar uzunlukları bilindiği takdirde alanının hesaplanabilmesini sağlıyordu. Fakat Heron daha çok bir mühendis ve bilim insanı olarak bilinir. Yel değirmeni ve buhar motoru inşa etmişti; gerçi bunlar bugün kullanıma hazır endüstriyel ekipmanlar değil prototip olarak sınıflandırılacak türden aygıtlardı. Aynı zamanda, hava üzerine uzun süre çalıştı. Hava ile tamamen doldurulmuş bir kaba su eklenemeyeceğini ispatlayarak havanın (ateşin aksine) aslında bir madde olduğunu göstermişti. Heron aynı zamanda, sıkıştırabilir olduğu için havanın aralarında boşluk olan parçacıklardan meydana gelmesi gerektiğini öne sürmüştü. Muhteşem bir akıl yürütme.

Tekrar yetenekli bir mühendisin hava üzerine çalışmaya karar vermesi neredeyse 1800 yıl aldı. Bu mühendis, ilk hava pompasını icat eden Otto von Guericke'ydi. Araştırmanın maliyeti çok büyük oldu, ancak von Guericke aynı zamanda iyi bir girişimciydi ve vakumun doğası üzerine etkileyici gösteriler yaptı. Vakumda mumun yanmadığını ve hayvanların yaşayamadığını, ayrıca içindeki hava boşaltılmış olan bir metal küreyi iki taraftan zıt yönlere çeken atların bile ayıramayacağını gösterdi.

Britanyalı bilim insanı Robert Boyle, von Guericke'nin deneylerini okudu ve tekrarlamaya karar verdi. Aslında von Gueric-

ke'nin hava pompasını daha iyi bir hale getirdi ve Galileo'nun vakum ortamda bir tüy ile kurşun güllenin aynı anda düşeceği iddiasını kanıtlamakta kullandı (deney 300 yıl sonra daha da dramatik bir şekilde Ay yüzeyinde tekrarlanacaktı). Boyle ayrıca vakumda ses duyulamayacağını, fakat elektrik yükünün ilerleyebileceğini gösterdi.

Bu deneylerin sonuçları Boyle'u gazların doğasını araştırmaya yöneltti. Bir gazı toplayan ilk kimyacıydı, fakat en büyük başarısı gaza uygulanan basınç ile gazın hacmi arasındaki ilişkiyi göstermesiydi. "J" şeklinde bir tüp kullanarak bir gazın hacminin maruz kaldığı basınçla ters orantılı olduğunu gösterdi. Basıncı iki katına çıkarmak hacmi yarıya, üç katına çıkarmak ise üçte birine indiriyordu. Aradaki ilişki Boyle kanunu olarak bilinir.

Bir asır sonra, Fransız baloncu Jacques Charles da daha pratik bir açıdan gazlarla ilgilendi; en nihayet o bir baloncuydu ve balonlar sıcak havayla dolardı. Charles 3.000 metrenin üzerine çıkan ilk baloncuydu. Cavendish'in çok daha hafif bir gaz olan hidrojeni keşfini okumuş ve hidrojenin kaldırma gücünün havadan çok daha fazla olacağını düşünerek bunu başarmıştı.

Charles'ın asıl başarısı ise sıcaklığın gaz hacmi üzerindeki etkisini göstermek oldu. Bir baloncunun ısınan gazlarla ilgilenmesi şaşırtıcı değildi. Sıcaklık belirli bir oranda artırıldığında farklı gazların hacimlerinin aynı oranda arttığını fark etti. Sıcaklık 0 °C'nin üzerindeyken her bir derecelik artışta hacim 1/273 oranında artarken, 0 °C'nin altındaki her bir derecelik düşüşte 1/273 oranında azalıyordu. Bunun mutlak sıfır kavramının önceden bir tahmini olduğu söylenebilir. Her bir derecelik düşüşte hacim 1/273 oranında azalıyorsa 273 derecelik düşüşte hacim sıfıra iner ve gazın hacmi daha fazla küçültülemez. Tam da bu şekilde mutlak sıfır değeri -273 °C'dir.

Charles sonuçlarını yayınlamadı, fakat sonrasında aynı sonuçlar baloncu bir arkadaşı olan Joseph Gay-Lussac tarafından keşfedildi (ve yayınlandı)! Charles için balonculuk sadece bir

tutku ve bilimsel şöhret kaynağı değildi, aynı zamanda hayatını da kurtarmıştı. Tuileries Sarayı Fransız Devrimi sırasında öfkeli bir kalabalık tarafından işgal edildiğinde orada olduğu için şanssızdı, fakat akıl sağlığını kendisine saldıran kana susamış kalabalığa balonculukla ilgili bazı anekdotlarını anlatacak kadar korumayı başarmıştı. Kendisi müthiş bir hikâye anlatıcısı ya da anıları çok heyecan verici olmalıydı ki, kalabalık gitmesine izin vermişti.

ATOM ÂLEMİ

Richard Feynman'ın da fark ettiği gibi atom teorisi birçok büyük bilimsel gelişimin kaynağı olmuştur. On dokuzuncu yüzyılın ortasında karbon, demir ve oksijen gibi temel elementlerin var olduğu ve Dünya'daki her şeyin bu elementlerden oluştuğu kabul ediliyordu. Peki ya gökyüzü ne'den yapılmıştı?

Meteorlar tarih öncesi dönemden beri gözlemleniyordu, fakat atmosferle ilgili oldukları düşünülüyordu. Hatta "meteor" terimi atmosferin Yunanca karşılığından türetilmişti. Kasım 1833'teki büyük meteor yağmuruna dek meteorların kaynağının dünya dışı olduğu fark edilememişti. Bunun öncesinde, Yale Üniversitesi'nden Profesör Benjamin Silliman bir meteor üzerinde kimyasal analiz yapmış ve demir içerdiğini göstermişti, buna bağlı olarak gökyüzündeki cisimlerin de Dünya ile benzer bir malzemeden oluştuğu anlaşılmıştı. Fakat asıl büyük başarı yaklaşık yarım asır sonra gerçekleşecekti.

Spektroskopi

1835 yılında felsefeci Auguste Comte hiçbir felsefecinin gitmediği bir yere gitmeyi denedi. Felsefeciler o güne dek insan bilgisinin sınırına ulaşmaya çalışmışlardı ama genellikle asla çözülmeyeceğini düşündükleri ahlak, etik ve din sorunlarıyla ilgileniyorlardı. Comte bilimin hiçbir zaman cevaplayamayacağını düşündüğü soruları listeledi. Sorulardan biri yıldızların ne'den oluştuğuydu. Mantıksız bir fikir değildi, çünkü Friedrich Bessel 1838 yı-

lında 61 Cygni yıldızının uzaklığının herkesin tahmin ettiğinden çok daha fazla, altı ışık yılı olduğunu tespit etmişti.

Bu tahmin muhtemelen kendini arsenik içerikli organik bileşiklere kaptıran Alman kimyacı Robert Bunsen tarafından fark edilmedi. Bunsen belki de bu alanda çalışmaya başlamak için yetmiş beş yıl erken davranmıştı, çünkü Paul Ehrlich böyle bir bileşiği frengi kemoterapisinde kullanana dek bu tür bileşikler bilim camiasında ilgi çekmemişti. Bileşikler çok zehirliydi, Bunsen bir gözünü kaybetmiş ve arsenik yüzünden iki kez ölümden dönmüştü. İyileştikten sonra sağduyunun yiğitliğin daha iyi bir tezahürü olduğuna karar vermiş ve bir daha organik kimyaya dokunmamıştı.

Sonrasında ısının kimyasal reaksiyonlardaki etkisini incelemiş ve çeşitli cihazlar geliştirmişti. İlginç bir nokta da Bunsen ocağı olarak bilinen aleti kendisinin geliştirmemiş olmasıydı, fakat kimya laboratuvarlarında kullanımını standart haline getiren kişi oydu.

İlk öğrencilerinden biri Gustav Kirchhoff'tu. İkili dört yıl çalışmalarının ardından yollarını ayırdı. Kirchhoff başlangıçta elektrikle ilgileniyordu (elektriğin ışık hızında ilerlediğini gösteren ilk kişiydi), Bunsen'la bir araya geldiklerinde Bunsen'ın fotokimya çalışmalarına (ışık emen ya da yayan kimyasal reaksiyonlar) dâhil olmuştu. Bunsen o zamanlar renkli filtreler kullanıyordu, fakat Kirchhoff'un iyi bir matematik deneyimi vardı ve Newton'un hayranıydı, Newton'un kendi optik çalışmalarında yaptığı gibi prizma kullanmayı önerdi.

İkili Thomas Young'un ışığı yarıktan geçirmeyle Newton'un prizmadan geçirme fikrini birleştirdi. Böylece spektroskopi doğmuş oldu. Bunsen ocağıyla kimyasallar akkor haline gelene kadar ısıtılıyordu ve ışık bir spektroskop aracılığıyla içinden geçirildiğinde ekranda renkli çizgilere sahip bir desen oluşturuyordu. Sonrasında renkli çizgilerden oluşan bu desenlerin kimyasal bir iz olduğu ve her elementin karakteristik bir düzene, spektruma sahip olduğu keşfedildi.

Spektroskop kullanarak güneş ışığını analiz eden Kirchhoff sodyum elementinin karakteristik spektrum çizgisini keşfetti. Dünya atmosferinde sodyum olmadığına ve Güneş ile Dünya arasında boşluktan başka bir şey olmadığına göre sonuç kaçınılmazdı: Güneş sodyum içeriyordu. Aynı teknik daha sonra yıldızlardan gelen ışıklarda da kullanılacak ve içeriklerinin anlaşılmasını sağlayacaktı.

Kirchhoff'un bankacısı kendisine faydacı bir bakış açısıyla "Eğer Dünya'ya getiremeyeceksem ne yapacağım Güneş'teki altını?" diye sormuştu. Kirchhoff sonrasında Büyük Britanya tarafından bir madalya ve para ödülü ile ödüllendirildi. Para ise altın sikke şeklinde verilmişti. Kirchhoff bunları bankacısına verirken gönderme yapmadan duramayarak "İşte Güneş'ten gelen altınlar," demişti.

Spektroskopi icat edildiği ilk günden beri geliştiriliyor. Aralık 2021'de fırlatılan James Webb teleskobunda ötegezegenlerin atmosferlerindeki molekül izlerini tespit edebilecek enstrümanlar bulunuyor. James Webb'deki enstrümanların tespit edebileceği molekül sınırı Dünya'daki yaşamın işareti olan oksijen ve ozona dek uzanıyor. SETI projesi yarım asırdan uzun bir süre evreni zeki bir yaşamın varlığına işaret edecek bir sinyal bulma amacıyla taradı. Belki de SETI fazla şey bekliyordu, Webb teleskobu bir ötegezegenin atmosferinde oksijen veya ozon bulursa bu muhtemelen evrenin başka bir yerinde yaşamın varlığına işaret edecek.

Yıldızlarla ilgili o talihsiz tahmini yapan Auguste Comte daha sonra delirdi ve spektroskopların icadından iki sene önce de hayatını kaybetti. Bazı tarihçiler Comte'un tahmininin soytarılıktan ibaret olduğunu yazdılar, fakat Comte'un hatası aslında doğru yargıya yanlış konuda varmasıydı. Comte'un tahmininden neredeyse bir asır sonra, Alman fizikçi Werner Heisenberg, Comte'un bilimin sınırları olduğu konusundaki görüşünü haklı çıkaracak olan kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesini formülleştirecekti. Birkaç yıl sonrasında ise Kurt Gödel meşhur eksiklik

teoremini kanıtlayarak matematiksel bilginin de sınırları olduğunu gösterecekti.

Atomun Yapısı

Atom teorisinin on dokuzuncu yüzyılın sonunda oluşturulmasıyla maddenin nihai içeriğinin keşfedildiği düşünülmüştü. O zamanın hâkim anlayışı, eğer bir atomu görmek mümkün olsaydı küçük, sert ve özelliksiz bir küre ile karşılaşılacağını öne sürüyordu. Öte yandan elektromanyetik enerjinin doğası birkaç fizikçinin dikkatini çekmişti.

James Maxwell elektromanyetizmanın dalga şeklinde olduğunu göstermişti, fakat 1870'lerin sonuna doğru William Crookes vakum bir tüpteki katot ışınlarının manyetik alan tarafından saptırılabileceğini gösterdi. Bu durum Crookes'u ışınların elektrik yükü taşıyan parçacıklar olduğuna ikna etmişti. Yirmi yıl sonra J. J. Thomson bu ışınların elektrik alandan da etkilendiğini ve bundan dolayı parçacık olmaları gerektiğini gösterdi. Thomson hassas deneyleriyle daha da ileri gidip bu parçacıkların yük/kütle oranını ölçtü. Sonradan elektron olarak bilinecek olan bu parçacıklar son derece küçüktü ve kütlesi bir hidrojen atomunun 1837'de biri kadardı. Hidrojen en küçük atom olduğundan elektronlar atomlardan da küçük olmalıydı. Atom altı fiziği doğmuştu.

Thomson'ın asistanlarından biri yaşamının ilk kısmını Yeni Zelanda'daki bir patates tarlasında geçiren Ernest Rutherford'du. Babasının çiftliğinde patates toplamak için toprağı kazdığı sırada Cambridge'den burs teklifi aldığı haberi geldi. Küreğini kenara bırakarak, "Bu çıkardığım son patates," dedi ve İngiltere'ye gitmek üzere yola çıktı.

Rutherford başlangıçta (diğer herkes gibi) radyoaktif maddelerden yayılan radyasyonla ilgileniyordu. Bu ışınların ince bir metal plakadan nasıl sekeceği üzerinde çalışmaya başladı. Yalnızca iki bin atom kalınlığında olan bir altın plakaya pozitif elektrik yüküne sahip alfa parçacıkları ateşledi. Rutherford

bu alfa parçacıklarının bir kısmı dik bir şekilde geri geldiğinde atomun bir yerinde pozitif yükün yoğunlaşması gerektiğini, bu sayede bu pozitif yükün yine pozitif yüklü olan alfa parçacıklarını iteceğini fark etti. Fakat alfa parçacıklarının çoğu yansımadan altın plakanın içinden geçip gitmişti, bunun üzerine Rutherford atomun büyük bir çoğunluğunun boşluk olduğunu anlamış oldu. Sonrasında pozitif yüklerin (protonlar) merkeze yakın bir çekirdek içinde sıkı bir şekilde bir arada bulunduğu ve dış katmanlarda bulunan elektronlar tarafından çevrelendiği bir atom modeli oluşturdu.

Rutherford'un asistanlarından biri, Thomson'la çalıştıktan sonra kendisinin yanına gelen Danimarkalı bilim insanı Niels Bohr'du. Rutherford'un atom modelinde bazı eksikler vardı, bunlardan biri neden her atomun kendine has spektral çizgilerden oluşan bir parmak izi olduğuydu. Bohr, yeni geliştirilen kuantum teorisini kullanarak elektronların çekirdek çevresinde gezegenlerin güneş çevresinde olduğu gibi döndüğü radikal bir çıkarımda bulundu. Kuantum teorisi elektronların çekirdekten ancak belirli uzaklıklarda bulunabileceğini ve "ara yörüngelerde" bulunması gibi bir durumun mümkün olmadığını söylüyordu. Ek olarak, Bohr'un teorisi hidrojen atomunun spektral çizgilerini de açıklıyordu ve Bohr'un çizdiği atom resmi, üzerinde birkaç değişiklik yapılmış olarak, bugün hâlâ kullanılıyor.

Yirminci yüzyılın başında kendinizi Nobel adayı yapmanızın en iyi yolu Thomson'ın asistanı olmaktı. Thomson'ın kendisi, Rutherford, Bohr ve diğer beş asistanı Nobel Ödülü'ne layık görüldü. Rutherford ile Bohr, Nazi Almanyası'ndan kaçmak isteyen Yahudi bilim insanlarına büyük yardımda bulundular. Danimarka Almanlar tarafından işgal edilince, Bohr Danimarkalı Yahudilerin Hitler'in ölüm kamplarından kaçmasına yardım etti. Bohr ayrıca 1943'te Danimarka'dan İsveç'e kaçtı ve küçük bir uçakla oradan İngiltere'ye uçtu, yolda oksijensizlikten neredeyse ölecekti. Amerika Birleşik Devletleri'ne vardığında ise Los Alamos'ta atom bombası üzerine çalışan fizikçilerden biri oldu.

Kuantum Hipotezi

On dokuzuncu yüzyılın sonuna doğru tüm dünyadaki fizikçiler zamanlarının gelip geçtiğini düşünmeye başlamıştı. Önde gelen fizikçilerden Philipp von Jolly, fiziğin geleceğinin evrenin fiziksel sabitlerini (ışık hızı gibi) artan hassasiyetle ölçmekten ibaret olacağını düşündüğünden öğrencilerine başka kariyerlere yönelmelerini tavsiye ediyordu.

Fakat hâlâ çözülmemiş olan küçük problemler vardı. Yanıtlanmamış sorulardan biri cisimlerin nasıl radyasyon yaydığıydı. Demir, ocakta dövüldüğünde ilk olarak mat kırmızı, sonra parlak kırmızı ve en son beyaz renk alıyordu; başka bir deyişle sıcaklığı arttıkça rengi değişiyordu. Klasik fizik ise bunu açıklamakta zorlanıyordu. Aslında hâkim teori olan Rayleigh-Jeans teorisi karacisim olarak adlandırılan ideal bir nesnenin üzerine düşen dalga boyu kısaldıkça sonsuz enerji yayacağını öngörüyordu. Kısa dalga boyu morötesiydi, Rayleigh-Jeans teorisinin morötesi ışığa maruz kalan bir karacisim için sonlu enerji tahmin etmedeki başarısızlığı "morötesi felaket" olarak bilinir oldu.

Rayleigh-Jeans teorisi enerjinin tüm frekanslarda yayılabileceği varsayıldığında çalışıyordu. Bunu bir arabanın hızına benzetebiliriz, araba teorik sınırına kadar tüm hızlarda gidebiliyor olmalıdır. Örneğin saatte 100 milden hızlı gidemediğini varsayarsak, saatte 30, 40 ya da 56,4281 mil hızla gidebilmelidir.

Von Jolly'nin üniversiteye girerken başka bir bölüm okumasını tavsiye ettiği isimlerden biri olan Alman fizikçi Max Planck, 1900 yılında bir gün morötesi felaketten kurtulmak için garip bir çıkarımda bulundu. Enerjinin tüm frekanslarda yayılabileceğini düşünmek yerine ancak belirli ihtimallerin mümkün olduğunu varsaydı. Araba benzetmesine dönecek olursak, Planck'ın hipotezine göre araba ancak saatte 5, 25 veya 40 mil gibi tam sayılarla ifade edilen hızlarla yol almalıydı. Planck, bu mantık dışı hipotezin ikilemi çözdüğünü ve elde ettiği radyasyon eğrilerinin deneylerde elde edilenlerle eşleştiğini hemen gösterebildi. O gün, öğle yemeğinden sonra küçük oğluyla birlikte yürürken,

"Bugün Newton'unki kadar devrimci ve büyük bir düşünce ürettim," demişti.

Meslektaşları ilk etapta hemen ona seninle aynı fikirdeyiz demediler. Planck saygı duyulan bir fizikçiydi, fakat kuantum fikri –enerjinin ancak belirli seviyelerde olabileceği– başlangıçta ciddiye alınmadı. Daha çok morötesi felaketi çözmek için uygulanan, fakat kuralları gerçek dünyanın kurallarına uymayan bir matematiksel numara olarak görüldü. Planck'ın fikri Einstein 1905 yılında fotoelektrik etkiyi açıklamak için onu kullanana dek beş sene destek görmedi. Sekiz sene sonra Niels Bohr, hidrojen atomunun spektrumunu açıklamak için yine Planck'ın teorisini kullandı. Yirmi sene içerisinde Planck Nobel Ödülü'ne layık görüldü ve kuantum mekaniği atom dünyasındaki davranışları açıklayan ve bugünün yüksek teknoloji endüstrilerinin var olmasını sağlayan, gerçek dünyanın en temel teorilerinden biri oldu.

Nazilerin gelmesiyle Alman bilimi darbe yedi. Yahudi olan veya Yahudi akrabaları bulunan birçok bilim insanı ülkeden kaçtı. Nazi rejimine tepki gösterenler de ülkeden kovuldu. Planck Nazilerden rahatsızlık duysa da Almanya'da kalmaya karar verdi. Trajik bir karardı. 1945 yılında Planck'ın küçük oğlu Alman ordusunun üyeleri tarafından Hitler'e suikast düzenlemek için kurulan "Albaylar İsyanı" ile bağlantısı olduğundan idam edildi.

Radyoaktif Bozunma ve İzotoplar

John Dalton atom teorisini oluşturduğunda atomların değiştirilemez olduğunu ve aynı elementin tüm atomlarının şekil, boyut ve kütle açısından aynı olduğunu öne sürmüştü. Yirminci yüzyıla gelinirken bilim insanları atomun yapısını anlamaya başlamış ve bu hipotezlerin geçerliliği sorgulanır olmuştu.

Dalton'un tespit ettiği atom özelliklerinden ilki atomların değişmez olduğuydu. Dalton'un atom teorisi ile eski simyacıların görüşleri arasındaki en büyük farklardan birinin değişmezlik olması şaşırtıcıdır. Simyacılar elementlerin başka elementlere

dönüştürülebileceğini düşünüyordu ve değdirilince kurşunu altına dönüştürecek olan "Felsefe Taşını" bulabilmek için büyük çaba harcamışlardı. Ernest Rutherford ve Frederick Soddy yeni keşfedilen radyoaktif malzemelerle deney yaptılar. Radyoaktif elementlerin kendiliğinden bozunduğunu ve radyoaktivitenin radyoaktif elementlerin parçacık yayarak başka elementlere dönüşmesi süreci olduğunu gösterdiler. Rutherford ve Soddy müthiş bir önseziyle bunun atom altı seviyede olacağını öne sürdü. Keşifleri atom teorisinin güncellenmesinin ve sonunda Rutherford'un atom çekirdeği görüşünün dâhil edilmesinin gerekliliğini gösterdi.

Soddy kariyerinin en verimli bölümünü radyoaktif bozunma fenomenini çalışarak geçirdi. Kurşunun son ürün olduğu radyoaktif bozunma serisinin aydınlatılmasını sağladı. Ayrıca radyoaktif bozunmayı açıklamak için radyoaktif yer değiştirme kanunu adı verilen bir kanun oluşturdu.

Bilim insanları radyoaktif bozunma sırasında alfa ve beta parçacığı adını verdikleri iki parçacığın salındığını belirtiyordu. Soddy, alfa parçacığı salındığında parçacığı salan elementin atom ağırlığının ve çekirdek yükünün iki birim azaldığını gözlemledi. Bugünden baktığımızda bu durumun alfa parçacığının iki proton ve iki nötron içermesiyle açıklanabileceğini görüyoruz, fakat nötronun keşfedilmesine neredeyse yirmi yıl vardı. Beta parçacığı salındığında atomik ağırlık değişmiyor, fakat çekirdek yükü bir birim artıyordu. Bunun da daha sonra bir nötronun bozunması sonucu bir proton oluşması ve bir elektron salınmasından kaynaklandığı anlaşılacaktı.

Soddy, bir elementin iki sıra yukarıdaki elementin alfa bozunmasıyla veya bir sıra aşağıdaki elementin beta bozunmasıyla oluşabileceğini gösterdi. Fakat atom ağırlıklarını ölçtüğünde değişmiyordu. Soddy, bunun elementlerin izotop olarak adlandırdığı birden fazla formunun bulunmasıyla alakalı olabileceği sonucuna vardı. Aynı elementin iki farklı izotopu aynı çekirdek yüküne, fakat farklı atomik ağırlıklara sahip olacaktı.

Dalton'un atom teorisine bir güncelleme daha gelmişti. Atomlar artık bölünmez ya da özdeş değillerdi. Britanyalı fizikçi James Chadwick'in nötronu keşfetmesinin ardından izotopların nasıl var olabildiğine dair bir açıklama mümkün olmuştu: Nötronlar çekirdek yükünü değiştirmiyordu, fakat atom ağırlığını değiştiriyordu.

Bir elementin iki farklı izotopu temelde aynı kimyasal özelliklere sahiptir, fakat farklı atomik özellikleri bulunur. Farklı izotoplar tıpta ya da radyoaktif tarihlemede kullanılır. İzotopların en önemli tarihsel uygulaması 1930'ların sonlarında keşfedildi. Doğada bulunan uranyumun yüzde doksan dokuzunun atomik ağırlığı 238, yüzde birinden azının atomik ağırlığı 235'ti. Daha kararsız olan uranyum-235 nötron bombardımanına tutulduğunda enerji ve daha fazla nötron yayarak daha küçük iki atoma parçalanır. Yeni nötronlar diğer uranyum-235 atomlarını vurur ve daha fazla enerji ve nötron üretir. Süreç zincir reaksiyon olarak bilinir ve atom bombasının patlayıcı gücünün arkasındaki mekanizmadır.

X-Işını Kristalografisi

New Age akımına katılanlar aslında kristallerin büyüsüne kapılan insan gruplarının sadece sonuncusudur. Kristallerin birçok formunun güzelliği ve simetrisi, nadir olmalarının yanında binlerce yıldır çok değerli görülmelerine ve mistik özellikleri olduğundan şüphelenilmesine sebep olmuştur.

Kristaller üzerine yapılan bilimsel çalışmalar on yedinci yüzyılda fosillerin uzun zaman önce ölmüş hayvanların kalıntısı olabileceğini öne süren ilk kişi olan Danimarkalı bilim insanı Nicolaus Steno'ya dek uzanıyor. Steno bir kristal kırıldığında, kırılma şeklinin rastgele olmadığını ve her zaman karakteristik bir açıya sahip bir düzlemde meydana geldiğini fark etti. Bu gözlem daha sonra kristalografinin ilk kanunu olarak bilinecekti.

Kristalografi, Fransız keşiş René Haüy arkadaşının koleksiyonundaki bir kalsit parçasını yanlışlıkla düşürene dek bir asır

daha beklemek zorunda kalmıştı. Haüy sakarlığından dolayı özür dileyip parçaları topladığı sırada bir asır önce Steno'nun yaşadığını yaşadı ve parçaların kırılma düzlemlerinin belli açılarda olduğunu fark etti. Gözleminin peşinden giden Haüy bu kez kristalleri bilinçli bir şekilde kırmaya başladı. Kristallerin birbirini tekrar eden geometrik düzende "birim hücrelerden" meydana geldiğini öne sürdü. Bu, kristallerin atomik yapısına dair şaşırtıcı derecede isabetli bir öngörüydü.

On dokuzuncu yüzyıl, kristallerin diğer özellikleriyle ilgili ayrıntılı çalışmalara sahne oldu. Bazı kristallerin ışığı polarize etme özelliğine sahip olduğu keşfedildi. Bir başka olağandışı özellik de Pierre Curie'nin keşfettiği piezoelektrikti: bazı kristaller sıkıştırıldıkları zaman elektrik akımını iletebiliyordu. Bu özellik olmasa, elektrik akımı bazı kristallerin titreşmesine yol açardı. Bu özellik, yaklaşık bir asır önce popüler olan kuvars saatlerin çalışma prensibini oluşturuyor. Yirminci yüzyılın ikinci yarısında LCD (*Liquid Crystal Display*) yani sıvı kristal ekran teknolojisi benzeri görülmemiş doğrulukta ucuz saatlerin üretimini mümkün kıldı.

Kristal çalışmalarından elde edilen muhtemelen en önemli sonuç, X-ışınlarının doğasıyla ilgili tartışmadan kaynaklanmıştır. Katot ışınları gibi parçacıklardan mı oluşuyorlardı, yoksa ses gibi boyuna dalga veya ışık gibi enine dalgalar mıydı? 1910 yılında üçüncü seçenekten yana olanlar çoğunluğu oluşturmaya başladı, fakat problem X-ışınlarının dalga boyunun nasıl ölçüleceğiydi.

Sıradan ışığın dalga boyu bir kırınım ızgarasıyla ölçülüyordu. Işık metal ızgara üzerindeki açıklıkların arasında bulunan kapalı kısımlardan geri yansıyordu. Dalga boyu kısaldıkça açıklıkların birbirlerine daha yakın olması gerekiyordu ve X-ışınlarının yansımasını ölçecek kadar yakın açıklıklar oluşturmak mümkün değildi.

Max Planck'ın asistanlığını da yapmış olan Alman fizikçi Max von Laue, doğal kristallerin mükemmel bir X-ışını kırınım

ızgarası olduklarını fark etti. 1912 yılında çinko sülfür kristaline X-ışını gönderdi ve yansıyan ışınları fotoğraf levhası üzerinde tespit edebildi. Çinko sülfürün kristal yapısı X-ışınlarının levhaya vurduğu noktalardan anlaşılabiliyordu.

Eğer bir kristalin boşlukları bilinseydi X-ışını kristalografisi X-ışınlarının dalga boyunu ölçmek için kullanılabilirdi. Fakat daha önemlisi, aynı durumun tersi de geçerliydi. X-ışınının dalga boyu bilinirse kristalin yapısı anlaşılabilirdi. Bu teknik daha sonra karmaşık yapıya sahip maddeleri çözümlemede en önemli araçlardan biri oldu.

En iyi X-ışını kristalograflarından ikisi olan Rosalind Franklin ve Dorothy Crowfoot Hodgkin karmaşık maddelerin yapısını anlamaya yönelik çalışmalara büyük katkıda bulundular. Franklin'in DNA kristalleri üzerine yaptığı X-ışını çalışmaları Watson ve Crick'in DNA'nın yapısını anlamalarına yardımcı oldu. Penisilinin antibiyotik özellikleri Britanya hükümeti tarafından İkinci Dünya Savaşı sırasında fark edilmişti, fakat doğal kaynaklardan elde edilme süreci kendisini Dünya'daki en pahalı bileşiklerden biri haline getiriyordu. Hodgkin X-ışını kristalografisi ve basit bir elektronik bilgisayar kullanarak penisilinin yapısını ortaya çıkardı. Bununla birlikte sentezlenmesini mümkün kılmış oldu ve bu sayede yapılan yüksek miktarda üretim milyonlarca yaşamın kurtarılmasına olanak sağladı.

Atom Numaraları

Büyük deneysel fizikçi Ernest Rutherford "Rüya Takım" kavramı var olmadan uzun bir süre önce bu takımlardan birini kurmayı başarmıştı. Rutherford ile meslektaşları ve öğrencileri yirminci yüzyılın başındaki fizikçilerin kaymak tabakasını oluşturuyordu ve yediden fazla Nobel Ödülü kazanmışlardı.

Bu ödüllerden hiçbiri Rüya Takım'ın en iyi üyesi olabileceği düşünülen Henry Moseley'e gitmedi. Moseley, Eton ve Oxford'dan atılmasının ardından 1910 yılında Manchester Üniversitesi'nde Rutherford'a katıldı. Radyumdan yayı-

lan beta radyasyonunu çalışmasının ardından X-ışınlarından faydalanarak elementleri incelemeye başladı.

X-ışınlarının Wilhelm Röntgen tarafından keşfedilmesinin üzerinden henüz yirmi yıl geçmemişti, fakat bilim insanları bu çok kısa dalga boyunu maddelerin yapısını anlamak için kullanmaya başlamıştı. Alanın iki öncüsü, baba-oğul bir ekip meydana getiren, William Henry Bragg ve William Lawrence Bragg'dı. Bragglar elementler X-ışınıyla uyarıldığında ortaya çıkan spektrumun elemente has parlak çizgiler barındırdığını keşfetmişti.

Elementler üzerinde yapılan tüm çalışmalar Mendeleev'in periyodik tablosu baz alınarak yürütüldü. Fakat halen periyodik tablonun yapısıyla ilgili bazı problemler bulunuyordu. Mendeleev tabloyu ilk oluşturduğunda elementleri artan atom ağırlıklarına göre sıralamıştı. Mendeleev'in bunu bilmesi mümkün olmasa da elementleri bu şekilde sıralamak periyodik tablonun hem karışmasına hem de bazı hatalar içermesine neden oluyordu. Bir atomun ağırlığı Mendeleev'in o dönem çalıştığı elementin izotopik bileşimine bağlı olduğu için, yapmış olduğu sıralamanın yanlış olduğu daha sonra ortaya çıkıyordu. Ayrıca atom ağırlıkları arasında büyük fark olan iki elementin arasına girecek yeni bir element keşfedilebileceğinden kimse tabloda hangi elementlerin bitişik olması gerektiğini bilmiyordu.

Moseley, Bragglar'ın keşfettikleri spektrum çizgilerini kullanarak elementlerin atom ağırlıklarını karşılaştırmaya karar verdi. Spektrumla atom ağırlıkları arasında basit bir ilişki bulunduğunu, spektrumdaki özel çizgilerin dalga boyunun atom ağırlığının artışıyla uygun bir şekilde arttığını keşfetti.

Diğer fizikçiler çekirdekte bulunan proton sayısıyla atom ağırlığının ilişkili olabileceğini öne sürdüler. Moseley bu fikri çekirdekte bulunan proton sayısının spektrum çizgilerini etkilediğini öne sürerek bir adım ileri taşıdı. Bir elementin çekirdeğinde bulunan proton sayısını tanımlamak için "atom numarası" terimini kullandı ve periyodik tabloyu artan atom numaralarına uyacak şekilde güncelledi.

Periyodik tablonun doğru düzeninin arkasındaki sırrın bu olduğu ortaya çıktı. Var olan elementleri açıklıyor, ayrıca boşlukları dolduracak elementleri tahmin edebiliyordu. Son olarak, atom numaraları tam sayı olduğundan Moseley'nin teorisi hangi elementlerin *keşfedilmeyeceğini* öngörebiliyordu, çünkü elementler kesirli atom numaralarına sahip olamazdı. Hidrojenin atom numarası 1, helyumunki 2'dir, yani ikisi arasında bir element keşfedilemez.

Moseley sonuçlarını Aralık 1913'te yayınladı. 1914 yılında Birinci Dünya Savaşı başladığında vatansever Moseley, Kraliyet Mühendisi olarak Britanya ordusuna katıldı. Haziran 1915'te Britanya donanmasına bağlı bir filoyla Türkiye'ye geldi ve Gelibolu Savaşı'nda bir keskin nişancının kurşunuyla hayatını kaybetti. Moseley'nin atom numaralarıyla ilgili yaptığı çalışmasından ötürü Nobel kazanması kesindi, fakat Nobel Ödülü yalnızca yaşayan bilim insanlarına veriliyor. Moseley'nin çalışmasının önemi Nobel Ödülü kazanmış başka bir fizikçi olan İsveçli Karl Siegbahn'ın çalışmalarını Moseley'nin fikirleri üzerine kurmuş olmasından anlaşılabilir.

Bu kitap için araştırma yaparken iki isim beni derinden etkiledi. Henry Moseley Gelibolu Savaşı'nda top yemi olarak anlamsız ve gereksiz şekilde ölmüş, bir önceki bölümde adı geçen Rosalind Franklin de otuz sekiz yaşında kansere yenik düşmüştü. Şimdiye dek hiçbir şair genç yaşta ölen bir bilim insanı için kaside yazmadı, fakat bence yapamamış oldukları keşiflerden dolayı yazılması gerekiyor.

Antimadde

1920'ler fizik adına müthiş üretici bir dönem oldu. Kuantum mekaniği devrimi yirmi seneyi aşkın süredir devam ediyordu ve Bohr'un hidrojen atomunun kuantum-mekanik tanımıyla önemli bir zafer kazanmıştı. Ayrıca 1919 yılında Einstein'ın genel görelilik teorisinin doğrulanmasını sağlamıştı. Tüm bu gelişmeler birçok parlak genci fizik çalışmaya yönlendiriyordu.

Louis de Broglie bir Fransız soylusuydu. Soyluluk Fransa'da her zaman bir ayrıcalık anlamına gelmiyordu, de Broglie'nin büyük-büyük-büyükbabası Fransız Devrimi sırasında giyotinle idam edilmişti. Tarih diplomasını almasının ardından Birinci Dünya Savaşı döneminde radyo iletişimi üzerine çalışan de Broglie'nin bu deneyimi bilime olan ilgisinin artmasını sağladı.

Einstein ve Planck enerji üzerine önemli denklemler oluşturmuştu. Einstein'ın denklemi enerji ile kütlenin, Planck'ın denklemi enerji ile dalga boyunun ilişkisi üzerineydi. De Broglie neredeyse çocuk oyuncağı denebilecek bir şey yaptı ve iki denklemi kullanarak dalga boyu ile kütle arasındaki ilişkiyi çıkardı. Kuantum mekaniği ışığın hem parçacık hem dalga olarak davranma ikilemini çözmüştü, fakat aynı şey diğer fiziksel cisimler için kullanılabilir miydi?

Sıradan bir cismin, örneğin bir pirinç tanesinin dalga boyu aşırı derecede kısaydı ve tespit edilemiyordu, fakat bilinen en küçük cismin, elektronun dalga boyu ölçülebilecek kadar uzundu. 1927 yılında hem Clinton Davisson hem de George Thomson onu tespit etmeyi başarmıştı. Enerji olarak görünen fotona uygulanan parçacık-enerji ikilemi artık kütle olarak görünen elektrona uygulanabilirdi.

Kariyerine elektrik mühendisi olarak başlayan Paul Dirac iş bulmakta zorlanınca matematik alanına kaydı. Doğru bir hareket olduğu kesindi, çünkü bu konudaki yeteneği bir zamanlar Newton'un da işgal ettiği, Cambridge Üniversitesi'ndeki Lucas Profesörlüğü pozisyonuna otuz yaşında atandığında kanıtlanmıştı. De Broglie'nin çalışması birçok matematikçi ve fizikçinin ilgisini çekmişti ve Dirac bu kez matematiksel fiziğe kaymıştı.

Bir doğru karar daha! Dirac elektronun sahip olabileceği biri negatif, biri pozitif olan iki farklı enerji konumunu tanımlayan denklemler oluşturmuştu. Eğer enerji konumları elektrik yükü olarak kabul edilebilirse, elektronun negatif enerjiye sahip olduğu konum negatif elektrik yüküne sahip olduğunu gösteriyordu.

Dirac'ın denklemleri elektronla her açıdan eş, fakat pozitif yüke sahip bir parçacığın varlığını öngörüyordu.

Böyle bir parçacık henüz tespit edilememişti ve Dirac'ın sonuçları şüpheyle karşılanmıştı. Fakat kısa sürede Dirac haklı çıktı. Amerikalı fizikçi Carl Anderson kozmik ışınları çalışıyordu ve yıldızlararası uzayda oldukça yüksek enerjiye sahip parçacıkların üretildiğini gösterdi. Enerjileri o kadar yüksekti ki, sıradan sis odalarında incelenemiyorlardı. Anderson parçacıkları yavaşlatmak için kurşun bir levha kullandı ve incelenebilir hale getirdi. Bir gün elektronla eş görünen parçacıkları takip ediyordu, fakat elektronlar manyetik alandan geçtiklerinde belli bir yöne saparken Anderson'un parçacığı ters yöne sapıyordu. Anderson'un parçacığı keşfedilen ilk antimaddeydi ve Dirac'ın denklemlerinde keşfettiği parçacığa denk geliyordu.

Bir madde ile antimadde bir araya geldiklerinde birbirlerini yok eder ve enerji üretirler. Fizikteki en büyük gizemlerden biri evrenin neden çoğunlukla sıradan maddeden meydana geldiğidir. Neden antimaddeden, antiyıldızlardan, antigezegenlerden ve belki de antiinsanlardan meydana gelen galaksiler olmasın? Bilim insanları 1995 yılında bir antiprotonun çevresinde dönen antielektrondan meydana gelen bir antihidrojen oluşturmayı başardı. Atom sıradan parçacıkla çarpışıp yok olmadan önce saniyenin milyonda biri kadar süre kararlı kalmayı başarmıştı.

Nükleer Fisyon

Macaristan'da Yahudi ebeveynlerin çocuğu olarak dünyaya gelen Leo Szilard tehlikeyi ilk gören insanlardan biriydi. Yaptığı çalışmalarla Berlin Üniversitesi'nde bir pozisyon sahibi olan bu zeki fizikçi, Almanya'da Hitler'in yönetime geçmesinden sonra bir geleceğinin olmadığını anladı ve İngiltere'ye gitti. 1934 yılında, Londra sokaklarında yürüdüğü sırada zincir reaksiyon kavramını üretti. Orijinal fikri berilyum metalinin helyum atomlarına ayrıldığı fisyon reaksiyonu hakkındaydı ve sürecin nasıl olduğunu gösteremese de ne olduğunu tanımlayabilmişti. Pa-

tent alırken de bu tanımı kullanmıştı. Fikrinin askeri kullanım potansiyelini de fark etmiş olduğundan patenti gizli tutmaya karar verdi.

Almanya'ya geri dönecek olursak, Lisa Meitner Yahudi olmasına rağmen Avusturya vatandaşı olduğundan kendini yeterince güvende hissediyordu. Otuz seneden uzun bir süredir beraber çalıştığı Otto Hahn ile çalışmasına devam edebilmek için Almanya'da kalmayı sürdürdü. Bilimde kariyer yapmaya çalışan ilk kadınlardan biri olarak anti-feminist ön yargıların kurbanı olmuştu, çalıştığı laboratuvarın yöneticisi başlangıçta erkeklerin çalıştığı bu laboratuvarda çalışmasını reddetmişti. Hitler Avusturya'yı işgal ettiği sırada Hahn'la birlikte nötron ile bombardıman ettikleri uranyumun davranışını çalışıyorlardı. Meitner Birinci Dünya Savaşı sırasında Avusturya Ordusu'nda hemşire olarak görev almış olsa da Almanya'nın artık kendisi için çok tehlikeli olduğunun farkındaydı. Hollandalı bilim insanları vizesiz bir şekilde Hollanda'ya gelebilmesine yardımcı oldu ve Niels Bohr İsveç'te bir pozisyon bulabilmesini sağladı.

Fritz Strassmann, Meitner'in yerine Hahn'ın yeni ortağı oldu ve 1939'un başında uranyumla yaptıkları deneylerin sonuçlarıyla ilgili makalelerini yayınladılar. Başlangıçta bombardımanın kimyasal olarak baryuma benzeyen, radyoaktif bir element olan radyum ürettiğini düşündüler. Sonuç olarak bombardıman edilen uranyuma baryum eklediler. Fakat radyum tespit edemediler. Çalışmalarının sonucunu yayınladıklarında uranyum atomunun fisyona uğrayıp daha hafif olan baryumu ürettiğini söylemekten kaçındılar.

Sonuçlarını Stockholm'den okuyan ve çalışmalarına aşina olan Meitner, uranyum atomunun fisyona uğradığı sonucuna vardı ve bu seçenekle ilgili ilk yayın yapan kişi oldu. Artık Amerika Birleşik Devletleri'nde olan Szilard, uranyumun baryuma bozunmasının daha önceden berilyum-helyum çifti için önerdiği zincir reaksiyon için daha iyi bir aday olduğunu düşündü. Hemen orada yaşayan diğer iki Macar fizikçi olan Eugene

Wigner ve Edward Teller ile iletişime geçti. Szilard'ın patentini saklamasına neden olan askeri potansiyel artık apaçık ortadaydı. Üç fizikçi belki de dünyada siyasetçileri etkileme gücüne sahip tek bilim insanı olan Albert Einstein'a gittiler ve Einstein'ı Başkan Franklin Roosevelt'e kendisini durumdan haberdar eden ve dikkatli bir şekilde kaleme alınmış bir mektup yazmaya ikna ettiler.

Roosevelt ise atom bombası üretmek için yıllar ve iki milyar dolar harcanan Manhattan Projesi'nden projenin ilk adımlarını atacak kadar etkilenmişti.

Amerika büyük bir bilimsel yetenek zenginliğine sahip olsa da Alman projesinde çalışan fizikçiler arasında sadece Hahn'ın değil, şüphesiz dünyanın en parlak fizikçilerinden biri olan Werner Heisenberg'in de olduğu fark edilmişti. Gerçek hikâye tam olarak bilinmiyor, fakat Alman atom bombası projesinde çalışan hiçbir Alman bilim insanı Nazi taraftarı değildi, bundan dolayı proje Hitler'in öncelikleri arasında yer almıyordu. Hahn ve Heisenberg Avrupa'daki savaşın sona ermesinin ardından Amerikan kuvvetleri tarafından göz altına alındı ve Hiroşima'nın bombalanmasından İngiltere'de tutuklu oldukları sırada haberdar oldular. Hahn bu durumdan kendini sorumlu hissetti ve bir süre intihar etmeyi düşündü. Nükleer fisyonla ilgilenmiş bilim insanlarının çoğu gibi (fakat hepsi değil) nükleer silah karşıtı bir karakter oldu ve nükleer silah üretmeyi planlayan bir Batı Alman projesinde yer almayı reddetti.

Radyoaktif İzotopların Üretimi

Anneniz tarihin en büyük kadın bilim insanı ve babanız da parlak bir bilim insanı olsaydı sizin de büyük bir bilim insanı olma şansınız sıradan insanlara göre daha yüksek olurdu (babanızın bir trafik kazasında zamansız bir şekilde hayatını kaybetmesi bu olasılığı fazla düşürmezdi). Pierre ve Marie Curie'nin büyük kızları Irene Curie de benzer bir durumdaydı. Özel eğitim alan ve bilimsel gelenekle iç içe büyüyen Irene, Marie Curie radyo-

aktivite üzerine ömür boyu süren araştırmasına devam ederken annesinin asistanı olarak görev yaptı.

Irene bu dönemde Marie Curie'nin asistanlarından biri olmak üzere özellikle seçilmiş, olağanüstü gelecek vaat eden bir kimyacı olan Frederic Joliot ile tanıştı. 1926 yılında evlendiler. Tabii ki o zaman standart uygulama evlenen kadının kocasının soyadını almasıydı, fakat Pierre ve Marie Curie'nin oğulları olmadığından Curie isminin ölmesini istemeyen Frederic Joliot karısının soyadını aldı. Irene ve Frederic Joliot-Curie, tıpkı Marie ve Pierre Curie gibi birlikte yaşayıp beraber çalıştılar.

Marie Curie'nin çalışamayacak kadar hastalanmasının ardından Irene onun yerini aldı. Sonraki birkaç yılda Joliot-Curieler birkaç bilimsel keşfi çok rahatsız edici şekilde kıl payı kaçırdılar. 1932 yılında nötronu keşfetmek üzerelerdi, fakat İngiliz fizikçi James Chadwick önce davrandı. 1933'te varlığı Dirac tarafından tahmin edilen pozitronu keşfetmek üzerelerdi, fakat Amerikalı fizikçi Carl Anderson kozmik ışınları çalışırken parçacığı keşfetmeyi başardı.

Ancak 1934 yılında turnayı gözünden vurdular. Alfa parçacıklarının alüminyum gibi hafif elementlerle çarpışmasının sonuçlarını araştırıyorlardı. Deney sisteminde Ernest Rutherford'un atom çekirdeğini keşfettiği sistemine benzer bir şekilde alüminyum çekirdeğindeki protonlar koparılıyordu. Hedefi alfa parçacıklarıyla vurmayı bıraktıklarında bile, proton yaymayı bıraksalar da hâlâ bir tür radyasyon yaymaya devam ettiğini keşfettiler.

Joliot-Curieler alüminyumun bombalanmasının fosfor ürettiğini, fakat bu fosforun doğada bulunandan farklı olduğunu fark ettiler. Doğal fosfor radyoaktif değildir, fakat onların ürettikleri radyoaktifti. Joliot-Curieler doğada olmayan bir izotopu yapay bir şekilde üretmişlerdi.

Keşfin hem teorik hem pratik sonuçları vardı. Bu deneylerin öncesinde radyoaktivitenin uranyum ve toryum gibi ağır elementlere ait bir fenomen olduğu düşünülüyordu. Şimdi ise

doğru izotop hazırlanması durumunda her elementin radyoaktif olabileceği anlaşılmıştı. O zamandan beri binden fazla radyoaktif izotop üretildi. Tıpta, tarımda, endüstride ve bilimsel araştırmalarda kullanıldı. Radyoaktif izleyiciler [kimyasal tepkimeleri incelemek için kullanılan kimyasal bileşikler] hazırlanabilirdi ve doğada bulunan radyoaktif elementlerden çok daha güvenliydiler. Bunun sonucunda yapay olarak üretilen radyoaktif izotoplar doğada bulunanlardan çok daha fazla kullanılır oldu. 1935 yılında Joliot-Curieler, Curielerin ardından Nobel kazanan ikinci karı-koca ikilisi oldular.

İkinci Dünya Savaşı sırasında Joliot-Curieler Müttefiklerin davasına paha biçilemez bir hizmette bulundu. Atom bombası üretiminde ağır suyun önemini fark ederek Fransızların elindeki tüm ağır su stokunu ülkeden kaçırdılar. Werner Heisenberg kadar parlak bir zekâ tarafından yönetilen Nazi atom bombası projesinin başarısız olmasının sebeplerinden biri bu olabilir.

Savaş sırasında Frederic açıkça komünist oldu ve Irene de komünist bağlantıları olan kurumlarda çalıştı. Bunun sonucunda Irene 1954 yılında Amerikan Kimya Derneği'ne üyelik başvurusu yaptığında, McCarthy'den ilham alan ve tüm ülkeyi kasıp kavuran komünizm paranoyası başvurusunun reddedilmesine neden oldu.

ATOMUN İÇİ

Başlangıçta Max Planck'ın kuantum hipotezi daha çok bir matematik numarası olarak görülmüştü; morötesi felaketi çözüyordu, fakat bilimsel olarak daha fazla bir önemi olduğu düşünülmüyordu. Einstein formülü fotoelektriği açıklamak için kullandığında ise kuantum hipotezinin bir matematik numarasını aşan bir şey olduğu ve diğer teorilerin açıklayamadığı fenomenleri açıklayabildiği anlaşılmıştı.

Fakat kuantum mekaniği çok daha fazla fiziksel fenomeni açıklayacaktı. Felsefenin en temel sorularından birine önemli ölçüde etkisi oldu: Gerçekliğin doğası neydi? Kuantum teorisinin

bu konu hakkında söylemesi gereken şey zamanın en önemli fizikçilerinin kafasını karıştırmıştı. Aradan bir asır geçtikten sonra, bugün, kuantum teorisinin ortaya attığı en temel soruların çoğu hâlâ yanıtsızdır. Kuantum teorisi, üretilmesine sebep olduğu cihazlardan fizik dünyasını aşan sorulara kadar dünyayı sonsuza dek değiştirdi.

Belirsizlik İlkesi

Bilim insanları dünyaya baktıklarında onu ya olduğu gibi ya da semboller aracılığıyla görme eğilimindedirler ve bu eğilimlerden biri ya da diğerini benimseyen çok değerli bilim insanları olmuştur. Fakat fizik yirminci yüzyılın başlangıcında atom altı dünya ile daha fazla ilgilenmeye başlayıp ilerleme kaydettikçe bu alandaki fenomenleri görsel olarak tespit etmek çok daha zor hale geldi. Bunun sonucunda Werner Heisenberg'in de aralarında olduğu bazı fizikçiler atom altı dünyayı yalnız sembolik olarak çalışmaya başladılar.

Heisenberg, Niels Bohr'un asistanlarından biri olma şansına sahipti ve Bohr'un "güneş sistemi" atom modeline aşinaydı. Fakat Bohr'un modeli birtakım teorik zorluklar içeriyordu ve bir grup fizikçi bu zorlukların üstesinden gelmeye çalışıyordu. Bu fizikçilerden biri olan Erwin Schrödinger, atom altı dünyaya parçacıklardan ziyade dalga olarak davranarak çözüm bulmaya çalışmıştı. Heisenberg ise farklı bir yaklaşıma sahipti. Deney sonuçlarına göre güncellenebilecek, matris olarak bilinen bir matematiksel sistem kullandı. Hem Schrödinger'in hem de Heisenberg'in yaklaşımı Bohr'un atom modelinden daha fazla fenomeni açıklamaları konusunda işe yaradı. Sonrasında iki teorinin de aynı olduğu, farklı fikirler kullanarak aynı sonuçlara ulaştıkları gösterildi.

1927 yılı Heisenberg'in sadece ona Nobel Ödülü'nü getirecek değil, aynı zamanda felsefi çerçeveyi sonsuza dek değiştirecek keşfi yaptığı yıldı. On sekizinci yüzyılın sonuna doğru Fransız matematikçi Pierre Laplace bilimsel determinizmi karakterize

eden bir tanım yapmıştı. Laplace evrende konumu ve momentumu bilinen herhangi bir cismin gelecekte herhangi bir zamanda nerede olacağının hesaplanabileceğini öne sürmüştü. Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ise *bir şeyin* nerede olduğunun ve nereye gittiğinin aynı anda bilinmesinin imkânsız olduğunu gösteriyordu. Bu zorluk aslında kendisini büyük ölçekli dünyada göstermiyor; biri size kartopu atarsa kartopunun nereye doğru gideceğini tahmin edip toptan kaçmanızı sağlayacak hamleyi yapabilirsiniz. Öte yandan siz ve kartopu elektron boyutunda olursanız ne tarafa kaçacağınıza karar vermekte zorlanırsınız, çünkü kartopunun nereye geleceğini bilemezsiniz.

Heisenberg'in belirsizlik ilkesi bazen hatalı bir şekilde insanların fenomenleri *yeterince iyi ölçemeyeceği* şeklinde anlaşılır. Aksine, ilke bilginin sınırlarını tanımlar, dünyaya kuantum-mekaniği bakış açısıyla bakmanın direkt bir sonucudur. Kuantum mekaniğinin temel bir parçası olan belirsizlik ilkesinin gerçek dünyada lazer ve bilgisayarlar gibi gündelik nesnelerin yapımında karşılığı vardır. Hatta daha da ileri giderek, Yunan filozoflarının ilk kez öne sürmelerinden beri sorgulanmayan evrenin basit neden-sonuç ilişkilerini yasaklamıştır. Heisenberg belirsizlik ilkesinin sonuçlarından birini şu şekilde açıklıyor:

Atomlarla ilgili deneylerde günlük yaşamdaki olgular kadar gerçek olan fenomenlerle çalışmak zorundayız. Ancak atomlar ve temel parçacıklar bildiğimiz anlamda gerçek olmadığından, şeyler ya da gerçekler yerine potansiyeller veya olasılıklar dünyası oluştururlar. ... Atomlar sıradan şeyler değildir.

Atomlar sıradan şeyler değilse nedir? Heisenberg'in devriminden yetmiş beş yıl sonra fizikçiler –ve felsefeciler– hâlâ bu soruyu cevaplamaya çalışıyor.

Heisenberg'in yukarıda yaptığı tanım derin sorularla mücadele eden bir entelektüelin tasvirini yapar. Bu tasviri Rolling Stones'un *Street-Fighting Man* şarkısıyla bağdaştırmak biraz zor. Fakat Birinci Dünya Savaşı sonrasında Werner Heisenberg bir sokak dövüşçüsüydü ve savaşın ardından Alman hükümetinin

çökmesinden sonra Münih sokaklarında komünistlerle savaşıyordu. Buna belki gençlik coşkusu denebilir, çünkü söz konusu dönem Heisenberg'in ergen olduğu yaşlardı.

Tamamlayıcılık ve Gerçekliğin Kuantum Görünümü

Entelektüel tahminlerde bulunmaya başladığımız andan beri gerçekliğin doğasını merak ettik. Bu, büyük Yunan filozoflarının yazıya dökülmüş ilk çalışmalarından başlayarak her düşünür neslini meşgul eden bir soruydu. Bir çocuğun sorabileceği bir soruydu, ancak kimse tatmin edici bir yanıt bulmayı başaramadı.

Isaac Newton matematiği doğal fenomenleri tanımlamak için kullanılan temel araçlardan biri yaptığından beri teoricilerin birer kâğıt ve kalem alıp oturarak matematiksel çözümler elde etmeleri ve sonrasında deneycilerin bu teoriyi alıp başarılı bir deney kurmaları daha kolay hale geldi. Sonuç olarak, bazen matematiğin doğal fenomenleri tanımlamak için uygun bir dil olduğunu hissederiz, fakat bize fenomenin doğasına yönelik sezgisel herhangi bir şey söylemez.

Bunun klasik bir örneği Dalton'un atom teorisidir. Kimyacılar için maddenin atomlardan oluştuğu varsayımının sonucu olarak kimyasal reaksiyonların hesabını yapmak kolaydı. Bir kimyacı kimyasal reaksiyonu yazabilir ve hangi maddenin ne kadar üretileceğini tahmin edebilirdi. Fakat Dalton'un ardından bir asırdan uzun bir süre boyunca atomların varlığı gösterilememiştir. Bazı bilim insanlarına göre Dalton'un teorisi basit ve uygun bir matematiksel tanım, olayların gerçekte nasıl olduğunu söyleme gereği duymadan sadece ne olacağını söyleyen bir biçimselleştirme olabilirdi.

Yirminci yüzyılın başında kuantum mekaniğinin doğuşu bu problemin daha özel bir versiyonunu yarattı. Kuantum mekaniğinin matematiksel formülasyonu elektronları gerçek madde yerine bir olasılık dalgası olarak görüyordu. Bazılarına göre yine bu da sadece matematiksel bir kurguydu. Sonuçta elektronlar motorları çalıştıran elektrik akımlarını üretiyordu ve en dış ka-

bukta bulunan elektronlar maddeler suda çözündüğünde kimyasal reaksiyona giriyordu. Neden gerçek olmasınlardı?

Albert Einstein "gerçeklik" bakış açısını savunanlardandı ve bu sorunu açıklamak için fizikçiler Boris Podolsky ve Nathan Rosen ile birlikte EPR deneyi olarak bilinen bir düşünce deneyi gerçekleştirdiler. Fizik kanunlarına göre iki fotonun (foton A ve foton B diyelim) salınması mümkündür, bu sayede iki fotonun toplam spini (kuantum-mekaniksel bir özelliği) bilinir. Kuantum mekaniği bir fotonun spininin ölçülene kadar bilinemeyeceğini ve fotonu ölçme işleminin ölçüm sonucunu etkileyeceğini öne sürer. Fakat A fotonunun spini belirlendiğinde B fotonunun spini hesaplanabilir.

Einstein, Podolsky ve Rosen buna karşı çıktı. Ölçümden önce her iki spin de bilinmemektedir. Birbirinden birkaç ışık yılı uzaklıkta bulunan iki grup deneycinin bu fotonların spinini ölçtüğünü hayal edin. Önce A fotonunun ve saniyeler sonra B fotonunun spini ölçülürse, kuantum mekaniğine göre A fotonundan B fotonuna spininin ne olması gerektiğine dair bilgi gidecek kadar zaman olmasa da B fotonu A fotonunun ölçüm sonucunu *bilecekti*!

Einstein'a göre geriye iki seçenek kalıyordu. Niels Bohr'a göre –kuantum mekaniğinin Kopenhag yorumu olarak bilinir– B fotonu A fotonuna ne olduğunu aralarında bir sinyal iletimi olmadan bilebilir. Ya da fotonların ışıktan daha hızlı bir sezgi gücüne sahip olduğuna inanmayı kenara bırakıp yukarıdaki ikileme çözüm sağlayacak, henüz ölçülmemiş fiziksel özelliklerde kendisini gösteren daha derin bir gerçekliğin var olduğuna inanılabilir. Einstein yaşamının sonuna dek ikinci görüşe bağlı kaldı. Henüz bulunamayan bu özellik "gizli değişken" olarak adlandırılacaktı.

1964 yılında İrlandalı fizikçi John Bell gizli değişkenlerin var olduğunu gösterdi, artık "Bell eşitsizlikleri" olarak bilinen matematiksel ilişkilerle deney yapılabilirdi. Yirmi otuz yıl içerisinde deneylerin yapılabileceği donanım üretilebilecekti. Fakat o

zamandan beri Einstein'ın yaşamı boyunca mümkün olmayan ultra hızlı lazerlerle yapılan deneyler Einstein'ın fikrine kapıyı neredeyse tamamen kapattı. "Kuantum silgi" adı verilen deneylerin son versiyonları belirsizliğin egemen olduğu evren tasavvurunda Einstein'ın görüşlerinin içinden geçemeyeceği kadar dar boşluklar bıraktı. Belki evrenin sadece hayal ettiğimizden değil, hayal edebileceğimizden de garip olduğu doğrudur.

Kuarklar

Bilim bazen var olan açıklamaların yerine yenilerinin konduğu, sonu gelmeyen devrimler dizisi gibi görünür. Genellikle bu durum üç adımın; veri toplamanın, veriyi bir düzen içine yerleştirmenin ve düzeni açıklayacak bir teori geliştirmenin sonucudur. Kimyada yeni elementlerin araştırılması, Mendeleev'in periyodik tablo hazırlaması ve Bohr'un atom tanımı buna örnek verilebilir.

İnsanlık Yunanlar hava, su, toprak ve ateşten oluştuğunu tahmin ettiğinden beri maddenin nihai içeriğini araştırıyor. Yirminci yüzyılın ilk çeyreğinde atomların yapısı açığa çıkarıldıktan sonra sorun çözülmüş gibi görünüyordu: Atomlar çekirdekte bulunan proton ve nötronların çevresinde dönen elektron bulutundan meydana geliyordu. Fakat kısa sürede bu madde modelinin de eksiksiz olmadığı anlaşıldı.

Yapının derinine indikçe daha yüksek enerji kullanmak gerekiyor. Elektronları bir atomdan koparmak için çok yüksek enerji gerekmez, zaten sıradan kimyasal reaksiyonların gerçekleştiği bölgedir. Çekirdeği kırmak ise yüksek enerji gerektirir. Yüzyılın ortasında bu amaçla kullanmak için çok daha yüksek enerji üretecek parçacık hızlandırıcılar inşa edildi.

Sonuçlar deneysel açıdan müthiş olsa da teorik açıdan rahatsız ediciydi. Yüzden fazla parçacık bulunmuştu ve bu "sanal kalabalığın" düzenlenmesi için modern zamanın Mendeleev'i bekleniyordu. 1960'ların başında Murray Gell-Mann ve Yuval Ne'eman Sekiz Katlı Yol dedikleri bir tablo oluşturdular. Men-

deleev'in hikâyesinin neredeyse aynısıydı, bilinen parçacıklar arasında sahip olacağı özellikler tahmin edilen ve henüz keşfedilmemiş parçacıklar için boşluklar bulunuyordu ve parçacıklar hızla keşfediliyordu. Sekiz Katlı Yol parçacıkların periyodik tablosuydu, fakat tablonun arkasında yatan bir mekanizma var mıydı?

1950'lerin sonunda Robert Hofstadter mümkün olan en yüksek enerji uygulandığında proton ve nötronlara ne olduğuyla ilgili derinlemesine bir araştırma yürüttü. Proton ve nötronların sert ve nokta gibi parçacık olmak yerine bir çeşit iç yapıya sahip olduklarını keşfetti. Nötron ve protonların da karmaşık parçacıklar olduğu anlaşılmıştı.

Gell-Mann ve Caltech'ten bir diğer fizikçi George Zweig, Hofstadter'den bağımsız bir şekilde durumu açıklayacak bir parçacık sistemi hazırladılar. Bu parçacıklar üçlü bir şekilde bir araya gelerek proton ve nötronları, geride kalan diğer kombinasyonlar da diğer parçacıkları oluşturuyordu. Gell-Man, James Joyce'un *Finnegan'ın Vahı* adlı kitabındaki "Tavus kuşu Mark için üç kuark" dizesine atıfla parçacıklara "kuark" adını verdi. Verdiği isim tutmuştu.

Yıllarca süren deneyler üç kuark ailesi olduğunu ortaya çıkardı. İlk aile, sıradan maddedeki proton ve nötronları oluşturan aşağı ve yukarı kuarklardır. Diğer iki aile tılsım ve garip kuarklar ile alt ve üst kuarklardı. Bir araya geldiklerinde parçacık hızlandırıcılar veya kozmik ışınlardaki yüksek-enerjili süreçlerde üretilen daha özel parçacıkları oluştururlar. Üç kuark ailesine üç lepton ailesi eşlik eder. Her aile bir elektron ve nötrino içerir. Parçacıkların bu düzeni Standart Model olarak bilinir. Standart Model'deki parçacıkların sonuncusu olan ve kütlesi olan parçacıklardan sorumlu olan Higgs bozonunun varlığı 1964 yılında Avustralyalı fizikçi Peter Higgs tarafından öngörülmüştü. Neredeyse yarım asır sonra, 2012 yılında, Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda yapılan deneyler Higgs bozonunun varlığını doğruladı

ve Higgs 2013 yılında Nobel Ödülü'ne layık görüldü. Geç olsun güç olmasın!

Mendeleev ya da Rutherford için doğanın en derin sırlarını küçük bir laboratuvarda, nispeten daha kısa sürede ve çok para harcamadan ortaya çıkarmak mümkündü. Bu mutlu tablonun sonuna gelmişiz gibi görünüyor. Üst kuarkı keşfetmek, binlerce bilim insanı ve teknisyenin on yıldan uzun süre çalışmasını ve milyarlarca dolar harcanmasını gerektirdi. Standart Model'den daha da derin bir sistem varsa bunu açığa çıkarmak için ne kadar insanın ne kadar süre çalışması gerekecek ve bu masrafı nasıl karşılayacağız?

BÖLÜM 5

KUVVETLER VE ENERJİ

Bilimin en büyük başarılarından biri olan fizikteki Standart Model'in oluşturulması yüzlerce yıl aldı. Bize maddenin içeriğinin ve maddelerin başka maddelerle etkileşmesini sağlayan kuvvetlerin neler olduğunu söylüyor. Fizikte iş ne kadar etkileşim olduğunun ölçüsüdür ve enerji de iş yapabilme potansiyelidir. Teknolojik ve bilimsel ilerlemenin iyi bir ölçüsü ne kadar iş yapabildiğimiz ve bu işi yapmak için gereken enerjiyi ne kadar iyi kullanıp depolayabildiğimizdir.

SANAYİ DEVRİMİ

Tarihimizin büyük bir bölümünde iş fiziksel güçle –insan veya hayvan gücüyle– ya da suyun akışıyla yapıldı. Pişirme ve ısıtmada ve cam yapmak ya da maden cevheri ergitmek gibi bazı endüstriyel süreçlerde ateş kullanıldı, fakat buhar motorlarının icadına dek fiziksel emek gerektiren işlerin yerine ısı kullanmak mümkün olmadı. Buhar motorları ağır kaldırmayı ve hızlı taşımayı mümkün kıldı ve bu gelişmenin toplum açısından içerdiği önem bilim insanlarının ısının doğasını daha çok incelemesine sebep oldu.

Termodinamik Yasaları

Britanyalı genç bilim insanı William Thomson 1847 yazında Alplerde tatil yapıyordu. Bir gün Chamonix'den Mont Blanc'a yürürken ancak Britanyalı olacak kadar garip bir çiftle karşı karşıya geldi: devasa bir termometre taşıyan bir adam ile bir at arasında ona eşlik eden bir kadın. Daha sonra Lord Kelvin olarak bilinecek olan Thomson, çiftle kısa bir sohbete girişti. Adam James Prescott Joule'dü ve yanındaki eşiyle Alplere balayına gelmişlerdi. Joule hayatının önemli bir kısmını suyun yaklaşık 237 metre düşürüldüğünde 1 Fahrenheit derece ısındığını ispatlamaya adadı. Fakat Britanya'da pek şelale bulunmuyordu ve Joule Alplerde olduğuna göre balayının bu bilimsel gerçekle arasına girmesine izin veremezdi.

On dokuzuncu yüzyılın ilk kısmında fizikte yeni bir görüş yükseliyordu: Enerjinin tüm formları birbirine dönüşebilirdi. Mekanik enerji, kimyasal enerji ve ısı enerjisi birbirinden tamamen farklı şeyler değillerdi, sadece enerji fenomeninin farklı halleriydi. Bira endüstrisinde çalışan James Joule kendini mekanik iş ile ısı enerjisi arasındaki ilişkiyi göstermeye adadı. Deneylerde çok etkileyici olmayan, düşük miktarda sıcaklık değişiklikleri oluyordu ve Joule'ün sonuçları akademik dergilerden ve Royal Society'den ret yemişti. Sonunda sonuçlarını bir Manchester gazetesinde yayınlamayı başardı, fakat yayınlanmasının sebebi Joule'ün kardeşinin gazetenin müzik eleştirmeni olması da olabilirdi. Joule'ün sonuçları enerjinin yaratılamayacağını veya yok edilemeyeceğini, ancak form değiştirmesi sağlanabileceğini öngören termodinamiğin ilk yasasının oluşmasını sağlamıştı.

Joule'den yirmi sene önce Fransız askeri mühendis Nicolas Carnot buhar motorlarının verimliliğini artırmaya çalışıyordu. James Watt tarafından geliştirilen buhar motoru verimli sayılırdı, ancak yine de motoru çalıştırmak için kullanılan ısının yüzde doksan beşini boşa harcıyordu. Carnot bu fenomen üzerine çalıştı ve beklenmedik bir sonuca ulaştı: Mükemmel verime sahip bir motor yapmak imkânsızdı, maksimum verim sadece motoru ça-

lıştırmak için kullanılan sıcaklığın matematiksel gösteriminden ibaretti. Bu, Carnot'nun tek yayınıydı ve William Thomson'ın İsviçre Alplerinde Joule ile tanışma şansı yakalamasından bir yıl sonra diriltilene dek, yirmi beş yıl boyunca gömülü kaldı.

Carnot'nun çalışması termodinamiğin ikinci yasasını oluşturuyordu. Yasa birkaç formda gösterilebilir ve Carnot'nun motorların maksimum teorik verimini gösterdiği örnek bunlardan biridir. İkinci yasanın bir diğer formülasyonu, Rudolf Clausius'un tanımıyla termodinamik süreçlerin doğal yönlülüğüdür: Bir bardak sıcak suyun içerisine konan bir buz küpü eriyecek ve suyun sıcaklığını düşürecektir, fakat bir bardak sıcak su asla sıcak ve buz şeklinde ayrılmayacaktır.

Avusturyalı fizikçi Ludwig Boltzmann termodinamiğin ikinci yasasının olasılık türünden yeni bir formülasyonunu keşfetti: Sistemler düzenlilikten düzensizliğe ilerleme eğilimindeydi (bu temiz bir odanın kirlenme eğilimi olmasını, fakat kirli bir odanın temizlenme eğilimi olmamasını açıklar). Termodinamiğin birinci ve ikinci yasaları o kadar çok farklı alanda karşımıza çıkıyor ki, yaşama dair ortak "anlayışımızın" parçası haline geldiler: İlk yasa asla kazanamayacağınızı, ikinci yasa ise bunu umut bile edemeyeceğinizi söylüyor.

Carnot, Joule ve Boltzmann termodinamiği üç farklı yöne götürdü: Pratik (Carnot), deneysel (Joule) ve teorik (Boltzmann). Sadece termodinamiğe olan ilgileri bakımından değil, trajik hayatlar yaşamaları bakımından da ortaklardı. Carnot 36 yaşındayken kolera nedeniyle hayata gözlerini yumdu. Joule zengin bir bira tüccarının oğlu olmasına rağmen hayatı boyunca hastalıklarla boğuştu ve çocukluğundan gelen bir omurga bozukluğuyla mücadele etti, hayatının sonraki bölümünde fiziksel gücünü ciddi biçimde kaybetti. Boltzmann bipolardı ve geniş bir aile, arkadaş ve öğrenci (onlardan biri nükleer fisyonun keşfinde rol oynayan Lisa Meitner'di) çevresine sahip olmasına rağmen depresyondaydı ve teorilerinin hiçbir zaman kabul edilmeyeceği

korkusuyla intihar etti. Üzücü ve ironik bir şekilde, çalışmaları ölümünden bir sene sonra fark edildi ve takdirle karşılandı.

ELEKTRİK VE MANYETİZMA

Milattan altı yüz yıl önce Miletli Thales kehribarı bir yüne sürttüğünde statik elektrik kıvılcımları oluşturabildiğini keşfetmişti. "Elektrik" terimi Yunancada kehribar anlamına gelen *elektron* kelimesinden gelir. Dört yüz yıl sonra Çinliler mıknatıs taşlarını demir bir iğneye sürterek ilkel bir pusula olarak kullanmaya başlamışlardı, sürtme işlemi iğnenin mıknatıslanıp kuzeyi göstermesini sağlıyordu. Fakat bilimin bu fenomenin nasıl çalıştığını tam olarak anlaması için iki bin yıl daha geçmesi gerekecekti.

Elektriğin Doğası

Bilimde temelde iki tip keşif vardır. Bazı keşifler dikkatli planlanmıştır, iyi tasarlanan deneylerin veya belirli bir fenomenin uzun süreli gözleminin sonucudur. Bazı keşifler ise neredeyse tamamen şans eseridir. Bir keşifle ilgili en büyüleyici anekdotların büyük bir çoğunluğunun şans eseri olanlarla alakalı olması pek şaşırtıcı sayılmaz.

Şans eseri yapılan bilim keşiflerinin en meşhurlarından biri İtalyan anatomist Luigi Galvani'nin yaptığıydı. 1771'de bir gün, incelediği kurbağa bacağına elektrik verdiğinde bacağın seğirdiğini fark etti. Galvani'nin bu deney için kurbağa bacağı tercih etmesinin sebebi muhtemelen en sevdiği yemeklerden biri olmasıydı.

Durum başlangıçta Galvani'nin ilgisini çekti, fakat çok şaşırmamıştı. Çünkü kasların elektrik akımı verildiğinde seğirdiği biliniyordu. Bu tarz gösteriler kimi akşamların eğlencesi olurdu. Sonrasında Galvani bunu Benjamin Franklin'in yıldırımların elektriksel doğasını keşfiyle ilişkilendirebileceğini fark etti. Kurbağa bacaklarını demir parmaklıklara değecek şekilde pencerenin dışındaki pirinç kancalara bağladı. Galvani'nin de beklediği

gibi bir şimşek gökyüzünü ikiye ayırdığında kaslar seğirmeye başlamıştı.

Fakat parlak bir günde, iki farklı metale değdikleri sürece seğirmeye devam ediyorlardı. Elektriğin bir yerden geldiği kesindi, fakat metaller mi, yoksa kas mı üretiyordu? Galvani elektriğin kaslar tarafından üretildiği sonucuna vardı ve bu elektrik türüne "hayvan elektriği" adını verdi.

Alessandro Volta, Galvani'nin arkadaşıydı ve Galvani Volta'ya çalışmalarının bir kopyasını göndermişti. O devirdeki birçok bilim insanı gibi Volta da elektrikle ilgileniyordu. Kariyerinin başında elektrofor adını verdiği, elektrik yükünü depolamak için kullanılan bir cihaz icat etmişti. Elektroforun arkasındaki prensip bugün hâlâ elektrik kondansatörlerinde kullanılıyor.

Galvani'nin kurbağa bacaklarıyla yaptığı deneyleri okuyan Volta, Galvani'nin gözlemlediği akımın kastan mı yoksa metalden mi kaynaklandığı sorununu çözmeye karar verdi. Oldukça basit bir deney kurmuştu, kurbağa bacaklarını çıkarıp sadece metal kullandı. Elektrik akımının yine üretildiğini keşfetti ve doğal olarak metallerin arasındaki farkın elektriğin kaynağı olduğu sonucuna vardı. Galvani bu fikre katılmadı ve kıran kırana bir mücadele başladı.

Volta 1800 yılında iki farklı metalin elektrik üreteceğini kanıtlayacak bir cihaz yapmaya karar verdi. Bakır, çinko ve kartondan üç farklı disk yapıp tuza batırdı. Sonrasında bu diskleri aşağıdan yukarıya doğru sırayla bakır, çinko, karton, bakır, çinko, karton şeklinde dizdi. Bir alttaki diskten bir üsttekine kablo bağlandığında kablo üzerinden elektrik akımı geçiyordu. Cihaz Volta'nın çağdaşları tarafından "Volta pili" olarak adlandırıldı. Bugün batarya adını veriyoruz.

Hem Galvani hem de Volta'nın ismi dilimizde ölümsüzleşti; metallerin paslanmasını engellemek için yaptığımız işleme galvanizlemek adını veriyorken elektromotor potansiyelin birimine volt diyoruz. Fakat Napolyon'un seferleri iki bilim insanının hayatında büyük etki yarattı. Galvani, Napolyon'un kurduğu

hükümete bağlılık yemini etmeyince işini kaybetti. Sonrasında profesörlüğünü ve kısa süre sonra da hayatını kaybetti. Volta bilimin siyasetten daha üstün olduğunu düşünüyordu ve deneylerini göstermek için Napolyon'u Fransa'da ziyaret etti. Dayanıklı Volta, Napolyon düştükten sonra bile bir sonraki hükümetin yönetimi altında çalışmalarına devam etti.

Elektrostatik ve Elektrodinamik Kanunları

Bilimsel araştırma zekânın bir ürünüdür. Siyasi olayları çoğunlukla dâhiler yönlendirmese de bilimsel araştırmalar siyasi olaylardan ciddi anlamda etkilenir. On sekizinci yüzyılın sonundaki kritik siyasi olay, Charles Coulomb ve André Ampère'in hayatına çok farklı etkilerde bulunan Fransız Devrimi'ydi.

Coulomb devrim başladığı sırada Paris'te yaşıyordu ve çalışmalarının isyandan etkilenmemesi için küçük bir kasaba olan Blois'ya taşınmıştı. Elektrik yükünün etkilerini ölçmek için kullandığı son derece hassas burulma terazisiyle bilime katkı yapmaya çoktan başlamıştı. Newton *Principia*'da kuvvete "ivmeye yol açabilme özelliği" tanımını vermişti ve Coulomb da elektriğin kütleçekimi gibi çalışan bir kuvvet olduğunu gösterdi: Gücü yüklü cisimlerin arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılıydı. Kütleçekimi her zaman için bir çekim kuvveti olsa da elektrik cisimlerin yüküne göre çekme veya itme kuvveti olabiliyordu. Bu sonuç Coulomb kanunu olarak biliniyor.

Fransız Devrimi'nin André Ampère üzerindeki etkisi çok daha sertti. On iki yaşına geldiğinde ileri matematikte ustalaşan dâhi çocuğun dünyası belediye memuru olan babasının giyotinle idam edilmesiyle sarsıldı. Trajedi Ampère'in peşini bırakmıyordu; evleneli neredeyse birkaç yıl olmuştu ki eşi hayatını kaybetti. Her şeye rağmen matematik profesörlüğünde başarılı bir kariyer yapabildi.

1820 yılında, Danimarkalı fizikçi Hans Oersted'in pusula iğnesinin elektrik akımı taşıyan bir kablonun yaklaştırılmasıyla hareket edebileceğini gösteren deneyinin haberi Fransız Bilim

Akademisi'ne gelmişti. Aynı zamanda fizikle ilgilenen Ampère, iğnenin hangi yöne döneceğini tahmin etmek için Oersted'in deneyini incelemeye karar verdi. Bir hafta sonra tüm fizik öğrencileri tarafından sağ el kuralı olarak bilinen kuralı oluşturmuştu. Ampère, kırk yıl sonra Maxwell'in analizleriyle zirveye ulaşacak olan elektrik ve manyetizma problemlerine matematiksel bir yaklaşım getiren ilk kişi olmuştu.

Georg Ohm ise Fransız Devrimi'nden ancak dolaylı yoldan etkilenmişti. Babasının tamircilikle geçimini sağladığı fakir bir ailede büyüyen Ohm'un en büyük arzusu üniversitede öğretmen olmaktı. Fransız matematikçi Jean Fourier, Fransız Devrimi'nin ardından Napolyon'un Mısır'a yaptığı sefere eşlik etmiş, ısı akışının doğasıyla ilgili teorisini burada oluşturmuştu. Ohm, Fourier'nin ısı akışıyla ilgili fikirlerini bir kablodaki elektrik akımına uygulamaya karar verdi. Akımın potansiyel farkla doğru orantılı, kablonun direnciyle ters orantılı olduğunu gösterdi.

Ohm kanunu olarak bilinen bu ilişki başlangıçta kendisine üniversitede bir pozisyon sağlayacak bir başarı olarak görülmedi. Ohm profesyonel olarak hayal kırıklığına uğradı ve ekonomik zorluk yaşamaya başladı. Sonrasında çalışmaları Almanya'nın dışında fark edilmeye başladı ve İngiltere'deki Royal Society'ye kabul edildi. Ohm kanunu nihayetinde (Almanya içinde bile) elektrostatik teorinin önemli sonuçlarından biri olarak addedildi ve kendisine Münih Üniversitesi'nde profesörlük pozisyonu kazandırdı.

Coulomb, Ohm ve Ampère bilimsel camiada ulaşılabilecek en üst noktaya ulaştılar ve ölçü birimlerine adlarını verdiler. Elektrik yükü coulomb, direnç ohm ve akım amper cinsinden ölçülüyor.

Coulomb ve Ohm ile, yaşayan en ilginç bilim insanlarından biri olan Henry Cavendish arasında ilginç bir bağlantı var. Cavendish kadınlardan tamamen kaçınırdı, hatta ailesindeki kadın hizmetçilere bile yanına gelmemelerini, gelirlerse kovulacaklarını söylerdi. Royal Society'nin etkinliklerine katılmak dışında

evinden hiç ayrılmazdı. Giyim tarzını hiç değiştirmezdi ve zamanına göre eski moda görünürdü (gerçi o zamanın giyimi de şimdi bize eski moda görünüyor). Cavendish'in bilinen sadece bir portresi var ve o portrede de üzerindeki giysiler önceki yüzyıla aitmiş gibi görünüyor. Fakat Cavendish parlak bir bilim insanı olmasına rağmen notları ve taslakları ölümünden neredeyse bir asır sonrasına dek gizli kaldı. Keşfedildiklerinde ise Coulomb ve Ohm'un kanunlarını önceden öngörmüş olduğu, Ohm kanununu Ohm'dan neredeyse elli yıl önce tespit etmiş olduğu anlaşıldı.

Elektromanyetik İndüksiyon Prensibi

9 Kasım 1965 tarihinde, saat 16:00'yı henüz geçmişti ki, Queenston, Ontario'daki bir enerji santralinde, elektrik akımını düzenleyen ve yönlendiren bir otomatik kontrol aygıtı hata yaptı. Hatanın sonucunda, çalışması gereken akım kesici çalışmadı ve yüksek miktarda elektrik bir anda Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeydoğusuna enerji sağlayan elektrik şebekesine aktarıldı. Boston'dan Rochester'a kadar olan alanda bulunan jeneratör güvenlik anahtarları otomatik olarak devreye girdi ve hasar görmemeleri için jeneratörleri devre dışı bıraktı. Tıpkı evlerimizdeki sigortanın aşırı elektrik yükünün bir yangına yol açmasını engellemek için atması gibi, sistemin kalıcı olarak arızalanmasının önlenmesi için ağın büyük bölümleri bir domino etkisiyle "kısa devre" yaptı. Hastane gibi acil durumlar için jeneratörü bulunan binalar haricinde tüm doğu yakasının elektriği gitti. Işıklar yanmıyor, asansörler çalışmıyor, metrolar hareket etmiyordu. Gece olduğunda New York bir asırdan uzun bir süredir şahit olmadığı bir karanlığın içine gömülmüştü.

Medeniyetin neredeyse tamamen elektrik gücüne bağlı olması bilim tarihindeki en önemli deneylerden birinin sonucudur. Michael Faraday 1831 yılında bir mıknatıs bir kablo bobinine yaklaştırıldığında kablodan elektrik akımı geçtiğini fark etmişti. Elektromanyetik indüksiyon prensibi olarak bilinen bu özellik elektrik üretiminin temelini oluşturur.

Faraday'ın deneyi basit, fakat zekice bir fikrin sonucuydu. 1820 yılında Oersted elektrik akımının pusulanın iğnesini oynattığını göstermişti. Faraday elektrik akımı mıknatısı etkiliyorsa, mıknatısın da elektrik akımını etkileyebileceği sonucuna vardı.

Ucuz ve yaygın olan elektrik enerjisinin mümkün kıldığı toplumumuzun zenginliğindeki artış, Faraday'ın keşfinin hem yerçekimi kuvvetinden hem de Güneş'ten yararlanmamızı sağlamasıyla gerçekleşti. Güneş'in ısısı okyanus suyunu buharlaştırır. Sıcak su buharı yükselir, soğur ve yüksek rakıma yağmur ya da kar olarak yağar. Yerçekimi suyun aşağı doğru akmasını ve yüksekten gelen suyun dinamo olarak bilinen makinelerin içindeki büyük mıknatısları döndürmesini sağlar. Bu durum elektrik akımı oluşturur ve akım, taşıma hatları kullanılarak verimli bir şekilde uzak mesafelere götürülür. Elektrik motoru kullanan bir cihazımızın fişini prize taktığımızda gelen elektrik akımı mıknatısları hareket ettirir ve bu hareket cihazın çalışmasını sağlar. Güneş'in ısısı dinamoları çalıştıran suyu buharlaştırır ve döngü tekrar başlamış olur.

Faraday aynı zamanda elektriksel ve manyetik kuvvetler konusunda derin bir önseziye sahipti. Büyük bilimsel ilerlemelerin çoğunluğu fenomenlerin yeni bir şekilde ele alınmasıyla mümkün oldu. Faraday elektrik ve manyetizmayı uzayı kaplayan ve bir bölgedeki kuvvet arttıkça sıklaşan çizgiler halinde gösterdi. Elektrik ve manyetizmanın bu şekilde gösterilmesi fizikte merkezi bir konuma sahip olan ve bir çeşit matematiksel gösterim olan alan teorisinin oluşmasına olanak sağladı.

Michael Faraday'ın ailesi kendisini ticaret öğrenmesi için Londra'daki bir kitap ciltçisinin yanına vermişti. Bu deneyimi Faraday'a özellikle de ilgili olduğu bilim alanında bolca okuma şansı vererek ideal bir durum yarattı. 1812 yılında ünlü kimyacı Sir Humphry Davy halka açık kimya dersleri vermişti. Bu derslere katılan Faraday bol bol not almıştı. Sonrasında Davy'ye bir hayran mektubu yazdı ve bundan etkilenen Davy, Faraday'a asistanlık görevi verdi. Çoğu bilim insanının aldığı resmi eğitimi

almamış olan Faraday, kısa sürede kimya ve fizikte izini bıraktı. Royal Society'ye üye oldu ve Davy emekli olduğunda profesörlüğü Faraday'a verildi.

Faraday kırk sekiz yaşına geldiğinde, aralarında Davy ve Isaac Newton'un da bulunduğu sinirsel bakımdan çökmüş bilim insanları grubuna dâhil olmuştu. Elbette bazılarının Boltzmann gibi psikolojik sorunları da vardı. Fakat Faraday'ınki büyük ihtimalle o günlerde kimyacıların her gün kullandıkları ve tehlikelerinden habersiz oldukları toksik kimyasallara uzun süre maruz kalmaktan olmuştu.

Elektromanyetizmanın Alan Teorisi

On sekizinci yüzyılın sonunda elektrik ve manyetizma fenomenlerinin bilimsel araştırması yolunda gidiyordu. Nitelik açısından bakıldığında iki fenomenin birçok ortak özelliği vardı: İkisi de iki farklı özellikten geliyordu (pozitif ve negatif yükler, kuzey ve güney kutupları) ve ikisi de zıtların birbirlerini çekme (pozitif-negatif, kuzey-güney) ve aynıların birbirlerini itme (pozitif-pozitif, kuzey-kuzey) eğilimleriyle çalışıyordu. Coulomb on sekizinci yüzyılda elektrik ve manyetizmanın kütleçekiminde olduğu gibi ters-kare kanununa uyduğunu keşfetti ve elektrik ve manyetizmada Newton'un kütleçekim teorisine benzer bir araştırma yolculuğu başladı.

Coulomb'un keşiflerinden yarım asır sonra elektrik ve manyetizmanın bir açıdan alakalı olabileceğini gösteren iki önemli deney yapıldı. Oersted bir pusulanın iğnesinin elektrik akımından etkilenebileceğini ve Faraday manyetik alandaki bir hareketin elektrik akımı oluşturabileceğini gösterdi. Coulomb'un keşifleri ve Oersted ile Faraday'ın deneyleri, elektrik ve manyetizmanın matematiksel teorilerini üretmek için birçok deneme yapılmasına yol açtı. Tüm teorilerin güçlü yanları bulunuyordu, fakat hiçbiri fenomenlerin tamamını başarılı bir şekilde açıklayamıyordu.

Sahneye muhtemelen Newton ile Einstein'ın hayatta oldukları dönemler arasında yaşamış en parlak teorik fizikçi olan James Clerk Maxwell çıktı. Maxwell çoktan fiziğin farklı alanlarına önemli katkılarda bulunmuştu. Gelgit etkileşimleri onları parçalayıp daha küçük ve asteroid benzeri cisimlere ayırma eğiliminde olacağından Satürn'ün halkalarının yekpare olamayacağını göstermişti ki, tahmini 1980'lerde Voyager uyduları tarafından görsel bir şekilde kanıtlandı. Maxwell gaz, ısı ve istatistiksel mekanik teorilerinde de önemli ilerlemeler kaydetti.

En büyük başarısı ise elektrik ve manyetizma fenomenlerini birleştirerek Maxwell kanunları olarak bilinen ve elektrik ve manyetik alanlarla ilgili dört vektörden oluşan denklemi oluşturmasıydı. Bilimde iyi bir matematiksel teorinin başarısı yeni fiziksel fenomenleri tahmin edebilmesidir. Maxwell'in teorisi elektromanyetik dalgaların ışık hızında hareket edebileceğini gösterdi ve Maxwell ışığın elektromanyetik bir fenomen olabileceğini tahmin etti. Ayrıca dalgaların osilasyon miktarı ciddi ölçülerde farklılaşabiliyordu ve bu da Maxwell'in kızılötesi ve morötesinin ötesinde, o güne dek henüz keşfedilmemiş elektromanyetik dalga tiplerinin var olduğunu tahmin edebilmesini sağladı. Heinrich Hertz, Maxwell'in ölümünden kısa bir süre sonra teorisinin öngördüğü radyo dalgalarını keşfedecekti.

Newton, kütleçekimini iki cisim arasındaki çekim kuvveti olarak açıklarken Maxwell elektromanyetizmayı uzayı kaplayan vektör alanları şeklinde tanımlamıştı. Maxwell'in elektromanyetizma alan teorisini oluşturmadaki başarısı diğer fenomenleri açıklamak için alan teorisi oluşturmaya olan ilginin artmasını sağladı. Maxwell'in kendisi de kütleçekimini açıklayan bir alan teorisi oluşturmayı denedi, fakat başarısız oldu. Einstein'a kadar kimse başaramayacaktı. İlginç olan durum ise Einstein'ın çalışmaları klasik fizikteki çoğu şeyin yerini alırken Maxwell'in yasalarının Einstencı bir evrende bile bozulmadan kalmasıydı. Einstein daha sonra "her şeyin teorisi" adı altında bugün hâlâ devam eden, başarısız bir birleşik alan teorisi arayışına başladı.

Süperiletkenlik

Çok yüksek sıcaklık üretmek kolay olsa da çok düşük sıcaklıklara inmek zordur ve çoğu gazın sıvılaşması için bu düşük sıcaklıklar gereklidir. Heike Kamerlingh Onnes 1906 yılında soğuk bariyerini kırdı ve hidrojeni mutlak sıfırın 20 derece üzerinde, 1908 yılında ise helyumu mutlak sıfırın sadece 4 derece üzerinde sıvılaştırmayı başardı. Helyum sıvılaştırılan son gazdı ve Kamerlingh Onnes aşırı düşük sıcaklıklarda maddelerin nasıl davrandığını incelemeye başlamıştı.

En şaşırtıcı keşfi ise aşırı düşük sıcaklıklarda metallerin elektriği iletme direncini kaybetmesi özelliği olarak bilinen süperiletkenliği keşfetmesiydi. Elektrik akımı direnci ısıya dönüşür ve kullandığımız elektrikli ısıtıcı ve tost makinesi gibi cihazların çalışma prensibini oluşturur. Fakat bu direncin büyük bir dezavantajı vardır, akım kablolardan iletilirken bir kısmının kaybolmasına neden olur. Süperiletkenlik ise elektriğin bir kayıp yaşanmadan uzun mesafelere iletilebilmesini mümkün kılabilirdi.

Kamerlingh Onnes ayrıca her metalin süperiletkenlik özelliği kazandığı karakteristik bir sıcaklık olduğunu fark etti. Buna geçiş sıcaklığı adını verdi ve yeni amaç artık en yüksek sıcaklığa sahip süperiletkenleri bulmaktı. Süreç inanılmaz derecede yavaş ilerliyordu. Süperiletkenliğin henüz teorik bir temeli yoktu ve uzun bir süre bilinen en yüksek geçiş sıcaklığı mutlak sıfırın 20 derece üzeriydi.

1957 yılında John Bardeen, Leon Cooper ve Robert Schrieffer bu fenomeni açıklıyor görünen bir süperiletkenlik teorisi geliştirdi. Değerli bir teorik öngörü olmasına rağmen hızlı bir pratik sonucu olmadı. En yüksek geçiş sıcaklığına sahip maddeler niyobyum bileşikleriydi ve niyobyum elde etmek zordu. Süperiletkenlik arayışında on yıllar boyunca hiç yol alınamadı.

1986 yılında, Zürih'teki IBM laboratuvarlarında çalışan Karl Müller ve öğrencisi Georg Bednorz şaşırtıcı bir keşifte bulundu. Geçiş sıcaklığı o zamana kadarki en yüksek sıcaklıktan %50 daha

yüksek, mutlak sıfırın 35 derece üzerinde olan bir malzeme keşfetti. Daha şaşırtıcı olan ise süperiletkenin bir metal olmaması, seramik oksit olmasıydı.

Sonraki aylarda ise neredeyse her gün geçiş sıcaklığı rekoru kırılıyordu. Nihai hedef geçiş sıcaklığını azotun sıvılaştığı sıcaklık olan mutlak sıfırın 77 derece üzerine çekmekti. Çok düşük sıcaklıklarda son derece pahalı olan sıvı helyum kullanmak gerekirken sıvı azot ticari olarak üretiliyordu ve pahalı değildi. Sonuç olarak süperiletken seramik oksitler şu anda manyetik rezonans görüntüleme (MRI) tarayıcıları gibi çeşitli cihazlarda kullanılmaktadır.

Bugün tarih tekerrür ediyor. Halen seramik süperiletkenlerin nasıl çalıştığına dair üzerinde uzlaşılmış bir teori bulunmuyor ve daha da kötüsü, seramikten, elektriği iletmek için kullandığımız temel araçlar olan tel ve kablo yapmak oldukça zor. En yüksek geçiş sıcaklığı halen tartışma konusu ve geçiş sıcaklığı sınırını oda sıcaklığına yaklaştıracak herhangi bir deney doğrulaması yapılamadı. Fakat oda sıcaklığında bir süperiletkenliğin teknolojik ve ekonomik açıdan devasa bir potansiyeli var ve bu tarz bir malzemenin arayışı var olmadığından emin olana dek şüphesiz devam edecek.

John Bardeen ismi iki Nobel Ödülü sahibi olmasına rağmen pek bilinmez. İkinci Nobel Ödülü'nü yukarıda bahsettiğimiz süperiletkenlik teorisinden aldı. Walter Brattain ve William Shockley ile paylaştığı ilkini ise yirminci yüzyılın ikinci yarısında devrim etkisi yaratan transistörün icadıyla kazanmıştı. İki Nobel Ödülü sahibi olmak bir bilim insanını Albert Einstein ve Marie Curie gibi devlerin olduğu bir sınıfa sokuyor.

IŞIK

Işık sadece bir fenomen değil, aynı zamanda bir metafordur. İncil'e göre "Işık olsun" tabirini Tanrı, Dünya'yı ve gökyüzünü yarattıktan sonra kullanmıştır. Işık iyilik olarak görünürken tersi olan karanlık kötülükle ilişkilendirilir.

Bilimde muhtemelen hiçbir soru ışığın doğası kadar tartışma yaratmadı. Yunan ve Orta Çağ filozoflarının ışığın bir madde, dalga ya da ortamdaki titreşimden ibaret olduğu konusundaki teorilerle kafaları karışmıştı.

Çift-Yarık Deneyi

Tartışma on yedinci yüzyılda karşıt görüşlere sahip iki fizikçinin çekişmesiyle zirveye çıkmıştı. Muhtemelen tarihteki ilk gerçek bilim tartışmasıydı, çünkü gerçek bir bilimsel mücadele için büyük kavramlar ve büyük bilim insanları gerekir. Isaac Newton matematik, mekanik veya kütleçekimiyle ilgilenmediği zamanlarda optik bilimini icat etmekle meşguldü. Newton ışığın çok küçük parçacıklardan oluştuğunu ve bunun kırılma ve yansıma olaylarını açıkladığını düşünüyordu. Hollandalı ünlü mühendis Christiaan Huygens ise ışığın dalga olduğu görüşüne sahipti.

Dalgaların karakteristik özellikleri nelerdir? Dalganın klasik bir örneği olan ses, köşeyi dönebilir. Işık dönemez. Dalgaların başka bir tipik örneği olan su dalgaları birbiriyle etkileşebilir. İki su dalgası çarpıştığında orijinal dalgalara göre daha güçlü veya zayıf bir dalga meydana gelebilir, iki dalga birbirinin üstüne binerse daha güçlü, bir dalganın yüksek noktası diğerinin alçak noktasına denk geliyorsa daha zayıf dalgalar oluşabilir.

Newton'a duyulan saygı o kadar büyüktü ki, bir asırdan uzun bir süredir ışığın dalga teorisini desteklemek veya ortadan kaldırmak için büyük bir çaba gösterilmiyordu. Sonunda bu işe kalkışan kişi iki yaşında okumayı öğrenen ve yetişkinliğinde on iki dil konuşabilen çocuk dâhi Thomas Young'dı. Talih başka açılardan da Young'ın yüzüne gülmüştü. Çocuk, dâhi olmasının yanında iyi bir ailede yetişmişti. Cambridge'de mükemmel bir öğrencilik yaptıktan sonra tıp çalışmaya karar vermişti.

Young hastalıklarla ve gözle çok ilgiliydi. Tıp öğrencisi olduğu sıralarda gözün şeklinin odaklanmasına göre nasıl değiştiğini keşfetmişti. Kısa süre sonra korneanın eğimindeki düzensizliklerin astigmat adı verilen görsel bulanıklık sorununa yol açtığını keşfetti.

Young'ın göze olan ilgisi renklere ve ışığın doğasına yönelik araştırmalarına ilham olmuştu. 1802 yılında ışığın bir dalga fenomeni olduğunu ispatlayan bir deney yaptı. Young bir karton üzerinde birbirine paralel iki yarık açtı ve ışığı bu yarıklardan karartılmış arkaplana tuttu. Eğer ışık bir madde olsaydı yarıkların her iki yanında yoğunluğu azalan, fakat yarıkların tam karşısında parlak görünen izler ortaya çıkması gerekirdi. Yarıkların arasından bir sprey boya püskürtürseniz buna benzer bir görüntü elde edersiniz.

Young'ın gözlemlediği şey ise karanlık bölgelerin arasına serpiştirilmiş bir şekilde görünen parlak ışık bantlarıydı. Bu ise klasik bir dalga davranışıdır. Parlak bantlar ışık dalgalarının çakışan "yüksek noktalarını" temsil ederken, karanlık bölgeler bir dalganın "yüksek noktasıyla" diğer dalganın "düşük noktasının" çakıştığı alanları temsil ediyordu.

Young'ın çift-yarık deneyi ışığın dalga doğasını göstermekte şüphesiz çok önemli bir rol oynuyordu, fakat önemi bununla sınırlı değildi. Kuantum mekaniğinin gelişimiyle birçok atom altı fenomenin dalga mı yoksa tanecik mi olduğu tartışma konusu oldu. Çift-yarık deneyleri fiziğin en kafa karıştırıcı alanlarında ortaya çıkan pek çok ince soruyu yanıtlamak için farklı şekillerde kullanılmıştır.

Thomas Young, başarıları bilimin de ötesine geçmiş bir bilgeydi. Bahsettiğimiz başarılarına ek olarak tüm renkleri görebilmek için yalnızca kırmızı, yeşil ve maviyi görmenin gerekli olduğunu tespit ederek bir renk teorisi oluşturdu. Malzeme teorisine önemli katkılarda bulundu, bugün bir malzemenin esnekliğini tanımlamak için hâlâ Young modülü kullanılıyor. Aynı zamanda önemli bir Mısırbilimciydi ve Mısır hiyerogliflerini deşifre etme yolunda ilerleme kaydeden ilk kişiydi.

Görünmez Elektromanyetik Spektrum

Bilimde bir deneyin ortaya çıkarabileceği ve birbirini tamamlayan iki büyük zevk vardır. İlki varlığına dair bir fikrinizin bulunmadığı bir fenomeni keşfetmektir. İkincisi de var olduğunu

öngördüğünüz, fakat henüz gözlemlenmemiş bir fenomeni keşfetmektir.

Friedrich Wilhelm Herschel Almanya'nın Hannover kentinde doğdu. Doğduğunda Hannover Britanya yönetimi altındaydı, Herschel on dokuz yaşında İngiltere'ye taşındı ve adını William olarak değiştirdi. Sahip olduğu başarılı müzisyenlik kariyerinin kendisini ekonomik olarak güvence altına almasıyla astronomi alanındaki ilgisini takip etmeye karar verdi. İyi bir teleskop onun için bile pahalı olduğundan kendi merceğini yapmayı seçti. Kardeşi Caroline'i İngiltere'ye getirmek için Hannover'e gitti ve Caroline William'ın astronomi tutkusunda kendisine yardımcı oldu.

Herschel mercekler ve optikle ilgili her şeyle ilgileniyordu. 1800 yılında bir gün, termometre kullanarak spektrumun farklı renklerine bağlı bir sıcaklık değişiminin olup olmadığını ölçmek istedi. Güneş ışığını prizmadan geçirerek kırmızı, turuncu, sarı şeklinde giden gökkuşağı renklerine ayırdı. Bu sırada, spektrumda kırmızıya denk gelen yerin ötesine yanlışlıkla bir termometre bıraktı. Bir süre sonra sistemini incelerken, görünür renklerin dışında bulunan termometrenin bir sıcaklık artışı kaydettiğini görünce şaşırdı. Bunun net sonucu kırmızı rengin de ötesinde, çıplak gözle görülemeyen bir şeyin varlığıydı. Bugün bu renge kızılötesi diyoruz.

Bir sene sonra Alman fizikçi Johann Ritter fotoğraf deneyleri yapıyordu. Öncesinde gümüş klorürün ışığın varlığında siyaha döndüğü ve bu reaksiyonda mavi ışığın kırmızı ışıktan daha etkili olduğu keşfedilmişti. Ritter, morun ötesindeki ışığın gümüş klorürü daha da efektif bir şekilde siyaha döndürdüğünü fark etti. Bugün bu renge ise morötesi diyoruz.

Seksen yıldan uzun bir süre sonra Maxwell görünür, kızılötesi ve morötesi ışıkların birer elektromanyetik radyasyon olduğunu gösterdi. Teorik olarak tüm boylardaki elektromanyetik dalgalar tespit edilebilirdi. Heinrich Hertz iki metal top arasındaki boşluk boyunca salınacak bir kıvılcım oluşturan bir elektrik

devresi kurmuştu. Maxwell'in denklemlerine göre bu şekilde salınan bir kıvılcım elektromanyetik dalga üretmeliydi. Hertz hava boşluğuyla ayrılmış iki küçük metal topla son bulan bir tel halkadan oluşan basit bir detektör yardımıyla odanın içinde gezerek dalgayı yakalamayı başardı; birincil devrede başka bir kıvılcım üretildiği anda önceki kıvılcım çeşitli noktalarda detektör üzerindeki boşluğu atlayarak aşacaktı.

Hertz, kıvılcımın ürettiği elektromanyetik radyasyonun boyunu görünür ışıktan milyonlarca kat daha büyük olacak şekilde, 66 cm olarak hesapladı. Deney, Maxwell'in teorilerini doğrulamış oldu, ancak daha kapsamlı bir etkisi de olacaktı. On beş yıl içerisinde Guglielmo Marconi "Hertz dalgalarıyla" iletişim kurmanın pratik bir yolunu buldu. Bugün "Hertz dalgaları" Marconi'nin *radyo* icadından dolayı daha çok radyo dalgaları olarak biliniyor. Telsiziniz açıkken yanlışlıkla bir kıvılcım oluşturduğunuzda Hertz'in deneyinin bu modern versiyonu sizi biraz rahatsız edebilir, çünkü telsiziniz bu sırada statik elektrik yayarak kıvılcım için bir detektör görevi görecektir.

William Herschel tartışmasız bir şekilde zamanının en iyi gözlemsel gökbilimcisiydi, fakat tabii ki astronomisi görünür ışıkla sınırlıydı. Keşfettiği kızılötesi radyasyonun, morötesi radyasyon ve radyo dalgaları gibi gözlemsel astronomide kullanıldığını bilseydi çok mutlu olurdu. Aslında gözlemsel astronomi tüm elektromanyetik spektrum kullanılarak yürütülüyor. Astronomide son otuz yıldaki en büyük keşifler görünür ışığın dışındaki elektromanyetik radyasyonu görüntülemek amacıyla inşa edilen teleskopların yardımıyla gerçekleşti. WMAP (Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Sondası) evrenin 13,8 milyar yaşında olduğunun ve içeriğinin %68'inin karanlık enerji, %27'sinin karanlık madde ve %5'inin sıradan maddeden oluştuğunu saptadı. SOFIA (Stratosferik Kızılötesi Astronomi Rasathanesi) teleskobu ise helyum hidritin evrende oluşan ilk molekül olduğunu keşfetti.

Doppler Etkisi

"Doppler etkisi" tabiri bir gerilim ya da bilim kurgu filminden fırlamış gibi duruyor. Aslında hepimizin aşina olduğu ve –neredeyse– her gün kullandığımız cihazların kalbinde yatan bir fenomenden bahsediyoruz.

Christian Doppler on dokuzuncu yüzyılın ilk yarısında yaşayan Avusturyalı bir fizikçiydi. Avusturyalı bir fizikçi olmak için çok iyi bir zaman olduğu söylenemezdi ve Doppler akademik bir pozisyon bulmakta zorlanmıştı. Bu sırada Birleşik Devletler'e, fırsatlar ülkesine göç etme planları yaptı. Yola çıkmaya hazırlanırken Prag'dan bir profesörlük teklifi aldı ve bunun sonucunda Avrupa'da kalmaya karar verdi.

Doppler etkisi aslında ilk olarak ses dalgalarında keşfedildi. On yedinci yüzyılın başında sesin boşlukta ilerleyemediği, fakat havada ve suda ilerleyebildiği fark edilmişti. Bu davranış ses dalgalarına özgüydü ve on sekizinci yüzyılda Marin Mersenne ses hızını %10'luk bir hata payıyla hesaplamıştı. Aslında Newton sesin matematiksel analizini yapmak isteyen ilk kişiydi, fakat on dokuzuncu yüzyılın başında borulu org ve vibrasyonlu tellerde üretilen ses dalgalarıyla birlikte bu dalgaların davranışı daha iyi anlaşılır olmuştu.

Doppler ve diğerleri bir sesin perdesinin, yani frekansının bir dalga olarak işitsel biçimde algılanmasının sesin hareketli bir kaynaktan üretilmesi durumunda değiştiğini fark etmişti. Kaynak dinleyiciye yaklaşırken ses daha tiz, uzaklaşırken ise daha pes duyuluyordu. Bu fenomeni size yaklaşan bir trenin sesinde ya da artık trenler eskisi kadar yaygın olmadığından bir polis arabasının sireninde kolaylıkla tespit edebilirsiniz.

Doppler kaynağın hareketinin dalgaların hareketini etkilediğini düşünerek doğru bir sonuca vardı. Kaynak yaklaşırken dalgaların tepeleri dinleyiciye daha hızlı gelmeye başlar ve bu durum frekansı artırıp sesi inceltir. Kaynak uzaklaşırken dalgaların dinleyiciye ulaşması daha uzun zaman alır ve bu kez ters etki hissedilir.

Denklemlerini kurduktan sonra Doppler sonuçlarını test etmek için bilim tarihinin en büyüleyici deneylerinden birini yapmaya karar verdi. Birkaç trompetçiyi bir lokomotifin çektiği düz bir arabaya oturttu. Trompetçilerin yapması gereken tren belirli bir hızda Doppler'e yaklaştıktan sonra geçip giderken belirli bir notayı çalmaktı. İki günlük deney çıkarımlarını doğrulamıştı.

Doppler etkisi ilk olarak ses dalgalarında tespit edilse de aynı zamanda ışık dalgaları için de kullanılabilir. Sadece beyzbol toplarının değil otomobillerin de süratini tespit edebilen hızölçerler Doppler etkisinden faydalanır. Daha da önemlisi, Doppler etkisi bilim tarihindeki en mühim çıkarımlardan birinde kullanılmıştır. 1920'lerde Edwin Hubble galaksilerden gelen ışığın çoğunluğunun "kırmızıya kaydığını", yani salınan ışık dalgalarının frekansının düştüğünü gözlemledi. Buradan galaksilerin Dünya'dan uzaklaştığı sonucuna vardı ve uzaklaşma hızlarıyla bize olan uzaklıkları arasındaki ilişkiyi kurmayı başardı. Bu bilgi sadece evrenin yaşını belirlememize katkıda bulunmakla kalmadı, aynı zamanda evrenin Büyük Patlama ile başladığının anlaşılması yolunda önemli bir adım oldu.

Kitabı yazdığım sırada Doppler etkisi güneş sisteminin dışındaki gezegenleri araştırmanın birkaç yolundan biri olarak kullanılıyor. Büyük gezegenlerin yıldızları üzerindeki kütleçekim etkisi yıldızın küçük miktarda titreşmesine neden olabilir, bu durumda yıldızdan gelen ışıklarda titreşmenin etkisiyle Doppler etkisi gözlenir. Etki hassas enstrümanlarla tespit edilebilir. Kitabı yazdığım sırada beş bine yakın ötegezegen keşfedilmişti ve bunların neredeyse bini Doppler etkisi kullanılarak belirlendi.

Eterin Yokluğu

Beklenmedik sonuçlar bilim insanlarını var olan teorilerin geçerliliği hakkında daha derin düşünmeye ve bu sonuçlara uyacak yeni açıklamalar getirmeye zorlar. Işığın dalga mı, yoksa tanecik mi olduğu konusundaki tartışmalar Thomas Young'ın 1803 yılında meşhur çift-yarık deneyini gerçekleştirerek ışığın girişim

örüntüsü oluşturduğunu göstermesinin ardından durulmuş görünüyordu. Sıvı dalgaları da girişim örüntüsü gösterdiğinden tartışma dalga teorisinin zaferiyle kapanmıştı.

Su dalgaları suda, ses dalgaları havada hareket ediyordu (ses dalgaları boşlukta ilerleyemez), o zaman sıradaki soru barizdi: Işık dalgaları ne tarz bir ortamda hareket ediyordu? Işığın dalga teorisi üzerine geniş çaplı araştırma yürüten Fransız fizikçi Augustin Fresnel bu ortama "eter" adını verdi. Kimse eteri izole edemese veya çalışamasa da on dokuzuncu yüzyılın ortasına dek hâkim görüş dalgaların boşlukta hareket edemeyeceği ve eter gibi bir şeyin var olması gerektiğiydi.

1887 yılında Amerikalı fizikçiler Albert Michelson ve Edward Morley, Michelson'ın yeni icat ettiği ve girişim örüntülerini hassas bir şekilde ölçebilecek interferometresini kullanarak, Dünya'nın eter içinde nasıl hareket ettiğini ölçmeye karar verdiler. Dünya'yı sabit alıp ışığın birbirine dik, iki farklı yöndeki hızını ölçtüler. Şaşırtıcı bir şekilde hızlar eşitti ve sonuç Dünya'nın durduğunu ima ediyordu. Sonuç kesinlikle yanlıştı, çünkü Galileo'nun zamanından beri Dünya'nın evrende hareket ettiği biliniyordu.

Bu beklenmedik sonuç bilim insanlarını tekrar ışığın doğası hakkında düşünmeye zorlamıştı. Avrupalı iki fizikçi George Fitzgerald ve Hendrik Lorentz, nesnelerin daha hızlı hareket ettikçe büzüleceği şeklindeki saçma görünen varsayım altında sorunu çözebileceklerini fark ettiler. Bu durum Michelson-Morley sonucunu açıklayabilirdi, çünkü ölçüm cihazı Dünya'nın hareket ettiği doğrultuda büzülecekti ve ışık da aynı etkiyi yaşayacağından Dünya'nın hareketinin ölçümler üzerinde bir etkisi olmayacaktı.

Albert Einstein 1905 yılında Fitzgerald ve Lorentz'in hipotezinin nasıl doğrulandığını açıklayan özel görelilik teorisini yayınladı. Einstein birbirine göre sabit hızda hareket eden iki sistemin aynı fizik kanunlarına uyacağını varsaydı. Bu da ışık hızının bu tarz iki sistemde aynı olmasını gerektiriyordu. Fizikçilerce Eins-

tein'ın "Mucize Yılı" olarak bilinen aynı sene, ışığın parçacık gibi davrandığını varsayan fotoelektrik etki ile ilgili yayınını yaptı. Özel görelilik referans sistemi olarak eter gibi bir şeyin bulunmasına gerek olmadığını gösteriyordu ve ışığın tanecik teorisi ışığın hareket etmesi gereken bir ortamın varlığını da ortadan kaldırıyordu. Bugün fizikçiler ışığın hem dalga hem de tanecik gibi davrandığını düşünüyor, bu paradoksun çözümü modern fiziğin temellerinden birini oluşturuyor.

Michelson'ın interferometresi bugüne kadar icat edilmiş en önemli ölçüm cihazlarından biri olduğunu kanıtladı. Aslında modern radyo astronominin temellerinden biri son derece uzakta bulunan cisimlerin yapısını çözmek için Dünya'nın zıt bölgelerindeki radyo teleskoplarının birbirine bilgisayar ağı üzerinden bağlandığı VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*, yani Çok Uzun Baz İnterferometrisi) tekniğidir. İnterferometreler mercek büyüklüklerine göre güçlenmeleri yönünden teleskoplara benzer, VLBI ise gökbilimcilerin Dünya'nın kendisi kadar büyük bir merceğe sahip interferometre kullanmalarını sağlıyor.

DİĞER KUVVETLER

On dokuzuncu yüzyılın son on yılında fizikçiler iki temel kuvvet tanımladılar: Kütleçekimi ve elektromanyetizma. Oldukça benzerlerdi ve günlük yaşamda tespit edilebiliyorlardı. İkisi de ters-kare kanununa uyuyordu, cisimler birbirinden üç kat uzaklaştığında etkiyen kuvvet dokuz kat azalıyordu.

Fakat bunlara ek olarak, fantastik öykülerdekine benzer, gözümüzle göremediğimiz bazı güçler vardı. Yirminci yüzyılın büyük bir kısmı bu görünmeyen güçlerin sadece üzerinde yaşadığımız Dünya'nın değil, evrenin şekillenmesine nasıl yardımcı olduğunu anlamaya ayrılacaktı.

X-Işınlarının Keşfi

Bütün bilim insanları yeni bir fenomen keşfetmenin hayalini kurar. Yeni fenomenler yeni ihtimaller doğurur, düşünme biçi-

mimizi ve yapabileceklerimizi değiştirir. Şans da şüphesiz yeni fenomenlerin keşfinde rol oynar, sonuçta "şans açık fikirlilerin yanındadır" derler. Belki "şans gözlem yapan gözün yanındadır" da denebilir.

Sıradaki hikâyemizde gözlem yapan gözler Bavyera'daki Würzburg Üniversitesi'nde fizik bölümünün başında bulunan Wilhelm Röntgen'e ait. Aslında Röntgen'in bu pozisyonda bulunuyor olması zaten tanınmış bir bilim insanı olduğunu gösteriyor. Röntgen oldukça isyankâr bir gençlik dönemi geçirmiş ve öğretmeniyle dalga geçtiği için okuldan atılmıştı. Fakat sonrasında makine mühendisliği bölümünü kazanmasının ardından fizik bölümüne geçmiş ve burada iyi bir şöhret kazanmıştı. 5 Kasım 1895'te katot ışınları ve bunların ışıldamasının bazı maddeleri nasıl etkilediği üzerine deney yapıyordu.

Düşük miktardaki ışıldamayı daha iyi görebilmek için odayı karartmış ve katot ışını tüpünü (ışığı yayan kısım) siyah bir kartonla kapamıştı. Katot ışını tüpünü açtığında tüpün biraz uzağında bir yerde bir anda bir ışık parlayıp söndü. Işığın kaynağını aradığı sırada baryum platinosiyanür kaplı kâğıt parçasının karanlıkta parladığını fark etti. Röntgen'in kafası karışmıştı, çünkü katot ışını tüpünde üretilen katot ışınları tüpü çevreleyen siyah kartondan geçemezdi.

Röntgen Tüpü kapattı ve kapatınca kâğıt parçası karardı. Tüpü tekrar açması yine kâğıdın parlamasına sebep oldu. Tüpten kâğıdın parlamasına sebep olan bir şeyin yayıldığı kesindi. Sonrasında Röntgen kendisinin birinci sınıf bir deneyci olduğunu gösteren bir şey yaptı: Kâğıdı aldı, yan odaya gitti ve odayı karartı. Katot ışını tüpü yan odada açıkken kâğıt parlamaya devam ediyordu. Katot ışını tüpünden yayılan her neyse duvarın içinden de geçebiliyordu. Röntgen'in o anki heyecanını tahmin edebilirsiniz; bu şekilde uzaktan bir etkileşim daha önce hiç gözlemlenmemişti.

Röntgen kendini bilim insanlarının klasik ikilemiyle karşı karşıya buldu: Ya bu bulguları yayınlayan ilk kişi olmak için ace-

le edecekti ya da daha detaylı deneyler yaparak fenomeni daha iyi anlayacaktı. İkinci seçenekte karar kıldı ve neredeyse yedi hafta boyunca gece gündüz çalıştı. İlk makalesini yayınladığında buna X-ışını adı verdi (X harfini matematikçiler bilinmeyen parametreler için kullanır) ve çok basit denebilecek bir rapor yazdı, fakat X-ışınlarının önemli fiziksel özelliklerini belirtmekten de geri durmadı. Sonrasında saf bir muhabir ona X-ışınlarını keşfettiğinde ne düşündüğünü sorduğunda "Düşünmedim, deney yaptım," diye cevap vermişti.

Röntgen 23 Ocak 1896'da yeni fenomenle ilgili ilk makalesini yayınladı. Verdiği bir dersin sonunda dinleyiciler arasından bir gönüllü istedi ve seksen yaşında biri sahneye çıktı. Elinin X-ışını fotoğrafını çekti, fotoğraf filmini banyo etti ve dinleyicilere kemiklerin açık bir fotoğrafını gösterdi. Dört gün sonra haber Amerika'ya ulaştı ve X-ışınları bir adamın bacağındaki mermiyi bulmak için kullanıldı. Bir yıl içerisinde X-ışınları hakkında binlerce makale yazılmıştı.

Bugün X-ışınlarının çok güçlü ve tehlikeli bir elektromanyetik radyasyon türü olduğu biliniyor. X-ışınları doğru kullanıldığında tıp ve dişçilik alanlarına önemli katkılar sağlamıştır. Röntgen'i şaşırtacak ve sevindirecek şeylerin arasında şüphesiz nispeten yeni kurulmuş bir alan olan ve evrende meydana gelen en yüksek enerjili olayların bazılarına dair dramatik öngörülerde bulunan X-ışını astronomisi yer alır.

X-ışınları o kadar devrimci bir yenilikti ki, Nobel Ödülleri verilmeye başladığında fizikte ödülü kazanan ilk isim Röntgen oldu. Röntgen özünde bir bilim insanıydı, başarısı için Bavyera Kralı'ndan unvan almayı reddetmişti ve X-ışınları hakkında son derece kazançlı olabilecek bir patent başvurusunda bulunmaması finansal dâhi Thomas Edison'u şok etmişti. Maalesef Röntgen'in bu hayırsever tavrı sonrasında kendisine zarar verecekti. Birinci Dünya Savaşı'nı takiben gelen enflasyon, aralarında Röntgen'in de olduğu çoğu Almanı avlayacak ve fakirlik içinde ölmesine sebep olacaktı.

Radyoaktivitenin Keşfi

Bir şey babadan oğula geçtiğinde genelde akla gelen ilk şey bir işyerinin yönetimi veya eski bir çiftlik evi olur. Becquereller'de ise geçen şey Paris'teki Doğa Tarihi Müzesi'nde uygulamalı fizik profesörlüğü pozisyonuydu.

Antoine Becquerel'in büyükbabası Napolyon ile yan yana savaşmıştı. Napolyon'un Waterloo'daki yenilgisinden sonra askeri kariyerden bilimsel kariyere geçmiş ve en sonunda yukarıda bahsettiğimiz uygulamalı fizik profesörlüğüne oturan ilk Becquerel olmuştu. Antoine Becquerel'in babası bu pozisyonu sürdürdü ve zamanının büyük bir çoğunluğunu floresan (yani ışık vurduğunda çok fazla parlama) ve fosforesan (karanlıkta hafifçe parlama, ama ya çok az ısı yayma ya da hiç yaymama) fenomenleriyle ilgilenerek geçirdi. Bu iki fenomen bir madde belirli bir dalga boyundaki ışığı emip başka birini yansıttığında meydana gelir ve özellikle bir mineral morötesi ışığı emip farklı, görünür bir ışık yansıttığında gerçekten çok güzeldir.

Becquerel 1892 yılında aile işine (fiziğe) devam ederken babasının araştırmalarını sürdürüyordu. 1895 yılında Wilhelm Röntgen'in X-ışınları keşfi Becquerel'in (ve neredeyse tüm bilim insanlarının) ilgisini çekmişti. Becquerel çalıştığı floresan maddelerin X-ışını yayıp yaymadıklarını merak etti. Mantıklı bir tahmindi, çünkü Röntgen de X-ışınlarını, bu ışınlar bazı maddelerin parlamasına sebep olduğu için keşfetmişti.

Şubat 1896'da Becquerel fotoğrafik bir filmi siyah bir kâğıtla sardı, kâğıdın üzerine bir potasyum uranyum sülfat kristali bıraktı ve sistemini direkt güneş ışığı alan bir yere yerleştirdi. Güneş ışığının potasyum uranyum sülfatın ışımasına yol açtığı biliniyordu. Eğer floresan X-ışını içeriyorsa X-ışınları görünür ve morötesi ışığın geçemediği siyah kâğıdın içinden geçecek ve fotoğraf filmini yakacaktı. Becquerel filme baktığında yandığını gördü. Floresanın X-ışını içerdiği sonucuna vardı.

Deneyine devam etme konusunda heyecanlıydı, fakat doğa birkaç günlük bulutlu hava serisiyle araya girmişti. Becquerel

film, siyah kâğıt ve kristalden oluşan deneyini tekrar hazırladı, fakat havada ışıldamaya sebep olacak kadar güneş ışığı yoktu. Sabırsızlanan Becquerel bir gün sonra daha az bir yanma görme umuduyla filmi hazırladı, bu durum güneş ışığıyla yanmayı oranlamasını sağlayabilirdi.

Filmi hazırladığında kristalin direkt olarak sınırlı miktarda güneş ışığı almasına rağmen filmin ciddi oranda yandığını görüp şaşırdı. Becquerel üst seviye bir deneycinin sezgisiyle yanmanın güneş ışığından değil, kristalden kaynaklanmış olabileceğini düşündü. Bu kez diğer uranyum bileşikleriyle, hatta metalik uranyumla deney kurmaya devam etti. Sonuç her seferinde aynıydı, Becquerel karşısındaki kimyasal fenomenin uranyumun atomik yapısıyla alakalı bir durum olduğunu fark etmişti.

Becquerel'in keşfettiği şey yüzyılın başında fizikte devrim yaratacak birkaç keşiften biri olan radyoaktivite fenomeniydi. Bilim insanları Becquerel'in keşfinin bir sonucu olarak kimyasal ve mekanik süreçlere ek olarak atomik süreçlerden de yüksek miktarda enerji elde edebileceklerini fark ettiler.

Bütün büyük keşiflerde olduğu gibi Becquerel'in radyoaktivite keşfi de diğer bilim insanlarını bu fenomeni araştırmaya yöneltti. Motive olan bilim insanlarından ikisi Pierre Curie ile eşi Marie Curie'ydi. Curieler toryum, radyum ve polonyumun da radyoaktif olduğunu keşfettiler. Nobel Fizik Ödülü 1908 yılında Becquerel ve Curieler'e verildi. Marie Curie'nin hayatı radyoaktiviteyle ayrılmaz bir şekilde iç içe geçti. Curie sadece fenomeni etraflıca inceleyip isimlendirmekle kalmadı, aynı zamanda radyoaktivitenin biriken etkilerinden ötürü hayatını kaybetti.

Yarı İletkenler ve Transistörler

On yedinci ve on sekizinci yüzyıl deneycileri, kütleçekimi ve elektriğin aynı ters-kare kuralına uymasına rağmen önemli farklara sahip olduklarını göstermişlerdi. Kütleçekimi tüm maddelere aynı şekilde etki ederken farklı maddeler farklı elektriksel şekillerde etkileşiyordu. Bakır bir tel ile cam bir çubuk

aynı ivmeyle düşerken elektrik akımı bakır bir kablonun içinden kolay geçiyor, fakat cam çubuktan geçemiyordu.

Bakır bir kablo elektrik iletkenliğine sahiptir, terimin elektrik deneycilerinin en cesuru olan Benjamin Franklin'den geldiği düşünülmektedir. Bakır kablonun elektriği iletmesinin nedeni yirminci yüzyılın başında atomun yapısı anlaşılana dek bilinmiyordu. Elektrik akımı suyun su damlalarıyla aktığı gibi elektron akışıyla iletilir. Bakır gibi bir metal atomunda en dış kabukta bulunan elektronlar bir elektrik alanının varlığında kolaylıkla atomdan koparılabilir. Bir cam molekülünde ise elektronlar o kadar sıkı bir şekilde sabitlenmiştir ki, koparabilmek için çok güçlü bir elektrik alanı gerekir. Cam gibi maddelere ise yalıtkan adı verilir.

Bakır telde, akım iki yönde de olabilir; bu iletkenlerin karakteristik bir özelliğidir. Fakat fizikçiler on dokuzuncu yüzyılda silisyum, germanyum ve galyum gibi elektrik akımını sadece bir yönde iletme gibi ilginç bir özelliğe sahip olan maddeleri keşfettiler. Bu tarz malzemeler yarı iletken olarak adlandırılıyor.

1929 yılında İsviçreli fizikçi Felix Bloch bu malzemeleri çalıştı ve elektrik yükünün etkisiyle elektronların farklı yörünge bantlarına yerleşmesini içeren bir teori oluşturdu. Bloch'a göre bir yarı iletken atomun elektronları normal koşullar altında değerlik bandı denen bölgelerde sıkışıyordu. Fakat yarı iletken maddenin dışarıdan yeterince enerji alması durumunda elektronlar değerlik bantlarından Bloch'un yasaklı bant dediği yerlere atlayabiliyordu.

1945 yılında Bell Telefon Laboratuvarı'nda çalışan üç fizikçi John Bardeen, Walter Brattain ve William Shockley ilk transistörü ürettiler. "Transistör" tabiri yarı iletkende akımın re*zistöre* *trans*fer edilebilme özelliğinden geliyordu. Bir transistör akımı geçirebilir (yalnızca bir yönde), daha da önemlisi akımın miktarını artırabilir; transistöre küçük miktarda elektrik akımı verilip daha yüksek bir elektrik akımı elde edilebilir. Bu özellikler çok

daha basit, sabit ve ucuz olan transistörün daha karmaşık, dengesiz ve pahalı olan vakum tüplerinin yerini almasını sağladı.

Kitabımızın temel konusu icatlar değil, fakat transistörün bilimdeki ve günlük hayatımızdaki etkisi azımsanamaz. Yalnızca elektronik ürünlerde devrim yaratmadı, yirminci yüzyılın ikinci yarısında bilimde ve mühendislikte büyük başarıların elde edilmesini sağladı. İlk transistör çıkıntılı tellerle bir levhaya lehimlenmiş katı hal cihazlarından oluşan hantal bir yapıydı. Yirminci yüzyılın sonunda ise milyonlarca transistör birleştirilerek bugün neredeyse tüm gelişmiş elektronik cihazların "beyni" olan mikroişlemcileri oluşturacaklardı.

Transistörün önemi kısa sürede anlaşıldı ve Bardeen, Brattain ve Shockley 1956 yılında Nobel Fizik Ödülü'ne layık görüldü. Bardeen daha sonra süperiletkenliğin BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) teorisine yaptığı katkıyla ikinci Nobel Ödülü'nü kazandı. Shockley ise IQ testlerindeki ırksal farklılıkların çevresel faktörlerden ziyade genetik özelliklerden kaynaklanabileceği şeklindeki tartışmalı görüşü savunmakla kötü bir şöhrete sahip olacaktı.

Zayıf ve Güçlü Kuvvetler

Fiziğe göre evren parçacıklarla ve parçacıklara etkiyen kuvvetlerle tanımlanır. Dört kuvvet vardır. Kütleçekiminin matematiksel açıklaması ilk olarak Isaac Newton tarafından yapıldı, elektromanyetizmanın alan teorisi ise ilk olarak James Clerk Maxwell tarafından ortaya atıldı. Kütleçekimi ve elektromanyetizma uzun mesafelere etkiyebilen kuvvetlerdir; evrenin iki ayrı ucuna konan iki parçacık kütleçekimsel olarak birbirini çekecek ve elektrik yüklerine göre birbirine itme veya çekme kuvveti uygulayacaktır.

Yirminci yüzyıl geldiğinde atomların belirli bir yapısının olduğu anlaşıldı ve yapının çözülmesi için büyük bir araştırma başladı. Her atomun proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdeğinin olduğu ve bu çekirdeğin elektron bulutu tarafından çevre-

lendiği biliniyordu. Bu atom modeliyle ilgili net bir problem vardı. Eğer çekirdekteki protonlar pozitif yüklüyse neden protonlar birbirini itmiyor ve çekirdek parçalanmıyordu?

1935 yılında Japon fizikçi Hideki Yukawa, geçmişe baktığımızda çok bariz görünen bir çözümle geldi. Birbirlerini iten protonları bir arada tutan, elektrik kuvvetinden daha güçlü bir kuvvet olmalıydı. "Güçlü kuvvetin" bir diğer özelliği çok kısa mesafede etki etmesiydi, uzun mesafeleri etkileyebiliyor olsaydı zaten daha önceden keşfedilmiş olurdu.

Bugünkü bilgimize göre, kuvvetler parçacık alışverişi yoluyla etki eder ve kuvvetlerin etki mesafesi azaldıkça bu parçacıkların kütleleri artar. Elektromanyetik kuvveti taşıyan parçacıklar fotonlardır. Fotonlar sonsuz mesafeye etki edebilir ve kütleleri yoktur. Yukawa buradan hareketle, alınıp verilmesi güçlü kuvveti oluşturan parçacığın kütlesini hesaplamayı başardı. 1947 yılında deneyler Yukawa'nın tahminini doğrulayınca, 1949 yılında Nobel Ödülü'ne layık görüldü.

Dördüncü kuvvet ise zayıf kuvvettir ve radyoaktivite fenomeninden sorumludur. Zayıf kuvvet de atom altı bir kuvvettir ve çok kısa mesafelerde etkisini gösterir. Bazı teoriler beşinci bir kuvvetin varlığını öne sürse de bugüne kadar herhangi bir deneyde böyle bir şey görülmedi; en azından bilim camiasını tatmin edecek derecede.

Birçok fizikçi Büyük Patlama'nın başlangıcında evrende sadece tek bir kuvvetin olabileceğini varsayıyor. Buhar soğudukça su ve buzun oluşması gibi, evren soğudukça diğer kuvvetler ortaya çıktı. İki kuvvetin aynı fenomende bir araya gelmesi birleşme olarak adlandırılıyor. James Clerk Maxwell'in elektromanyetizma teorisi de elektrik ve manyetizmanın birleşimiydi.

1960'larda Sheldon Glashow, Abdus Salam ve Steven Weinberg yüksek sıcaklıklarda elektromanyetizma ve zayıf kuvvetin "elektrozayıf" kuvvet olarak birleşebileceğini gösterdi. Yukawa'nın güçlü kuvveti taşıyan parçacığı tahmin etmesi gibi Glashow, Salam ve Weinberg de elektrozayıf kuvveti taşıyacak

üç farklı parçacık öngördü. Bu parçacıkları gözlemlemek için ancak dev parçacık hızlandırıcılarda üretilebilecek olan aşırı yüksek sıcaklıklar gerekliydi. CERN'deki fizikçiler 1983 yılında yeni parçacık hızlandırıcısını kullanarak tüm bu parçacıkları keşfetmeyi başardı.

İki kuvveti birleştirerek elektrozayıf kuvveti elde etme girişimi başarıyla sonuçlandırıldı, artık dört kuvvet birleştirilmeye çalışılıyor. Elektrozayıf kuvvetle güçlü kuvveti birleştirecek teori büyük birleşik teori, dört kuvveti de birleştirecek teori her şeyin teorisi olarak biliniyor. Fakat her şeyin teorisini oluşturabilmek için neredeyse evren kadar büyük bir parçacık hızlandırıcı inşa etmemiz gerekiyor! Bu da ilgi çekici, fakat bilimsel olmayan yeni bir soru doğuruyor: Yoksa bizim evrenimiz, başka bir evrende birileri her şeyin teorisini bulmaya çalışırken mi ortaya çıktı?

BÖLÜM 6

YAŞAM

Yaşam muhtemelen evrendeki en büyük gizemdir. "Yaşam nasıl başladı?" ya da "Evrenin başka bir yerinde de yaşam var mı?" soruları henüz cevaplanmamış en kışkırtıcı sorulardır. Birkaç on yıl içerisinde ilkini cevaplama şansımız yüksek ve ikincisini cevaplamamız için de iyi bir şansımız var.

Tabii ki bu sorular bilimin bir konusu olmadan çok önce de soruluyordu. Son derece derin ve cevaplanmamış sorular olduğundan felsefi ve dinî, bilimsel olmayan cevaplar öncü konumdaydı. Bilim bu sorulara cevap verebilmeye başladığında bilim ile din arasında bir anlaşmazlık çıktı ve tartışma bugün hâlâ devam ediyor.

YAŞAM TÜRLERİ

Yazılı kayıt tutma alışkanlığının edinilmesinden, hatta yazının icat edilmesinden önce bile insanların diğer yaşam formlarını –bitkiler, böcekler, hayvanlar, balıklar ve kuşlar– çıplak gözle incelemiş olduğuna herhalde şüphe yoktur. Yaşam birçok farklı şekilde bulunur ve atılacak ilk adım şüphesiz canlı varlıkları kategorize etmektir.

Canlı Organizmaların Sınıflandırması

Aristoteles'in biyografisini okumadan veya ansiklopedisini incelemeden kendisini gerçek anlamda takdir etme şansınız yoktur. Ancak o zaman tarihin en parlak düşünürlerinden biri olduğunu anlarsınız. Daha çok filozof olarak bilinir, fakat aynı zamanda düşünce üretimi ve geliştirmesini sistemleştirmesi kendisini birinci sınıf bir bilim insanı haline getiriyor. Aristoteles'in çalışmaları Roma'nın düşüşünden sonra yüzlerce yıl boyunca kayıptı, Karanlık Çağ'ın bu kadar karanlık olması tesadüf olamaz. Çalışmaları tekrar keşfedildiğinde düşünme biçimi yüzlerce yıl boyunca neredeyse her şey konusunda tartışılmaz otorite oldu.

Aristoteles farklı hayvan türlerini gözlemlemek için uzun bir zaman harcadı. Bunu yaparken hem doğacı hem de bilim insanı özellikleri gösterdi. Özellikle deniz canlılarıyla ilgileniyordu ve elektrik hakkında hiçbir şey bilmemesine rağmen torpido balığının (elektrikli vatoz olarak da bilinir) avını nasıl etkisiz hale getirdiğini kaydetmişti. Yunusların memeliler gibi doğurduğunu fark edip yunusları doğru bir şekilde balık sınıfı yerine memeliler arasına koymuştu. Aslında Aristoteles'in biyolojiye temel katkısı beş yüzden fazla hayvan türünü hiyerarşik bir şekilde sınıflandırmasıydı.

Bunları yaparken evrim fikrini ima eden ilk bilim insanlarından biriydi. Aristoteles'in hiyerarşisi basitten karmaşık formlara gidiyordu ve bunun sürekli bir değişimden kaynaklanmış olabileceğinin farkındaydı. Fakat doğal seçilim mekanizmasını bulması imkânsızdı ve destekleyecek bir yol bulmadan ortaya teori atmayacak kadar iyi bir bilim insanıydı.

Aristoteles'ten neredeyse iki bin yıl sonra, on yedinci ve on sekizinci yüzyılda Aristoteles'in bilmediği birçok tür keşfedilmesi, sınıflandırmasının genişletilmesini gerektirmişti. Kullanışlı bir sınıflandırmanın önemi küçümsenemez, bilimde bu tür şemaların ve buluşların yan yana gittiği çok sayıda örnek vardır.

İsveçli Carl Linnaeus, Aristoteles'in yaptığı gibi doğacı ve biyolog yönlerini birleştirdi ve bugün hâlâ kullandığımız siste-

mi oluşturdu. Yaşayan her türün diğer benzer türlerden ayrılan yönlerini titizlikle anlattı. Aynı zamanda bugün hâlâ kullanılan, her türün bir cins ve tür adıyla tanımlandığı ikili adlandırma yöntemini popülerleştirdi. Örneğin modern insan *Homo sapiens* olarak adlandırılır; *homo* "insan" anlamına gelirken *sapiens* "bilmek" anlamına gelir ve türün kendine has özelliğini gösterir.

Linnaeus sadece sınıflandırmakla kalmadı, ayrıca organize de etti. Birbiriyle benzer özelliklere sahip olan türler cins denilen grup altında toplandı. Benzer cinsler takım ve benzer takımlar sınıf altında toplandı. Yeni keşfedilen hayvan ve bitki türlerine ek olarak Linnaeus'un hiçbir fikrinin bulunmadığı bakteri ve virüs gibi yaşam formları keşfedilmesine rağmen sistemin temel fikri hâlâ kullanılıyor.

Linnaeus dinin, felsefenin ve bilimin bugünkü gibi birbirinden ayrılmadığı bir dönemde yaşıyordu ve yaşamı bunu yansıtıyordu. Tanrı'nın bu projeyi yapması için kendisini yönlendirdiğine inanıyordu ve kendisiyle aynı fikirde olmayanların kâfir olduğunu düşünüyordu. Dindar bir fanatiği andıran bu özelliklerine rağmen, geleceğin bilim insanlarını kendi işini devam ettirmesi için yetiştiren ilgili ve ilham verici bir öğretmen olarak biliniyordu.

Bakterilerin Keşfi

Halkın zihninde bilimle ilişkilendirilen bir özellik varsa şüphesiz entelektüel dehadır. Zeki olan insanlar kimi zaman "Einstein" olarak tanımlanır ve bir şeyi yapmak için çok zeki olmanız gerekmediğinde "roket bilimcisi olmaya gerek yok" denir. Newton ve Einstein'ın yaptıklarının yeteneklerimizin üzerinde olduğunu biliyoruz. Çoğumuz Kepler'in verilerine veya Michelson-Morley deneyinin sonuçlarına sahip olsak bile evrensel kütleçekim veya özel görelilik teorisini oluşturamazdık.

Bundan dolayı bilim tarihindeki en büyük keşiflerden birinin sadece doğru zamanda doğru yerde, iyi bir bakışa sahip biri tarafından gerçekleştirilmiş olması şaşırtıcı olabilir. Hollandalı

tüccar Anton van Leeuwenhoek mikroskop merceği altında yağmur suyu damlasını incelemeye merak sarmıştı ve sonrasında bakteri dünyasını –görünmez hayvanat bahçesini– görme şansı yakalayan ilk kişi olmuştu.

Leeuwenhoek tüm detaylardan emin olmak için aynı cismi yüzlerce kez inceleyecek kadar takıntılı bir gözlemciydi. Yeteneği sayesinde Londra'daki Royal Society'nin "yabancı muhatapları" arasına girmiş ve gözlemlerini detaylı çizimlerle bu cemiyete sunmuştu. Fakat yine de bu görünmez hayvanat bahçesine dair ilk tanımının Royal Society'nin üyeleri tarafından anlaşılması zordu. "Hareket ederken duruyorlar, bir noktaya kadar hareketsiz kalıyor, sonra kendi eksenleri etrafında dönmeye başlıyorlar. İnce bir kum tanesinden daha büyük değiller." Bunun üzerine Royal Society İngiltere'nin en iyi mikroskop uzmanı Robert Hooke'u Leeuwenhoek'un bulgularının doğrulanması amacıyla – tabii ki doğruysa– yeterince güçlü bir mikroskop yapması için görevlendirdi.

Leeuwenhoek'un keşfini önemli yapan şey tıptaki etkisiydi. Leeuwenhoek'un zamanında ortalama insan ömrü bugünkünden birkaç on yıl daha azdı ve bugünkü artışın en büyük sebebi hastalıklardan korunmamız ve tedavilerini yapabiliyor olmamızdır. Leeuwenhoek'un zamanında hastalıkların kötü ruhlardan kaynaklandığına inanılıyordu ve hastalık tedavileri genellikle bugün büyücülük adını verdiğimiz uygulamalarla sınırlıydı. Bakterilerin hastalıklara yol açtığının anlaşılması için daha iki yüz yıl geçmesi gerekiyordu ama Leeuwenhoek'un gözlemleri olmasa tıp Karanlık Çağ'daki haliyle kalırdı.

Leeuwenhoek'un keşfi sadece doğru yerde doğru zamanda olmakla mı alakalıydı? Yoksa evinde kendisinin yaptığı, çağının "en yüksek teknolojisine" sahip en iyi mikroskoplardan birinin bulunmasının bir sonucu muydu? Şüphesiz ikisinin de etkisi var. Aslında o zamanlar mikroskoplar yaygındı ve çoğu gözlemci Leeuwenhoek'un yaptığı şeyi yapıyordu; bir sineğin kılı veya arı iğnesi gibi gözle görülemeyecek kadar küçük şeylerin de-

taylarını inceliyorlardı. Bu tür nesnelere yakından bakmak için mikroskop kullanmayı düşünmek büyük bir hayal gücü gerektirmiyordu. Öte yandan, mikroskobu sıradan bir yağmur suyu damlasına bakmak için kullanmak önemli miktarda hayal gücü gerektirmiş olmalı; hayal gücü ya da büyük bilim insanlarının her daim ayırt edici niteliği olan merak.

Leeuwenhoek, mikroskoplarının kalitesinin ve yüksek teknolojinin ona bir gözlemci olarak bir avantaj sağladığının farkındaydı. Başkalarına daha önemsiz enstrümanlarından bir kısmını kullanma izni vermeye istekli olsa da bir keresinde şöyle yazmıştı: "Bazılarını sadece kendim kullanıyorum ve bu enstrümanlarla benden başka yaşayan hiçbir insan [hiçbir şeye] bakmamıştır." Hayatı boyunca Royal Society'nin ricalarına bile direndi. Fakat ölümünden üç ay sonra Isaac Newton, Royal Society adına Leeuwenhoek'un en iyi yirmi altı mikroskobunu aldı.

Anaerobik Canlıların Keşfi

Louis Pasteur'ün Bilime En Büyük 20 Katkısı isimli bir kitap yazmak herhalde zor olmaz. Bilim tarihinin en özgün figürlerinden biri olan Pasteur yine karşımıza çıkıyor. Burada, Pasteur'ün daha az bilinen, fakat başka bir bilim insanına bütün bir kariyer sağlayabilecek bir keşfinden bahsedeceğiz.

Pasteur zorlukların üstüne üstüne giden ender insanlardan biriydi. 1868 yılında onu neredeyse öldüren ve vücudunun bir kısmını kullanmasını engelleyen bir felç geçirdikten sonra bile en büyük başarılarından bazılarını kaydetmeyi başarmıştı.

O zamana dek solunum süreci iyi anlaşılmıştı. Bitkilerin güneş ışığı kullanarak sudan ve karbondioksitten karbonhidrat ürettiği, sürecin atık ürünü olarak oksijen açığa çıktığı biliniyordu. Hayvanlar oksijen ve karbonhidrat tüketip atık olarak karbon dioksit üretiyordu. Canlılığın iki temel âlemi olan bitkiler ile hayvanlar arasında büyük bir döngü vardı. Hayvanların tümünün oksijen tükettiği düşünülüyordu.

Pasteur'ün hayatı boyunca en çok ilgi gösterdiği konulardan biri fermantasyon süreci olmuştu. Fermantasyonun mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirildiğini keşfetti. Aynı zamanda şarabı ısıtarak, bozulmasına sebep olan organizmalardan arındırmayı –yani sterilizasyon işlemini– önererek Fransız şarap endüstrisini kurtarmıştı.

1872 yılında Pasteur havanın şekeri bütirik aside dönüştüren bakterilerin hareketini engellediğini gözlemledi. Pasteur efsanevi sezgisiyle aşırı ilginç bir fenomeni keşfettiğini fark etti. Yaptığı sonraki çalışmaları oksijenin inhibitör özelliğini göstermişti. Pasteur havanın zehirlediği bakterileri tanımlamak için "anaerobik" terimini kullandı. Bugün iki tür anaerobik organizma olduğunu biliyoruz: oksijen varlığında düşük metabolizma gösterenler ve oksijen varlığında ölen "zorunlu anaerobik" organizmalar.

Anaerobik bakterilerin yaşam olmadığını düşündüğümüz yerlerde yaşadığını ortaya çıkardık. Aşırı tuzlu ortamlarda ya da çok sıcak ortamlarda bulunabilirler. Anaerobik bakteriler genellikle sıcak kaynak sularında bulunur, hatta suyun kaynama sıcaklığının üzerinde hayatta kalabilen bazı türler tespit edilmiştir.

Anaerobik bakterilerle ilgili en ilginç keşiflerden biri 1977 yılında yapıldı. John Corliss ve Robert Ballard deniz altı aracı *Alvin* ile Galapagos Adaları'nın yakınlarında okyanus zeminini tararken bir hidrotermal baca keşfetti. Böyle bir oluşum ilk kez keşfediliyordu. Bunlar aşırı yüksek sıcaklığa sahip hidrojen sülfür püskürten derin deniz bacalarıdır. Bazı anaerobik bakteri türleri hidrojen sülfürü enerji kaynağı olarak kullanır ve bu bakterilerin ürettiği besinler solungaçlı tüp solucanları ve dev istiridyelerin de dâhil olduğu besin zincirine aktarılır. Bu büyüyen canlı topluluğu güneş ışığının ulaşması imkânsız olan okyanus tabanlarında yer alır. Hidrotermal baca etrafında yaşayan organizmalar temel enerji kaynağı olarak Güneş'i kullanmadığı bilinen ilk yaşam formlarıdır ve Dünya'da ortaya çıkan ilk yaşam formunun üyeleri olmaları mümkündür. Aynı zamanda birçok

kişinin evrenin başka yerlerinde de yaşam olabileceğini umut etmesini sağlamıştır.

Anaerobik bakteriler adli tıpta da önemli bir rol oynadı. DNA analizindeki kritik gelişmelerden biri Kary Mullis'in çok küçük miktardaki örneklerden eşleme yaparak yüksek miktarda DNA elde edilen polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) keşfiydi. Mullis'in orijinal fikri çok yavaş çalışıyordu, çünkü döngülerin her birinde gerekli olan sıcaklık reaksiyondaki canlıları öldürüyor ve her döngüde yeni bakteri eklenmesini gerektiriyordu. PCR uygulamasındaki büyük gelişim çok yüksek sıcaklıklara dayanabilen ve değiştirilmesi gerekli olmayan anaerobik Taq bakterisinin kullanılması oldu. Bu durum PCR'ı güçlü bir araç haline getirdi. Koronavirüs pandemisi sırasında insanların COVID-19 olup olmadığının hızlı bir şekilde anlaşılmasını sağlayan güçlü bir uygulamaydı.

Virüslerin Keşfi

Virüslerin hikâyesi biyolojideki çoğu büyük keşif gibi nesiller ve kıtalar boyu sürer. Hikâye 1885 yılında parlak Fransız kimyacı Louis Pasteur'ün kuduza karşı aşı geliştirmesiyle başladı. Kariyerinin büyük kısmını hastalıkların mikrop teorisini kanıtlamaya adayan Pasteur, kuduza sebep olan mikrobu gözlemleyemedi. Pasteur'ün özelliklerinden biri bilimsel fenomenlerle ilgili derin bir sezgiye sahip olmasıydı, kuduza neden olan mikrobun çok küçük olduğu ve bu nedenle onu mikroskopta tespit edemediği sonucuna vardı.

Pasteur'ün asistanlarından bir kısmının bilime büyük katkıları olmuştur. Bunlardan biri olan Charles Chamberland, Pasteur'le çalıştığı sırada bakteri izole etmek için filtre geliştirmişti. Bugün filtreler ve benzerleri bakteriyoloji çalışmalarında standart araç haline geldiler.

Birkaç sene sonra Rus botanikçi Dmitri Ivanovsky tütün bitkilerinin yapraklarında lekelenmeye yol açan tütün mozaik hastalığını çalışıyordu. Hastalığa yol açan bakterileri izole etmek için

filtre kullanmayı denedi, fakat ne kadar küçük boyutlu filtreler kullanırsa kullansın hastalığa neden olan şey boşluklardan geçip gidiyordu. Sezgisi Pasteur'ünkinden bir iki derece aşağıda olan Ivanovsky filtrelerin kusurlu olduğu ve bakterileri yakalayamadığı sonucuna vardı.

Ivanovsky'den birkaç sene sonra Hollandalı botanikçi Martinus Beijerinck tütün mozaik hastalığıyla ilgili benzer deneyler yürüttü. Fakat Beijerinck farklı bir sonuca vardı: Tütün mozaik hastalığına yol açan şey bakteriyel olmayan, filtrenin deliklerinden geçecek kadar küçük canlılardı. Ayrıca hastalığa yol açan şeyin sağlıklı bir bitkide büyüyebilmesi ve başka bir sağlıklı bitkiye geçebilmesi canlı olduğunu gösteriyordu. Beijerinck bu görünmeyen şeylere Latincede "zehir" anlamına gelen *virüs* kelimesini kullanarak "filtreden geçebilen virüs" adını verdi.

Beijerinck çocuk felci, kabakulak, suçiçeği, grip ve nezle gibi bir grup hastalığın virüslerden kaynaklandığını gösterdi. Fakat virüslerin doğası Amerikalı biyokimyacı Wendell Stanley beklenmedik bir deney yürütene dek tam anlamıyla anlaşılamamıştı: Tütün mozaik virüsünü kristalize etmeyi başarmıştı. Bu sadece olağanüstü bir deneysel başarı değildi, aynı zamanda bugün hâlâ tartışılan bir soruyu gün yüzüne çıkarmıştı: Virüsler canlı mıydı? Yaşamın kriterlerinden biri üreme yeteneğine sahip olmasıdır. Virüsler çoğalabiliyordu, fakat bunu kendi başlarına yapamıyorlardı. Üremek için konak hücrenin çoğalma mekanizmasını kullanmaları gerekiyordu.

Optik mikroskoplardan çok daha güçlü olan elektron mikroskobunun geliştirilmesi bilim insanlarının virüsleri görebilmesini ve Pasteur'ün sezgisini doğrulamalarını sağladı. Son gelişmeler virüslerin yapısını ortaya çıkardı. Sıradan bir virüs, koruyucu protein katmanıyla kaplı bir DNA ya da RNA molekülünden oluşur. Küçüklüğü ve basitliği onlarla savaşmamızı zorlaştırır, virüsleri yok etmek ya da çoğalmalarını engellemek için sınırlı sayıda strateji mevcuttur. Bu da neden bilimin (aslında tekno-

lojinin) Ay'a insan çıkarabildiğini fakat –henüz– gribe kalıcı bir çözüm bulamadığını açıklıyor.

Kırk ya da elli yıl sonra doğmuş olsaydı, New England Patriots'a Super Bowl'u kazandıran kişi Bill Belichick yerine Wendell Stanley olabilirdi. Earlham Koleji'nde okuduğu zamanlarda Amerikan futbolu oynuyordu ve koç olmayı planlıyordu. Illinois Üniversitesi'ni ziyaret ettiği sırada bir kimya profesörüyle girdiği sohbetin ardından kendisini futbol diyagramlarındansa kimyasal denklemlerle ilgilenir bulmuştu.

Hayvan Davranışı

Bilimi insanlar değil bilgisayarlar yapsaydı bilim insanları arasında bir hiyerarşi olmayabilirdi. Fakat bilimi bilim insanları yaptığı için yüz yıldan uzun süredir bir egemenlik hiyerarşisi var.

On dokuzuncu yüzyılın önde gelen fizikçilerinden biri olan Lord Kelvin, doğa bilimcileri ve paleontologları pul koleksiyoncusu olarak tanımlarken hiyerarşiyi basit bir şekilde özetliyordu. Kelvin'e göre bir şey denkleme dökülemiyorsa bilim sayılmazdı.

Bu önyargı bugün hâlâ devam ediyor. Fizyoloji veya tıp alanında Nobel Ödülü kazananlara bakarsanız bir doğa bilimcinin ilk kez 1973 yılında ödül aldığını görürsünüz. O zaman bile sanki Nobel Komitesi birkaç doğa bilimciye aynı anda ödül vererek bir süre doğa bilimcilere tekrar ödül vermek zorunda kalmayacaklarını düşünmüş gibi hepsini bir araya toplamıştı. Bu doğa bilimcilerin her birinin ömrü başarılarla doludur, ancak biz her birinin kariyer zirvelerinden birini anlatacağız.

Karl von Frisch arıların iletişimi konusundaki müthiş başarısıyla tanınır. Bir arı kovanının en önemli aktivitesi besin aramaktır. Bu amaçla koloni öncü arıları gönderir. Öncü arı çekici bir besin kaynağı bulursa kovana polen ve nektar getirir. Sıradaki iş kovanı besin kaynağının yeri konusunda bilgilendirmektir. Yapılacak bariz şey öncü arıyı takip edip kaynağa gitmek olsa da öncü arı yorulmuştur ve kısıtlı zamanları vardır. Bundan dolayı

öncü kaynağın uzaklık ve yön bakımından konumunu "sallanma [*waggle*] dansı" adı verilen karmaşık bir dansla anlatır. Kaynağın uzaklığını sallanma süresiyle, yönünü ise sallanma dansının başladığı ve devam ettiği eksenin Güneş'e olan açısıyla anlatır. Bu tür bilgi iletimi böcekler için oldukça etkileyici bir başarıdır ve nasıl ortaya çıktığı ve nesilden nesle geçtiği merak ediliyor.

Konrad Lorenz kazlardaki içgüdüler üzerine klasik haline gelen bir çalışmanın yazarıdır. Yavru kaz yumurtadan çıktığında annesini sadece görerek değil, ayrıca özel ses kombinasyonlarıyla tanır. Lorenz, bu sesleri çıkaran her ne olursa olsun yavru kazların onu anneleri varsayacağını keşfetti. Bu süreç damgalama olarak biliniyor. Lorenz bunu göstermek amacıyla kendisi uygun sesleri çıkardı ve yavru kazlar kendisini anneleri olarak damgaladı. Lorenz'in pipo tüttürerek yürüdüğü ve bir grup yavru kaz tarafından takip edildiği videoyu görmek oldukça etkileyici.

Niko Tinbergen dikenli balık denen bir balık türünün diğer dikenli balıklara karşı bölgesini savunurken sergilediği içgüdüsel davranışını gösterdi. Tinbergen dikenli balıkların diğer dikenli balıkları fark etmediğini, aslında altında karakteristik bir kırmızı leke bulunan (dikenli balıkların karnında kırmızı leke vardır) her şeye içgüdüsel olarak saldırdığını fark etti. Erkek dikenli balıklar alt tarafında beyaz bir leke bulunan dikenli sırt şeklindeki makete çok az tepki gösterirken alt kısımları kırmızı olan daire veya karelere acımasızca saldırıyorlardı.

Bu keşifler hayvan davranışının karmaşıklığını aydınlattı. Bunu yaparken bizim davranışlarımızdan bir kısmını da aydınlatabilirler.

Hayvan davranışıyla ilgili en ilgi çekici çalışmalardan biri bilimsel değeri konusunda Lord Kelvin'i bile tatmin edebilirdi. İnsanlardaki özgecilik davranışı duygusal ve entelektüel bir bakış açısıyla anlaşılabilir; örneğin bir adam boğulan bir çocuk gördüğünde tanımamasına rağmen kurtarmak için hayatını riske atacaktır. Sosyal böceklerden biri olan yaban arıları da özgeci davranışlarda bulunur ve birbirileri için hayatlarını feda edebi-

lirler. William Hamilton bu davranışın Darwinci teoriyi doğruladığını göstermek için dâhice bir matematiksel analiz yaptı. Bir hayvanın özgeci davranışlara sahip olma olasılığının hayvanın bu davranışı gösterdiği hayvanla paylaştığı ortak genlerin sayısı arttıkça arttığını gösterdi.

YAŞAM BİLİMİ

Karanlık Çağ'ın karanlık olmasının sebeplerinden biri büyük soruların –Aristoteles tarafından yanıtlanmadıysa dini otoriteler tarafından– yanıtlanmış olduğuna dair dinî inancın bilimsel gelişimi engellemesiydi. Bu dönemde bilim adına Orta Doğu'da bir şeyler yapılıyordu, fakat Avrupa ile Orta Doğu arasındaki iletişim askeri çatışma şeklinde olma eğilimindeydi. Ancak Orta Çağ'ın gelişiyle birlikte insanlar çevrelerindeki dünya hakkında ölçülebilir bilgi edinmenin yaşamlarını nasıl daha iyi bir hale getirebileceğini görmeye başladılar ve Yunanlarla başlayan bilimsel araştırma süreci devam etti.

Ek olarak, iki büyük teknoloji bilimin ilerlemesini önemli ölçüde hızlandırdı; astronomide teleskop ve biyolojide mikroskop. Bu iki cihaz Gutenberg'in matbaa icadıyla birlikte insanlığı ileri taşıyan teknolojik gelişme oldu.

Hücrelerin Keşfi

Bir kişinin davranışları çocukluk deneyimlerinin sonucuysa Robert Hooke'un çocukluğu bayağı sıkıntılı geçmiş olmalı. Cildinin çiçek bozuğu olduğunu ve Oxford'da aşağılanmaya maruz kaldığını biliyoruz, çünkü okula girmesi için yemekhanede çalışması gerekmişti. Hooke kavgacı, kıskanç ve cimri bir kişiliğe sahipti. Tüm başarılarına rağmen, bilime faydasından çok zararı dokunmuş olabilir, çünkü Isaac Newton'la o kadar sert çekişmişti ki en sonunda Newton sinir hastası olmuştu.

Oxford'da olduğu zamanlarda mekanik zekâsıyla tanınmaya başlamıştı. Bunun sayesinde sıcaklık, hacim ve gaz basıncı arasındaki ilişkiyi ifade eden Boyle kanununun arkasındaki isim

Robert Boyle ile çalışmaya başladı. Boyle'un deneylerinde kullandığı özel mekanik pompayı yapan kişi Hooke'tu.

Hooke'un mekanik mahareti kendisine Royal Society'deki tek maaşlı pozisyon olan "deney küratörü" pozisyonunu kazandırdı. Bir sene sonra Royal Society üyeliğine seçildi. Bu payeler Hooke'u yumuşatmak yerine kendisine haksızlık ettiğini düşündüklerine karşı kullanması için birer silah oldu ve kariyerinin büyük bir bölümünü fikirlerinin ve cihazlarının başkalarının başarılarını önceden tahmin ettiğini savunarak geçirdi.

Çok önemli gelişmelerin ilk tohumlarını attığına dair düşüncelerinde kısmen haklılık payı vardı, fakat bu tohumlar başkalarının toplayacağı meyveler haline gelmemişti. Nihayetinde Newton'un geliştirmiş olduğu kütleçekim teorisi üzerine bazı fikirleri vardı ve Huygens'in fikirlerinin bir kısmını tahmin eden hatalı bir ışık dalga teorisi geliştirmişti. Buna rağmen Hooke astronomi, fizik ve biyoloji alanlarına önemli katkılarda bulundu. Astronomide çift yıldızları keşfeden ilk kişilerdendi. Fizikte yaylar üzerine ayrıntılı çalışmalar yürüttü ve gerilen bir yayda biriken kuvvetin gerilme mesafesiyle orantılı olduğunu gösteren Hooke kanununu oluşturdu. Yaylar hakkındaki çalışmaları saatlerde kullanılmalarını sağladı.

Fakat Hooke'un en büyük etkisi biyoloji alanındaydı. İngiltere'nin en büyük mikroskopçusuydu ve mekanik yeteneğini Leeuwenhoek'un bakteri keşfini doğrulayacak mikroskopu tasarlamakta kullanmıştı. O günlerde mikroskopçular buldukları her şeyi mikroskop altında inceliyorlardı, Hooke'un şansı ise ince bir kuru mantar tıpa kesitini incelemesiydi. Şaşırtıcı bir şekilde düzenli dizilmiş küçük ve dikdörtgen delikler gözlemledi. Babası bir din adamıydı ve boşluklar ona manastırdaki keşişlerin yaşadığı ve hücre adı verilen küçük odaları hatırlattı. Hooke bu yapılara "hücre" adını verdi ve verdiği isim bugüne kadar korundu.

Hooke ölü mantar parçalarına baktığını düşünüyordu ama biz bugün onun o zaman tanımladığı hücrelerin canlı fakat sıvısını kaybetmiş olduğunu düşünüyoruz. Hücreler yaşamın te-

mel yapı taşlarıdır ve atomların kimyada tuttuğu yeri biyolojide tutarlar. Hooke keşfini 1665 yılında yaptı. Sonraki sene Büyük Yangın Londra'yı kasıp kavurdu ve Hooke şehrin yeniden inşası ve bilimin diğer alanlarıyla meşgul olduğundan mikroskopta daha fazla çalışma yapmadı.

Muhtemelen Hooke antipatik bir kişiliğe sahip olduğu için tarih ona başka bir önemli katkı yapma şansı verme konusunda direndi: Darwin'in evrim teorisinin bazı kısımlarını neredeyse iki asır önce düşünmüştü. Mikroskobuyla fosil incelemiş ve incelediği fosillerin bugün yaşamadığını fark etmişti. Bunun üzerine, "Tamamen yok edilmiş veya yok olmuş türler ya da değişip çeşitlenmiş bazı türler olabilir. Çünkü sadece belirli yerlere özgü olan ve başka yerlerde bulunmayan hayvan ve bitki türleri olduğunu görüyoruz," diye yazmıştı. Spekülasyonlar bilime yardımcı olabilse de bilim kanıt gerektirir ve Hooke'un fikirlerini doğrulayacak kanıtları bulan kişi Darwin (ve Wallace) olmuştu.

Hücre Teorisi

Biyoloji birçok açıdan fizik ve kimyaya göre daha karmaşık bir bilim dalıdır. Daha karmaşık yapılara sahiptir ve yapılar arasındaki ilişkiler kimi zaman son derece kompleks olabilir. Bunun sonucu olarak biyolojik teoriler de biyolojik canlılar gibidir, yavaş büyürler ve uzun bir sürecin ardından yetişkinliğe ulaşırlar. Hücre teorisi için de durum bu şekildeydi.

Robert Hooke organizmaların temel birimini ilk kez gözlemleyip onlara hücre adını incecik kurumuş mantar dilimlerini inceleyerek vermişti. Mantarlar ölü olduğundan hücre sıvısı yok olmuştu ve Hooke sadece kuru hücre duvarlarını görebilmiş, odanın içerisindeki aktiviteyi görememişti. Mikroskoplar sonraki bir buçuk asır boyunca biyologların canlı hücreleri görebileceği ve hücrelerin sıvıyla dolu olduğunu belirleyebileceği kadar gelişti. Biyologlar bu sırada canlıların organlar ve dokulardan oluştuğunu fark etmiş, bu yapıların içerisinde hücreleri görseler de hücrelerin yapı taşı olduğunu düşünmemişlerdi.

Bitki hücrelerini görmek daha kolaydır, çünkü hayvan hücrelerinin aksine hücre duvarları bulunur. Mikroskobun gelişen gücü etkisini 1831 yılında İsveçli botanikçi Robert Brown tüm bitki hücrelerinde bulunan ve çekirdek adını verdiği küçük ve siyah yapıyı fark ettiğinde göstermeye başladı.

Brown'ın keşfine yakın zamanlarda, avukatlık mesleğinden memnun olmayan Alman Matthias Schleiden intihara kalkışmıştı. Depresyonunu çözebilmek için hobi olarak botanikle ilgilenmeye başladı ve sonrasında profesyonel olarak devam etti. Schleiden o zamanlar çoğu botanikçinin yaptığı gibi bitki türlerini sınıflandırmaktansa bitki dokularını mikroskopta incelemeyi tercih etti. 1838 yılında bitkiler için hücre teorisini oluşturdu: Tüm bitki dokuları hücrelerden meydana geliyordu. Ayrıca her ne kadar yeni hücrelerin çekirdekten oluştuğu gibi yanlış bir sonuca varsa da Brown'ın keşfettiği çekirdeğin yeni hücrelerin oluşumundaki önemini fark etmişti.

Bir sene sonra saygıdeğer Alman fizyolog Theodor Schwann, hayvan hücreleri için aynı sonuca vardı. Schwann ayrıca tüm yumurtaların hücre olduğunu ve tüm yaşamın tek bir hücreden başladığını öne sürdü. Schleiden ve Schwann atom teorisinin kimyada tuttuğu pozisyonu biyolojide tutan hücre teorisini oluşturdular.

Yirmi yıl sonra bir diğer saygıdeğer fizyolog Alman Rudolph Virchow, Schleiden ve Schwann'ın ayrı ayrı sunduklarını teorilerini "hücreler hücrelerden meydana gelir" aksiyomu altında birleştirdi. Pasteur'ün deneyleriyle birkaç yıl sonra tamamen yıkılacak olan kendiliğinden oluşum teorisine karşı sunulan ilk teori olmuştu.

Fakat Virchow'dan sonra bile yeni hücrelerin nasıl üretildiği sorusu cevaplanmayı bekliyordu. Hücrelerin "mitoz" denilen bir süreçle bölündüğünün ve bu bölünmenin yeni hücrelerin üretiminden sorumlu olduğunun anlaşılması için yeni nesil, daha güçlü mikroskopların geliştirilmesi gerekiyordu.

Virchow kendi teorisine âşık olma gafletine düşen önemli bilim insanlarından biriydi. Hastalıkların hücrelerin ait oldukları organizmaya başkaldırmasıyla meydana geldiğini düşünerek hücre teorisini hastalık teorisine genişletmeye çalıştı. Her ne kadar bazı kanser türleri bu açıklamaya uysa da mikropların neden olduğu hastalıklar elbette bu tanıma girmemektedir. Sonuç olarak Virchow, Pasteur'ün hastalıkları açıklamak için başvurduğu mikrop teorisini kabul etmeyi reddetti ve Robert Koch'un belirli hastalıkları belirli mikroplara atfettiği çalışmalarına devam edeceği bir pozisyon sahibi olmasını zorlaştırdı.

Fotosentez

Dünya'da iki büyük canlı âlemi bulunur: Bitkiler ve hayvanlar. Birbirlerinin gerçek manada atıklarını tüketerek muhteşem bir uyum içinde yaşarlar. Hayvanlar, bitkilerin atığı oksijeni alıp solunumla karbon dioksit üretir. Bitkiler ise bu karbon dioksiti alıp fotosentez aracılığıyla (hayvanların soluduğu) oksijen ve (hayvanların yediği) nişasta üretir.

On sekizinci yüzyılın sonu siyasette ve bilimde dramatik gelişmelere sahne olurken bilim insanları iki alanda da rol oynuyordu. Aşılama çiçek hastalığını önlemek için standart tıp uygulaması haline gelmişti ve Hollandalı Doktor Jan Ingenhousz İngiltere'de bu alanda uzman olacak kadar yaşama şansı bulmuştu. Bunun sonucu olarak kraliyet ailesini aşılamak için Viyana'ya çağrılmış ve İmparatoriçe Maria Theresa'nın kişisel doktoru olmuştu. 1770 yılında İngiltere'ye döndüğünde Royal Society üyeliğine seçildi. Aynı zamanlarda bitki kimyası ile ilgili çalışmalarına başladı.

Ingenhousz, hayvanlar âleminin var olmasını sağladığı için şüphesiz Dünya üzerindeki en önemli kimyasal tepkimenin ana hatlarını belirledi. Bitkilerin karbondioksit alıp oksijen verdiğini, ancak bu reaksiyonun sadece güneş ışığının varlığında gerçekleştiğini ortaya koydu. Bunu doğrulamak için bitkileri ışık almayan bir ortama koydu ve oksijen üretiminin durduğunu göster-

di. Fotosentez terimi "ışıkta üretim" anlamında, bu reaksiyon için kullanılır oldu.

Fotosentez araştırmasındaki bir sonraki önemli adım Alman botanikçi Julius von Sachs tarafından atıldı. On dokuzuncu yüzyılın ortasında yeşil klorofil pigmenti keşfedilmiş ve tüm bitkilerin yeşil kısmında bulunduğu gösterilmişti. Von Sachs klorofilin ancak hücrenin belirli kısımlarında, daha sonra kloroplast adı verilecek bölgede bulunduğunu ve kloroplastların içindeki klorofillerin karbon dioksitin ışık varlığında nişastaya dönüştürüldüğü ve oksijenin atık olarak üretildiği reaksiyonu katalizlediğini gösterdi. Bu durum bitkilerin neden yeşil olduğunu da açıklıyordu. Güneş ışığı spektrumun tüm renklerini içeriyordu, fakat klorofil fotosentez reaksiyonunda yeşil ışığı kullanmadığından onu bizim görebileceğimiz şekilde geri yansıtıyordu.

Fakat hangi kimyasal reaksiyonlar klorofilin karbon dioksiti nişastaya dönüştürmesini sağlıyordu? Reaksiyonları test tüpünde tekrarlamak zor olduğundan fotosentezin ayrıntılı analizi ancak 1949 yılında Amerikalı kimyacı Melvin Calvin tarafından yapılabildi. Calvin radyoaktif işaretli karbonların bulunduğu karbon dioksiti birkaç saniye boyunca bitkilere verdi. Sonrasında bitki hücrelerini ezerek tüm bileşenleri kâğıt kromatografisi olarak bilinen, yeni icat edilmiş yöntemle inceledi. Radyoaktif karbon içeren bu bileşikler fotosentezin ilk kısımlarında üretilmiş olmalıydı.

Calvin 1957'de fotosentezi oluşturan tüm kimyasal reaksiyon zincirini tamamladı. Ingenhousz bitkilerin karbon dioksit alıp oksijen ürettiğini göstermiş, von Sachs sürecin kloroplastların içindeki klorofiller tarafından yapıldığına işaret etmiş ve Calvin kimyasal reaksiyonları belirlemişti. Fotosentezin tam bir tanımının yapılması neredeyse iki asır sürmüştü.

Fotosentez araştırması teknolojinin bilimsel ilerlemede ne kadar kritik olduğunu gösteriyor. Calvin'in, zamanının yüksek teknolojisi olan radyoaktif işaretçiler ve kâğıt kromatografisi kullanarak sonuçlarını tamamlaması beş yıldan uzun sürmüş-

tü. Modern teknoloji aynı işi binlerce kat daha hızlı yapabiliyor. Bugün bilim insanları fotosentezin klorofilin veya ışığa duyarlı başka bir molekül olan bakteriyorodopsin'in içinde nasıl gerçekleştiğini saniyenin milyarda birinden daha kısa süren ışık atımları veren lazerler kullanarak belirleyebiliyor.

Mitoz ve Mayoz

Bilimde genellikle büyük bir ilerleme kaydedilmesinin ardından duraklama dönemine girilir. Schleiden ve Schwann'ın 1840'larda hücre teorisini ortaya atmalarından sonra de benzer bir durum yaşanmıştı. Hücreler çoğunlukla şeffaf malzemeden oluştuğu için detaylarının görülmesi çok zor oluyordu.

Fakat duraklama dönemindeyken başka bir alanda yaşanan büyük bir keşif tekrar hızlı bir ilerleme sağlayabilir. William Perkin'in 1860'ların başında sentetik boyaları keşfetmesi hücre bilimciler için büyük bir lütuf olmuştu ve bilim insanları bu boyaları derhal hücre çalışmalarına entegre etmişti.

Tabii ki Perkin sentetik boya keşfini daha çok fabrikasyon boya üretimiyle ticari açıdan düşünmüştü. Saygın hücre bilimciler Paul Ehrlich ve Walther Flemming, bazı boyaların hücrelerin sadece belirli kısımları tarafından emildiğini fark etmişti. Bu teknik bugün "boyama" [*staining*] olarak biliniyor.

Ehrlich ve Flemming boyaları farklı şekillerde kullandılar. Ehrlich, bakteriyolojinin babası Robert Koch'un öğrencisiydi ve boyamayı ilk olarak hastalıklara yol açan mikropları belirlemek için kullanmıştı. Sonrasında kimyasal boyaları hastalığın tedavisine adapte etmişti.

Flemming ise biyologdu ve boyamayı hücre içindeki süreçleri araştırmak için kullanmıştı. Hücre içinde boyayı emen maddeyi tanımlamak için Yunancadaki renk kelimesinden gelen "kromatin" terimini kullanmıştı.

Flemming büyüyen bir dokunun içindeki çok sayıda hücreyi boyadı, bu sayede bazı hücrelerin hücre bölünmesinin farklı aşamalarındayken yakalanması kaçınılmazdı. Hücre bölünmesi

başladığında kromatin, Flemming'in Yunancadaki renkli cisim tabirinden ilham alarak "kromozom" adını verdiği küçük ve lifsi bir yapı halinde toplanıyordu. Hücre bölünmesi başladığında kromozomlar karakteristik bir yapıya sahip oluyordu, Flemming sürece Yunancada iplik anlamına gelen "mitoz" adını verdi.

Mitozun temel özelliği orijinal hücredeki kromozom sayısını iki katına çıkarmasıdır. Kromozomlar hücrenin iki ucuna çekilir ve kromozom sayısı yarıya inmiş olur. Sonrasında hücre ikiye bölünür. Orijinal hücredeki kromozom sayısı iki katına çıkarıldığından yeni oluşan hücrelerdeki kromozom sayısı orijinal hücreyle aynı olacak şekilde korunmuş olur.

Mitoz, hücre bölünmesinin ardından oluşan iki hücrenin birbirinin aynısı olmasını sağlar. Fakat eşeyli üremede yer alan sperm ve yumurtanın üretiminde durum farklıdır. Kromozom sayısı ikiye katlanmaz, bunun yerine sperm hücresinden gelen kromozomlar yumurta hücresinden gelen kromozomlarla "parça değişimi" [*crossing over*] dediğimiz bir süreçle iç içe geçer. Sonrasında çiftler birbirinden ayrılır. Süreç Belçikalı hücre bilimci Edouard Van Beneden tarafından keşfedilmiş ve "mayoz" adı verilmişti. Mayozun temel özelliği oluşan sperm ve yumurta hücrelerinin kromozom sayısının orijinal hücreninkinin yarısı olmasıdır. Mayozun keşfi Mendel'in genetik kanunlarını açıklayabildi ve bir bebeğin neden babasının gözlerini alırken annesinin burnunu aldığının anlaşılmasını sağladı.

Flemming aslında mitozun eşeyli üremede gerçekleşmediğini fark etmişti, fakat bir açıklama getirememişti. Van Beneden mayozun detaylarını açıkladığında genetiğin temelindeki iki soruna açıklama getirmişti: Mayozda ne olduğu ve Mendel'in kanunları. Maalesef Mendel birkaç sene önce hayatını kaybetmişti ve çalışmaları botanikçilerin aşina olmadığı bir istatistik kullandığından ilgi görmemişti. Mendel'in çalışması ancak on beş yıl sonra tekrar keşfedildi ve eğer mayoz açıklanmış olmasaydı önemi anlaşılmayabilirdi.

YAŞAM NASIL DEĞİŞİYOR?

Ernst Haeckel, Thomas Young gibi bir bilgeydi; doğa bilimcisi olmasının yanında bir doktordu, felsefeciydi ve deniz biyoloğuydu. Haeckel pazarlamanın ticarette olduğu gibi bilimde de önemli olduğunun farkındaydı ve fikirlerini "ontogeni filogeninin tekrarıdır" şeklinde özetlemişti. Haeckel'in demek istediği şey ontogeninin –bir bireyin gelişiminin– türün gelişimi olarak bilinen filogeniyle paralellik gösterdiğiydi.

Teorisi artık geniş çapta kabul görmese de bireyin yaşamının bir şekilde daha büyük bir yapıya paralel olabileceği fikri, aslında bireylerin türlerle benzer şekilde iki temel yolla değişmesinde kendisini gösterir. Yaşamın temel ilerleyişi –doğum, çocukluk, yetişkinlik, yaşlanma ve ölüm– evrimsel açıdan sorunsuz gerçekleşir. Fakat kimi zaman bireyin yaşamı hastalık veya şiddetten etkilenebilir. Benzer bir durum daha büyük çapta, türlerin yok olduğu dramatik süreçlerde gözlemlenir.

Evrim Teorisi

Neredeyse herkes Charles Darwin'i duymuştur ama Alfred Wallace'ı duyanlarınız azdır. Halbuki Charles Darwin ve Alfred Wallace benzer deneyimlerle aynı büyük fikri geliştirmişlerdir. Wallace bugün hayatta olsaydı ve isminin Darwin'in isminin aksine neredeyse hiç bilinmediğini öğrenseydi muhtemelen çok şaşırmazdı, çünkü Wallace'ın hayatı birbiri ardında gelen talihsizliklerden oluşuyordu.

Darwin varlıklı bir aileden gelme şansına sahipti, babası zengin bir doktordu ve amcası Josiah Wedgwood meşhur Wedgwood Çömlekçilik'in başındaydı. Darwin bu sayede 1831 yılında İngiliz donanmasına bağlı *Beagle* adlı geminin Ekvador açıklarındaki Galapagos Adaları'na yapacağı sefere maaşsız bir doğa bilimcisi pozisyonuyla, kendi masraflarını karşılayarak katılabilmişti. Bu olağanüstü bölgede geçirdiği beş sene Darwin'e daha sonra efsanevi kitabı *Türlerin Kökeni*'nin temelini oluşturacak fikirleri sağlamıştı.

Alfred Wallace ise ekmeğini kendisi kazanmak zorundaydı ve bundan dolayı coğrafyacı olmuştu. Sonrasında geçimini sevdiği işi yaparak sağlamaya karar verdi. 1848 yılında, bir doğa bilimci olarak ender türleri toplamak için Güney Amerika'ya yelken açtı. Amazon vadisindeki yaşamın bolluğu üzerine yaptığı dört yıllık gözlem Darwin ile aynı fikirleri oluşturmasını sağladı. Maalesef çalışmasını tamamlamasının ardından İngiltere'ye dönmek için oldukça yanıcı bir madde olan reçine taşıyan bir gemiye bindi. Tipik bir Wallace şansıyla gemi yandı ve dört yıllık çalışmasının sonuçları yok oldu.

İkilinin yaşamlarındaki paralellik devam ediyordu. İkisi de Güney Amerika'dan türlerin nasıl ortaya çıktığına dair birtakım fikirlerle dönmüştü, fakat yeni türlerin oluşmasına yol açan mekanizmayı bulamamışlardı. İngiltere'ye dönmelerinin ardından Thomas Malthus'un nüfusun gıda kaynaklarından daha hızlı çoğaldığını gözlemlediği *Nüfus İlkesine Üzerine* adlı eserini okudular. Hem Darwin hem de Wallace, çevresine en iyi adapte olan türün yaşamı için gerekli olan kaynaklara daha fazla ulaşacağı sonucuna vardı. Evrimin arkasında yatan mekanizma olan doğal seçilim teorisi doğmuştu.

Tüm bu gelişmeler Darwin için 1838 yılında yaşanmış, Darwin 35 sayfalık taslağını hazırlamış ve 1842 yılında birkaç yüz sayfaya genişletmişti. Bunun düşünsel bir bomba olacağının farkındaydı ve ortaya çıkacak karışıklıktan kaçınmak için ölümünden sonra yayınlanmasını planlamıştı. Diğer çalışmaları zaten kendisini tanınan bir doğa bilimci haline getirmişti, bundan dolayı Wallace 1858 yılında evrimle ilgili gözlemlerine dair hazırladığı taslağını yorumlaması için Darwin'e göndermişti.

Darwin şoka uğramıştı. Hislerini "Bu kadar etkileyici bir tesadüf görmedim. Wallace 1842'de yazdığım taslağa ulaşmış olsa bile bundan daha iyi bir özetini çıkaramazdı!" şeklinde özetledi. Darwin artık bir ikilem içindeydi ve ikilinin ortak arkadaşları araya girerek Darwin ve Wallace'ın Londra'daki Linnean Society toplantısından önce makalelerini okumalarını sağladılar.

Çok az insan farkına varmıştı. Artık Darwin'in teorisini ölümünden sonra yayınlama planı uygulanabilir bir plan değildi. Bir yıl sonra *Türlerin Kökeni* yayınlandı. Tartışmadan kaçınan Darwin, ironik bir şekilde sonsuza dek evrimle birlikte anılır olacaktı.

Wallace ve Darwin, çocukluklarından beri akademik aktivitelere katılmaktansa kırsal kesime gözlem yapmaya giden tutkulu birer doğal bilimciydi. Darwin Cambridge'e gitti, fakat derse girmek yerine arı toplamayı tercih ediyordu (Wallace'ın da benzer şeyler yaptığı biliniyor). Darwin şöyle diyordu: "Size çabamı kanıtlayacak bir örnekten bahsedeyim: Bir gün, eski bir ağaç kabuğunu koparırken iki nadir böcek gördüm ve birer elimle yakaladım, sonrasında ise kaybetmeyi göze alamayacağım üçüncü ve yeni bir tür görünce sağ elimde tuttuğum böceği ağzıma attım." Wallace da benzer anılar anlatıyor olsa gerekti.

Dinozorların Ölümü

İlk dinozor fosili 1822 yılında İngiltere'de Mary Ann Mantell tarafından keşfedildi. Yirmi yıl sonra Britanyalı fosil avcısı Richard Owen, bu canlılara Yunancada "korkunç kertenkele" anlamına gelen dinozor ismini verdi. 1854 yılında Owen, Londra'daki Kristal Saray'da bir dinozor sergisi düzenledi. *Jurassic Park* ve devam filmlerinin gişe hasılatlarının gösterdiği gibi sergi halkın beğenisini toplamış ve zayıflama belirtisi göstermeyen bir aşk ilişkisi başlatmıştı.

İlk dinozorlar yaklaşık 225 milyon yıl önce ortaya çıktı ve 100 milyon yıl önce Dünya'daki baskın tür haline geldi. Yaklaşık 65 milyon yıl önce, Kretase döneminin sonunda dinozorlar birden yok oldu. Paleontolojinin en büyük gizemlerinden biriyle karşı karşıyaydık: Dinozorları ne öldürmüştü?

Yok olmalarını açıklamak adına ortaya birçok teori atıldı. İhtimallerden biri yeni evrilen, daha küçük ve hızlı olan memelilerin dinozorların yumurtasını yiyerek yok olmalarına yol açmasıydı. Teorinin zayıflığı ise yumurtayla üreyen başka bir tür olan timsahların hayatta kalmasıydı. Diğer bir ihtimal olan dinozorların

kavurucu sıcak altında susuzluktan ölmesi Disney'in *Fantasia* filminde gösterilmişti. Başka bir ihtimal Dünya'ya dinozorlar için ölümcül olduğu kanıtlanan ultraviyole radyasyon yağdıran, yakındaki bir süpernova patlamasıydı. Ayrıca dinozorların yok olmasından kısa bir süre önce devasa volkanik patlamalar olduğunu biliniyordu ki, bunun da durumla bir ilgisi olabilirdi.

1980 yılında Walter Alvarez, İtalya'da Kretase ile Tersiyer dönemlerini ayıran sınırın (K-T sınırı olarak bilinir) açık bir şekilde görülebildiği bir bölgeyi inceliyordu. Walter, babası Luis'ten iki dönemi ayıran sınırda bulunan ince kil tabakasını incelemesinde yardımcı olmasını istemişti. Luis Alvarez bu görev için iyi bir pozisyondaydı, Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nde çalışan Nobel Ödüllü bir fizikçiydi ve gerekli enstrümanlara erişimi bulunuyordu. Frank Asaro ve Helen Michel'in yardımıyla kilin normalden çok daha fazla iridyum içerdiğini fark ettiler. Bugün bu iridyum miktarı dünyada K-T sınırını karakterize etmek için kullanılıyor.

Alvarezler, Asaro ve Michel, iridyumca zengin bir asteroid ya da kuyruklu yıldızın Kretase döneminin sonunda Dünya'ya çarptığını öne sürdüler. Çarpışma sonucu ortaya çıkan toz atmosferde kalarak güneş ışığının geçişini ve bitkilerin fotosentez yapmasını engellemiş, bu yüzden besin zincirinin ilk halkasını yok etmişti. Bitki büyümesinin engellenmesiyle birçok tür yok olmaya mahkûm olmuştu.

Bu ilginç teori geniş bir ilgi uyandırmıştı, fakat kanıtlanması için yapılacak daha başka işler vardı. En önemli şey o zamana ait büyük bir çarpma kraterinin bulunması olurdu ve sonrasında Meksika açıklarında, okyanus dibinde uygun bir aday bulundu. Bugün bu teori tamamen kabul edilmese de –paleontologlar arasında halen volkanik patlama taraftarları bulunuyor– Dünya tarihinde meteor çarpması gibi felaketlerin oynadığı rol hakkında tekrar düşünülmesini sağladı. Bu felaketler Dünya'daki yaşamın başlangıcından beri meydana gelen büyük yok oluşlardan sorumlu olabilir.

Teori sadece dinozorların ölümünü açıklamıyor, aynı zamanda insanlığın yok oluşunu engellemiş olabilir. Teori öne sürüldükten sonra bazı bilim insanları bir nükleer savaşın benzer bir etki yaratacağını, gökyüzünü tozla kaplayarak küresel sıcaklıklarda ciddi düşüşe yol açabileceğini öne sürdü. Bu durum bitki büyümesi üzerinde son derece olumsuz bir etkiye sebep olacaktır. "Nükleer kış" senaryosu ciddi bir araştırma ve tartışma konusuydu (hâlâ da öyle) ve böyle bir şeyin olma ihtimali gerçekten bir nükleer savaş ihtimalini azaltmış olabilir. Bugün ise madalyonun diğer yüzü –fosil yakıtların kullanımıyla ortaya çıkan sera gazlarının neden olduğu küresel ısınma ihtimali– bilim camiasının en büyük endişesini oluşturuyor.

BÖLÜM 7

GENETİK VE DNA

Bilimdeki en büyük başarılardan biri genetiği (kalıtım mekanizmasını) anlamaktır. Bu başarı ve onun sayesinde yaptığımız şey türümüzün başarı ölçütü olabilir. Bu mekanizmayı anlamak ve kontrol edebilmek sadece daha verimli tohumlar üretmemizi değil, diğer türlerle birlikte kendi türümüzün de evrimsel geleceğini yönlendirmemizi sağlıyor.

GENETİK KANUNLARI

On ila on beş bin yıl öncesi arasındaki bir dönemde insanlık belki de tarihin en büyük değişimini yaşadı: Hayvan avladığı ve bitki topladığı bir toplum yapısından tarım ve hayvancılık temelli bir topluma geçiş yaptı. Daha güçlü ve verimli evcil hayvanlara sahip olmak insanı müthiş bir kuvvetle donatır. Daha büyük ve güçlü hayvanların daha büyük ve güçlü yavrulara sahip olduğu çok önceden fark edilmişti. Fakat bu durumun arkasındaki mekanizma on dokuzuncu yüzyılın başında Çek bir çiftçinin oğlu olan Johann Mendel doğana dek bilinmiyordu.

Mendel'in ebeveynleri kendisini Gregor adını aldığı manastıra vererek iyi bir eğitim alması için ellerinden geleni yapmışlardı. Gönderdikleri manastırdaki keşişler daha sonra öğretmenlik diploması almaları için Viyana Üniversitesi'ne gönderiliyorlardı. Fakat Mendel notları zayıf bir öğrenciydi ve öğretmeni ken-

disinin "düşük sezgili ve gerekli bilgi netliğinden yoksun" olduğunu düşünmüştü.

O zamanlar kalıtımın arkasındaki mekanizmanın ortalamaya göre çalıştığına inanılıyordu, kırmızı bir bitki ile beyaz bir bitki çaprazlandığında kırmızı ve beyazın ortalaması olan "pembe" yavru oluşuyordu. Mendel manastıra döndüğünde farklı bir bakış açısını takip etti. Boyut ve renk gibi kalıtsal özelliklerin (bugün "gen" adını veriyoruz) baskın ve çekinik olmak üzere iki türde olduğunu öne sürmüştü. Eğer bir organizma ebeveyninden baskın bir gen alırsa o organizmada baskın gen ifade edilirdi. Eğer iki ebeveyninden de çekinik gen alırsa çekinik karakteristiğe sahip olurdu.

Mendel, ilkesini göstermek için safkan uzun ve kısa bezelyeleri çaprazladı. İlk nesil melezlerin tamamı uzundu ve hepsi bir baskın uzun gene ve bir çekinik kısa gene sahipti. Melezler çaprazlandığında ise bitkilerin yaklaşık dörtte üçü uzun, dörtte biri kısa olmuştu, orta boyda bitki ise yoktu. Mendel matematiksel bir model çıkararak ikinci nesil bitkilerde dört ihtimal olduğunu gösterdi. Bunlardan birincisi iki ebeveynden de uzun genin alınması, ikincisi uzun genin sadece erkek ebeveynden gelmesi, üçüncüsü uzun genin sadece dişi ebeveynden gelmesi ve dördüncüsü de iki ebeveynden de kısa genin alınmasıydı. Uzun gen baskın olduğundan bitkilerin dörtte üçü uzun oluyordu.

Bu zekice planlanmış deneyler Mendel'in açıklamalarıyla birlikte *Brno Doğa Tarihi Birliği Dergisi*'nde yayınlandı ve bilim camiası tarafından fark edilmedi. Mendel sesini daha iyi duyurmak için makalesinin kopyalarını bazı önemli bilim insanlarına gönderdi. Bu yoldaki çabalarına belki devam edebilirdi, fakat beklenmedik bir şey oldu ve manastırın başrahipliğine seçildi. Mendel görevlerini ciddiye aldı ve hayatının geri kalan döneminde araştırma yapmayı büyük ölçüde bıraktı.

1900 yılında ise olağanüstü bir tesadüf yaşandı. Üç bilim insanı (Hugo de Vries, Karl Correns ve Erich von Seysenegg) bağımsız bir şekilde Mendel'in sonuçlarını tekrar keşfetti. Her biri

kapsamlı bir literatür araştırmasına başladı ve üçü de Mendel'in bilinmeyen bir dergide yayınladığı makalesini keşfetti. Sonuçlarını yayınladıklarında bilimsel geleneğe bağlı kalarak Mendel'in hakkını teslim ettiler.

Öyle görünüyor ki Mendel genetik alanındaki çalışmasını sürdürdü ve manastıra başrahip seçilmesinin ardından bezelyelerle yaptığı deneyleri arılarla tekrar ederek çalışmasını hayvanlar âlemine genişletmeye çalıştı. Sonuç olarak, mükemmel bal veren melez bir arı geliştirdi. Maalesef bu arılar son derece vahşiydi ve standart bal arılarına göre sokmaya daha yatkındı. Sonrasında bu arılar yok edildi. Mendel'in sadece genetiğin babası değil, katil arıların da babası olduğu anlaşılıyor. Mendel'in bu alandaki çalışmaları yeterince yayılsaydı, yirminci yüzyılın sonunda Afrikalılaşmış "katil arılar" Kaliforniya'nın güneyini işgal edebilir miydi sorusu ise merak konusu olmaya devam ediyor.

GENETİĞİN BİYOKİMYASI

Mendel'in genetik kanunları kalıtımın özelliklerini açıklamıştı. Artık bu kanunların arkasındaki fiziksel mekanizmanın açıklanması gerekiyordu. Fiziksel mekanizmalar moleküler düzeydeydi ve iyi bir şekilde çalışılması neredeyse yüz yıl aldı.

Kromozomal Kalıtım ve Mutasyonlar

On dokuzuncu yüzyılın ortasında Darwin'in evrim teorisi ve Mendel'in genetik kanunlarıyla birlikte iki büyük devrim yaşanmıştı; aslında ikincisinin varlığı ancak yirminci yüzyılın başında anlaşılmıştı. Bu teorilerin geçerliliği konusunda ise hâlâ büyük bir tartışma vardı ve çoğunluğu yeni türlerin evrimini merkezine alıyordu.

Darwin'e göre evrimi yöneten süreç doğal seçilimdi. Doğal seçilim neden antilopların daha çevik olduğunu açıklayabilirdi, çünkü daha çevik olan antilopların yırtıcılardan kaçma şansı daha yüksekti. Mendel genetiği kahverengi gözlü ebeveynlerden mavi gözlü bebek olma ihtimalini hesaplayabilirdi. Fakat iki

teori de insanlar gibi yeni türlerin nasıl açığa çıktığını açıklayamıyordu.

Hollandalı biyolog Hugo de Vries bitkilerde meydana gelen büyük değişikliklerin bir nesilde tamamen farklı bir tür yaratabileceğini gösterdi. De Vries "mutasyon" olarak adlandırılan bu büyük değişikliklerin yeni hayvan türlerinin varlığını açıklayabileceğini düşünmüştü. De Vries'nin fikirleri ilgisini çeken Amerikalı genetikçi Thomas Hunt Morgan da fikri test etmeye karar verdi.

Morgan bu amaçla meyve sinekleriyle çalıştı. Bu böceklerin genetik açısından birçok avantajı vardı. Küçüklerdi, hızlı üreyorlardı ve kısa sürede birçok jenerasyon çalışılabilirdi. Meyve sineklerinin benzer bir öneme sahip olan diğer özelliği ise sadece dört kromozomları olmasıydı. Morgan'ın çalışmasına başladığı zamanlarda kromozomların genetik bilgi taşıdığından şüpheleniliyordu.

Fakat teoride bir problem vardı. İnsanlar sadece yaklaşık iki düzine kromozoma sahipken binlerce kalıtımsal özellik vardı. Kromozomlar genetik bilgi taşıyorsa her kromozomun üzerinde gen adı verilen birçok karakteristiğin bulunması gerekiyordu. Morgan meyve sineklerini kullanarak ve her neslin özelliklerini dikkatle takip ederek kromozomların fiziksel yapısıyla ilişkilendirdi ve her kromozomun gerçekten belirli bir gen seti taşıdığını doğrulamayı başardı.

Morgan aslında kalıtımı açıklayan kromozom teorisini doğrulamaktan daha büyük bir iş başarmıştı. Kromozom çiftlerinin parça değişimi yaptığını göstermişti. Morgan'ın "parça değişimi" [*crossing over*] adını verdiği bu fenomen kalıtım biyolojisine yeni bir değişken daha katıyordu. Sıradan kalıtım iki nesil arasında sınırlı değişim olmasına izin verirken "parça değişimi" de Vries'nin bitkilerde gözlemlediği önemli değişikliklerin yaşanması için bir mekanizma olanağı sağlıyordu.

Morgan dâhice veri toplama ve deney yöntemi sayesinde bir genin kromozom üzerindeki fiziksel konumunun bulunabilece-

ğini gösterdi. Ayrıca bazı genler arasında korelasyon kurmayı başardı. Bugün insan kromozomlarında bu tarz birçok korelasyon bulunduğunu biliyoruz. Örneğin, erkeklerin renk körlüğüne kadınlardan daha yatkın olduğu biliniyor. Morgan, 1911 yılında meyve sineğinin kromozomlarını haritalamaya başladı ve gen haritalayan ilk kişi oldu. Gen haritalama bugün eskisinden çok daha önemli bir hale geldi ve başarılı İnsan Genomu Projesi Morgan'ın öncü çabalarının son uzantısıydı.

Morgan'ın genleri değil ama biyolojiye olan ilgisi birçok insana geçti. Öğrencisi Hermann Müller X-ışını kullanarak meyve sineklerinde mutasyon oluşturmayı başardı ve mutasyonların oluşabileceği başka bir mekanizma göstermiş oldu. Yeğeni Isabel Morgan şempanzelerde çocuk felci hastalığını engellemek için aşı geliştirmeye yönelik öncü çalışmalar yaptı ve bu çalışmalar Jonas Salk'ın çocuk felci aşısı geliştirmesinde önemli bir rol oynadı.

Amino Asitlerin Yapısı ve Sentezi

On dokuzuncu yüzyılın ortasına dek canlı varlıklara ilişkin moleküllerin kimyasal yapısına yönelik araştırmalar büyük bir hızla devam ediyordu. Zamanın analitik teknikleri şeker ve yağ gibi moleküllerin içeriğini çıkarabiliyordu, fakat sonradan daha büyük oldukları anlaşılacak olan proteinlerin yapısını çözmek çok daha zordu.

Büyük Alman kimyacılardan biri olan Justus von Liebig, proteinlerin yaşam için gerekli olduğunu ve yağ ve şekerlerde bulunmayan azot, kükürt ve fosfor gibi elementleri içerdiğini gösterdi. Molekülleri parçalamak için kullanılan kimyasal tekniklerden biri asit içerisinde ısıtmaktı, selülozun glikoza parçalanmasına yarıyordu. Henri Braconnot aynı tekniği jelatine uygulamış ve tatlı bir asit kristali olan "glisin"i elde etmişti. Aynı tekniği kas dokusuna uyguladığında bir diğer asit kristali olan "lösin"i elde etti. Sonraki analizler iki asidin benzer bir yapıya

sahip olduğunu ve amin grubu (NH_3) içerdiğini gösterdi. Bileşikler "amino asitler" olarak adlandırıldı.

Amino asit listesi büyümeye devam etti. Liebig daha sonra tirozin'i de keşfetti. Besin olarak kullanılan on dokuz amino asidin sonuncusu olan treonin 1935 yılında William Rose tarafından keşfedildi. On dokuzuncu yüzyılın sonunda selülozun yapı taşının glikoz olduğu bilindiği gibi proteinlerin yapı taşının da amino asitler olduğu anlaşılmıştı. Fakat sadece bir glikoz molekülü varken birçok farklı amino asit vardı.

Tüm amino asitlerin iki ortak özelliği vardır: amin grubu ve karboksil grubu. Alman kimyacı Emil Fischer, proteinlerin amino asitlerin bir ucundaki amin grubunun diğer amino asidin karboksil ucuyla "peptit bağı" denilen köprüyü kurarak bağlanmasıyla oluştuğuna inanıyordu. Fischer, 1907 yılında on sekiz amino asidi peptit bağıyla bağlamayı başardı. Fakat gerçek anlamda bir protein sayılmazdı, çünkü doğada mevcut değildi. Yirmi beş yıl sonra Fischer'in öğrencisi Max Bergmann, Fischer'in teorisini doğruladı. Bergmann, proteinleri amino asitlere parçalayan sindirim enzimlerinin Fischer'in sentetik moleküllerine de aynı şekilde davrandığını gösterdi. Sindirim enzimleri özellikle belirli tipte bağları kesme özelliğine sahiptir, yani amino asitlerin bağlanmasıyla oluşan sentetik moleküller proteinlerdeki amino asitlerle aynı şekilde bağlanmış olmalıydı.

Besin olarak kullanılan son amino asidi keşfeden William Rose, kariyerini hangi amino asitlerin beslenmede gerekli olduğunu ve tüketilmesi gereken miktarın ne kadar olduğunu anlamaya adadı. Ayrıca hangi amino asitlerin vücutta üretilebildiğini, hangilerinin ise beslenme yoluyla alınması gerektiğini belirledi. Rose'un çalışması bilimin halktaki karşılığının klasik bir örneğidir. Rose'un araştırmalarının sonucunda, hangi amino asitlerin bitkilerde bulunmadığı ve vejetaryen diyete sahip kişilerin hangi amino asitleri takviye olarak alması gerektiği bilinir oldu.

Emil Fischer'in çalışmaları modern eczacılık endüstrisinin de öncülerinden biri oldu. Sakinleştirici etkiye sahip barbitürik asidi sentezledi, bugün yaygın olarak kullanılan sakinleştiricilerin çoğu barbitürat temellidir. Fischer'in kariyeri başarılarla doluyken kişisel hayatında büyük trajediler yaşamıştı. Alman hükümeti için gıda ve kimyasal üretimi yaptığı Birinci Dünya Savaşı'nda üç oğlundan ikisi hayatını kaybetmişti. O sıralar kanserle boğuşan Fischer, oğullarının ölümünün ardından depresyona girdi ve 1919 yılında intihar etti.

DNA'nın Yapısı

Kalıtımın arkasında yatan mekanizma arayışı yirminci yüzyılın son çeyreğinde çıkan klasik filmleri çağrıştırıyordu. Arayış *Kutsal Hazine Avcıları* adlı filmdeki gibiydi ama araştırmacılar kayıp kutsal sandığa değil yaşamın sırrına ulaşmaya çalışıyorlardı. Arayış, Neil Simon'ın yazdığı gibi *Garip Bir Çift*'te olan bitenlere benziyordu, şampiyonla dövüşen *Rocky*'deki gibiydi. Bu tür olaylara biraz seks ve trajik bir şekilde vakitsizce ölen parlak ve yetenekli bir kadın eklerseniz tüm zamanların en büyük dramalarından birine (bilimsel olsun olmasın) sahip olursunuz.

Hikâye daha önceki bölümlerde bahsettiğimiz gibi Avusturyalı keşiş Gregor Mendel'in kalıtımın kanunlarını keşfetmesiyle başlıyor. Bilim insanları hemen sonrasında Mendel'in kanunlarının arkasındaki mekanizmayı keşfetmeye çalıştılar. 1944 yılında Oswald Avery, Colin MacLeod ve Maclyn McCarty, deoksiribonükleik asidin (sonrasında evrensel olarak DNA diye bilinecekti) kalıtımsal özelliklerin aktarıldığı madde olduğunu gösterdiler.

Bu, bulmacanın sadece ilk parçasıydı. Hâlâ DNA'nın bunu nasıl yaptığının anlaşılması gerekiyordu. 1951 yılında DNA'nın kimyasal içeriği belirlendi; şeker ve fosfatlar gibi nispeten basit bileşiklerden ve adenin, sitozin, guanin ve timin olmak üzere dört bazdan oluşuyordu. Ayrıca farklı DNA örneklerinin farklı baz miktarlarına sahip olduğu, fakat adenin miktarıyla timin

miktarının ve sitozin miktarıyla guanin miktarının her zaman aynı olduğu biliniyordu.

Şüphesiz dünyanın önde gelen biyokimyacılarından biri olan Linus Pauling, DNA'nın yapısını çözme konusunda herkesten önde gidiyordu. Yarışa yeni katılan diğer isimler İngiltere'ye doktora sonrası çalışması için yeni gelmiş olan genç Amerikalı James Watson ve kendisinden biraz daha büyük olan, matematik altyapısına sahip Britanyalı bilim insanı Francis Crick'ti. Pauling'in bu konuda önde giden isim olduğu herkes tarafından bilinse de Crick ile Watson DNA'nın yapısını çözme yarışına dâhil olmaya karar verdiler.

Alışılmadık iki müttefike sahiplerdi: Maurice Wilkins ve Rosalind Franklin. İkili, X-ışınlarının DNA kristalinden sekmesiyle oluşturulan X-ışını difraksiyonu fotoğraflarını kullanarak DNA'nın yapısını anlamaya çalışıyordu. Dört kişiden oluşan ekip parçaları birleştirmeye çalışırken Pauling DNA'nın üçlü sarmal yapısına ait olduğunu öne sürdüğü makalesini yayınlamıştı. Watson ve Crick, Pauling'in modelini tekrar oluşturup Franklin'e gösterdi, fakat Franklin modelin kendi çıkardığı difraksiyon verisine uymadığına işaret etti. Watson, Pauling üçlü sarmal modelini desteklediği için oynayabileceği en iyi kumarın ikili sarmal modeli olacağına karar verdi.

Watson bir gün bir sezgi patlamasıyla adenin-timin çiftinin sitozin-guanin çiftiyle aynı şekle sahip olacağını fark etti. Bu durum adeninle timinin ve sitozinle guaninin neden aynı miktarda olduğunu açıklıyordu. Birkaç yanlış denemenin ardından Watson bu özellikleri gösteren ikili sarmal modelini oluşturdu ve Crick modelin uygunluğunu gösteren hesaplamaları yaptı. Wilkins ve Franklin ise modelin doğruluğunu ispatlayan X-ışını difraksiyonu hesaplamalarını hazırladı. Bir organizmadaki işlerin büyük bir çoğunluğunu proteinler yapıyordu, yaşamın sırrı –hücrelerin proteinleri nasıl ürettiği– ise sonunda anlaşılmıştı.

Pauling ikili sarmal modelini öğrenmesinin ardından 1953 baharında Cambridge'e ziyarete gitti. Yanlış bir model oluştur-

masına yol açan düşünce şeklindeki hatayı anlamış ve DNA'nın ikili sarmal modelinin kesinlikle doğru olduğunu kabul etmişti. Linus Pauling bir sonraki sene kimyasal bağlar üzerine yaptığı çalışmalar sebebiyle Nobel Kimya Ödülü'nü kazanacaktı. Crick, Watson ve Wilkins, 1962 yılında Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü'nü paylaştı. Kanıtlayıcı katkılarda bulunan Franklin ise 37 yaşında kansere yenik düşmüş ve bu yüzden sonuna kadar hak ettiği ödülü paylaşma şansı yakalayamamıştı.

Genetik Kodu Çözmek

Watson ve Crick, 1953 yılında DNA'nın ikili sarmal modelini oluşturduklarında öne sürdükleri yapının hücre bölünmesi sürecinde de geçerli olacağını eklemişlerdi. İkili sarmalın her biri açılıyor ve bir iplikte bulunan yaklaşık dört milyar baz kendilerini tamamlayan bazlarla (adeninler timinlerle, sitozinler guaninlerle) eşleşiyor ve sarmalın diğer ipliğini oluşturuyordu. Sonrasında hücre ikiye bölündüğünde her iplik yeni oluşan hücrelerde yeni bir DNA bulunmasını sağlıyordu.

Kalıtımın mekanizması bilinmiyordu. Bilinen şey ise DNA molekülünün yaşam için gerekli olan süreçleri nasıl ürettiğiydi: Proteinleri üreterek. Mendel'in bir asır sene önce öne sürdüğü ve DNA'da belirli noktalarda bulunduğu bilinen genlerin her birinin özel bir fonksiyonu bulunuyordu: Belirli bir proteini üretmek. DNA'da bulunan bazlar her nasıl oluyorsa proteinlerin üretim şeklini değiştiriyordu.

Dört milyar baz uzunluğundaki dizilimler proteinlerin nasıl üretileceğini belirleyen bir bilgisayar programı işlevi görüyor olmalıydı. Proteinler hücrenin ribozom adı verilen bölgesinde üretiliyordu. Proteinler daha basit kimyasallar olan amino asitlerden oluşur ve kanımızda bulunan hemoglobinden gözlerimizde bulunan pigmentlere kadar her protein yirmi amino asidin çeşitli kombinasyonlarda dizilmesiyle yaratılmıştır.

Üretim süreci aslında DNA'dan fazlasını içerir. DNA sarmalının iki ipliği ayrıldığında iplikler diğer DNA molekülünün üre-

timi için bir şablon görevi görebilir, fakat aynı zamanda mesajcı RNA (mRNA) olarak bilinen molekülün üretimi için de kullanılabilir. mRNA molekülü ribozom tarafından okunur ve DNA molekülünde yer alan timinin yerini urasil alır. mRNA ipliği ribozoma geldiğinde ribozom ...UCGAGGUUCA... gibi görünen, 4 milyar bazlık dizilimi okur. Peki ribozom bu harf dizilimiyle ne yapacağını nereden bilir?

En basit fikir ribozomun harf gruplarını kelime gibi görmesi ve her kelimenin protein zincirine hangi amino asidin bağlanacağını göstermesidir. Kelimelerin iki harften oluştuğu varsayıldığında A, C, G ve U harflerinden ancak on altı (4 x 4) kelime (AA, AC, AG, AU ... UA, UC, UG, UU) oluşturulabilir. Proteinlerde yirmi farklı amino asit kullanıldığına göre tüm amino asitleri ifade edecek kadar kelime oluşturulamazdı. Üç harfli kelimeler söz konusu olduğunda ise (daha sonra kodon olarak bilinecekti) A, C, G ve U harflerinden (4 x 4 x 4) altmış dört farklı kelime oluşturulabilirdi, bundan dolayı sıradaki adım hangi kodonların protein zincirine hangi amino asidin eklenmesine neden olduğunu belirlemekti.

Ulusal Sağlık Enstitüleri'nde çalışan biyokimyacı Marshall Nirenberg bu hipotez üzerine kafa yoran birçok bilim insanından biriydi. 1962 yılında sadece urasil bazından oluşan bir mRNA molekülü oluşturmayı başardı. Bu mRNA ribozom tarafından okunduğunda protein zincirine fenilalanin amino asidi ekleniyordu. İlk kez bir kodonun genetik kodu çözülmüştü: UUU fenilalanin anlamına geliyordu. Nirenberg 1968 yılında Nobel Ödülü'ne layık görülürken birkaç sene içerisinde genetik kod tamamen çözülecekti.

Bilimin en güzel özelliklerinden biri bir alanda ortaya çıkan bilginin diğer alanlarda da bir karşılığının bulunabilmesidir. Farklı türlerin kendi genetik kodlarına sahip olmamasının net bir sebebi yok. UUU karıncayiyenlerde fenilalanin anlamına gelirken güllerde lösin, zebralarda glisin olabilirdi. Fakat gerçekte böyle bir şey yoktur. UUU yaşamın tüm formlarında fenilalanin anlamına geliyor. Bu durum bundan dolayı evrim teorisinin

güçlü kanıtlarından biridir, çünkü bunun gerçekleşmesinin en bariz yolu genetik kodun ilk olarak basit bir şekilde evrimleşmesi ve daha farklı genetik değişiklikler gerçekleşirken bile bir organizmadan diğerine korunarak aktarılmasıdır.

RNA'nın İşlevi

Kısaltmalarından şüpheleneceğiniz üzere DNA ve RNA birbirlerine çok yakınlar. DNA çift sarmallı bir yapıya sahiptir ve adenin, sitozin, guanin ve timin olmak üzere dört bazdan oluşur. RNA'nın yapısı ise oldukça benzerdir, fakat timin yerine urasil kullanır. DNA tüm övgüleri alsa da aralarındaki başlıca işlevsel fark DNA tarafından kodlanan proteinlerin üretiminde işin büyük bir çoğunluğunu RNA'nın yapmasıdır.

RNA'nın varlığı yirminci yüzyılın ilk bölümünden beri biliniyordu, fakat genetikteki önemi anlaşılamamıştı. James Watson ve Francis Crick DNA molekülünün yapısını çözme başarısına ulaşmış olsalar bile RNA'nın protein üretimindeki rolü hakkında ancak tahminde bulunabiliyorlardı. Moleküler biyolojinin merkezî dogması olarak bilinen işlemler dizisini düşündüler. Hücre çekirdeğinde bulunan DNA, RNA'nın yapısı için bir şablon görevi görebilirdi. Sonrasında RNA çekirdekten çıkıp proteinlerin üretileceği yer olan sitoplazmaya gidebilirdi. DNA ve RNA'nın rollerinin bu tasviri büyük oranda doğrulanmıştır.

Fakat RNA'nın yaşamda birçok kritik role sahip olduğu gösterildi. DNA'nın proteinlerin fiziksel oluşumunu sağlamak için RNA'ya kopyalandığı şeklindeki basit tasvirin değiştirilmesi gerekiyordu. Tasvirdeki ilk büyük değişiklik, hücredeki kimyasal sinyallerin bir gen içindeki talimatların RNA'ya kopyalanıp kopyalanmayacağını belirlediğini keşfeden Fransız biyokimyacılar François Jacob ve Jacques Monod tarafından yapıldı. DNA'dan RNA üretilmesi sürecinde bir çeşit düzenleme olduğunu gösterdiler.

Hem taslakta hem de genetik molekülde yapılan en büyük düzenleme kullanılmayan kısmın uzaklaştırılmasıdır. "İntron" adı verilen kullanılacak kısımdan mesajcı RNA oluşturulur. Fa-

kat parçaların birleştirilmesi gerekir ve bu da "splisozom" adı verilen farklı bir RNA molekülü tarafından yapılır.

Fakat hâlâ üretilecek bir protein var. Sonrasında transfer RNA adı verilen bir diğer RNA, mesajcı RNA'yı okur ve gerekli amino asitleri sitoplazmadan getirerek doğru proteinlerin oluşturulmasını sağlar.

Yirminci yüzyılın son yirmi yılında artan AIDS tehdidi, hastalığa yol açan HIV'in ayrıntılı bir şekilde çalışılmasına neden oldu. HIV, retrovirüs adı verilen virüs sınıfına dâhildir. Bir retrovirüs, protein kılıfıyla çevrelenmiş bir RNA ipliğinden oluşur. Diğer virüsler gibi kendini kopyalama sistemine sahip değildir ve içine girdiği hücrenin genetik mekanizmasına ihtiyaç duyar. 1970 yılında Amerikalı moleküler biyolog Howard Temin, retrovirüslerin konak hücreye girdiklerinde RNA'dan DNA kopyalanmasını sağlayan ters transkriptaz enzimini kullandığını gösterdi. Sonrasında hücre bu DNA'yı kullanarak retrovirüsün genetik materyali olan RNA'yı kopyalıyor, ayrıca RNA'yı çevreleyecek protein kılıfını üretiyordu.

Tavuk mu yumurtadan çıkıyordu, yoksa yumurta mı tavuktan? Moleküler biyolojide de bu soru DNA-RNA ikilisi için soruluyor. Temelde RNA DNA'yı okuduğundan, hâkim olan ilk görüş RNA temelli bir yaşamın imkânsız olduğuydu. Fakat Thomas Cech, RNA'nın bir katalizör olarak davranabildiğini ve kendisini değiştirebildiğini gösterdi. Bu da daha basit olan RNA-temelli yaşamın DNA'dan önce geldiğini ifade eden RNA dünyası olasılığını masaya getirdi. Bu senaryoya göre DNA sonradan evrimleşmiş ve daha karmaşık bir DNA-RNA ilişkisi daha karmaşık yaşam türlerinin evrimleşmesini sağlamıştır.

Genetik Mühendisliği

Mevcut yaşam formlarını insanlığa yararı dokunacak biçimde değiştirme çabaları neredeyse kayıtlı tarihin başından beri devam ediyor. Atlar, köpekler ve sığırların çiftleştirilmesi milattan öncesine dayanıyor ve neredeyse tarım faaliyetleri başladığın-

dan beri daha iyi büyüyecek bitkiler üretmeye çalışıyoruz.

Yukarıdaki faaliyetlerin hepsi bir bakıma genetik mühendisliği sayılabilir, ancak gelişigüzel bir şekilde yapılır ve gelişimin elde edilmesinin şansa bağlı olduğu, şans eseri elde edilen gelişmelerin seçildiği (yapay seçilim olarak biliniyor) bir genetik mühendisliğidir. Watson ve Crick DNA'nın yapısını çözüp onun hücrenin üreteceği proteinleri yönlendiren genetik materyal olduğunu keşfettiklerinde, DNA üzerinde değişiklik yapabilmenin yaşayan canlı türlerinden yeni türler oluşturma şansını ciddi ölçüde artıracağı fark edilmişti.

İsviçreli mikrobiyolog Werner Arber, 1968 yılında bakteriyofaj adı verilen virüs ailesini inceliyordu. Bu virüsler aslında bakterileri yer (*faj* kelimesi Yunancada "yemek" kelimesinden gelir). Doğal seçilimi tanımlayan sonsuz mücadelede bazı bakteriler bakteriyofajlara karşı virüslerin büyümesini engelleyen moleküller üretmeye başladılar. Arber bu molekülün bakteriyofajın DNA'sını belirli bir bölgeden kesen bir enzim olduğunu göstermeyi başardı. Restriksiyon (sınırlama) enzimi adını verdiği bu molekülün DNA ipliğinde özel bir dizilime bağlandığını ve başka hiçbir yerde çalışmadığını fark etti. DNA'daki belirli noktaları kesen restriksiyon enzimleri genetik mühendisliğinin temel aracı oldular.

Beş yıl sonra San Francisco'daki Kaliforniya Üniversitesi'nden Herbert Boyer ve Stanley Cohen genetik mühendisliğinde devrim etkisi yaratacak basit bir deney yaptılar. Sık çalışılan *E. coli* bakterisiyle çalışan ikili, bakteriye belirli antibiyotiklere karşı direnç sağlayan genler içeren bir plazmidi (dairesel DNA parçası) izole ettiler. Restriksiyon enzimleriyle DNA'yı kestiler ve içerisine diğer plazmidlerden parçalar yerleştirdiler. Yeni plazmid, orijinal plazmidlerin ikisinden de gen barındırıyordu. Plazmidi *E. coli* bakterisine tekrar verdiklerinde ise bakterinin mühendislikle ürettikleri plazmidde bulunan, iki plazmidden gelen genlerin de karakteristiklerini gösterdiğini gördüler.

Genetik mühendisliği biliminin başlamasının üzerinden ancak elli yıl geçti, fakat dünyayı değiştirmeyi vadeden milyarlarca dolarlık bir endüstri olmayı çoktan başardı. Gen kalıtımın birimidir. Genetik mühendisliği kendi gübresini üretebilecek, daha sık çiçek verecek veya daha çabuk olgunlaşacak bitki üretme potansiyeli barındırıyor. İnsan seviyesinde ise bir genin istenen fonksiyonu yerine getirememesiyle meydana gelen çok sayıdaki genetik hastalığın engellenmesini mümkün kılabilir.

Kitapta bahsedilen tüm gelişmeler içerisinde insan türünün nihai gelişimi üzerinde büyük bir etkiye sahip olma ihtimali en yüksek olan alan genetik mühendisliğidir. Diğer gelişmeler evreni bile değiştirmemize yardımcı olabilir, fakat genetik mühendisliği insanlığın evrimini değiştirmemizi sağlayabilir.

Mary Shelley *Frankenstein* kitabında deneyi kontrolünden çıkan çılgın bir bilim insanını karikatürize ediyor. Bilim insanları genelde yaptıklarının sonuçları hakkında Shelley'nin anlattığından daha bilinçlidir. Genetik mühendisliğinin keşfinden hemen sonra biyokimyacılar buluşup bu alandaki düzenlemeler için son derece katı sınırlar belirlediler. Genetiği değiştirilmiş mutant bir bakterinin ileride insanlara şu an aklımızın ucundan geçmeyecek birtakım zararlar verebileceğinden hâlâ korkuyoruz, fakat genetik mühendisliğiyle üretilen ürünlerin büyük bir çoğunluğunun doğada yer alan hallerine göre daha hassas olduğu ispatlandı. Bundan dolayı genetik mühendisliği deneyleri için başta konulan katı kurallar bir miktar esnetildi. Bugün GDO'lar –genetiği değiştirilmiş organizmalar– günlük yaşamımızın birçok noktasında yer alıyor.

BÜYÜK SORU: YAŞAMIN BAŞLANGICI

Yanıtı bilim insanı olan olmayan herkesi ilgilendiren bir soru varsa o da yaşamın nasıl başladığıdır.

On dokuzuncu yüzyıla dek bu soru bilimsel bir şekilde sorulmadı ve yaşamın daha üst bir varlık tarafından yaratıldığına inanıldı. Vitalizmin terk edilmesi ve keşfedilen çoğu fosilin yaşlarının belirlenmesi ve çok çok yaşlı olduklarının anlaşılması, yaşamın

başlangıcı sorusunu ciddi bir bilimsel araştırma konusu haline getirdi.

Halen cevaplanmamış bir soru, fakat bilimin diğer birçok alanı gibi üzerinde çalışılmaya devam ediyor. Keşifleri, deneyleri ve teorileri içeriyor.

Yirminci yüzyılın ortasına dek keşfedilen en eski yaşam formu yaklaşık 500 milyon yıllık fosillerdi. Elso Barghoorn 1954 yılında, Kanada'da antik bir kaya formasyonu olan Gunflint çörtünü çalışmak için bir keşif gezisi düzenlemişti. Kayalardan kesit hazırlayıp mikroskop altında incelediklerinde modern bakterilere ve mavi-yeşil alglere benzeyen fosiller tespit ettiler. Keşif yaşamın bilinen en eski varlığını iki milyar yıl önceye götürüyordu. Barghoorn neredeyse on beş yıl sonra kayaların içerisinde 3 milyar yıllık bir amino asit keşfetti. Sınır daha da geri gitmişti ve bakterilerin izleri artık 3,9 milyar yıl öncesine dek uzanıyordu.

Bu durum hem ümit verici hem de heves kırıcıdır. Dünya'nın yüzeyinin 4,2 milyar yıl öncesinde erimiş bir halde olduğuna inanılırken yaşam sadece bundan 300 milyon yıl sonra başlamış gibi görünüyor. Yaşamın bu kadar kolay başlamış gibi görünmesi ümit vericidir, fakat DNA gibi organik moleküllerin çok karmaşık bir yapıya sahip olmaları da heves kırıcıdır, zira bu moleküllerin şans eseri oluşmuş olmaları olasılığı çok düşük görünmektedir.

Stanley Miller 1953 yılında Nobel ödüllü kimyacı Harold Urey'in laboratuvarında çalışan bir öğrenciydi. Urey, Miller'dan oksijensiz prebiyotik Dünya atmosferini simüle etmesini istemişti ve Miller da antik Dünya'nın atmosferi için öngörülen ve su buharı, metan, amonyak ve hidrojenden oluşan bir atmosfer hazırlamıştı. Yüksek miktarda şimşek olacağını düşündüğünden bu şimşekleri taklit etmek amacıyla elektrik kıvılcımları eklemişti. Deney şişesini kapattıktan sonra bir hafta bekletmiş ve bu sürenin sonunda şişenin iç yüzeyinde turuncu, yapışkan bir madde görmüştü. Bu maddenin yaşamımız için kritik olduğunu bildiğimiz amino asit barındırdığını tespit ettiler.

Miller'ın deneyi karmaşık organik moleküllerin daha basit olan moleküllerden oluşabileceğini gösterdi. Tabii ki amino asitler canlı değildi, fakat bir hafta da 300 milyon yıla eşit değildir. Farklı atmosfer ve koşullar kullanarak birçok Miller-benzeri simülasyon yapıldı, ancak kimse deney şişesini açtığında içinde canlı bir varlık bulmadı.

Yaşamın nasıl başladığına dair birçok teori var. Rus biyokimyacı Alexander Oparin, uygun bir ortamda yaşamın oluşabileceği miktarda organik molekül barındıran "ilkel çorba" teorisinin yazarıdır. Bazı teorisyenler daha önceki bölümlerde bahsettiğimiz, okyanusların dibinde yer alan hidrotermal bacaların uygun bir ortam sağlayabileceğini düşünüyor. Yaşamın evriminin iki adımlı bir süreç olduğuna ve inorganik ara geçiş formlarıyla gerçekleştiğine inananlar var. Britanyalı kristalograf John Desmond Bernal minerallerin katalizör etkisini tercih ederken Glasgow Üniversitesi'nden A. Graham Cairns-Smith inorganik killerin organik moleküllerin oluşabilmesi için bir platform görevi görebileceğine ve moleküllerin kendi kendine çoğalabilme yeteneğini kazanmalarından sonra platform etkisinin kaybolduğuna inanıyor.

Kesin olan bir şey var: Yanıt bulunur ve doğru olduğu kanıtlanırsa gelmiş geçmiş en ilginç bilimsel başarılardan biri olacak.

Bu sorunun cevabına yönelik araştırmaların ne kadar ciddi olduğunun bir göstergesi NASA'nın bu konudaki disiplinler arası araştırmaları finanse etmesinde bulunabilir. Diğer dünyalarda yaşam olup olmadığı halen cevaplanmamış bir soru, NASA ise kendi yaşamımızın nasıl ortaya çıktığını bilmemiz durumunda diğer gezegenlerdeki yaşamı daha iyi anlayabileceğimizi düşünüyor. Miller-Urey deneyinin üzerinden 70 yıllık bir zaman geçti, fakat hâlâ bir cevaba sahip değiliz. Hayatın nasıl başlamış olabileceğine dair bir senaryo kurabilmemize rağmen gerçekte nasıl başladığını asla bilemeyeceğimiz olasılığını da göz önüne almamız gerekiyor.

BÖLÜM 8

İNSAN VÜCUDU

Vücudumuzun doğası hakkındaki merakımız neredeyse doğduğumuz anda başlıyor ve hayatımız boyunca devam ediyor. Vücudumuz birçok açıdan hayret vericidir; bedenimizi yönlendirmemizi sağlayan bilincimiz, bu sistemlerin çalışmasını sağlayan milyarlarca yıllık evrim ve büyük ölçüde farkında olmadığımız diğer sistemler. Bir konser piyanistini veya üst seviye bir sporcuyu düşündüğümüzde insan yeteneklerinin çeşitliliği muhteşemdir. Bu çeşitlilik aynı zamanda insan beyninin müthiş başarılarını da içerir ki bazıları kitabımızın konusunu oluşturuyor.

Vücudumuz birçok şeyi yapabiliyor, fakat çoğumuzun da gözlemlediği gibi insanların herhangi bir fiziksel yeteneği diğer canlıların tamamının önünde değildir. Kaplumbağalardan hızlıyken çitalardan yavaşız. Ancak yetersizliklerimizin üstesinden gelmemizi ve yaşamlarımızı zenginleştirmemizi sağlayan beynimiz diğer türlerin bilmediği bir kavramdır ve hiçbiri bu tarz bir beyne sahip değildir.

DOKU VE ORGANLAR: GÖZÜN GÖRDÜKLERİ

İnsan vücudunun bilimi, evrimin muhteşem bir ürünü olan insan gözünün görebildikleriyle başladı. Aslında insan vücudu hakkındaki verilerin elde edilmesi için kullanılabilecek tek araçtı. İnsan vücudunun farklı kısımlarının fonksiyonu ve yapısına dair

bilgimiz, birçok kültürde bu bilgilerin yaralarımızı iyileştireceği gibi bariz bir nedenle değer görmüştür, fakat bu bilgi birikimi kimi zaman toplumsal ve dini engellere takılmıştır. Örneğin, insan vücudunun yapı ve fonksiyonuna dair bilgi başka toplumlarda bir miktar ilerleme gösterse de Avrupa'da neredeyse aynı kaldığı bin yıllık Karanlık Çağ'da durum böyleydi. Yine de açık veya gizli yasaklar kaldırıldığında bu tarz bilgileri edinmenin önemi teşvik edildi.

Anatomi

Antik Yunan'da insan vücuduyla ve hastalıkların doğasıyla ilgili ne kadar az şey bilindiği göz önüne alındığında, o dönemde yaşamış bazı hekimlerin modern standartlara göre bile bu kadar doğru şeyler söylemiş olması hayranlık uyandırıcıdır. "Bir adamın eti başka birinin zehridir" ya da "umutsuz hastalıklar umutsuz tedaviler gerektirir" gibi sözlerin aslında tıbbın babası olan Hipokrat'a ait olduğunu öğrenmek şaşırtıcıdır.

Hipokrat kendi döneminde doktor kimliğinden ziyade tıp okulu kurmuş olmasıyla tanınıyordu. Tıbba en önemli katkısı muhtemelen Hipokrat Yemini değil, hastalıkları tanrıların öfkesinden kaynaklanmayan fiziksel fenomenler olarak görmüş olmasıdır. Yine de Hipokrat'tan bir sonraki büyük hekimin gelmesi için onun ölümünün üzerinden birkaç asır geçmesi gerekecekti. Sıradaki büyük hekim olan Galen, mesleğindeki başarı basamaklarını tırmanmış ve İmparator Marcus Aurelius'un özel doktoru olmuştu.

Galen antik dünyanın en büyük anatomistiydi, fakat insan diseksiyonunun henüz yapılmadığı bir çağda yaşama gibi bir talihsizliğe sahipti. Galen bundan dolayı hayvanları kesip biçti, mümkün olduğunca gözlem yaptı ve bunu insanlara uyarlamaya çalıştı. Büyük kasların büyük bir çoğunluğunu tespit eden ilk kişiydi. Omuriliğin hayvanlardaki rolünü göstermiş ve felci tanımlamıştı.

Galen zamanının en etkileyici hekimiydi. Yazıları Karanlık Çağ boyunca korundu. Bunun bir sebebi, dini görüşlerinin evrendeki her şeyin belirli bir amaçla yaratıldığını öngören Hıristiyanlık düşüncesiyle paralellik göstermesiydi. Roma'nın düşüşünün ardından yeni bilgi arayışı hız kaybettiğinde Galen tıp sanatının konumunu temsil eder hale gelmiş ve bin yıldan uzun bir süre alanın sorgulanmayan otoritesi olmuştu.

Fakat on altıncı yüzyılda daha önce sorgulanmayan otoritelerden şüphelenmeye cesaret eden biri çıktı. Bu şüpheci Andreas Vesalius'tu. Fransa'da büyümesine rağmen entelektüel özgürlük ruhuna sahip İtalya'ya taşınmıştı. Bir sebebi de görünürde yasaklanmış olsa da İtalyan tıp okullarında standart bir uygulama olan insan diseksiyonunu deneyimlemek istemesiydi.

Vesalius sonrasında önde gelen İtalyan üniversitelerinde öğretmenlik yaptı. Fakat hâkim olan uygulama öğretmenin teorik dersi vermesi, asistanların diseksiyonu yapmasıydı. Asistanlarının beceriksizliğinden rahatsız olan Vesalius, pratik kısmını da üstüne almış ve hem diseksiyon yapmış hem ders anlatmıştı.

Öğretmen ve pratisyen olarak muhteşem bir yeteneğe sahip olan Vesalius'un en büyük başarısı ise anatomide devrim etkisi yaratan kitabıydı. *De Humani Corporis Fabrica* (İnsan Vücudunun Dokusu Üzerine) adlı kitabı sadece anatomideki ilk büyük iş değildi, aynı zamanda doğru illüstrasyonlar barındırıyordu ve el yazması değil, basılıydı. Basılı olması kitabın çok sayıda kopyasının yapılabilmesini ve doğruluğun el yazmalarında her zaman mümkün olmayan miktarda korunmasını sağladı.

Kitabın sonucunda sadece Galen'in hataları düzeltilmekle kalmamış, Galen'in teori ve pratiklerine olan bağlılığın terk edilmesine sebep olmuştu. Tıp Vesalius'tan önce bin yıldan uzun bir süre boyunca değişmeden kalmıştı. Vesalius'un kitabı değişimleri beraberinde getirdi ve tıbbın ilerlemesini mümkün kıldı.

De Humani Corporis Fabrica yayınlandığı zaman matbaa makinesinin icadının üzerinden neredeyse bir asır geçmişti, fakat çoğu kitap hâlâ yüzlerce yıl önce yazılmış el yazmalarının basılı

versiyonuydu. Vesalius'un kitabı yayıncılık mesleği için milat sayılabilecek 1543 yılında basıldı. Aynı yıl Kopernik de Güneş merkezli sistemini anlattığı kitabını yayınlamıştı.

Dolaşım Sistemi

Kalbin kritik rolü kayıtlı tarihin en erken zamanlarından beri biliniyor. Antik Mısır'da ruhun kaderinin kalbin ağırlığıyla belirlendiğine inanılırdı. Mısırlı rahipler ölülerin kalbini tüy ölçüsünde tartar ve "günahla ağırlaşmamış" kalbe sahip olanların öteki dünyada mutlu olacaklarına inanırdı.

Tarihin en büyük entelektüellerinden biri olan Aristoteles kalbin ruhun konak yeri olduğunu ve mistik güçlere ev sahipliği yaptığını düşünürdü. Roma İmparatoru'nun kişisel doktoru olan Galen, MS 130 yılında kanın vücudu dolaşıp kalbe geldiği ve sonra vücuda geri döndüğü dolaşım sistemi kavramını oluşturdu. Fakat tıp araştırmaları Roma toplumunda çok önemli bir yer tutmazdı ve Batı Roma yıkılıp Karanlık Çağ başladığında Avrupa'da tıp tam anlamıyla "bekleme" moduna girmişti.

Avrupa'nın Karanlık Çağ'ı geride bırakmasının ardından insanlarda Kara Veba'nın yaşattığı dehşetin intikamını alma dürtüsüyle tıbba karşı bir ilgi doğdu. Fakat insan vücudunun fonksiyonlarına olan ilgi bir kez daha Kilise'nin yasaklarına takıldı. İnsan anatomisini araştırmak ve çizimlerini yapmak katiyen yasaktı; bundan dolayı Leonardo da Vinci doğru anatomik çizim yapabilmek için ceset çalmak zorunda kalmıştı. İtalyan anatomist Vesalius ayıplanmak, kiliseden aforoz edilmek ve daha da önemlisi İtalyan otoritelerden daha sert bir ceza almaktan kaçınmak için insan anatomisine dair kitabını İsviçre'de bastırmıştı. Yersiz bir korku değildi. Miguel Servetus kalbin kan pompalamadaki rolünü anlattığı kitabını yayınladığında, İspanyol Engizisyonu onu kitabıyla birlikte yakarak idam etti.

On yedinci yüzyılın başında, Cambridge'de yaptığı çalışmalarla tanınan İngiliz William Harvey, Padova üç yüz yıldır Avrupa'daki en iyi tıp okuluna sahip olduğundan tıp çalışmak için

Padova'ya gitti. Harvey Padova'dayken, Galileo'nun mekanik ve astronomi deneyleri bilimde yeni standart olmak üzereydi. İngiltere'ye döndüğünde Galileo'nun çalışma metodunu kalp ve kan dolaşımına uygulamaya karar verdi.

Temel çalışma yöntemi diseksiyondu, kalbi anlamak için seksenden fazla hayvan türünü incelediği söylenir. Harvey kalbin bir kas olduğunu ve kasılma hareketiyle çalıştığını fark etti. Kalbin kan pompalama miktarını hesapladı ve bir saatte insanın ağırlığının üç katı kan pompaladığı sonucuna ulaştı. Bu kadar kısa sürede eski kanı uzaklaştırıp yenisini oluşturacak mekanizma mümkün değilmiş gibi göründüğünden kanın vücutta dolaşması gerektiği sonucuna vardı.

Harvey ayrıca atardamar ve toplardamar kapakçıklarının tek yönlü olduğunu fark etti ve kanın kalpten atardamarla uzaklaştığı ve tekrar toplardamar yoluyla geri döndüğünü gözlemledi. Sonuçları başlangıçta tıp dünyası tarafından olumsuz karşılansa da Harvey tartışmayı sürdürmedi ve konuyla ilgili kitabını yayınlayıp gerçeklerin kendisinin konuşmasını tercih etti. Bir nesil içerisinde sonuçları evrensel olarak kabul edildi ve fizyoloji çalışmalarının temelini oluşturdu.

Harvey'nin kan dolaşımı teorisinde bariz bir problem vardı: Kalpten atardamar yoluyla çıkan kan sonrasında kalbe *girerken* nasıl toplardamarı kullanıyordu, atardamarlardan toplardamara atlayarak mı geçiyordu? Harvey atardamar ve toplardamarların çok daha küçük çapa sahip damarlara bölündüğünü not ederek damarlar arasındaki bağlantının görülemeyecek kadar küçük olduğu sonucuna vardı. Ölümünden dört yıl sonra İtalyan fizyolog Marcello Malpighi, bağlayıcı kan damarlarını mikroskop yardımıyla görmeyi başardı.

GÖZÜMÜZÜN GÖRMEDİKLERİ

Mikroskopsuz bir bilimin nasıl olacağını hayal etmek zor. Bu muhteşem araç sadece görülemeyen dünyaları ortaya çıkarmadı, ayrıca kendimizi anlamamız konusunda büyük katkı sağladı.

Yaşam Dünya'da yaklaşık 4 milyar yıl önce açığa çıktı, aradan geçen bu sürede sistemlerin muhteşem bir fonksiyona ve karmaşıklığa ulaşmış olması şaşırtıcı değildir. İnsan beyninin evrimsel piramidin zirvesinde olduğunu düşünsek bile hayatımızı yönlendiren sistemlerin çoğunluğu bilincimizin dışında çalışıyor. Aslında bu iyi bir şey, çünkü muhtemelen besin sindirmek gibi basit bir süreci bile yönlendirmekte zorluk yaşardık, bağışıklık sisteminin karmaşıklığı hakkında bir şey söylemek bile istemiyorum.

Sinirler ve Nörotransmitterler

Yunanlar genellikle muhteşem tiyatro oyun yazarlarıyla, felsefecileriyle ve geometricileriyle bilinir, fakat anatomi bilgilerinin oldukça gelişmiş olduğunu fark etmek şaşırtıcıdır. İsa'dan üç yüz yıl önce yaşamış olan anatomist Herofil, beyin ve sinir sistemiyle oldukça ilgiliydi. Sinirleri iki kategoriye ayırmıştı: Beş duyumuza yardımcı olan duyu sinirleri ve hareketi sağlayan motor sinirleri. İki bin yıldan uzun süredir halen konuyla ilgili en ileri düşünceyi temsil ediyor.

Romalılar teorik bilimin herhangi bir türüyle çok ilgili değildi ve Karanlık Çağ'da neredeyse hiç bilimsel gelişme yaşanmamıştı. Rönesans doğal fenomenlerin her türüne olan ilginin tekrar canlandığı bir dönem oldu. Luigi Galvani 1771 yılında bilim tarihindeki en önemli gözlemlerden birini yaptı. Parçalanmış kurbağa bacaklarının elektrik akımı verildiğinde seğirdiğini fark etti. Bir noktada şaşırtıcı değildi, çünkü canlı kasların elektrik uygulandığında seğirdiği biliniyordu. Öte yandan beşinci bölümde gördüğümüz gibi, birçok araştırma alanını hareketlendiren bir keşifti.

Bu alanlardan biri olan, sinirsel itkinin doğasında yer alan sinir ve kas etkileşimi iki bin yıl boyunca hareketsiz kaldı. Alman biyolog Johannes Muller 1826 yılında duyu sinirleriyle deney yapıyordu. O zamanlarda ışığın optik sinirlerce algılandığı ve uyarının beyne görsel parlaklık olarak iletildiği biliniyordu.

Muller optik sinirin elektrik ile uyarıldığında yine uyarıyı görsel parlaklık olarak ilettiğini keşfetti. Sonrasında hangi tip sinir, ne şekilde uyarılırsa uyarılsın beynin aynı şekilde etkilendiğini gösterdi. Keşif sadece sinirlerin elektriksel uyarılarla çalıştığını göstermekle kalmadı, aynı zamanda sinir sisteminin araştırılmasını büyük ölçüde basitleştirdi.

Bir asır sonra sinir sisteminin basit bir elektrik devresinden ibaret olmadığı keşfedildi. Alman fizyolog Otto Loewi, kurbağa kalbindeki sinirleri çalışıyordu. Sinir uyarıldığında bazı kimyasal maddelerin salındığını keşfetti. Bir gece 03:00'te aklına müthiş bir deney fikri gelerek uyandı ve hemen not aldı. Sabah ise yazısını okuyamamıştı! Sonraki gece bir kez daha 03:00'te uyandı ve hemen laboratuvara giderek önceki hatasını düzeltti, salınan kimyasal maddeleri toplayarak bu kimyasalların sinir uyarımı olmadan kalp kasına güç sağladığını gösteren bir deney kurdu.

Bir önceki on yılda ise Britanyalı biyolog Henry Dale mantarlarla çalışırken asetilkolin adı verilen bir kimyasal izole etti. Bu madde organlarda sinir uyarımına benzer bir etki yaratıyordu. Dale, Loewi'nin deneyini okuduğunda Loewi'nin keşfettiği maddenin asetilkolin olduğunu gösterdi. Asetilkolin sinir uyarımlarını kontrol eden kimyasal bileşik grubu olan nörotransmitterlerin ilk üyesiydi.

Ayrıca nörotransmitterlerin davranışın önemli bir etkeni olduğu gösterildi. 1972 yılında bir grup tıp araştırmacısı bipolar bozukluğun ("manik depresyon" olarak da bilinir) iki tür nörotransmitterin arasındaki dengesizlikten kaynaklandığını gösterdiler. Bu keşfin sonucu olarak, bazı davranışsal bozuklukların kimyasal tedavilerle çözülebileceği anlaşılmış oldu.

Loewi ve Dale, asetilkolin üzerine yaptığı çalışmalarıyla Nobel Ödülü'ne layık görüldüler ve bu ödül muhtemelen Loewi'nin hayatını kurtardı! Loewi Yahudiydi ve Hitler Avusturya'yı işgal ettiğinde gözaltına alınmıştı. Fakat Naziler tanınmış bir bilim insanını öldürmenin kötü bir intiba yaratacağını fark ettiler, bunun

üzerine Loewi'nin ödül parasındaki payını Nazilere devretmesi koşuluyla gitmesine izin verildi.

Bağışıklık Sisteminin Çalışması

Bağışıklık sistemi yaşamın en müthiş mekanizmalarından biridir. AIDS ve COVID-19'dan önce de bağışıklık sisteminin önemi fark edilmişti. Bağışıklık sistemi vücudun dışarıdan gelen istilacılara karşı savunmasını düzenler, sistemin nasıl çalıştığını ve güçlendirileceğini, zayıflıklarının ne olduğunu öğrenmek tıpta önemli bir yer tutar.

Bağışıklık sisteminin temel mekanizması dışarıdan bir şey geldiğinde ona karşı nasıl bir savunma geliştireceğini öğrenmesidir. Edward Jenner çiçek hastalığına karşı aşılamak için insanlara hafif bir sığır çiçeği vakası verdiğinde bu mekanizmayı farkında olmadan kullanmıştı. Mikrop teorisi kabul edildikten sonra bağışıklık sistemi çalışmaları hızlandı.

Bağışıklığı anlama yolundaki ilk büyük adım Emil von Behring ve Shibasaburo Kitasato'nun 1890 yılında yaptığı deneyle atıldı. Gine domuzlarına difteri hastası gine domuzlarının kanını verdiler ve kan verilen hayvanların bağışıklık geliştirdiğini gözlemlediler. Bundan dolayı bağışıklığın kandaki von Behring'in antikor adını verdiği kimyasallarla sağlandığı sonucuna vardılar.

Kemoterapinin mucidi Paul Ehrlich bütün biyolojik fenomenleri kimyasal bir şekilde açıklama eğilimine sahipti. Bağışıklık sistemini harekete geçiren antijen isimli moleküllerin belirli bir moleküler yapıya sahip olduğunu ve bağışıklığın ürettiği antikorların antijenlerle anahtar-kilit uyumuna sahip olduğunu öne sürdü. Ehrlich'in sezgisel teorisi, Karl Landsteiner'in bağışıklık sisteminin antijenlere özel antikor ürettiğini göstermesiyle doğrulanmış oldu. Landsteiner Ehrlich'in teorisini doğrulamakla kalmadı, antijen-antikor sistemini bugün kullandığımız kan grubu sistemini oluşturmak için kullandı. Landsteiner'in kan grup-

ları bağışıklık sisteminde istenmeyen bir tepki yaratmadan kan transferi yapabilmemizi mümkün kıldı.

Antikor-antijen reaksiyonu her zaman yararlı değildir. Alerjik reaksiyonlar bağışıklık sisteminin aslında zararlı olmayan bileşiklere karşı antikor üretmesiyle meydana gelir. Deri aşıları ve organ nakilleri sıklıkla reddetme olarak bilinen bir reaksiyonla karşılaşır ve vücut aşıyı ve nakli yok etmeye çalışır. Peter Medawar bu reddetmenin bağışıklık sisteminin yeni maddeye olan tepkisi olduğunu gösterdi. Frank Burnet bu fenomeni çalıştığı sıralarda bir organizmanın antijenlere antikor ürettiğini gözlemledi ve canlının hayatının sonraki döneminde antijenlerin vücuda girmesini önlediğini öne sürdü. Burnet bunu kanıtlayamasa da Medawar kanıtlayacaktı.

Burnet bağışıklık tepkisini açıklamak için klonal seçilim teorisini geliştirdi. Bir lenfosit hücresi bir antijenle karşılaştığı zaman bölünüp bu özel antijenle karşılaştığında antikor üretecek olan, birbirinin aynı lenfositler üretir. Daha sonraki çalışmalar keskin kimyasal sezgilere sahip olan Paul Ehrlich'in haklı olduğunu gösterdi: Antikor antijeni moleküler yapısı üzerindeki özel desenlerle tanıyordu.

1980'ler AIDS salgınına sahne oldu. AIDS, HIV'in neden olduğu bir hastalıktı. Viral hastalıklarla savaşmak zordur, çünkü bağışıklık sistemi tarafından genellikle tespit edilemez. Virüs temelde protein kılıfıyla kaplanmış olan bir genetik malzemedir. Protein kılıfın bir zararı yoktur, ancak virüs hücrenin içerisine girdiğinde üremek için hücrenin kendi genetik mekanizmasını kullanır. Daha da kötüsü, HIV bu hücreleri öldürür. 2019 yılında hayatımıza giren COVID-19 salgını da viral bir hastalıktı, fakat neyse ki bir aşı geliştirmek mümkündü. HIV, COVID-19'dan daha fazla stratejiye sahiptir, fakat kitabı yazdığım sırada COVID-19 için başarılı bir şekilde geliştirilen mRNA aşılarıyla benzer bir yönteme sahip AIDS aşıları geliştirme yolunda çalışmalar yapılıyor.

İNSAN VÜCUDUNUN BİYOKİMYASI

Geçtiğimiz elli yılda bilim alanları arasında birçok çaprazlama oldu. Muhtemelen son elli yılın en bilinen bilim insanı olan Stephen Hawking astrofizikçiydi. Astrofizik yirminci yüzyılın ikinci yarısına dek var olmayan bir bilim alanıdır. Fakat biyokimya daha uzun bir geçmişe sahiptir. Bilim insanlarının fark ettiği üzere biyolojinin temeli kimyadır, insan vücudunun işleyişi hakkındaki anlayışımızdaki en büyük ilerlemeler, yaşam için gerekli olan karmaşık moleküllerin yapısını ve işleyişini anlamamızla yaşanmıştır.

Hemoglobinin Yapısı ve İşleyişi

Kanın önemi binlerce yıldır biliniyor. Canlı organizmalara dair ilk teoriyi formüle eden Yunanlara göre kan; balgam, kara safra ve sarı safra ile birlikte dört temel sıvıdan biriydi. Bir çocuk bile kanın önemli olduğunu bilir, fakat binlerce yıldır kanın bir organizmada ne işe yaradığı bilinmiyordu.

Kanın basit bir sıvı olmadığı da biliniyordu. Bir tüp kan hareketsiz bir şekilde bırakıldığında, kırmızı renkli ve soluk sarı renkli iki sıvı katmanına ayrılıyor, aralarında da ince bir beyaz katman oluşuyordu. Kanın doğası hakkındaki ilk büyük keşif on yedinci yüzyılda mikroskop icat edilene dek yapılamadı. Hollandalı mikroskopçu Jan Swammerdam 1658 yılında kurbağaların kırmızı kan hücrelerini incelese de gözlemlerini yayınlamadı. Neyse ki Anton von Leeuwenhoek insan kanındaki kırmızı kan hücrelerini 1673 yılında inceledi ve sonuçlarını yayınladı.

Kırmızı kan hücrelerinin vücutta oynadığı rol neredeyse iki asır boyunca keşfedilemedi. Sonrasında François Magendie kırmızı kan hücre sayısını bir sağlık ölçütü olarak kullanmayı düşündü. Canlıların vitalistik teorisinin terk edildiği bir dönemdi ve araştırmacılar teşhis süreçlerinde birçok parametrenin sayısını belirlemeye çalışıyordu.

Analitik yöntemlerin gelişmesiyle teşhis olanakları da gelişti. Dönemin yeni ve öncü analitik araçlarından biri kimya ve fizikte

büyük etki yaratan spektrometreydi. Gökbilimciler spektrografları teleskoba bağlayıp yıldızların içeriğini belirlemeye çalışırken biyokimyacılar canlılarda bulunan bileşikleri analiz etmek için kullanıyordu.

Alanın önde gelen isimlerinden biri Alman biyokimyacı Ernst Hoppe-Seyler'di. Kırmızı kan hücrelerine "hemoglobin" adını veren ve bu hücrelerin oksijen taşımaktan sorumlu olduğunu gösteren kişi yine Hoppe-Seyler'di. Hemoglobini kristalize etmiş (birçok protein kristalize edilebilir) ve karbon monoksitin de hemoglobinle taşınabileceğini fark eden ilk kişi olmuştu. Aynı zamanda hemoglobin ile klorofil arasındaki kimyasal benzerlikleri belirlemişti.

Hemoglobin oldukça karmaşık bir moleküldür. Moleküler yapısı 1960 yılında Max Perutz X-ışını kristalografisi ve yüksek hızlı bilgisayarlar kullanana ve molekülün tepesine bir adet ağır altın veya cıva atomu ekleyene kadar tam olarak belirlenemedi. Hemoglobin ve klorofilin moleküler yapısını gözlemleyen herhangi biri aynı sonuca varırdı, çünkü yapıları o kadar benziyordu ki işlevlerinin de benzemesi gerekirdi.

Hoppe-Seyler birçok açıdan biyokimyanın babası sayılabilir. Kendi çalışmalarına ek olarak ilk biyokimya dergisini kurdu ve öğrencilerinden bir kısmı alanın öncüleri oldu. Öğrencilerinden muhtemelen en meşhuru olan Johannes Miescher, en bilinen örnekleri şüphesiz DNA ve RNA olan nükleik asitleri (hücre çekirdeklerinde bulunan asitler) keşfeden ilk kişiydi.

Aslında üç farklı kan hücresi bulunur ve her biri önemli rollere sahiptir. Kırmızı kan hücreleri oksijen taşır. Élie Metchnikoff beyaz kan hücrelerinin vücudun hasar alan bölgesine gittiğini ve gelen bakterilere saldırdığını keşfetti. Üçüncü hücre tipi olan kan pulcuklarının (pula benzedikleri için bu isim verilmiştir, trombosit olarak da bilinir) ise pıhtılaşmada önemli bir rol oynadığı Giulio Bizzozero tarafından keşfedildi. Vücudumuzda bulunan tüm kan hücreleri kemik iliğinde bulunan kök hücrelerden üretilir.

Hormonların Keşfi

Ivan Pavlov bilimin meşhur isimlerinden biridir. Çok az kişinin aşina olduğu bir araştırmayla Nobel Ödülü kazanması ironiktir, ancak iyi tanındığı çalışmanın diğeri olması kaçınılmazdı.

Pavlov bir rahibin oğluydu ve başlangıçta rahip olmayı amaçlıyordu. Bir teoloji seminerinde Darwin'in *Türlerin Kökeni* kitabını okumasıyla bilime geçmeye karar verdi.

Rusya'da bir köpekseniz muhtemelen Pavlov'dan olabildiğince uzak durmak isterdiniz, çünkü deneylerinin büyük bir çoğunluğunda laboratuvar hayvanı olarak köpekleri kullanmıştı. İlk çalışması midedeki gastrik sıvıların yemeğin mideye gelmesiyle değil, beyinden gelen sinyallerle kontrol edildiğini gösteriyordu. Araştırması otonom sinir sisteminin önemini gösterdiği için fizyoloji veya tıp alanında Nobel Ödülü'ne layık görülmüştü.

Aslında tanındığı çalışma bir önceki çalışmanın yan ürünüydü ve ağızdaki sinirlerin besinle uyarılmasının midede bir tepkiye yol açtığını göstermişti. Mekanizma koşulsuz refleks olarak bilinir ve canlılar bu reflekse doğuştan sahiptir.

Pavlov aç bir köpeğe yemek gösterildiğinde salyalanmasının koşulsuz bir refleks olduğunu biliyordu. Doğuştan olmayan bir refleksi tetikleyip tetikleyemeyeceğini görmek istedi. Bunun için köpeğe her yemek getirdiğinde zil çaldı. Bir süre sonra köpeğin sadece yiyeceklere değil, zile tepki olarak da salyalandığını gördü. Bu durum da koşullu refleks olarak bilinir ve koşullu refleksler psikolojideki davranış teorilerinde önemli bir rol oynar.

Pavlov'un ilk çalışmaları iki İngiliz fizyolog William Bayliss ve Ernest Starling'in dikkatini çekmişti. Pavlov'un ilk sonuçları kendisine sindirim reaksiyonlarının sinir sistemi tarafından kontrol edildiğini düşündürmüştü. Bayliss ve Starling, asidik yiyecek mideden bağırsağa geçtiğinde pankreasın nasıl sindirim sıvısı salgıladığını çalışmaya başladılar.

Bayliss ve Starling pankreasın sinirlerini keserek Pavlov'un hipotezini doğrulamaya çalıştılar. Şaşırtıcı bir şekilde pankreas

sindirim sıvısı salgılamaya devam etmişti. Sonraki çalışmalar ince bağırsağın mide asidi geldiğinde sekretin adı verilen bir molekül salgıladığını gösterdi. Pankreası uyaran şey sekretindi.

Starling diğer bileşiklerin de benzer bir davranışa sahip olduğunu fark etti ve bir organı harekete geçirme amacıyla başka bir organdan kana salınan bileşikleri tanımlamak için "hormon" (Yunancada "hareket uyandırma" anlamına gelir) kelimesini ortaya attı.

Bayliss ve Starling'in çalışması hormon eksikliğinden kaynaklanan hastalıkların anlaşılmasının yolunu açtı. Birkaç yıl sonra bir diğer İngiliz fizyolog Edward Sharpey-Schafer, pankreastan üretilen bir hormonun kandaki glikoz seviyesini düşürdüğünü ortaya attı. Hormona Latincede ada anlamına gelen kelimeden hareketle insülin adını verdi, çünkü pankreastaki ada hücrelerinden üretildiğine inanıyordu. Yirmi yıl sonra Kanadalı ekip Frederick Banting ve Charles Best hayvanlardan insülin elde etmek için bir prosedür geliştirdi, bugün insülin tedavisi diyabeti kontrol etmek için kullanılan standart yöntem haline geldi.

Banting orijinal deneyleri tasarladığında Toronto Üniversitesi'nde fizyoloji profesörü olan John Macleod'u kendisine bir laboratuvar vermesi ve bir ortak bulması için ikna etmişti. Macleod bunu kabul etmiş, Banting'e gerekli yeri ayarlamış ve Charles Best'i onunla çalışması için ayarladıktan sonra yaz tatiline gitmişti. Banting ve Best işlerini 1922 yılında tamamlamış, Banting 1923 yılında Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü'nü paylaşan iki Kanadalıdan biri olmuştu. Diğer kişi ise Best değil, Macleod'du! Banting bunun üzerine öfkelenip Best ödüle ortak olmadığı sürece ödülü almayı reddetti. Başarılı olamayıp sonunda ödülü kabul ettiğinde, para ödülünün yarısını Best'e verdi.

Metabolizma Biyokimyası

Tanıştılar, âşık oldular ve evlendiler. İkisi de bilimin aynı alanıyla ilgileniyordu, bundan dolayı birlikte çalışmaya karar verdiler. Yirminci yüzyılın başında dünyada kadın bilim insanlarına olan

önyargından dolayı, kadın karakterimiz istediği alanda iş bulmakta zorlandı. Fakat pes etmedi ve sonunda kocasının yanında iş buldu. Yaptıkları çalışmanın kalitesi o kadar yüksekti ki, Nobel Ödülü'ne layık görüldüler.

Kulağa Pierre ve Marie Curie'nin hikâyesi gibi gelebilir, fakat aynı zamanda hayatları (ve isimleri) birçok açıdan Curieler'e oldukça benzeyen Carl ve Gerty Cori'nin hikâyesiydi.

Tüm canlı hücreler belirli ortak özelliklere sahiptir. Bunlardan biri metabolizmadır, dışarıdan besin alıp bu besinleri enerji ve yeni bileşik üretmek için kullanırlar. Metabolizmanın en önemli tipi karbonhidratları içerir.

Geçtiğimiz yıllarda sporcuların beslenme düzeninde ciddi değişiklikler oldu. Sporcular eskiden et ve yumurta tüketirken bugün pankek ve makarna yiyorlar. Bunun bir sebebi var. Pankek ve makarna karbonhidrat içerir. Yüksek protein içeren et gibi yiyeceklere göre daha çabuk sindirilmelerine ek olarak karbonhidratların yaklaşık yarısı karaciğer ve kaslarda glikojen formunda depo edilir. Kalan kısmı yağ olarak depolanır veya yakıt olarak kullanılır.

Biyokimyacı Otto Meyerhof kas kasıldığında kasta depolanan glikojenin laktik aside dönüştürüldüğünü belirledi (laktik asit spor hocanız "Yanmayı hisset!" diye bağırdığında kaslarınızda hissettiğiniz yanmaya sebep olan bileşiktir). Laktik asit sonrasında glikoza dönüştürülüp döngüye tekrar girer ve kasın kasılmaya devam etmesini sağlar. Coriler'in Nobel Ödülü kazanmasını sağlayan çalışmaları glikojen-laktik asit-glikoz döngüsünü ayrıntılı bir şekilde incelemiş olmalarıydı.

Coriler pankek ve makarna yediğinizde ne olduğunu anlamaya çalışırken Alman biyokimyacı Hans Krebs, aynı şeyi et ve yumurta için çalışıyordu. Proteinler amino asit zincirleridir. Krebs amino asitten azot atomlarının koparılıp Friedrich Wohler tarafından ilk sentezlenen organik bileşik olan üreye dönüştürüldüğü metabolizmayı keşfetti.

Çekoslovakya'da doğan Coriler iş imkânı için Birleşik Devletler'e göç ettiler, fakat Almanya'da Nazilerin yükselişi Krebs'i İngiltere'ye göç etmek zorunda bırakmıştı. Coriler gibi Krebs de karbonhidrat metabolizmasıyla ilgileniyordu. Coriler glikojenin laktik aside oksijen olmadan da dönüştürüldüğünü, fakat çok daha küçük miktarda enerji üretildiğini gösterdi. Krebs geri kalan enerjinin laktik asidin oksijenle parçalanarak suyun ve karbon dioksitin oluştuğu reaksiyonda üretildiği sonucuna vardı.

Krebs'in bu analizi yapması beş yıldan uzun sürmüştü. En önemli ara bileşiklerden biri portakal veya greyfurt suyuna ekşi tadını veren sitrik asitti. Krebs'in keşfettiği döngüye sitrik asit döngüsü adı verildi, ayrıca Krebs döngüsü olarak da biliniyor. Sonraki çalışmalar Krebs döngüsünün yağların metabolizmasından da sorumlu olduğunu gösterdi. Krebs döngüsü canlı organizmalardaki en büyük enerji üretim mekanizmasını temsil ediyor.

Curieler Nobel Ödülü kazanan ilk karı-koca çift olurken kızları Irene Joliot-Curie ikinci karı-koca çift olmayı başarmıştı. 1947'de Nobel Ödülü'ne layık görülen Coriler üçüncü çift oldular. O zamandan beri kadın bilim insanlarının bilimdeki rolü arttı ve bir kısmı Nobel Ödülü kazandı, fakat ödüle layık görülen yeni bir karı-koca çift olmadı. Bunun nedeni kadın bilim insanlarının sayısının ve bilimsel camianın içindeki rollerinin yirminci yüzyılın ilk yarısında olduğundan çok daha fazla olması ve bu sayede kocalarından ibaret olmayan, daha geniş bir meslektaş seçeneğine sahip olmaları olabilir.

BÖLÜM 9

HASTALIK

Sıklıkla birileri çağlar boyunca bilim üzerine bir kitap yazar. Paul de Kruif'in neredeyse yüz sene önce yazmış olduğu *Mikrop Avcıları* bu tarz bir kitaptı. Louis Pasteur gibi devlerin de aralarında olduğu ilk bakteriyologların çalışmalarını açıklar, çünkü ilk kez bu bilim insanları hastalıklara karşı gerçekten savaşmaya başlamıştır.

Hastalık her erkeğin, kadının ve çocuğun aşina olduğu bir düşmandır, ancak hastalıkların tanrıların öfkesinden değil de doğal sebeplerden kaynaklandığı fark edileli ancak iki ya da üç yüz yıl oldu. Son yüzyıllardaki neredeyse her nesil bir öncekinden daha uzun ve daha sağlıklı yaşıyor, bu durum ise bilim ve tıp camialarının hastalıkları anlamak, tedavi etmek ve önlemek üzerine gösterdiği büyük çabadan kaynaklanıyor.

HASTALIĞI ANLAMAK

1346-1353 yılları arasında Avrupa, Asya ve Afrika'da 75 ila 200 milyon insanın ölümüne yol açan Kara Ölüm gibi veba salgınlarının geçmişte nasıl bir dehşet yaşattığını hayal etmek bile çok zor. On dördüncü yüzyılda insanların bu hastalığa neyin sebep olduğu, hastalığın nasıl tedavi edileceği ya da engelleneceği konusunda hiçbir fikri yoktu. 1894 yılında Alexandre Yersin ve Shibasaburo Kitasato birbirlerinden bağımsız bir şekilde bu has-

talığa sebep olan bakterilerin hasta sıçanların üzerine yaşayan pireler tarafından taşındığını keşfettiler. Bugün çok nadir de olsa hıyarcıklı veba hastalığı görülebiliyor, fakat 1943 yılında Selman Waksman'ın liderliğini yaptığı biyokimyacıların keşfettiği streptomisin antibiyotiği hastalığı etkili bir şekilde tedavi ediyor. Bugün ne zaman bir hıyarcıklı veba vakasına rastlansa halk genellikle veba taşıyan sürüngenlerin olduğu o bölgeden uzaklaşmaları konusunda uyarılıyor.

Epidemiyolojinin Doğuşu: 1854 Londra Kolera Salgını

John Snow daha çok tanınması gereken isimlerden biridir. Fakat hayatta olsaydı, kendisi muhtemelen meşhur bir isim olmanın peşinden koşmazdı. Snow mesleğini, kariyerinin büyük bir bölümünü Londra'daki işçi sınıfının hastalıklarına ve tedavilerine adayan bir doktordu.

Snow sadece dikkatli bir doktor değil, aynı zamanda tıptaki son gelişmeleri takip eden biriydi. Şüphesiz doktorlar bunu her zaman yapmak zorundadır ama kolay değildir. On dokuzuncu yüzyıldaki iletişim bugünkü gibi değildi, bugün neredeyse anında iletişim sağlama imkânına sahip olduğumuz halde gelişmeler o kadar hızlı yaşanıyor ki, takip edebilmek hâlâ çok zor.

Snow, Birleşik Devletler'de anestezik eter kullanımını okuduğunda bu gelişmenin büyük bir önemi olduğunu fark etti. Konuyu titizlikle inceledi ve sonrasında kullanımını tanımlayan *Eter Üzerine* isimli kitapçığı yazdı. Birkaç yıl sonra kloroformun doğumda kullanımı gündeme getirildiğinde Snow bu gelişmenin de bir adım önündeydi, çünkü Kraliçe Victoria'nın doğumunda kloroform uygulayan doktordu. Sonuç olarak Snow, ilk anestezi uzmanı olarak tanınır.

Fakat Snow'un tıp bilimine en büyük katkısı 1854 yılında Londra'yı kasıp kavuran kolera salgını sırasında oldu. Dünyanın antibiyotik ve kemoterapiden önce nasıl olduğunu hayal etmek bizler için zor olabiliyor. Bugün Batı ülkeleri için büyük bir tehdit olmayan salgınlar düzenli olarak yaşanıyor ve birkaç

hafta içinde bir bölgedeki on binlerce insanın ölümüne yol açabiliyordu. Bugün de COVID-19 salgını yaşıyoruz, ancak sayılar on dokuzuncu yüzyılın ortasında yaşananların yanına yaklaşmıyor.

1854 yılında doktorlar kolera vakalarının çoğunlukla temiz yerlerdense kirli yerlerde yaşandığını fark etmişlerdi, fakat hastalığın pisliklerden çıkan kötü kokulardan, "miasmalardan" kaynaklandığı gibi hatalı bir sonuca varmışlardı. Öte yandan, Snow hastalığın pisliğin kendisinden kaynaklandığına inanıyordu. Snow sağlıklı ve hasta bireylerle ilgili birçok veriyi kullanarak ilk kez bir salgının istatistiksel analizini yaptı. Suyunu Thames'in kanalizasyonla kirlenmiş kısmından temin eden Southwark ve Vauxhall Şirketi'nden alanların kolerayla ölme olasılığının, suyunu akıntının yukarı kısımdan tedarik eden Lambeth Şirketi'nden alanlara göre dokuz kat fazla olduğunu göstermeyi başardı.

En dramatik kanıt ise Broad Sokağı'ndaki pompaydı. Snow, Londra'nın Soho bölgesindeki duruma oradaki deneyimi nedeniyle aşinaydı ve kolerayla sarsılmış tüm evlerin kaydını tutmuştu. Broad Sokağı pompasının birkaç yüz metrelik çevresinde beş yüzden fazla ölümün meydana geldiğini not etmişti. Snow, kuyunun birkaç metre yakınından bir kanalizasyon borusu geçtiğini fark etti. Yetkilileri bölgedeki pompanın kaldırılmasına ikna ettiğinde ölüm oranları ciddi miktarda düşmüştü.

İstatistik iki asırdan daha uzun bir süre önce icat edilmiş olsa da tıptaki muhtemel değerini fark eden ilk isim Snow'du. İlk anestezi uzmanı olarak bilinen Snow, aynı zamanda ilk epidemiyologdu.

Henüz Pasteur mikrop teorisini ortaya atmamış ya da Koch belirli hastalıkların belirli organizmalardan kaynaklandığını göstermemiş olmasına rağmen, Snow'un deneyimleri kendisini koleranın suda yaşayan ve büyüyen özel bir mikroptan kaynaklandığına inandırmıştı. Müthiş bir önseziyle bugün hâlâ standart olarak kullanılan bazı uygulamaları ortaya attı: Kirli giysileri dezenfekte etmek, elleri yıkamak ve mutfak ürünleri sterilize et-

mek için kaynatmak. Kendisine halk sağlığının ilk kurucusu da denebilir.

Mikrop Teorisi

Tiyatrodaki büyük aktör ve aktrisler genellikle standart bir kariyer yolu izlerler. Küçük rollerle başlar ve yardımcı rollere kadar ilerlerler. Sonrasında bir dönem başrol olurlar ve ardından kaçınılmaz bir gerileme yaşanır. Louis Pasteur ise bilim tiyatrosunda başrolden aşağı hiç inmedi.

Pasteur kariyerine kimyacı olarak başladı. İlk önemli başarısı bir bileşiğin farklı formlardaki kristallerinin polarize ışığı farklı yönlere kırma kapasitesine sahip olduğunu göstermesiydi. Sonrasında çalışma konusunu mikroorganizmalara kaydırdı ve muhteşem kariyerinin geri kalan kısmını bu yaratıkları araştırmaya adadı.

Çalışmalarının birçok açıdan ekonomik etkisi oldu. Sütün ve şarabın bozulma nedeninin mikroorganizmalar olduğunu ve pastörizasyon olarak bilinen uygulamayla, içeceklerin şişelenmeden önce ısıtılmasıyla bunun engellenebileceğini gösterdi. Pasteur, ipekböceklerini etkileyen hastalıklarla sarsılan Fransız ipek endüstrisini kurtarmasıyla bir kez daha şapkadan tavşan çıkarmıştı. Çalışmaları hastalığın kalıtsal olduğunu ortaya koydu ve sonrasında ipekböceği kolonileri enfekte olmamış yumurtalardan üretildi. Keşfi tüm endüstrinin yok olmasını engellemişti.

Tüm başarıları arasında en etkileyici olanı kendiliğinden üreme teorisini yıkmasıydı. Bu teori Pasteur'ün bir kısmını şarabın bozulmasını ve ipekböceği hastalıklarını incelerken çalıştığı mikroorganizmaların bu maddelerde kendiliğinden oluştuğunu öngörüyordu. Pasteur yaptığı birkaç muhteşem deneyle mikroorganizmaların havada bulunduğunu ve eğer maddeler steril bir ortama konup havayla ilişkileri kesilirse mikroorganizma görünmeyeceğini gösterdi. Bu keşfi, hastalıkları açıklayan mikrop teorisine gidilen yolu açmış oldu ve mikrobiyolojiye olan ilgiyi artırdı.

Pasteur başrolü başkasına bırakmayacaktı. Kendisini neredeyse öldüren ve kısmi felç yaşamasına sebep olan hastalığıyla savaşırken hastalık yapıcı zayıflatılmış mikroorganizmaların hastalıktan koruyucu etkiye sahip olduğunu gösteren aşı bağışıklığı teorisini geliştirdi. Teorisinin doğruluğunu yirmi beş koyunu şarbona karşı aşıladığı, sonrasında aşılanan koyunlara ve aşılanmayan yirmi beş koyuna yüksek dozda şarbon verdiği deneyiyle gösterdi. Aşılanan tüm koyunlar yaşarken, aşılanmayanlar ölmüştü.

Veda sahnesinde ise herkesin imkânsız dediği şeyi başardı: Kuduz hayvanlar tarafından ısırılan bireylerin hayatta kalmasını sağlayacak bir kuduz aşısı geliştirdi. Bu çalışmaları sayesinde uluslararası bir şöhrete kavuştu ve Paris'te hastalıkların araştırılması ve tedavisi amacıyla bir Pasteur Enstitüsü kurulması için yatırım aldı. Bakteriyolojideki birçok büyük isim ve hastalıklara karşı verilen savaştaki birçok önemli gelişme bu enstitüden çıktı.

Pasteur sadece parlak bir bilim insanı ve ateşli bir vatansever değildi, aynı zamanda geleneksel bir Galya romantiğiydi. Strazburg Üniversitesi'nde kimya profesörü olmasının ardından dekanın kızına âşık olmuştu. Kendisine içinde şu sözler olan bir mektup yazmıştı: "Genç bir kızın ilgisini çekecek hiçbir şeye sahip değilim, fakat anılarım bana iyi tanıyanların beni çok sevdiğini söylüyor. Zaman soğuk ve ürkek gelen dış görünüşümün altında size karşı sevgi dolu bir kalbin çarptığını gösterecek." Genç kadını duygularının derinliğine ikna edecek bir ifade ararken "kristallerime o kadar âşık olan ben ki..." diye eklemişti. Mektubu istediği etkiyi yarattı ve Matmazel Laurent onunla evlendi. Sonrasında hayat arkadaşı olmakla kalmadı, gerektiğinde kendisinin laboratuvar asistanı, sekreteri ve ortak yazarı oldu.

Şarbon Basilinin Keşfi

Robert Koch, Emmy Fraatz ile tanıştığında tam bir romantikti, dünyayı dolaşacak bir askeri doktor veya gemi doktoru olmak isteyen yeni mezun bir hekimdi. Fakat Emmy oldukça gerçekçi

bir kişiliğe sahipti ve gemide bir aileye sahip olmanın pek mümkün olmayacağını bildiğinden Koch'u özel çalışmaya ikna etti. İlk olarak küçük bir Alman kasabası olan Wollstein'a taşındılar. Emmy, Robert'ın tıp okulundan yüksek bir dereceyle mezun olduğunun farkındaydı ve onun kendisine küçük bir kasabada yapabileceklerinden daha büyük bir hedef seçmesi gerektiğini düşünüyordu. Almanya aralarında bilimsel ekipman üretiminin de dahil olduğu birçok endüstriyel alanda lider konumdaydı. Emmy, Robert'a yirmi sekizinci yaş gününde bir mikroskop hediye etti.

Anton von Leeuwenhoek'un bakterileri keşfetmesinin üzerinden neredeyse iki asır geçmesine rağmen tıp çok küçük bir ilerleme kaydetmişti. Meşhur bilim insanlarının Leeuwenhoek'un zamanında olduğu gibi hastalıkların şeytani ruhlardan kaynaklandığına inanmadığı doğruydu, fakat bu kez iki farklı görüş arasında bir savaş vardı: Hastalıkların dış dünyanın koşullarından dolayı insanlarda bir anda çıktığını savunan "miasma teorisi" ve hastalıkların mikroorganizmalardan kaynaklandığına inanılan "parazit teorisi".

Muhtemelen doktor olduğu için Koch'un dikkatini çeken ilk hastalık genellikle sığırlarda ve koyunlarda gözlemlenen şarbondu. Şarbona yakalanan canlı hızlı ve korkunç bir şekilde ölüyordu ve kanı siyaha dönüyordu. Koch bu kanı mikroskop altında incelediğinde uzun ip şeklinde yapıya sahip çubuksu organizmalar gözlemledi. Diğer bilim insanları bu canlıların şarbona neden olduğunu düşünüyordu, fakat bunu mükemmel deneylerle kanıtlayan kişi Koch'tu.

Koch bu canlıların sağlıklı hayvanlarda hiçbir zaman bulunmadığını, fakat şarbona yakalanan canlılarda her zaman bulunduğunu gözlemledi. Şarbonlu hayvanlardan aldığı kanı sağlıklı farelere enjekte etti. Birkaç gün içinde fareler şarbona yakalandı, kanlarında çubuk şeklinde basiller bulunuyordu.

Bu durum hastalığa yakalanmış hayvanların hastalığı yayabileceğini gösteriyordu, fakat basilden kaynaklandığı kesin de-

ğildi, bakteriler hastalığın sebebi değil sonucu olabilirdi. Koch bundan dolayı saf basil büyüteceği metotlar geliştirdi, bu şekilde kanda hastalığa sebep olabilecek başka bir şey bulunmayacaktı.

Yapılacak daha çok iş vardı. Şarbonun bir hayvandan diğerine direkt bir enfeksiyonla geçmediği kesindi. Basillerin doğada uzun sürede yaşamalarını sağlayan spor oluşturduklarını göstermek için yıllar süren gözlemler ve deneyler gerekliydi. Hayvanlar sporun olduğu yerlerde otladığında sporlar kana giriyor ve tekrar basil formuna geçiyordu.

Şarbon vakalarını takip ederken Koch sadece belirli bir organizmanın belirli bir hastalığa yol açtığını göstermemiş, aynı zamanda hastalıkların nedenini bulmak için bir metodoloji geliştirmişti. Bugün bu metodoloji "Koch postülatları" olarak biliniyor ve kullanılmaya devam ediyor.

Koch'un başarılarının fark edilmesi zaman aldı (nihayetinde tıp kurumu açısından yabancıydı), fakat fark edildiğinde medya ünlüsü olan ilk bilim insanlarından biri oldu. Sonrasında diğer medya ünlülerinde olduğu gibi şöhretin yüksek bir fiyat etiketiyle geldiğini fark etti. Evliliği boşanmayla sona erdi ve Koch çok daha genç bir aktrisle evlendiğinde bu kez mikroskopun altına giren şey kendi hayatı oldu. Tıp araştırmalarındaki politikadan sıkılan ve sadece çalışmasına devam etmek isteyen Koch, daha huzurlu bir yer bulmak ve tropik hastalıkları araştırmak için Afrika'ya taşındı. Robert Koch'un hikâyesi yarım yüzyıl sonra çocuk felcine karşı aşı geliştiren Jonas Salk'ta küçük değişikliklerle tekrar yaşandı, yakın zamanda da Dr. Anthony Fauci COVID-19 salgınının yüzü oldu.

HASTALIĞI TEDAVİ ETMEK

Hastalık tedavileri insanlığın en büyük dertlerinden biri olmuştur. Her birimiz bir noktada çeşitli hastalıklara yakalanırız ve birbirinden farklı görünen birçok kültür, hastalıkların etkilerini hafifletmek için benzer yollar keşfetmiştir. Tavuk suyu çorbasının yararı tüm kıtalarda bilinir. Tavuk suyu çorbası nezlenin

etkilerini hafifletmeye yardımcı olurken daha ciddi hastalıklar daha sert tedavi yöntemleri gerektirir.

Vitamin Eksikliği Hastalıklarının Keşfi ve Tedavisi

İngiltere on sekizinci yüzyılın ortasında sahip olduğu güçlü deniz filosu sayesinde dünyanın önde gelen güçlerinden biri haline gelmişti. Güçlü bir deniz filosuna sahip olmak için uzun okyanus yolculukları boyunca mürettebatı sağlıklı tutacak yollar bulmanız gerekir. Britanya Donanmasının karşılaştığı en büyük problem, denizcileri zayıflatan ve öldüren, şişmiş ve kanayan diş etleriyle tanımlanan bir hastalık olan iskorbüttü.

James Lind tıp kariyerine Britanya Donanmasındaki bir cerrahın yanında başladı ve hemen sonrasında iskorbütü iyileştirmek ve engellemekle ilgilendi. Bu konuyla ilgili geniş bir okuma yaptıktan sonra iskorbütün beslenmedeki taze sebze meyve eksikliğinden kaynaklandığına ikna oldu. Denizcilere taze meyve ve sebze sağlamaya başladı ve limon ve misket limonu gibi turunçgil meyvelerin iskorbütü iyileştirmekte etkili olduğunu fark etti.

Britanya Donanması da o zamanın başka birçok kurumu gibi geri kafalı bürokratlar tarafından çıkmaza sürüklenmişti. Lind, Kaptan Cook'u 1770'lerde dünyanın çevresini dolaşmak amacıyla çıkacağı seyahat için turunçgil depolamaya ikna etmişti. Cook yolculuk boyunca sadece bir denizcisini iskorbüte kurban verdi, fakat Donanma halen ikna olmamıştı. Lind 1783 yılında Kral III. George'un kişisel hekimi oldu, fakat hâlâ turunçgillerin iskorbütü önleme konusundaki önemine dair gerekli yerleri ikna edemiyordu. Lind 1794 yılında hayatını kaybetti, fakat bir yıl sonra Britanya Donanması nihayet Lind'in fikrinin önemini anladı ve denizcilerin beslenmesine limon suyunu ekledi. Bundan dolayı Britanyalı denizciler "limey" olarak anılır oldu.

Bir asır sonra parlak bilim insanları Louis Pasteur ve Robert Koch, bilim insanlarını hastalıkların mikroplardan kaynaklandığına ikna etmişti. Koch'tan Hollanda Doğu Hint Adaları'na

gitmesi ve orada görülen beriberi hastalığının sebebini bulması istendi. Koch o zamanlar başka hastalıklar üzerinde çalışıyordu, fakat yine de öğrencilerinden biri olan Christiaan Eijkman'ı bu projede çalışması için önerdi.

Sonuçlar hayal kırıklığıydı, ekip beriberi hastalığına sebep olan mikrobu izole edemiyordu, çünkü hastalığın sebebi bir mikrop değildi. Ekibin büyük bir çoğunluğu döndü, fakat Eijkman yeni bakteriyoloji laboratuvarının başı olarak orada kalmaya devam etti.

Bir süre sonra laboratuvardaki tavuklar arasında şüpheli bir şekilde beriberiye benzeyen bir hastalık patlak verdi. Eijkman bir kez daha hastalığa sebep olan mikrobu izole etmeye çalıştı, fakat yine başarılı olamadı. Sonrasında farklı bir yaklaşım denedi. Bir aşçının tavukları hastanedeki hastalar için kullanılan kabuğu soyulmuş pirinçle beslediğini buldu. Aşçı değiştirildi ve yerine tavukların özel pirinçle beslenmeyi hak etmediğini düşünen ve kabuğu soyulmamış pirinçle besleyen bir aşçı getirildi. Eijkman tüm bu aşamaları inceledi ve aradaki farkın beslenme olduğunu keşfetti; kabuğu soyulmuş pirinçle beslenen tavuklar hasta oluyordu, fakat soyulmamış pirince geçildiğinde hastalık iyileşiyordu.

Lind ve Eijkman'ın tedavi geliştirdiği hastalıklar vitamin eksikliği hastalıklarıydı. Lind belirli bir hastalığa özel bir tedavi geliştiren ilk doktordu, Eijkman ise beslenmedeki bir eksikliğin hastalığa yol açacağını keşfeden ilk kişiydi. Bugün sağlığımıza olan katkılarını öğrendiğimizden iskorbüt hastalığını iyileştiren şeyin C vitamini, beriberiyi iyileştiren şeyin B vitamini olduğunu biliyoruz.

Bugün tipik bir multivitamin tableti alfabedeki harflerin neredeyse yarısını içeriyor. Bu bileşikler "takviye gıda faktörleri" olarak adlandırılıyor. Kimyacı Casimir Funk, beriberiye sebep olan bileşiğin bir amin bileşiği olduğunu keşfetmişti. Tüm bu takviye gıda faktörlerinin beslenmede *vital* (*hayati*) öneme sahip olan *amine* (*amin*) bileşikleri olduğunu düşündüğünden *vitami-*

ne tabirini ortaya attı. Sonrasında tüm bileşiklerin amin bileşiği olmadığı keşfedildi ve sondaki "e" harfi atılarak vitamin olarak kullanılır oldu.

Anestezi

Tüm bilimler arasında genellikle en çok takdir edilen tıptır, çünkü direkt hayatımıza dokunur. Ortalama insan hayatına olan etkisi ölçülebilecek çok az bilimsel gelişme var, fakat anestezi kesinlikle bu kategorideki keşiflerden biridir. Neredeyse herkesin bir noktada girdiği ameliyatların büyük bir çoğunluğu anestezi olmadan yapılamazdı.

İnsanlık tarih boyunca acının zulmünden kurtulmak için çare aramıştır. Çok yakın bir zamana dek yüksek miktarda alkol tüketimiyle veya morfin gibi kimyasalların kullanımıyla acıdan kurtulmaya çalışılıyordu. Bu maddeler çekilen acıyı azaltsalar da kusursuz iş görmüyorlardı ve çok fazla yan etkiye sahiplerdi. Her ne kadar diş çekilirken veya kurşun çıkarılırken yüksek miktarda alkol tüketilse de genellikle tıp uygulamaları için uygun değillerdi.

Anestezinin gelişimi konusundaki ilk büyük adım büyük İngiliz kimyacı Humphry Davy'nin azot oksit gazını keşfiyle atıldı. Azot oksit gaz formundaydı ve ilk "kullanımı" on dokuzuncu yüzyıl İngiltere partilerinde "eğlence" amaçlıydı. Bu sosyal etkinliklerde Davy'nin gazı katılımcıları sarhoş etmek için kullanılıyordu. Gaz sadece sarhoş edici değildi, aynı zamanda insanları güldürme etkisine sahipti ve bir noktadan sonra "gülme gazı" olarak bilinir oldu. Aynı zamanda "gülme gazı" etkisi altındaki kişilerin geçici olarak acıya karşı duyarsızlaştığı da fark edilmişti.

Birleşik Devletler'deki koloniciler farklı kimyasallar kullanarak benzer amaçlı deneyler yapıyorlardı. Amerikalıların seçtiği bileşik, en eski fabrikasyon organik kimyasallardan biri olan eterdi. Eter Orta Çağ simyacıları tarafından etil alkol ve sülfürik asidin ısıtılmasıyla bulunmuştu. 1841 yılında Plymouth, Massa-

chusetts'ten Charles Jackson eterin anestezik etkisini keşfetti, fakat kullanma konusunda bir adım atmadı.

Bu sırada İngiliz "partilerinin" Amerikan versiyonunun yapıldığı Georgia'da azot oksit yerine eter kullanılıyordu. Cerrah Crawford Long, bu partilerden birinde eterin tıptaki potansiyel uygulamasını fark etti ve 1842 yılında bir hastanın boynundaki tümörü alırken ilk kez anestezi aracı olarak kullandı. Sonraki yıllarda birkaç kez daha kullansa da sonuçlarını 1849 yılına dek yayınlamadı.

Bu sırada Jackson, kendisinin eterle ilgili gözlemleriyle ilgilenen dişçi William Morton ile tanıştı. Morton 1846 yılında Jackson'ın danışmanlığında bir hastasının dişini çekerken eter kullandı. Ek olarak başka bir hastanın boynundan tümör aldılar ve sonuçlarını yayınladılar. Jackson ve Morton eter için patent başvurusunda bulundular, ancak hayatlarının geri kalanını anesteziyi keşfetmenin itibarı konusunda tartışarak geçirdiler. Sonrasında Crawford Long da benzer şekilde tanınmak istedi ve bu durum şüphesiz 1842'deki operasyonlarını 1849 yılında yayınlaması için kendisini motive etti.

Alkol, azot oksit ve eter ilk "keyif verici" ilaçlar olabilir, fakat bu tür ilaçlarla tıbbi bileşikler arasındaki ilişki halen devam etmektedir. Afyon, morfin gibi faydalı uyuşturucuların gelişmesine yol açarken dişçi muayenehanelerinde kullanılan novokain, kokaine çok yakındır. Glokom tedavisi gibi bazı durumlarda esrar bile kullanılmaktadır.

Salvarsan ve Frengi

Bir bilim insanı için en heyecan verici duygulardan biri daha önce kimsenin aklına gelmeyen bir fikre sahip olmaktır. Bir okuma bağımlısı olan Paul Ehrlich, kariyerinin ilk zamanlarında köpeklerdeki kurşun zehirlenmesiyle ilgili, yazarın farklı organların dokularındaki kurşun miktarını belirlediği bir makale okumuştu. Kurşunun neden bazı organlar üzerinde diğer organlara nazaran daha büyük bir toksik etkisi olduğunu açıklıyordu.

Ehrlich bu bilgiden hareketle devrimsel *kemoterapi* fikrini geliştirdi: Bir hastalık sadece hastalığı yaratan organizmaya toksik olan bir kimyasalla tedavi edilebilirdi. Ehrlich çalışmasına başlamadan önce iki farklı makalede gördüğü fikirleri birleştiren bir hipotez oluşturdu. İlk makalede Afrika uyku hastalığına yol açan tripanozomlarla frengiye yol açan spirochete bakterilerinin yakın akraba olduğunu söyleniyordu. İkinci makale ise organik bir arsenik molekülü olan atoksil'in tripanozomlar üzerinde toksik bir etkisi olduğunu gösteriyordu.

Sonuç olarak, Ehrlich arsenik bileşiğinin frengiyi tedavi edebileceği hipotezini oluşturdu. Geçmişe bakıldığında çok mantıklı olan bu fikir, tıbbi araştırma camiasında en iyi ihtimalle gülünç, en kötü ihtimalle ise tehlikeli görülüyordu. Ancak Ehrlich vazgeçmedi. 1905 yılında frengiye sebep olan spirochete bakterilerini öldürecek "sihirli mermisini" araştırmaya başladı, sentetik kimya endüstrisi atoksil üzerinde çok sayıda değişiklik yapabilmenin mümkün olduğu bir noktaya gelmişti.

Ehrlich yirminci yüzyıla girilirken bir Alman üniversitesi yerine kâra önem veren modern bir ilaç şirketinde çalışsaydı ne olacağı merak edilebilir. Bir yıllık denemenin üzerine ilaç üretiminden vazgeçilirdi. Ya da iki ya da üç. Ehrlich'in Bileşik Altı-Sıfır-Altı adını verdiği (sonrasında Salvarsan olarak bilinecekti) ve test edildiğinde başarılı sonuç veren 606. atoksil varyantından önce dört yıldan uzun bir zaman geçmiş ve altı yüzden fazla başarısız deneme yapmıştı.

Salvarsan Ehrlich'in beklentilerinden de daha başarılı oldu. Çoğu denemede frengiyi bir gecede iyileştirdi. Ehrlich inanılmaz derecede mütevazı biriydi, bir keresinde bir meslektaşı kendisini tebrik ettiğinde "yedi yıllık talihsizlik sürecinde bir kez şansım yaver gitti" cevabını vermişti.

Ehrlich Altı-Sıfır-Altı konusunda ne kadar şanslı olduğunun muhtemelen farkında değildi. Sonrasında frengiye neden olan bakteri kültürlerinin laboratuvar deneylerinde hastalara verilenden çok daha yüksek dozda Salvarsan'a maruz bırakıldığında

bile büyümeye devam ettiği fark edildi. Başka bir kanıt sayesinde Ehrlich'in icat ettiği kompleks arsenik bileşiğinin aradığı "sihirli mermi" olmadığını biliyoruz. Aslında Salvarsan vücuda girdiğinde tedaviyi sağlayan daha basit bir maddeye parçalanır. Laboratuvarda yapılan kültür deneyleri Ehrlich tarafından yapılmış olsaydı, belki de bakteriyel enfeksiyonlarla savaşan ilk sihirli mermi asla bulunamayabilirdi. Belki de şans bilimde bile cesurlardan yanadır.

Paul Ehrlich'in kişisel özelliklerinin çoğu dalgın profesör olarak bildiğimiz tiplemeye benziyordu. Özellikle bunun için tasarlanmamış olan keten masa örtüleri gibi yazılabilir olan her yüzeye kimyasal formüller karalıyordu. Tüm garipliklerine rağmen neredeyse herkes kendisini sıcakkanlı ve çekici bir adam olarak görüyordu. 1915'te Birinci Dünya Savaşı sırasında öldüğünde, Avrupa'da İngiliz ve Alman birlikleri karşı karşıya gelmesine rağmen *London Times* onu methetmekle meşguldü: "Bilinmeyene yeni kapılar açtı, bulunduğumuz konumda tüm dünya ona borçlu."

Penisilinin Keşfi

Bilimdeki keşifler "belli yollardan" geçmek zorundadır: Yazılırlar, profesyonel dergilere gönderilirler, bağımsız incelemelere tabi tutulurlar ve yayın için standartları karşıladığı düşünüldüğünde yayınlanırlar. Bilim insanı keşfini ayrıca dersler veya seminerler vererek bilimsel camia sınırları içerisinde duyurabilir. Aslında bilim insanı keşfinin önemli olduğunu düşünüyorsa, keşfi bilim camiasının acil dikkatine sunmak için kişisel olarak görünmesi önemlidir. Fakat illaki iyi bir girişimci olmanıza gerek yoktur; keza Alexander Fleming öyle biri değildi.

Fleming 1921 yılında soğuk algınlığı olduğu tahmin edilen bir hastalığa yakalandı. Bakteri kültürleriyle çalıştığı bir gün, sümüğü yanlışlıkla kültürlerden birine damladı. Birkaç gün sonra kültüre bakan Fleming bakterilerin yok olduğunu fark etti, sıvı kendi deyimiyle "cin kadar şeffaf" bir hale gelmişti. Fenomen-

den sorumlu bileşiği izole etti ve lizozim adını verdi. Sonrasında gözyaşı, salya ve sümükte bulunan bir enzim olduğu anlaşıldı.

Önemli bir keşif yaptığını düşünerek prestijli Londra Tıp Araştırmaları Kulübü'nün toplantısından önce bir seminer vermeyi planlandı. Maalesef Fleming sessiz, az konuşan ve yumuşak sesli biriydi. Konuşmacı veya yorumcudan çok gözlemci tarafı güçlüydü. Sonuç olarak sunumunu tamamladığında dinleyicilerden bir reaksiyon alamadı.

Aradan yedi yıl geçmişti. Fleming 1928 yazında stafilokokal bakterileri rutin olarak büyütüp özelliklerini incelediği sırada hazırladığı birkaç kültürü cam kapaklarla kapattı. Sonrasında ise tatile gitti. Döndüğünde kapaklardan birinin düştüğünü gördü. Tozlu laboratuvarlarda her daim bulunan küflerden biri bakteri kültürüne girmiş ve "bozmuştu." Kontamine olan kültürü atacakken bir anda fikir değiştirdi. Kültürü daha yakından inceledi ve ortasında bir delik olduğunu fark etti. Fleming durumu analiz ettiğinde kültürün mantarla kontamine olmasından kaynaklandığını gördü. Aktif olarak penisilin üreten bu türe daha sonra *Penicillium notatum* adı verildi. Her zaman sakin ve soğukkanlı olan Fleming, gözlemini uygun bir şekilde kaydetti. Sekiz yıl önce Londra Tıp Araştırmaları Kulübü onun bir başvurusunu soğuk karşılamış olmasına rağmen Fleming bu seferki keşfinin yeterince önemli olduğunu ve onlara bildirmesinde bir sakınca olmadığını düşündü.

Fleming'in muazzam umut vadeden keşfi bir kez daha izleyicileri keşfinin önemi konusunda ikna edememesi nedeniyle gölgelendi. İkinci Dünya Savaşı sırasında acil hale gelen antibiyotik ihtiyacı ise Fleming'in keşfini akıllara getirdi: Mikrobiyal enfeksiyona karşı geliştirilen en güçlü silah olan bu ilaç on milyonlarca yaşamı kurtaracaktı.

Penisilinin değeri İkinci Dünya Savaşı'nın başında anlaşıldı, fakat seri üretiminde zorluklar vardı. Britanya eczacılık endüstrisi bu problemin üstesinden gelecek zamana ya da kaynaklara sahip değildi, dünyadaki tüm penisilin stoku olan ve Fleming'in

orijinal keşfinden kalan birkaç test tüpü gizlice paketlenip Amerika Birleşik Devletleri'ne gönderildi. Gezegendeki en önemli bileşik olabileceği düşünülüyordu ve her miligramı hırsla biriktiriliyordu. Seri üretimin yollarını arayan şirketlerden biri olan Merck'te çalışan bir laboratuvar teknisyeni deneyleri için daha yüksek miktarda penisilin istediğinde, laboratuvarın yöneticisi Dr. Max Tishler "50 ya da 100 miligramla çalışırken aynı zamanda bir insanın hayatını riske atarak çalıştığını unutma" yanıtını vermişti.

HASTALIĞI ÖNLEMEK

Bu kitabı yazdığım sırada umut vadeden gelişmeler olsa da henüz COVID-19'un kesin bir tedavisi bulunmadı. Fakat hastalığı tedavi etmekten daha iyi bir şey varsa o da engellemektir ya da etkilerini minimize etmektir.

Bazı insanların bağışıklık sistemi hastalığa yol açan bir mikrobun varlığında kendilerini hastalanmaktan korur, fakat birçok insanın bağışıklık sistemi mikrobu düşman olarak algılamaz ve bundan dolayı hastalıkla savaşmak için vücudun savunmasını kullanmaz. Bilimdeki en büyük keşiflerden biri, insanların bağışıklık sisteminin hastalık yapıcı mikropla ilk karşılaşmasından önce bile mikrobu tanıyabilmesini sağlamaktır; aşılar bu noktada devreye giriyor.

Çiçek Aşısı

Tüm zamanların en büyük seri katillerinden birinin idam edilip edilmeyeceği konusunda yıllar boyunca şiddetli bir tartışma yaşandı. Bugün bu seri katil Atlanta'daki Hastalık Kontrol Merkezi'nde ve Rusya'daki benzer bir laboratuvarda kilit altında tutuluyor. Dünya'daki son çiçek virüsü örneklerini onları daha iyi inceleyebilmek için saklayalım mı yoksa insanlığı bir daha etkilememek üzere yok mu edelim tartışması devam ediyor.

Bilinen son çiçek vakası 1977 yılında kaydedildi, bugün ise neredeyse herkes rutin olarak hastalığa karşı aşılanmış durum-

da. Neredeyse hiç kimse bir çiçek hastalığına şahit olmadığı için Thomas Macaulay'in yaptığı tasvire güvenmek zorundayız:

Bu hastalık ... en korkunç ölüm memurlarından biri... çiçek hastalığı her yerdeydi. Kilise avlularını cesetlerle dolduruyor, henüz bulaşmadığı herkese korkusuyla eziyet ediyor, gücünün iğrenç izlerini ise canlarını bağışladığı kimselerin üzerinde bırakıyordu.

On yedinci yüzyılın sonuna yaklaştığımızda, Türkler hastalıktan kurtulan kişilerin hastalığa karşı bir bağışıklık geliştirdiğini fark ettiler. Aşılanan bireyin hafif bir çiçek hastalığı geçireceği (umuduyla) bir çiçek aşısı tekniği geliştirdiler. Ne yazık ki variolasyon olarak bilinen bu teknik oldukça dengesizdi. Ağır bir vakadan aşılama yapılması durumunda aşılanan kişide yaralar oluşabilir, kişi kör olabilir, hatta hayatını kaybedebilirdi.

İngiliz Doktor Edward Jenner, bu çiçek aşılaması tekniğine aşinaydı. Köylüleri aşıladığı bir gün, köylüler kendisine sütçü bir kızı aşılamasına gerek olmadığını söyledi. Jenner nedenini sorduğunda kızın daha önceden sığır çiçeği hastalığına yakalandığı cevabını aldı. Sığır çiçeğine yakalanan hastaların çiçek hastalığına yakalanmadığı biliniyordu, bu sayede Jenner yeni bir hipotez geliştirdi: Birini aşılamak için tehlikeli olan çiçek hastalığı yerine daha hafif bir hastalık olan *sığır çiçeği* kullanılırsa aşılanan kişi risksiz bir şekilde çiçeğe karşı bağışıklık kazanabilirdi.

Jenner hipotezinin doğruluğunu göstermek için yirmi yıldan uzun süre deney yaptı. Bu süreçte, Latince inek anlamına gelen *vacca* kelimesine ithafen "aşı" (İng. *vaccine*) terimini kullanmaya başladı. Yine de sonuçlarını Royal Society'ye sunduğunda araştırmalarının henüz tamamlanmamış olduğunu kabul etti ve sonuçlarının bu tür tartışmalara açık kişiler için bir değerlendirme konusu olacağını umduğunu belirtti. "Aynı zamanda ben de insanlığa yararlı olacağını umduğum bu çalışmaya devam edeceğim" diye eklemişti.

Çiçek aşısının nasıl çalıştığını anlamak için bir asırdan uzun bir süre gerekmişti. Bağışıklık sistemi vücuda girmiş olan yaban-

cı hücrelerin kaydını tutar ve daha sonra tekrar girdiklerinde hatırlayıp hızlıca yok eder. Bağışıklık sistemi sığır çiçeği virüsüyle karşılaşıp yok etmeyi başardıktan sonra sığır çiçeğine çok benzeyen çiçek virüsü girdiğinde çoğalmasına izin vermeden vücudun savunmasını devreye sokar ve saldırır. Bağışıklık sistemine virüs tanıtmak yeni geliştirilen COVID-19 aşısı da dâhil olmak üzere tüm aşıların temelindeki mekanizmadır.

Bilimdeki büyük keşiflerin çoğu keskin gözlemlerin sonucudur. İyi gözlemcilik doğuştan gelmez, geliştirilebilir, fakat elbette insanları sabırlı gözlem yapmaya hazırlayan bazı geçmişler vardır. Jenner doktor olmadan önce ornitolog olduğu zamanlarda ilginç bir gözlem yapmıştı. Şöhretini kazandıran şey diğer kuşların yuvalarına bırakılan yumurtalardan çıkan guguk kuşu yavrularının diğer yavruları yuvadan attıklarını ve sonra yuvanın sahibi olan kuş tarafından "evlat edinilerek" yetiştirildiklerini gözlemlemesiydi.

Antisepsi

Bugün hastanelerde gerçekleştirilen modern cerrahi operasyonlardaki büyük başarı oranı on dokuzuncu yüzyıldaki iki büyük gelişmeye bağlıdır. İlki daha uzun süre ameliyat yapılabilmesine olanak sağlayan anestezi kullanımıdır. İkincisi ise ameliyat sonrası ölüm oranını ciddi anlamda düşüren antiseptik uygulamalardır.

Viyanalı bir hukuk öğrencisi olan Ignaz Semmelweis, bir arkadaşının anatomi dersine eşlik etmişti. Anatomiden hukuka göre çok daha fazla etkilenmişti, sonrasında Viyana Üniversitesi Tıp Bölümü'nden mezun oldu. Mezun olmasından hemen sonra lohusalık hummasıyla ilgilenmeye başladı. Doğumdan önce bir doktor tarafından muayene edilen kadınların enfeksiyondan ölme olasılığının muayene edilmeyenlere göre çok daha yüksek olduğunu fark edince şaşırdı. Semmelweis, bir meslektaşının doğumda kullandığı bıçakla kendisini yaralamasının ardından öldüğünü görünce bu ölümcül enfeksiyonların doktorların kirli

ellerle ve steril olmayan ekipmanlarla iş görmesinden kaynaklandığı sonucuna vardı. Meslektaşlarına ameliyattan önce mutlaka ellerini yıkamak zorunda olduklarını söyleyince onlardan sert tepkiler aldı. Doktorların ellerini yıkamaya başlaması doğumdan sonra ölen kadınların sayısını ciddi ölçüde azalttı. Sonuçlar gün gibi ortada olmasına rağmen hastaneden kovulan Semmelweis o kadar çok tepki gördü ki, sonunda depresyona girdi. Maalesef üzücü ve ironik bir şekilde meslektaşıyla aynı kaderi paylaştı. Bir hastasını muayene ederken yanlışlıkla kendini yaraladı ve lohusalık hummasından hayatını kaybetti.

Birkaç sene sonra İskoç hekim Joseph Lister, Louis Pasteur'ün mikropların hastalığa yol açtığı teorisinin geçerliliğine ikna olmuştu. Anestezik uygulamalar doktorların daha karmaşık ameliyatları yapabilmesini sağlamıştı, fakat aynı zamanda kangren ve benzeri birçok enfeksiyonun sayısında artmaya sebep olmuştu. Pasteur'ün fikirlerinden yola çıkarak enstitüsünde yaralara bulaşabilecek tüm bakterilerin karbolik asit yardımıyla öldürülmesine karar verdi. Asit yaraların tahriş olmasına sebep olsa da ameliyat sonrası enfeksiyonları ciddi manada düşürmüştü. Meslektaşları tarafından Lister'in çabalarına verilen tepki Semmelweis'ın deneyimleriyle paralellik gösteriyordu. Lister'in hastanesindeki cerrahlar metodunu ve prosedürünü uygulamayı reddetti. Başkalarının fikrini çalmakla suçlandı ve antiseptik prosedürünün değer görmesi için on yıldan uzun bir süre çabalaması gerekti. Çalışmalarına ilk olarak İskoçya'da başlamasına rağmen cerrahları tekniklerinin geçerliliğine ikna etmek için Londra'ya taşındı. Fikirleri İngiltere'de sert bir muhalefetle karşılandı, fakat kıtada hızla benimsendi.

Lister sadece mükemmel bir cerrah değildi, aynı zamanda alanındaki gelişmelerin en uç noktasında kalmayı başaran saygın bir bilim insanıydı. Pasteur ve Koch'un teorilerini kabul eden ilk bilim insanlarından biriydi ve bakteriyolojide öncü çalışmalar yapmayı başardı.

Semmelweis ve Lister benzer bir problem üzerine çalışsalar da Lister'in büyük bir zamanlama avantajı vardı. Semmelweis'ın önerdiği sterilizasyon teknikleri başarılıydı, fakat o zamanlarda neden başarılı olması gerektiğinin net bir sebebi yoktu. Lister'in çalışması Pasteur ve Koch'un oldukça meşhur oldukları bir zamana denk geldiğinden bu gelişmeleri kullanarak Lister'in tekniğinin verimi açıklanabiliyordu. Bilim dünyasının mantığın her zaman kazandığı bir dünya olduğunu düşünmek güzel olurdu, fakat Lister'in deneyimleri yaptığınız çalışma işe yarasa ve işe yaramasının geçerli bir nedeni olsa bile fikirlerinizin hemen kabul edileceğinin bir garantisi olmadığını gösteriyor.

"Ellerinizi iyice yıkayın" tavsiyesi COVID-19 pandemisinde bir kez daha gündeme geldi. Antiseptik uygulamalar mikropları uzaklaştırması veya öldürmesi sayesinde bakteriyel ve viral enfeksiyonların engellenmesi konusunda etkilidir. Mikroplar genellikle vücuda göz, burun ya da ağız gibi açıklıklardan girerler. COVID-19'un havadaki damlacıklar tarafından yayıldığı gösterilse de pandemi sırasında el sıkışmayı yumruk veya dirsek vurmayla değiştirmek yine de iyi bir fikir.

Çocuk Felci Aşısı

Kitabı yazdığım sırada COVID-19'a karşı birkaç yıldır bir savaş veriliyor ve önemli ölçüde ilerleme kaydedildi. 1949'da durum daha farklıydı ve korku dolu olan hastalık COVID-19 değil, çocuk felciydi. Çocuk felci de COVID gibi viral bir hastalıktır. Kurbanları genellikle yaşlılar olan COVID'in aksine küçük çocuklarda felce yol açmasıyla bilinir. Çocuk felcine yol açan davranışların ne olduğu bilinmemesine rağmen insanların davranışlarında COVID'inkine benzer değişikliklere yol açmıştı. Aileler yaz aylarında çocuklarının umumi havuzlara girmesine engel oluyor, insanlar virüsün girmesini önlemek için pencereleri kapalı uyuyordu. Önde gelen uzmanlar tedavi ya da aşı için onlarca yıl gerektiği konusunda hemfikirdi.

Uzmanlar yanılıyordu. Meşhur çocuk felci mağdurlarından Başkan Franklin D. Roosevelt'in 12 Nisan 1955'teki ölümünden on gün sonra Pittsburgh Üniversitesi'nden Jonas Salk isimli genç bir tıp araştırmacısının güvenli ve etkili bir çocuk felci aşısı geliştirdiği duyuruldu. Salk'ın aşısının etkisi tıp tarihindeki en büyük saha araştırmalarından birinde kanıtlandı. Salk tavuk çorbasının çocuk felcini önlediğini keşfetmiş olsaydı bu haber daha az memnuniyetle karşılanmazdı ve nihai başarıya giden yol büyük ölçüde daha kolay olurdu, çünkü hiçbir uzmanın itibarı tavuk çorbasının iyileştirici gücünün reddedilmesine bağlı değildi. Fakat Salk, "ölü virüs" aşısı üretmeyi denedi. O zamanlar aşı camiasındaki hâkim görüş, on dokuzuncu yüzyılın devleri Louis Pasteur ve Robert Koch'un yaptığı gibi "canlı virüsten" imal edilen aşıların kullanılması gerektiğiydi. Salk tıp kurumunun bilgisini zorluyordu. Salk, başarısını tıbbi araştırma alanındaki birçok meslektaşının büyük düşmanlığına rağmen kazanacaktı.

Salk, 1936 yılında New York Üniversitesi'nde yirmi bir yaşında bir tıp öğrencisiyken "canlı virüs" teorisinin geçerliliğinden şüphelenen ilk kişi olmuştu. Bağışıklığın konu edildiği bir derste, profesörden Pasteur'ün viral hastalıklara karşı bağışıklık kazanılması için canlı virüslere ihtiyaç duyulduğunu belirttiği teorisini dinlemişti. Başka bir derste ise bakterilerin yol açtığı difteriye karşı geliştirilen aşının ölü difteri bakterisinden yapıldığını öğrendi. Paradokstan dolayı kafası karışmıştı. Bakterilere karşı başarılı bir şekilde çalıştığı bilinen bir aşı yönteminin neden virüsler söz konusu olduğunda bu kadar farklı olması gerekiyordu?

Bugünden geriye baktığımızda ölü virüs aşısı fikrinin neden bu kadar sapkın bir görüş addedildiğini anlamak zor olabilir. Meşhur genetikçi Thomas Hunt Morgan'ın yeğeni Isabel Morgan, ölü virüs aşılarının maymunlarda çocuk felci bağışıklığı kazandırmak için kullanılabileceğini gösterdi. O zamanlarda maymunların insanlardan oldukça farklı olduğu düşünüldüğünden insanlarda böyle bir aşı geliştirmeye yönelik bir etki uyandır-

madı. 1980'lerde insan ve şempanze kanlarından yapılan DNA analizi arada sadece yüzde birlik bir fark olduğunu gösterdi. Bu bilgiye o zaman sahip olunsaydı Salk'ın stratejisi bu kadar sapkın görünmeyebilirdi.

Bilim tarihinde bu kadar iyi iş çıkarıp meslektaşları tarafından bu kadar suçlanan başka bir kişi olmayabilir. Salk'ın umutsuzca kaçınmaya çalıştığı ve üzerine yığılan aşırı övgü, meslektaşları arasında benzersiz bir kıskançlık yarattı. Salk her daim başarısını birçok bilim insanının onlarca yıllık çalışmasının doruk noktası olarak gördü ve bu şekilde sunmaya çalıştı, fakat halk ve medya buna inanmadı. Bazı meslektaşları Salk'ın bilim insanının en büyük üç günahını işlediğini düşünüyordu: Kurulu düzene meydan okumak, bunu yaparken haklı olmak ve hepsinin sonunda ünlü olmak. Bu büyük başarısına rağmen hiçbir zaman Ulusal Bilimler Akademisi'nin bir üyesi olamadı; fakat bugün kendisinin adına kurulmuş Salk Enstitüleri ve okullar varken akademinin diğer üyelerinin adı verilmiş neredeyse hiçbir şey yok.

BÖLÜM 10

YİRMİ BİRİNCİ YÜZYILDA BİLİM

Yirmi birinci yüzyılın sadece ilk yirmi yılını geride bıraktık, fakat şimdiden muhteşem keşiflere şahit olduk. Einstein'ın görelilik teorisi tarafından tahmin edilen kütleçekimi dalgaları keşfedildi ve nötron yıldızları gibi devasa cisimlerin çarpışmalarında neler yaşandığına ışık tuttu. Birçok parçacığın kütleli olmasını sağlayan Higgs bozonunun keşfi yaklaşık elli yıllık bir araştırmanın ardından yaşandı. Ve tabii ki COVID-19 pandemisinin atlatılmasını sağlayan mRNA aşılarının hızlı üretimi ve geliştirilmesi aşı üretiminde devrim yaratma potansiyeline sahip.

Ne kadar muhteşem keşifler olsa da gelecek daha fazlasını vadediyor. Webb teleskobu evrenin başka bir yerinde bulunan bir yaşamın izine rastlayabilir. Evrendeki madde ve enerjinin büyük bir kısmını sağlayan karanlık madde ve karanlık enerjinin doğasını keşfedebiliriz. Belki yaşamın Dünya'da nasıl evrildiğini keşfedebilir, bu yüzyıl içerisinde var olan yaşam formlarının değişmesindense sıfırdan bir yaşam nasıl oluşabilir anlayabiliriz.

Şimdiden bilimde üç yeni trendin geliştiğini görüyoruz. Yirmi birinci yüzyılda bilimin yapılış şekli ve bilimi yapanlar değişti. Maalesef değişmeyen şey ise bilim hakkındaki olumsuz ve hatalı görüşlerdir.

Yirmi Birinci Yüzyılda Bilim Nasıl Yapılıyor?

Bilimin dönüm noktalarına baktığımızda büyük bir çoğunluğunun bireysel çalışmaların sonuçlarından oluştuğunu görüyoruz. On yedinci ve on sekizinci yüzyılın büyük bölümünde bilimsel gelişmeler tek bir kişinin teorisi ya da çalışmasının sonucuyla meydana gelmiştir. Evet, herkes diğer bilim insanlarıyla mektuplaşıp haberleşebiliyordu, fakat nadiren buluşma şansına sahiplerdi ve işin büyük bir çoğunluğu yalnız başına yapılıyordu. Kitaplar ya da makaleler yayınlanıyordu, fakat diğer bilim insanları gelişmeyi haftalar ya da aylar sonra öğreniyordu. Neredeyse tüm gelişmeler Avrupa'da yaşanıyordu ve Avrupa ile Amerika arasındaki iletişim okyanus yolculuğu gerektiriyordu. Bilim çoğunlukla yeterli maddi imkâna ve zamana sahip erkekler tarafından yapılıyordu.

On dokuzuncu yüzyıl bilimsel ortaklığın yükselişine şahit oldu. Milletler ve endüstriler bilimsel gelişmenin getirdiği avantajları gördü ve bilime olan yatırım arttı. Yayınlar yaygınlaştı ve demiryolları ulaşımı daha kolay hale getirdi. Sonuç olarak, bilim insanları birbiriyle tanışma ve birbirlerinin çalışmalarını çok daha kısa sürede öğrenme şansına sahip oldu. Keşifler hızlandı.

Trend yirminci yüzyılda daha da hızlandı. Elektronik haberleşme bilim insanlarının yeni gelişmeleri neredeyse anında öğrenmesini sağladı. Uçaklar büyük bilim insanı gruplarının kolaylıkla bir araya gelmesini ve yüzlerce ya da binlerce bilim insanının katıldığı bilimsel toplantıların yaygınlaşmasını sağladı. Bilim, hükümet finansmanlarından büyük ölçüde faydalanır hale geldi. Ayrıca halkın bilim farkındalığı ciddi oranda arttı ve daha çok insan endüstride, devlette veya akademide bilimsel kariyer yapma hedefine sahip oldu.

Elektronik bilgisayarların bilimsel ilerlemedeki önemi küçümsenemez. Yirminci yüzyılın ortasında, üniversitedeki bir bölümde ya da bir şirkette ancak tek bir bilgisayar olurdu. Yirminci yüzyılın sonunda tüm fakülte üyelerinin şahsi bilgisayara sahip olması mümkün oldu. Büyük boyutlu veri setlerine erişmek bu-

günkü kadar kolay olmasa da, elektronik posta teknolojisi bilim insanlarının birbiriyle gün aşırı haberleşebilmesini sağladı. Bilgisayarlar sadece çözülmesi zor problemleri çözmüyor, ayrıca çalışılması mümkün olmayan durumları simüle etmek için kullanılıyordu.

Bu trendler elbette hızlanmaya devam etti. Büyük gelişmeler artık anında öğrenilebiliyordu ve bu gelişmeler genellikle farklı ülkelerden birçok bilim insanının büyük çaplı iş birlikleriyle yapılıyordu. Bu durum İngilizcenin bilimin evrensel dili olmasını kolaylaştırdı. Zoom gibi platformlar dünyanın farklı yarılarında bulunan insanların bir noktada buluşup deneylerini görselleştirmelerini mümkün kıldı. On dokuzuncu yüzyılda farklı kıtalardaki bilim insanları birbirine yazabiliyordu. Yirminci yüzyılda telefon aracılığıyla konuşabiliyordu. Bugün ise bilgisayarlarla birbirini görebiliyor, hatta aynı anda çalışabiliyorlar. Bilim iletişimi ve iş birliğinin altın çağındayız.

Yirminci Yüzyılda Kim Bilim Yapıyor?

Kısa cevap: İsteyen herkes.

Bilim tarihini tekrar okuduğumuzda on yedinci yüzyılda bilimin büyük oranda erkekler, özellikle de Avrupalı erkekler tarafından yapıldığını görüyoruz. On dokuzuncu yüzyılda bilim daha uluslararası bir aktivite haline geldi ve kadınlar da bilime katkı yapmaya başladı. Fakat bilim yine de çoğunlukla erkekler tarafından yapılıyordu.

Değişim yirminci yüzyılda başladı. Kadınlar bilimsel alanlara daha fazla dâhil olmaya başladı. Tanınan kadın bilim insanları olsa da (Marie Curie iki Nobel kazandı) hâlâ bir kısmı görmezden gelinmeye ya da bastırılmaya devam etti, Henrietta Swan Leavitt öleli beş yıldan fazla zaman geçmiş olmasına rağmen Nobel Ödülü Komitesi'nin onun ölmüş olduğundan haberi olmadığını hatırlıyorsunuzdur. Fakat cinsiyet ve yurttaşlık hakları hareketleri sosyal bir ilerleme kaydedince etkileri bilimde de hissedildi.

Bugün kadınlar bilimsel çalışmanın önemli bir parçası olmuş durumda ve gelecekte etkileri daha da artacakmış gibi görünüyor. ABD Ulusal Bilim Vakfı'nın istatistiklerine göre şu an bilim camiasındaki isimlerin %43'ünü kadınlar oluşturuyor ve yirmi dokuz yaşının altındaki bilim insanlarını göz önüne aldığımızda oran %56'ya çıkıyor.

Bilim hiç olmadığı kadar uluslararası bir hale gelmiş durumda. Devletlerin büyük bir çoğunluğu bilimi destekliyor ve daha önce de söylediğimiz gibi internet dünyanın herhangi bir noktasındaki iki bilim insanının anlık iletişim kurmasına olanak sağlıyor. Aynı mekânda bulunarak tanışmadığım ve muhtemelen tanışmayacağım birçok Avrupalı ve Asyalı bilim insanıyla iş birliği yaptım ve ben bu açıdan bir istisna değilim.

Ayrıca artık halk da bilimsel araştırmalara katkıda bulunabiliyor. Bilimsel verilerin herkese açık olması amatörlerin de katkıda bulunabilmesini mümkün kıldı. 2021 yılında iki lise öğrencisi var olan verileri harmanlayarak dört ötegezegen keşfetti. Çeşitli genom projeleri aracılığıyla kullanıma sunulan veri yığınını inceleyen amatörler tarafından benzer keşifler yapılması şaşırtıcı olmazdı.

Bu tarz gelişmeler heyecan verici. Bilimsel bilgi herkese açık olmalı ve herkes onun toplanmasına ve faydalı sonuçlar elde etmek için kullanılmasına katkıda bulunabilmelidir. Bu durum yararlı olduğu kadar tatmin edicidir ve herkesin bir araya gelmesini sağlar. Böylece hepimiz kazanırız.

Bilim Nasıl Anlaşılır?

Uluslararası saygınlığa sahip Carl Sagan, yirminci yüzyılda bilimi popülerleştiren en büyük isimlerden biridir. *Kozmos* adlı kitabı aşırı popüler olan bir televizyon programı haline getirildi ve Sagan'ın kendisi bir televizyon figürü oldu. Diğer bir kitabı *Karanlık Bir Dünyada Bilimin Mum Işığı* bilimsel düşünceye karşı tarih boyunca var olan antipatinin sunduğu tehlikelerin keskin bir tanımını yapar.

Sagan Amerikalıların yüzde yirmisinin COVID aşılarının devletin insanlara mikroçip takması amacıyla yapıldığına inandığını öğrenseydi şaşırmazdı. Bugün bu yüzyılın ilk küresel pandemisini yaşıyoruz. Tüm nüfus çiçek ve çocuk felcine karşı aşılanmış durumda ve belirli dönemlerde tüberküloz, zona ve gribe karşı aşılanmaya devam ediyor. Bununla birlikte bazı insanlar takipçilerine tıp biliminin en büyük başarılarından birini kullanmaları için yalvarmaktansa, mRNA aşılarının ve aşıları teşvik edenlerin amaçları hakkında yalanlar yaymayı daha değerli buluyorlar.

Bilim geçmişte birçok savaş verdi. Orta Çağ'da, Giordano Bruno gibi bilim insanları Dünya'nın evrenin merkezinde olmadığını ileri sürerek kâfirlik ettikleri gerekçesiyle kazığa bağlanıp yakıldı. Bu bakış açısı bilimi zamanının en güçlü kurumu olan Roma Katolik Kilisesi ile karşı karşıya getirdi. Bugün en büyük mücadeleler biyoloji alanında veriliyor. Fizik ve kimya alanlarında toplumsal bir çatışmaya yol açacak bir gelişme hayal etmek zor; küresel bir salgını hafifletmek için geliştirilen mRNA aşılarının bunu yapabileceğine inanmak da zor. Fakat ikinci durumu yaşıyoruz ve sosyal medyada artan yanlış bilgilerin önüne geçilmediği sürece işlerin daha da kötüye gitmesi kaçınılmaz.

Bilim, insanlığa en büyük faydaları sağlayan çabalardan biri, fakat Pandora'nın kutusunu açmış olduğuna şüphe yok. Belki de bu yüzyılda bir test tüpünün içerisinde yaşam oluşturulduğunu göreceğiz; şu an sahip olduğumuz DNA analizlerinin ve mühendislik araçlarının gelişmesiyle Pandora'nın kutusunun şimdiye kadar şahit olduğumuz hiçbir şeye benzemeyen bir şekilde açılışına şahit olacağız. Şimdilik bilimin biriktirdiği ve biriktireceği bilgiye eşlik edecek bilgeliğe sahip olduğumuzu umalım.

KAYNAKÇA

Asimov, Isaac. *The Universe.* New York: Discus Books, 1971.

Broda, Engelbert. *Ludwig Boltzmann: Man, Physicist, Philosopher.* Woodbridge, CT: Ox Bow Press, 1983.

Bronowski, Jacob. *The Ascent of Man.* New York: Little, Brown, 1973. (Çeviri: Bronowski, Jacob. *İnsanın Yükselişi.* Say Yayınları, 2009).

Burke, James. *Connections.* New York: Simon and Schuster, 2007.

Carson, Rachel. *Silent Spring.* Boston: Houghton Mifflin, 1962. (Çeviri: Carson, Rachel. *Sessiz Bahar.* Palme Yayıncılık, 2004).

Christianson, Gale. *Edwin Hubble: Mariner of the Nebulae.* New York: Farrar, Strauss, Giroux, 1995.

Crosland, Maurice P. *Gay-Lussac: Scientist and Bourgeois.* Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

Dawkins, Richard. *The Blind Watchmaker.* New York: W. W. Norton, 1986. (Çeviri: Dawkins, Richard. *Kör Saatçi.* Kuzey Yayınları, 2017).

de Kruif, Paul. *The Microbe Hunters.* New York: Harcourt, Brace, 1926. (Çeviri: de Kruif, Paul. *Mikrop Avcıları.* Milli Eğitim Basımevi, 1951).

Einstein, Albert. *The Evolution of Physics.* New York: Simon and Schuster, 1961. (Çeviri: Einstein, Albert. *Fiziğin Evrimi: İlk Kavramlardan İlişkinliğe ve Kuantumlara.* Evrensel Basım Yayın, 2013).

Gamow, George. *One, Two, Three . . . Infinity: Facts and Speculations of Science.* New York: Dover, 1947. (Çeviri: Gamow, George. *Bir, İki, Üç... Sonsuz: Bilimin Gerçekleri ve Çözümlemesi.* Evrim Yayınevi, 1995).

Gillmor, Stewart. *Coulomb and the Evolution of Physics and Engineering in Eighteenth-Century France.* Princeton, NJ: Princeton University Press, 1971.

Greene, Brian. *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory.* New York: W. W. Norton, 1999. (Çeviri: Greene, Brian. *Evrenin Zerafeti: Süpersicimler, Gizli Boyutlar ve Nihai Kuram Anlayışı.* Tellekt Yayınevi, 2022).

Gribbin, John. *The Scientists: A History of Science Told through the Lives of Its Greatest Inventors.* New York: Random House, 2003.

Hart, Michael. *The 100: A Ranking of the Most Influential People in History.* Secaucus, NJ: Carol Publishing Group, 1987. (Çeviri: Hart, Michael. *Dünyaya Yön Veren En Etkin 100.* Güney Kitap, 2019).

Hellemans, Alexander. *The Timetables of Science.* New York: Simon and Schuster, 1988.

Holmyard, Eric J. *Makers of Chemistry.* Oxford: Oxford University Press, 1953.

Livingston, Dorothy. *The Master of Light.* New York: Charles Scribner and Sons, 1973.

Oberg, Erik. *Machinery's Handbook.* 29th edition. New York: Industrial Press, 2012.

Sagan, Carl. *Cosmos.* New York: Random House, 1980. (Çeviri: Sagan, Carl. *Kozmos.* Altın Kitaplar, 2018).

Scientists Who Changed History. London: D.K. Publishing, 2019.

Staley, Richard. *Einstein's Generation: The Origins of the Relativity Revolution.* Chicago: University of Chicago Press, 2008.

Sykes, Christopher (Ed.). *No Ordinary Genius: The Illustrated Richard Feynman.* New York: Norton, 1995.

Wali, Kameshwar. *Chandra: A Biography of S. Chandrasekhar.* Chicago: University of Chicago Press, 1990.

Watson, James. *The Double Helix.* New York: Scribner, 1998. (Çeviri: Watson, James. İkili Sarmal. Say Yayınları, 2013).

Weast, Robert (Ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics (1981–1982).* Boca Raton, FL: CRC Press, 1981.

TEŞEKKÜR

Bu kitabı mümkün kılan birkaç kişiye teşekkür etmek istiyorum. Bunlardan ilki benim bilime olan aşkıma her zaman destek olan ebeveynlerimdir. Beni müzelere götürdüler, mükemmel bir kimya setinin de aralarında olduğu hediyeler aldılar ve yerel kütüphaneden ilgimi çekebilecek kitapları buldular. Sırada soğuk algınlığı olduğunu düşündüğüm hastalığımın daha ciddi olabileceğini fark ettiği için Tayvan'a yaptığı geziden dönen karım Linda var. Zatürre olmuştum ve kendisinin çabaları olmadan bu kitabı yazamazdım. Teşekkür etmek istediğim üçüncü kişi editörüm Jake Bonar, bunun gibi bir kitap için doğru zaman olabileceğini ve kitabı yazacak doğru kişinin ben olduğuma inandı. Son olarak, yayıncılık dünyasındaki bağlantıları arasında Jake'in de yer aldığı ve ikimizi bir araya getiren matematik profesörü arkadaşım Al Posamentier'e minnettarım.

İnsanlığın en büyük başarısı hiç kuşkusuz bilimdir. *Bilimin Dönüm Noktaları*, antik çağdan bugüne dek bilim tarihindeki en önemli ve etkileyici buluşlarla bunların arkasındaki bilim insanlarının kısa öykülerini içeriyor ve bilimin gelecekte insana neler verebileceğine dair düşünceler sunuyor.

Astronomi, Yerküre, Madde, Kuvvetler ve Enerji, Kimya, Yaşam, Genetik ve DNA, İnsan Vücudu, Hastalıklar ve 21. Yüzyılda Bilim başlıkları altında ilginç hikâyeler anlatan yazar James D. Stein türümüzün en büyük başarılarını ilgi çekici ve kapsamlı bir şekilde sergiliyor.

Bilimin Dönüm Noktaları'nda bilim tarihine geçmiş gözlemler, deneyler, teoriler, hipotezler, gaflar ve yanılgılar bulacaksınız. Engizisyon tarafından kitabıyla birlikte yakılan, meslektaşlarını öfkelendiren, kamuoyu tepkisinden çekindiği için çalışmasını yayımlamaya cesaret edemeyen, kendi teorisine âşık olan bilim insanlarının öykülerini okuyacaksınız.



internet satış
saykitap.com

ISBN 978-605-02-1011-8

9 786050 210118

SAY YAYINLARI

sayyayincilik.com
facebook.com/sayyayinlari
twitter.com/sayyayinlari
instagram.com/sayyayinlari