

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

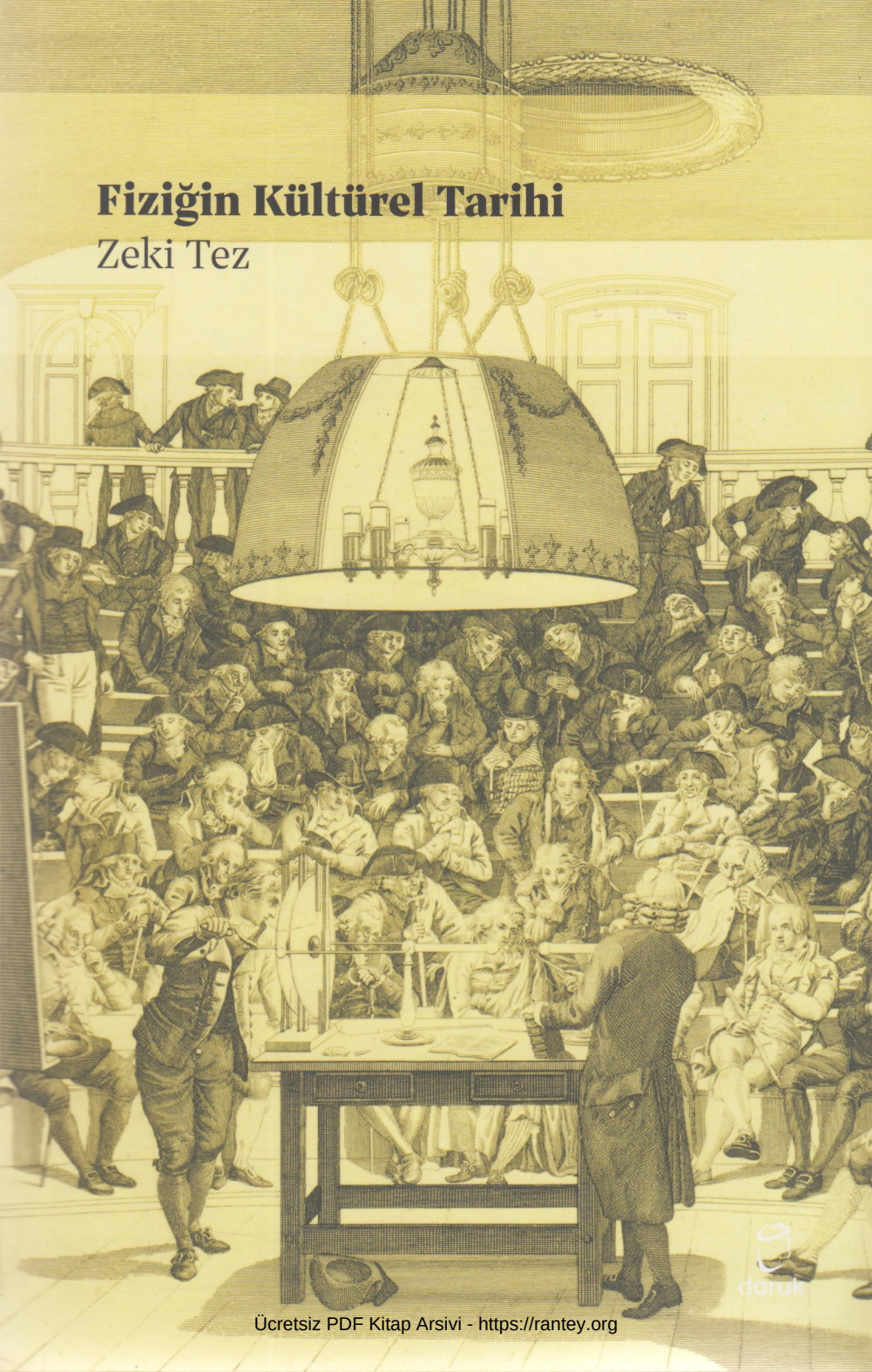
Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

Fiziğin Kültürel Tarihi

Zeki Tez



Fiziğin Kültürel Tarihi

DORUK / Bilim
Fizigin Kültürel Tarihi

Yazar:
Zeki Tez

Kapak ve Sayfa Tasarımı:
Doruk Can Koçak

Zeki Tez © Doruk Yayıncılık 2021
Tüm hakları saklıdır. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz.
ISBN: 978-975-553-485-5

Baskı: Kasım 2021

Baskı-Cilt: Ertem Basım Yayın Dağıtım San. Ltd. Şti
Sertifika No: 48083



e-posta: info@dorukyayinlari.com
www.dorukyayinlari.com
Sertifika No: 43738

Fiziğin Kültürel Tarihi

Yazar

Prof. Dr. Zeki TEZ



Zeki Tez, 1948 yılında Ankara'da doğdu. Ankara Kurtuluş Lisesi'ni 1966'da bitirerek; Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nden "Kimya Yüksek Mühendisi" olarak 1971'de mezun oldu. Aynı yıl Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizikokimya Kürsüsü'ne asistan olarak girdi. Yüksek Lisans çalışmasını 1974'de, doktora çalışmasını ise 1977'de tamamladı. 1982 "Doçent" olarak Diyarbakır'daki Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'ne atandı. 1989'da profesörlük unvanı aldı, 2002'de Marmara Üniversitesi'ne atandı.

1978/79 yılında "14. Uluslararası Seminer (DAAD)" çerçevesinde Almanya'da Karlsruhe Teknik Üniversitesi'nin "Chemische Verfahrenstechnik" Enstitüsü'nde araştırma yaptı.

1988 yılında Almanya'nın Karlsruhe Teknik Üniversitesi'nde Kimya Mühendisliği alanında "misafir araştırmacı" olarak araştırma yaptı. 1997 yılında da, Almanya'nın Münih Üniversitesi'nde bilim tarihi konusunda 3 aylık çalışma yaptı. Yine 2001 yılında Münih şehrindeki Alman Müzesi'nde ("Deutsches Museum") bilim tarihi konularında araştırmalar yaptı.

Prof. Dr. Zeki Tez'in yayımlanmış eserleri arasında *Doğabilimsel ve Teknik Araştırma Yöntemleri* (1984), *Madencilik ve Metalurji Tarihi* (1989), *Bilimde ve Sanayide Kimya Tarihi* (2000), *Doğa Karşısında Pratik ve Teknik Uğraşı* (1995), *Kimya Dili Üzerine Tarihsel İncelemeler* (2000), *Bilim ve Teknikte Ortaçağ Müslümanları* (2001), *Tekniğin Evrimi* (2005) bulunmaktadır.

Halen Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde görev yapmakta olan Zeki Tez, evli ve iki çocuk babasıdır.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	11
ESKİÇAĞ'DA FİZİK	19
Eski Yunan Atomculuğu	19
Eskiçağ Fiziğinin Zirvesi: Arkhimedes (Arşimed) (İÖ 287-212)	25
ORTAÇAĞ İSLÂM DÜNYASINDA FİZİK BİLİMLERİ	33
İslâm Bilginlerinde Atom Kavramı	34
İbn el-Heysem (965-1040) ve Optiği	37
İslâm Fiziğinde Diğer Önemli Kişiler	42
OSMANLI'DA FİZİK BİLİMLERİ	47
ORTAÇAĞ VE YENİÇAĞ AVRUPASI'NDA FİZİK	53
Hareket Fiziği, Savaş ve Teknoloji	53
Serbest Düşme	64
Işık ve Görme	65
Ses ve Yankı	68
Optik ve “ <i>Laterna Magica</i> ”: Giambattista della Porta (1538-1615)	69
Klasik Fizik Üzerine Dönük Kitap: Assiut Nüfusnaması (1642-1672)	84

John Dalton (1766-1844) ve Atom	89
Salomon de Caus (1576-1626) Üzerine	90
MIKNATIS VE MANYETİZMA	95
KEHRİBARDAN ELEKTRONA: ELEKTRİĞİN TARİHİ	105
Kehribarın Giz Dolu Gücü	105
İtme, Etkime, İletim	108
“Salon”da Elektrik	112
Kondansatör İlkesi ve Saray Eğlenceleri	122
Paratoner ve İlk “Yıldırım Aşkları”	128
Elektrostatik Kuvvet Yasası	134
Galvanik Ögeler:	
“Kurbağa Bacağı”ndan (1791) “Volta Pili”ne (1800)	134
“Bağdat Pili”	146
Elektrik ve Kimya	148
Elektrik ve Manyetizma ile “Tedavi”	153
Türkiye’de Elektrik	167
TERMODİNAMİĞİN VE SICAKLIK ÖLÇEN	
ALETLERİN GELİŞİMİ	169
Termodinamiğin Kısa Tarihi	169
“Termoskop”tan “Termometre”ye	177
“Sabit Sıcaklık Noktaları” ve Termometrenin Ölçeklenmesi	192
HAVA BASINCININ ÖYKÜSÜ VE BAROMETRELER	199
Evangelista Torricelli (1608-1647) ve Barometre	199
Otto von Guericke (1602-1686) ve Boşluk Üzerine Deneyler	208
BUHAR MAKİNESİ VE MOTORLU ARAÇLARIN ÖYKÜSÜ	219
Kas Gücünden Buhar Makinesi,	
Buharlı Gemi ve Buharlı Lokomotif	219
Gaz, Benzin ve Diesel Motorları	238
Türkiye’de Buharlı Gemi ve Demiryolu	239

FİZİĞİN İLGİNÇ CEPHELERİNDEN KESİTLER	243
Nazi Döneminde Fizik; Atom ve Hidrojen Bombaları	243
Niels Bohr ve Gökdelene Yüksekliği	248
Ultrasonik	249
Deniz Suyundan Tatlı Su Elde Edilmesi	251
Camın Kıvamlılığı	252
 ÖLÇÜLER VE BİRİMLER TARİHİ ÜZERİNE	 253
Modern Çağ'a Dek Ölçü ve Birimler Üzerine	253
Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar ve "SI" Birim Sistemi	264
Türkiye'de Ölçü ve Birimler	274
 KAYNAKÇA.....	 279
KİŞİ ADLARI DİZİNİ	287

GİRİŞ

Antik Yunanca'da "doğa" anlamında kullanılan "*physis*" sözcüğünden türetilmiş olan "fizik" terimi, oldukça yeni bir tanımlamadır; ne Antik Yunan dünyasında ne de Ortaçağ İslam dünyasında bugünkü fizik bilimine karşılık gelen bağımsız bir disiplin yoktu. Son dönemlere kadar bu bağlamda "fizik" yerine "doğa felsefesi" ya da "doğa araştırması" terimleri kullanılıyor ve fiziğin yanı sıra astronomiyi de kapsıyordu.

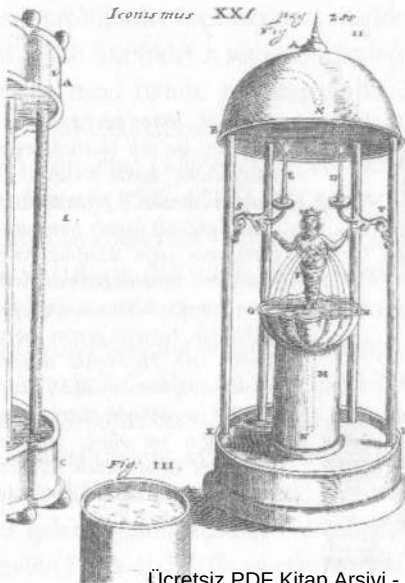
Ünlü fizik bilgini Isaac Newton (1642-1726) bile temel yapıtını *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) (1687) olarak adlandırmış ve kendisini de bir fizikçi olarak değil bir doğa filozofu olarak görmüştür. İslâm dünyasında bugünkü fiziğin bir dalı olan ışık ve ses gibi belli başlı konular, o dönem için fiziksel bilimlerin değil, matematiksel bilimlerin bir dalı olarak kabul edilmiştir. Bu bağlamda, optik konusunda çok değerli çalışmalar yapan İslâm bilgini İbn el-Heysem (965-1040), uzun süre Doğu'da ve Batı'da bir fizikçiden çok bir matematikçi olarak algılanmış ve tanınmıştır.¹

Fizik, cisimlerin iç yapılarında bir değişiklik yaratmaksızın onların özellik, durum ya da hareketlerini inceleyen bir bilimdir. 16. yüzyılda "doğa bilimleri" fizik, kimya, biyoloji vb. gibi ana dallara ayrılmış, Rönesans dönemi sonrasında hızla artan bilgi birikimi, ana araştırma dallarının da ayrışarak yatay dallanmaların oluşumuna yol açmış, bu bağlamda örneğin fizik alanından mekanik, optik, akustik, elektrik gibi alt bilim dalları ortaya çıkmıştır. Süreç içinde fiziğin diğer bilimlerle etkileşiminden doğan

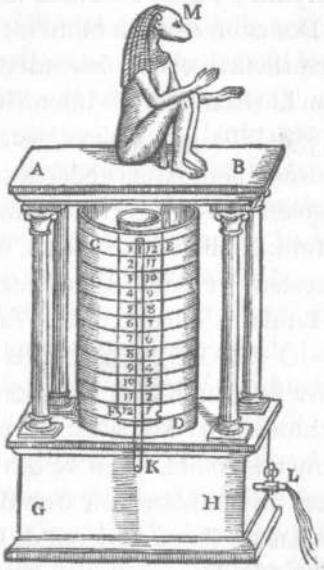
matematiksel fizik, kimyasal fizik, astrofizik, jeofizik, biyofizik gibi ikili melez bilim dalları, üç bilim dalı arasında köprü kurulmasıyla oluşmuş biyofiziksel kimya gibi üçlü melez bilim dalları oluşmuştur. Mekanik, statik, dinamik, hidrostatik, hidrodinamik, termodinamik, kütle çekimi, ısı, ışık, optik, akustik, elektrik, manyetizma, atom fiziği, periyodik (dönemsel) olaylar ve titreşim hareketleri, dalga mekaniği, kuantum kuramı, görelilik kuramı gibi çeşitli alanları kapsayan fizik, günümüzde atom ve molekül fiziği, katı hal fiziği, çekirdeksel (nükleer) fizik, parçacık fiziği, yüksek enerji fiziği, plazma fiziği, yoğun madde fiziği gibi ana dal başlıkları altında incelenmektedir.

Soyut ve kurgusal (spekülatif) felsefeyi ön planda tutan Eski Yunan'da soyutlamaya dayalı ilk düşünce okulları, Eskiçağ'ın İyonya (İonia) adı verilen Batı Anadolu kıyılarında ortaya çıkmıştır. Bunlardan maddeci düşünce okulunun temsilcileri arasında Miletos'lu (Milet'li) Leukippos (~İÖ 480-420), Sicilya Adası'nda bir kent olan Agrigentum'lu Empedokles (İÖ 485-425) ve Abdera'lı (Dedeoğlu) Demokritos (İÖ 470-361) yer alırken, idealist düşünce okulundan ise Atina'lı Platon ("Eflatun") (İÖ 427-348) ve Stageira'lı Aristoteles (Aristo) (İÖ 384-322) önem taşır. Eskiçağ'ın düşünce dünyasına damgasını vuran Aristoteles, mekaniğin özellikle kinematik, yani hareketin özellikleriyle ilgili dalında ciltler dolusu etkili görüşler ileri sürmüş, bu görüşler iki bin yıl boyu hiç sorgulanmaksızın bir yetke (otorite) olarak gündemde kalmış ve ardılları, deneyden uzak durarak yalnızca spekülatif (kurgusal) araştırmalara ilgi göstermiştir. Eskiçağ'ın Helenistik döneminde statik, mekanik, hidrostatik ve hidrodinamik dalında en parlak kişilik Siracusa'lı Arkhimesdes (Arşimed) (İÖ 287-212) olup, Eskiçağ'ın ilk fizik eseri de onun tarafından kaleme alınmıştır. Arkhimesdes "bileşik kaplar" ilkesinin nedenini, "sıvı düzeylerinin, yerin merkezinden eşit uzaklıkta olması" ile açıklıyordu. Bu tanımla, dünyanın küre şeklinde olduğu ve yerçekimi kuvvetlerinin doğası açık bir şekilde sergilenmektedir. Arkhimesdes, kuramsal matematik bilgilerini, mühendisliğin mekanikle ilgili sorunlarına çözüm getirecek şekilde ilk uygulayan bilginidir

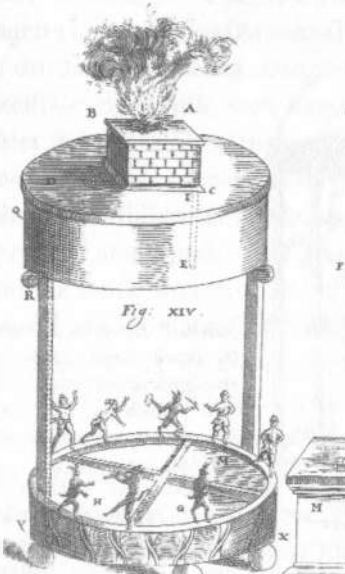
(“Arkhimedes burgusu”, “planetaryum”, yüzen cisimlere ilişkin hidrostatik yasa, kaldıraç yasası). Dönemin en ünlü bilim merkezi olan İskenderiye okulunun temsilcileri olarak İskenderiye’li Ktesibios (İÖ 3. yüzyıl), Byzantion’lu (İstanbul’lu) Philon (İÖ 2. yüzyıl) ve İskenderiye’li Heron (50-120) gibi otomat ustaları, akışkanlar statigi, pnömatrik ve hidrolik konularına eğilerek çeşitli teknik makineler ve makine öğeleri geliştirmişlerdir (hidrolik org, emme tulumba, su saati, hidrolik ve sifon düzenekleri, mancınık ve çeşitli savaş araçları, hidrostatik ve pnömatrik otomatlar) (ŞEKİL 1, ŞEKİL 2, ŞEKİL 3). Bunların öncellerinden Tarentum’lu (Taranto’lu) Arkhytas’ın (~İÖ 430-345), iç kısmında metal yaylar bulunan ve sıkışmış hava ile çalışan, dışı ahşaptan yapıpılı, uçan güvercin yaptığı söylenmektedir. Romalılar soyut ve kurgusal düşünce sistemleri üretmemiş, bilim, sanat ve din gibi toplumsal kurumları Antik dönem uygarlıklarından devralarak kendi yaşam biçimlerine uyarlamışlardır. Roma döneminde ünlü ozan Titus Lucretius Carus (İÖ 96-55), Demokritos’un atomcu düşünceleri üzerine açıklamalarda bulunmuştur.



ŞEKİL 1. Heron’un su saatlerinden bir örnek olarak, yanan kandiller aracılığıyla ısınan havanın, alt kaptaki sütü yükselterek, Efes Artemis’ine benzeyen tanrıça figürünün çok sayıdaki memelerinden akıttığı pnömatrik bir düzenek [Gaspar Schott (1608-1666), *Mechanica hydraulio-pneumatica* (Su ve Hava Basıncı ile Çalışan Mekanizmalar)]



ŞEKİL 2. Heron'un su saatlerinin başka bir örneğinde, tepesinde köpek başlı bir Eski Mısır figürünün yer aldığı su saati [Athanasius Kircher (1602-1680), *Oedipus Aegyptiacus* (Mısır'lı Oedipus) (Roma, 1652-54)].²



ŞEKİL 3. Heron'un, tepesi sunak, alt kısmı ise atlı karınca şeklinde düzenlenmiş kukla tiyatrosu (İng. "puppet theatre") şeklindeki dans eden figürlerle bezeli otomatu: Atlı karıncanın çatısı üzerinde yakılan sunak ateşi, ısınarak genişleyen havanın boru sistemi boyunca dolaşmasını sağlayarak, havanın zemin üzerinde gamalı haç biçiminde döşenmiş boruların uçlarından dışarı çıkarken yarattığı jet etkisiyle, üzerinde kukla dansçıların yer aldığı platformun dönmesini sağlamaktadır (G. Schott, *Mechanica hydraulico-pneumatica*, 1657).²

İskenderiye’li ünlü astronom Theon’un (4. yüzyıl) kızı olan ve Patrik Kyrillos’un (Kyril) (yön. 412-444) kışkırtmasıyla 415 yılında İskenderiye’de halk tarafından linç edilen ünlü kadın düşünür ve matematik bilgini Hypatia (370-415), sıvıların özgül ağırlığını belirleyecek “hidroskop” ya da “hidrometre” diye adlandırılan aleti geliştirmiştir. Tüp şeklindeki bu aletin içine belirli bir ağırlık konarak özgül ağırlığı ölçülecek sıvıya daldırılmakta, areometre ya da dansimetrenin çalışma ilkesine benzer şekilde tüpün sıvıya batma derinliğinden hareketle sıvının özgül ağırlığı belirlenmektedir.³

Ortaçağ Avrupası’nda Kilise’nin şemsiyesi altında Aristoteles fiziğinin etkinliği görülürken, aynı dönem İslâm dünyasında fizik biliminde Yakub ibn Ishak el-Kindî (“*Alkindus*”) (803-873) (gelgit hareketi, ışığın yansıma ve kırılması), Ibn el-Heysem (965-1040) (görme olayı, ışığın yansıma ve kırılması, gökkuşağı oluşumu, ayna ve merceklerde görüntü gibi optiğin tüm alanı), Ebu’l-Reyhan el-Bîrûnî (el-Beyrûnî, “*Aliboron*”) (973-1048) (terazi geliştirme, piknometre aracılığıyla özgül ağırlık belirlemesi) gibi bilginler ön planda yer almışlardır.

Rönesans’la başlayıp 17. yüzyıl sonuna kadar süren dönemde deneysel bilimler biçimlenmiş, maddenin yapısı ve davranışına ilişkin çeşitli özelliklerin sayısal değerleri ölçülüp belirlenerek nitel bilimden nicel bilime geçilmiştir. Bu dönemde Leonardo da Vinci (1452-1519), Albrecht Dürer (1471-1528), Niccolò Tartaglia (Niccolò Fontana) (1499-1557) ve Geronimo Cardano (Hieronymus Cardanus) (1501-1576) gibi sanatçı-mühendisler matematiği mekaniğe uygulayarak mekanik, perspektif, hidrostatik, hidromekanik ve balistik dallarında çeşitli teknik çalışmalara damgalarını vurmuşlardır. 17. yüzyılın hemen başında William Gilbert (1544-1603) manyetizma bilimini kurarken, “matematiksel fiziğin babası” sayılan eşsiz Galileo Galilei (1546-1642) çağdaş fiziğin temellerini atarak gökdürbünü (teleskop) ve termometre yapımı, hareket fiziği, serbest düşme, eğik atış, “impetus fiziği” ve eylemsizlik kavramına yönelik son derece önemli çalışmalar yapmıştır. Bunların ardından gelen önemli fizikçiler ve çalışmaları şöyle sıralanabilir: Simon Stevin (1548-1620) (kuymetelerin paralelkenar yasasının açıklanma-

sı), René Descartes (Renatus Cartesius) (1596-1650) (optiğin çeşitli konularında çalışmalar), Robert Boyle (1626-1691) (gazların basınç-hacim yasası), Otto von Guericke (1602-1686) (boşluk üzerine deneyler), Evangelista Torricelli (1608-1647) (hava basıncının incelenmesi ve barometre yapımı), Blaise Pascal (1623-1662) (hidrostatik basınç yasası, 1663), Christiaan Huygens (1629-1695) (ışığın dalga kuramı, sarkaç yasası, çarpışma kuramı ve kinetik enerji kavramı), Robert Hooke (1635-1703) (mikroskop yapımı ve esneklik yasası).

Aydınlanma dönemine (18.-19. yüzyıl) damgasını vuran dâhi fizikçi Isaac Newton (1642-1726) ise kütle çekiminin genel çekimin özel bir hali olduğunu belirterek hareket yasalarını bulmuş ve optik konusunda çok önemli çalışmalar yapmıştır. Özellikle buhar makinesi, termodinamik, elektrik ve manyetizma alanlarındaki inceleme ve buluşlar açısından son derece verimli geçen bu dönemin önemli fizikçileri ve gerçekleşen çalışmalar şöyle özetlenebilir: Denis Papin (1647-1714) (buhar basınçlı ya da “düdüklü” tencere); Stephen Gray (1666-1736), Petrus (ya da Pieter) van Musschenbroek (1692-1761) ve Ewald Jürgen von Kleist (~1700-1748) (elektrik yükü konusunun incelenmesi), Daniel Bernoulli (1700-1782) (akışkanlar dinamiğine ilişkin “Bernoulli ilkesi”), Benjamin Franklin (1706-1790) (elektrik üzerine gözlemler), Charles Augustin de Coulomb (1726-1806) (temel elektrostatik ve manyetizma yasaları üzerinde çalışmalar), James Watt (1736-1819) (buhar makinesi), Luigi Galvani (1737-1798) ve Alessandro Volta (1745-1827) (elektriğin niteliği ve pil yapımı üzerine çalışmalar), John Dalton (1766-1844) (çağdaş atom fiziğinin başlangıcı), Thomas Young (1773-1829) (ışık titreşimlerinin girişimi; esneklik nitelemesine ilişkin “Young modülü”), André Marie Ampère (1775-1836) (elektromanyetik görünümlere ilişkin kuram ve yasa), Hans Christian Oersted (1777-1851) (pusulada elektriğin yol açtığı değişimler ve elektrodinamik), Michael Faraday (1791-1867) (elektrik jeneratörüne giden yol olarak elektromanyetik indüksiyonun keşfi), Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) (termodinamiğin ikinci yasası ve termodinamik bili-

minin kuruluşu), Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822-1888) (ısının mekanik eşdeğerinin ve “entropi” kavramının bulunuşu), James Clerk Maxwell (1831-1879) (elektrik ve manyetizma, gazların kinetik kuramı), Ludwig Boltzmann (1844-1906) (doğal değişimlerin termodinamiği, gazların kinetik kuramı, istatistiksel mekanik), Josiah Williard Gibbs (1839-1903) (akışkanlar termodinamiği, türdeş-olmayan madde sistemlerinde denge), Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894) (sertlik kuramı, Hertz dalgaları).

20. yüzyılda ise fizikte modern çağı simgeleyen kuantum ve görelilik kuramları ile atomun iç yapısına yönelik temel parçacık fiziğinde önemli çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Bu gelişmelerin kısa dizilmiş kilometre taşları olarak ise şunlar sıralanabilir: Antoine-César Becquerel (1788-1878) (piezo-elektrik etki, 1819), Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891) (fotovoltaik etki, 1839), Ernest Rutherford (1871-1937) (atom çekirdeğinin parçalanması ve radyoaktif dönüşüm tepkimelerinin incelenmesi), Antoine-Henri Becquerel (1852-1908) (radyoaktifliğin keşfi), Joseph John Thomson (1856-1940) (atom ağırlıklarının ve elektron hızının ölçülmesi), Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) (kuantum kuramı), Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915) (elementlerin X-ışını dalgaboylarının, onların atom numaralarına bağlı olarak değiştiğinin bulunması), Pierre Curie (1859-1906) ile kardeşi Jacques Curie (1856-1941) (piezo-elektrik olayı), Pierre Curie ve Marie Sklodowska Curie (1867-1934) (radyoaktif radyum ve polonyum elementlerinin bulunması), Jean Perrin (1870-1942) (molekül gerçeğinin kanıtlanması, elektronların negatif yüklü olduğunun gösterilmesi), Max Felix Theodor von Laue (1879-1960) (X-ışınlarının niteliğinin incelenmesi), Albert Einstein (1879-1955) (özel ve genel görelilik kuramları), Heike Kamerlingh-Onnes (1853-1926) (süperiletkenlik), Niels Bohr (1885-1962) (atom çekirdeğinin yapısı), Erwin Schrödinger (1887-1961) ve Louis-Victor de Broglie (1892-1987) (dalga denklemi ve dalga mekaniği), Werner Heisenberg (1901-1976) (“belirsizlik ilkesi”), Ernest Orlando Lawrence (1901-1958) (siklotron), Enrico Fermi (1901-1954) (çekirdeksel reaktör), James Chadwick (1920-1998) (nötronun varlığı) ^{4,5,6}

Evrensel dört çekim kuvveti kütle çekim kuvveti, elektromanyetik çekim kuvveti, güçlü çekirdeksel (nükleer) kuvvet ve zayıf çekirdeksel kuvvettir. 1905 yılında “Özel Görelilik Kuramı”nı, 1915’te ise “Genel Görelilik Kuramı”nı ortaya koyan Einstein’ın da üzerinde yoğun olarak çalıştığı üzere bu kuvvetler, “birleşik alan kuramı” adı altında birleştirilmeye çalışılmaktadır. Sözü edilen son üç kuvvet, 1979’da etkin bir biçimde birleştirilmişse de, kütle çekim kuvveti henüz bu birliğe katılamamıştır.

Bu kitapta genel olarak Modern Çağ öncesi fiziğinin kültürel tarihi ele alınmış olup 20. yüzyıl fiziğinin tarihi, çoğu çeviri eserler halinde Türkçe’de yayımlanmış ve çeşitli şekillerde enine-boyuna işlenmiş olduğundan, kamuoyunca bilinmekte ve kolay erişilebilir durumdadır. 20. yüzyıl fiziği bağlamında klasikleşmiş şu eserler salık verilebilir: John Desmond Bernal, *Science in History* (Tarihte Bilim) (1954) [→Türkçe’de: *Materyalist Bilimler Tarihi* (2. cilt) (1976)]; John Desmond Bernal, *The Extension of Man* (1967) [→Türkçe’de: *Modern Çağ Öncesi Fizik* (1995)]; Albert Einstein, Leopold Infeld, *The Evolution of Physics, from Early Concepts to Relativity and Quanta* (1938) [→Türkçe’de: *Fiziğin Evrimi – İlk Kavramlardan İlişkinliğe ve Kuantumlara* (1972)]; Isaac Asimov, *Asimov’s Guide to Science* (1972) [→Türkçe’de: *Asimov’un Bilim Rehberi*]; Alexander Kitaigorodsky, *Fizika, Maya Profesii* (1971) [→Türkçe’de: *Ben Bir Fizikçiyim* (1984)]; Emilio Gino Segré, *From X-Rays to Quarks: Modern Physicists and Their Discoveries* (1980) [→Türkçe’de: *X-Işınlarından Kuarklara: Çağdaş Fizikçiler ve Buluşları* (1995)]; Güney Gönenç, *Hep Aranızda Olacağım – Frédéric Joliot-Curie’nin Yaşamöyküsü* (1983); Haluk Gerger, *Nükleer Tehlike* (1983); Reşit Aşçıoğlu, *Istim Arkadan Radyasyon Önden Geldi* (1987).

ESKİÇAĞ'DA FİZİK

Eskiçağ Mezopotamya ve Mısır uygarlıklarında soyut ve kuramsal fizik çalışmalarından pek söz edilememekte, ancak basit mekanik bilgilerin uygulamaları olarak su çarkı, kaldıraç, kanal açma, ziggurat ve piramit inşası, dikilitaş (obelisk) yapımı ve taşınarak yerine dikilmesi gibi teknik uygulamalar görülmektedir. Eski Yunanda ise doğaya felsefi yaklaşım konusunda iki temel düşünce okulu bulunmaktaydı: Epikuros ve Demokritos tarafından biçimlenen maddeci düşünce okulu ile Platon ve Aristoteles tarafından temsil edilen idealist düşünce okulu.

Eski Yunan Atomculuğu

Maddeci okul, tüm doğanın, "atom" diye bilinen küçücük ve görünmez parçacıkların hareketi olarak ve "*phyla*" diye bilinen onların bileşimleri olarak kabul edilebileceğine inanıyordu. Idealist okul ise, dünyanın düşüncelerden, ya da Platon'un terimlendirdiği üzere "elementlerden" oluştuğunu öngörür. Bunlar elementlerin maddeyle ilintili olduğuna ve verilen bir madde için o maddenin biçiminden elementlerin sorumlu olduğuna inanıyorlardı.⁷

Eski Yunanda atom kuramı Miletos'lu (Milet'li) Anaksimandros'ta (Anaksimander) (İÖ 610-547) sınırsız-sonsuz-tanımsız ("*a-peiron*") şeklinde, Elea'lı Parmenides'te (İÖ ~520-445) oluşum kuramı (ontolojik) şeklinde, Empedokles'te elementler öğretisi ("*rhizomata*") şeklinde, Klazomenai'li (Urla'lı) Anaksagoras'ta (İÖ 500-428), tohum öğretisi ("*spermata*") şeklinde ve Leu-

kippos ve Demokritos'ta madde ve temel parçacık kuramlarının çok açık bir biçimde yer aldığı atom öğretisi şeklinde biçimlenmiştir. Önde gelen bu yetkelerin tümü, bizzat Platon dahil, atomların varlığını şiddetle reddetmişlerdir.⁷

Eski Yunan filozoflarından bir bölümü maddenin sınırsız olarak bölünebileceğini kabul ederken, kimileri de maddenin tanecikli doğada, atomlardan yapılmış olduğunu ileri sürmüşlerdir. Miletos'lu Thales'e (İÖ 624-545) göre ilksel cevher (ilk neden, ana madde, "*arche*", "*prima materia*") SU ("*hydor*") idi. Her şey su'dan gelmekte ve yine su'ya dönmekteydi. Thales yaşamının büyük bir bölümünü Mısır'da geçirmiştir. Mısır'da yaşam Nil ırmağına, onun yükseliş ve alçalışına bağlıydı ve Thales, su ile çevrili bir dünyada yaşıyordu. Bu nedenle onun, her şeyin ilksel unsurunun su olduğu yolundaki savına pek şaşmamak gerekir. Thales'in öğrencisi Anaksimandros'a göre ilksel madde sınırsız ve sonsuz olmalı, ölmemeli ve yok olmamalıydı. Anaksimandros buna "*a-peiron*" (sınırsız) adını verdi. Miletos'lu Anaksimenes (İÖ 580-525) ise ilksel elementin HAVA ("*pneuma*") olduğuna inanmıştı. "*Skoteinos*" ("Karanlık Filozof") diye adlandırılan Ephesos'lu (Efes'li) Herakleitos (İÖ 550-480) ise varlık kaynağının ATEŞ olduğunu söylüyordu. Ancak o, "ateş" ile alevi kastetmekteydi ve daha çok "ısı" ya da "enerji" kavramına yakındı. Ona göre her şey "ateş" haline getirilebilir ve "ateş" de her şeye dönüştürülebilir. Herakleitos'a göre doğada her şey sürekli akış halindedir. Her şey ve her özellik kendi karşısına dönüşür. Sıcak soğuk olur, soğuk da sıcak. "*İnsan aynı ırmağa iki kez giremez.*" İkinci girişte ırmak, artık aynı ırmak değildir. İzmir yarımadasında Kolophon (Örenşehir) doğumlu gezgin ozan Ksenophanes'e (İÖ 569-477) göre ise tek bir ana unsur vardı ve bu da TOPRAK'tı. Anaksagoras'a göre sayısız öge vardı. Görünür dünyada ne kadar çeşitlilik varsa, o kadar sayıda tohum ("*sperma*") vardı. Buna göre altın, küçük altın tohumlarından, et ise küçük etlerden oluşmuştu. Aristoteles, bu tohumlara "*homoiomeres*" adını vermektedir.⁷

Sicilyalı Empedokles “su – toprak – hava - ateş”ten oluşan “Dört Öge Kuramı”nı ilk ortaya atan düşünürdür. Empedokles'te dört öge (element, unsur) öncesiz (ezelî) ve sonrasız'dır (“*eternal*”, ebedî), canlılık canlının katı kısımlarını oluşturan toprak, sıvı kısımlarını oluşturan su, solumayı sağlayan hava ve canlılığın özü olan ruhu oluşturan ateş'ten oluşur, doğum sonsuz küçük parçalardan oluşan ögelerin bir araya gelmesi, ölüm ise bir cismin parçalanarak kendisini oluşturan ögelere ayrılmasıdır. Ögelerin birleşme ve ayrılması, onları birleştirmeye çalışan sevgi (“*philia*” → çekme) ile onları ayırmaya çalışan nefret (“*neikos*” → itme) kuvvetlerinin etkisiyledir ve evrendeki tüm gelişme bu iki karşıt kuvvetin savaşımından doğmuştur (“Sevgi ve Nefret” kuramı). Empedokles'e göre elementler çok küçük olan ve duyularla algılanamayan taneciklerden oluşuyordu.⁸

Eski Yunan atomculuğunda madde, sayısız çoklukta, fiziksel olarak bölünmez, hareketli, birbirine benzeyen ve sonsuz küçük parçacıklardan oluşmaktadır ve atomların oluşturduğu madde yok olabildiği halde, bizzat atomların kendileri yok olmazlar ve boşlukta hareket halindedirler. Özce aynı olan bütün atomlar biçim, durum ve ağırlıkça farklıdır.

Abdera'daki (Dedeagaç) atomcu okulun kurucusu Leukippos maddenin bölünemeyen en küçük parçasına “atom” (Yun. “*a-to-mos*”: “bölünemez”) adını vermişti. Leukippos'a göre atomların sertlik, biçim ve büyüklük olmak üzere üç niteliği vardı. Her atom sertti. Maddelerin farklılığı, atomların farklı biçim ve boyutta olmalarından ileri geliyordu. Atomlar farklı ağırlıklarda değillerdi. Pürüzlü, düz, kanca biçimli ve yuvarlak olanları vardı. Demokritos evrenin, atomların sahip oldukları hareketlerle yarattıkları şok ve girdapların “harmonisiyle” kurulduğunu, atomların sürekli hareket (“*perpetual motion*”) halinde olduğunu söylemiştir. Leukippos ve Demokritos'a göre maddesel değişimlerin temel koşulu, boşluğun varlığının kabulü idi; çünkü atomlar yalnızca boşluğun yardımıyla birleşip ayrılabilirler ve boşluk içinde hareket ederek düzen ve konumlarını değiştirebilirlerdi. Evrendeki atomların hareketinin doğa güçlerinden, yani maddenin içindeki bir güçten kaynaklandığını savunan Demokritos'a göre bu hareket öncesiz ve sonrasızdı. Atomları ve onların hareketlerini göremeyişimizin nedeni, duyularımızdaki yetersizlikti.⁷

“Gülen Filozof” diye nitelenen Demokritos'a göre bir elmayı kestiğimizde, bıçak, atomlar arasındaki boşluklardan geçmelidir. Eğer bu boşluklar olmasa bıçak, içine girilemez atomlara rastlar ve elma kesilmezdi. Demokritos'un değişiyile: *"Göreneğe göre tatlı tatlıdır; acı acıdır; sıcak sıcaktır; soğuk soğuktur; renk renktir. Oysa gerçekte yalnızca atomlar ve boş uzay vardır. Yani duyularımızla algıladığımız nesneler gerçek sanılmaktadır ve onlar gerçek sayılmaya alışılmıştır, ama onların gerçekliği yoktur. Yalnızca atomlar ve boş uzay gerçektir"* (ŞEKİL 4).

Evrendeki atomların hareketinin doğa güçlerinden, yani maddenin içindeki bir güçten kaynaklandığını savunan Demokritos'a göre bu hareket öncesiz ve sonrasızdır. Atomları ve onların hareketlerini göremeyişimizin nedeni, duyularımızdaki yetersizlikti. Su ve demir atomları gerçekte birbirinin aynıdır. Su atomları pürüzsüz ve yuvarlak olduğundan birbirleri üzerine kenetlenemez ve birbirleri üzerinde kayarlarken, demir atomları sert, sivri ve pürüzlü olduklarından birbirlerine yapışırlar ve sert bir cisim oluştururlar.⁹



ŞEKİL 4. “Gülen Filozof” Demokritos

Demokritos ve yandaşı atomcular, bir nesneden çıkan ışınların göze girerek görüntüyü oluşturduğunu savunmuşlardır. Bergama'lı ünlü hekim Claudius Galenos (129-199) ise buna karşı çıkarak, dağlara benzer büyük nesnelerin görüntüsünün gözbebeğinden sığmayacağını ileri sürmüştü. Atomcular ise, aynı nesnelerin, onları aynı anda görmekte olan herkesin birden görmesine yetecek ışık yayımını (emisyon) nasıl ürettiğini açıklayamıyorlardı.¹⁰

Samos'lu (Sisam'lı) Epikuros (İÖ 341-270) da atomculuğu savunmuş ve geliştirmiş, "*Hiçbir şey hiçten doğmaz..., evren, oldum olası şimdi olduğu gibiydi ve sonsuza dek böyle kalacaktır*" demiştir. Atomların farklı ağırlıklarda olduğu düşüncesi de ilk olarak Epikuros tarafından ortaya atılmıştır.

"Element" kavramını karşılamak üzere "*stoicheia*" sözcüğü ilkin Platon tarafından kullanılmıştır. Platon'a göre doğa tümüyle canlıdır. Ölü doğa yoktur ve doğa sürekli olarak yetkinleşir. Platon'un *Timaios* (Kozmolojik Karakterler) (~İÖ 410) adlı diyaloglarından görüleceği üzere, dört elementten oluşan cisimlerin yüzeyleri çokyüzlüler şeklindeydi. Her bir yüzü aynı çokgenlerden oluşan üçboyutlu cisimlere "düzgün çokyüzlü" denir. Düzgün çokyüzlülerin sayısı beş tanedir: Dörtüzlü, altıyüzlü (küp), sekizyüzlü, onikiyüzlü ve yirmiyüzlü. Bunlar ilk olarak Samos'lu (Sisam'lı) ünlü bilgin Pythagoras (Pisagor) (İÖ 570-480) tarafından tanımlanmış olup ünlü geometriçi Eukleides (Öklid) (~İÖ 316-250) tarafından Platon'un adı ile anılarak dile getirildiği için bunlar "Platonsal cisimler" diye bilinmektedir. Buna göre her ilksel elementin belirli bir biçimi vardır. Bunların yüzeyleri çokgenlerden oluşuyor ve bunların üçgenlere ayrılması ya da birleşmesi yeni elementleri oluşturuyordu. "Ateş" tetrahedron (dörtüzlü), "toprak" hekzahedron (küp, altıyüzlü), "hava" oktahedron (sekizyüzlü), "su" ikozahedron (yirmiyüzlü), daha sonra bunlara eklenen "*aether*" (esîr) ise dodekahedron (onikiyüzlü) biçiminde idi. Sonuncu cisim olan onikiyüzlü, doğal pirit mineralinin (demir sülfür, FeS) kristal yapısından tanınmakta olup Pisagorcular tarafından evrenin bir gizi olarak nitelenerek 12 burç, 12 ay, gündüzün 12 saati olarak (daha geç dönemde ise ayrıca İsa'nın 12 havarisi olarak) yorumlanmış ve bir giz olarak saklanıp açıklanmamıştır.¹¹

Platon'a göre $8 = 4 \times 2$ olduğundan düzgün sekizyüzlü bir hava cisimciğinden, iki tane düzgün dörtyüzlü ateş cisimciği yüzeyleri oluşabilir; ve yine $20 = 8 \times 2 + 4$ olduğundan bir su cisimciği, iki tane hava cisimciği ile bir ateş cisimciği verebilirdi. Ayrışma yönünde olan bu dönüşümler birleşme (yani bunların tersi) yönünde de olanaklıydı.⁷

Platon atomların öncesiz (ezeli) olamayacağını söyleyerek maddeci okula ilk temel eleştiriyi getirmiştir. Aristoteles de atomların sonsuzluğunu ve bölünmezliğini kabul etmemiş, ayrıca da sürekliliğin ancak bölünebilirlikle olanaklı olduğunu belirtmiştir. Aristoteles'e göre atomlar değil, maddenin kendisi öncesiz ve süreklidir.

Empedokles'in dört elementinden esinlenen Aristoteles'e göre ikişer ikişer karşılıklı olarak birbirinin zıttı olan dört özellik (sıcak - soğuk, ıslak - kuru) ile "*prima materia*" uygun bir biçimde birleşerek dört elementi oluşturmaktaydı. Aristoteles'e göre her bir element, öteki üçüne dönüşebiliyordu. Böylece transmutasyon (bir elementin başka bir elemente dönüştürülmesi), bir niteliği ortak olan komşu elementler üzerinden ve yalnızca bir niteliği değiştirilerek yürütülebiliyordu. Aristoteles'e göre ateş sıcak-kuru, hava ise sıcak-nemli olduğundan, ateşteki kuruluk özelliği nemlilik özelliğine dönüştürülürse, ateş havaya dönüşmüş olur. Benzer biçimde, hava'daki "sıcak" özelliği yerine "soğuk" özelliği geçirilirse, hava su'ya dönüşür. Ve yine, su'dan "soğuk", ateş'ten de "kuruluk" özellikleri giderilirse geriye kalan özellikler, hava'yı oluşturur. Burada şu saptama yapılmalıdır ki, yukarıda sözü edilen dört temel "element", asla aynı adla doğada var olan maddeler ya da görüngülerle özdeş değildir. Şöyle ki, deniz ya da ırmağın suyu "su" elementi ile özdeş değildi ama gerçek su, bu "su" elementinden yüksek oranda içeriyordu. Benzer biçimde çeşitli taşlar ya da topraklar "toprak" elementini ağırlıklı oranda içeriyordu. Aristoteles dört maddesel ögeye maddesel olmayan bir beşinciye öncesiz ve sonrasız ("*eternal*") ve değişmeyen ögeyi eklemiş, onun evrenin ilk harekete geçiricisi ("*prime mover*") olduğunu söylemiş ve bu ögeye "*aither*" ("*aether / ether*": ruh) adını vermiştir. Yeryüzündeki öğelerin değişmesine karşılık gök unsuru ya da uzay olarak nitelenen "*ether*" hep aynı kalmaktaydı. Aristoteles'in bu görüşleri 18. yüzyıl sonlarına dek etkisini sürdürmüş, "*aether / ether*" kavramı ise ışığı ileten bir ortam (Ar. "*esir*") olarak 19. yüzyıl sonlarına dek varsayılmıştır.⁷

Aristoteles maddeyi ikili (dualistik) bir anlamda ele almıştır: Madde ("hyle") ve biçim ("morphē"). Burada "madde" edilgin, "biçim" ise etkin bir olgu olarak ele alınıyordu. Madde, tıpkı heykel-tıraşın uğraşısıyla taşın değişmesi ve bir gerçeklik kazanması gibi, yalnızca biçimin etkisi ile değişiyor ya da gerçeklik kazanıyordu.⁷

Çok sonraları ünlü Newton tarafından "Birinci Hareket Yasası" olarak ifade edilen "eylemsizlik yasası"nın öncü izlerini taşıyan bir kuram, Çinli fizikçi Mo Ching (İÖ 4./3. yüzyıl) tarafından dile getirilmiştir.

Öte yandan "Veda'lar Dönemi" (~İÖ 9.-6. yüzyıl) Hint filozofları, maddesel dünyayı oluşturan "hava", "su", "toprak", "ateş" ve "esir / uzay" şeklinde beş temel öge öngörüyorlardı. Eski Hint felsefesine göre atom parçalanamaz, küre biçimli, güneş ışığında görülebilen en küçük toz zerreciğinden altı kez daha küçük (!), belirli bir kokusu, rengi ve tadı olan parçacık çiftlerinden oluşuyordu. Bu parçacık çiftleri birleşerek daha büyük yığılma durumlarını oluşturunuyordu. "Esir" maddesi uzayı dolduruyordu ve sesin nedeni de bu idi.⁸ Hintli Budist bilginlerden Dignaga (5. yüzyıl) ve Dharmakirti (7. yüzyıl), modern foton kuramına benzeyen ve ışığın enerji yüklü parçacıklardan oluştuğu şeklinde bir kuram geliştirmişlerdi.

Eskiçağ Fiziğinin Zirvesi: Arkhimedes (Arşimed) (İÖ 287-212)

Sicilya'nın Siracusa kentinde doğan Arkhimedes (Arşimed) (İÖ 287-212), kuramsal ve uygulamalı alanlardaki çeşitli buluşlarının yanı sıra, mekanikteki öncü çalışmaları göz önüne alındığında, özellikle hidrostatik'in kurucusu olarak, klasik dönemin en büyük bilim adamı ve en yaratıcı dehâsı sayılır. Phidias adlı Siracusa doğumlu bir astronomun oğludur. Sicilya Adası'nın güneydoğu kıyısındaki Siracusa liman kenti, o zamanlar bir Yunan yerleşimi olup Helenistik dünyanın en büyük kentlerinden biri idi. Tarihçi Plutarkhos'un (~46-120), Siracusa'yı fethetmek için gelen Romalı komutanın yaşamını işlediği *Vita Marcellus* (Marcellus'un Yaşamı) adlı eserinde bildirdiğine göre Arkhimedes, kentin yöneticisi Kral II. Hieron (İÖ 275-215) ile aynı kraliyet ailesine

lesinden geliyordu. Tarihçi Polybios'un (İÖ 210-128) anlatımına göre ise bu aydın kafalı kral, uzun yıllar boyu "hiçbir vatandaşını öldürmeden, sürgüne göndermeden ve incitmeden" ülkesini yönetmiştir. Arkhimedes, İskenderiye'deki "*Museion*"da çalışan kimi bilginlerle düzenli olarak yazışır ve ara sıra da Mısır'a giderdi. Üretken yıllarının çoğunu Siracusa'da geçirdi, II. Hieron'un koruması ve patronluğu altında sıkı bir biçimde çalışıp deneyler yaptı. Matematik yazıları, mekanik buluşları ve İkinci Pön Savaşları (İÖ 218-201) sırasında doğduğu kenti savunmadaki parlak başarıları nedeniyle Antikçağ'da büyük ün kazandı. Arkhimedes'in İskenderiye'li geometrici Eukleides'in öğrencisi olduğu bilinmektedir. Matematiksel mekanik kurmuş, kaldırma ve eğik düzlem ilkesini, suyun kaldırma yasasını, sonsuz vida ("Arkhimedes burgusu"), palanga, makara, mancınık gibi icatlarda bulunmuş, katı ve sıvı cisimlerin statikğine ilişkin iki kitap yazmıştır. Bu bilgilerin uygulanması konusunda ise fazla bir şey yayınlamamıştır. "Arkhimedes burgusu"nu, Mısır'ı ziyareti sırasında, kanallardaki suyu yükselterek tarlaları sulamak amacıyla keşfetmiş, daha sonraları madenlerin taban kısmında ve gemilerin alt kısımlarında biriken suyun (sintine) dışarı pompalanmasında da kullanılmıştır. Hidrostatik biliminin kuramsal temeli, Arkhimedes tarafından İÖ 3. yüzyılın sonlarında yazılan ve günümüze de ulaşan *Peri Ochoumenon* (Yüzen Cisimler Üzerine) adlı yapıtında ortaya konmuştur.^{12,13,14}

Buna göre Arkhimedes, yoğunluğu, içine batındığı sıvının yoğunluğundan büyük ve küçük olan iki ayrı cismi ele alır. Sıvıdan daha az yoğun bir cisim, sıvı üzerinde yüzer ve taşıdığı (cismin, sıvı yüzeyinin altında kalan hacmine eşit hacimdeki) sıvının ağırlığı, kendi ağırlığına eşit olana dek sıvının içine kısmen gömülür. İçine batındığı sıvıdan daha yoğun olan bir cisim ise sıvıya batacak ve sıvının içindeyken tartıldığında, gerçek ağırlığından taşıdığı suyun ağırlığı kadar hafif olduğu bulunacaktır.¹⁴ Buna göre, yüzen bir cisim, kendi ağırlığına eşit ağırlıkta suyun yerini değiştirir. Bu bağlamda Arkhimedes ilkesine göre, bir fili tartacak büyüklükte bir kantara sahip değilsek, denizdeki bir teknenin su düzeyini işaretledikten sonra fili teknenin içine alıp tekne kenarındaki su düzeyini yeniden işaretlemek, fili teknenin çıkardıktan sonra teknenin içine son işaret çizgisine kadar taş yüklemek ve bu taşları tartmak suretiyle filin ağırlığını bulabiliriz.¹⁵

Arkhimedes, Siracusa Kralı II. Hieron için yapılan bir taçtaki altın ve gümüş oranlarını bulmak amacıyla bu ilkeleri kullanmıştır. Bunun çok iyi bilinen öyküsüne göre II. Hieron, Siracusa kralı olduktan sonra ölümsüz tanrıların tapınaklarından birine altın bir taç adamaya karar verir ve krallık kuyumcusuna, kendisine taç yapması için belirli miktarda altın verir; ancak, tacı teslim aldığı anda birileri, kuyumcunun sahtekârlık yapıp bir kısım altının yerine daha ucuz olan gümüş katmış olacağı konusunda kralı uyarır. Tacın ağırlığının kralın başlangıçta verdiği altının ağırlığına eşit olduğu görülür. Kral, bu durumu aydınlatması için Arkhimedes'den yardım ister. Bir rastlantı sonucu Arkhimedes, genel hamamda ağzına kadar dolu bir banyo teknesine girerken dışarı taşan suyun, kendi bedeninin gerçek hacmini vereceğini, kralın tacı gibi biçimi düzgün olmayan bir cismin gerçek hacminin de bu yolla bulunabileceğini anlar (ŞEKİL 5). Eve gitmek ve bunu tacın üzerinde denemek için aceleyle hamamdan çıkıp, Siracusa sokaklarında Yunanca "*Eureka! eureka!*" (Buldum! Buldum!) diye bağırarak, iyi bilinen çıplak koşusunu yapar.¹⁴ Buna göre Arkhimedes tacın hacmini belirledikten sonra onu tartmış, daha sonra bir kuyumcuya, tacın hacmine eşit hacimde saf altından bir külçe döktürmüş ve onu da tartmıştır. Saf altından külçenin daha ağır geldiğini, dolayısıyla daha yoğun olduğunu; aynı ağırlıktaki iki cisimden yoğunluğu düşük (dolayısıyla hacmi daha büyük) olanın daha fazla su taşıyacağını; bu nedenle de tacın içine altından daha düşük yoğunluklu bir metal olan gümüşün karıştırılmış olduğunu saptamıştır.¹⁶ Başka bir anlatıma göre Arkhimedes, tacın yoğunluğunun, altın ve gümüşün bilinen yoğunluk değerleri (sırasıyla 19,3 ve 10,5 g/cm³) arasında olduğunu saptayarak sonuca ulaşmış. Marcus Vitruvius Pollio'nun (~İÖ 80-25) anlatımına göre ise Arkhimedes, tacın ağırlığına eşit ağırlıkta altın ve gümüş külçeler hazırlatmış, sonra sırasıyla her üçünü de ağzına dek suyla dolu bir kabın içine bırakarak taşan suların hacimlerini bularak, tacın altın külçeden daha fazla ve gümüş külçeden daha az su taşıdığını saptamış ve bu sonuçtan, kuyumcunun hırsızlık yaptığı anlaşılmıştır. Sonuçta krallık kuyumcusunun idam edildiği söylenmektedir.

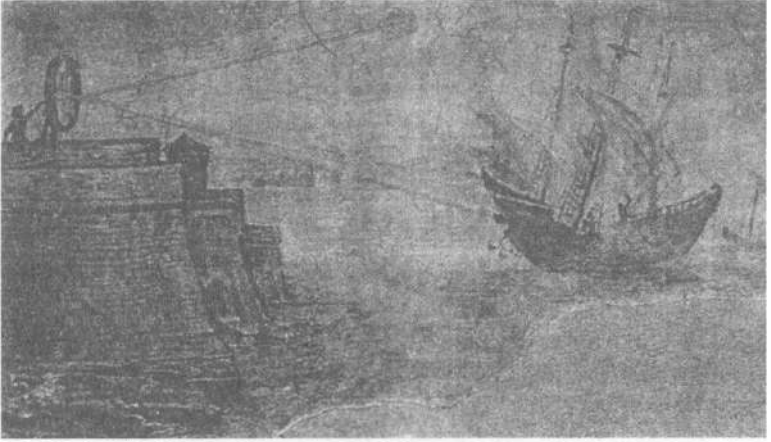


ŞEKİL 5. Hamam küvetindeki Arkhimedes: Resimde, Siracusa kralı II. Hieron'un başvurusu üzerine, onun sahtekârlıkla suçlanan bir kuyumcusu tarafından hazırlanan bir altın tacın içine gümüş kaup katılmadığını hamamda araştıran Arkhimedes görülmektedir. Buna göre düzgün bir geometrik şekli olmayan tacın hacmi, taşıdığı suyun hacmine eşittir. Bunun yanı sıra Arkhimedes, yüzdürme kuvvetinin, yer değiştirdiği suyun ağırlığına eşit olduğunu da bulmuştur. Arkhimedes için önemli olan, tacın ağırlık ve hacminin bulunmasından sonra onun özgül ağırlığının (birim hacminin ağırlığının) hesaplanabilmesi idi. Bu değeri, bütünüyle altından yapıldığı bilinen başka bir tacın aynı yolla hesaplanan özgül ağırlığı ile karşılaştırdı. Bu ikisi arasında fark bulunması, kuyumcunun sahtekârlık yaptığını göstermiştir [ahşap oyma resim; Marcus Vitruvius Pollio'nun ünlü mimarlık eserinin Walter Hermann Ryff (Rivius) (1500-1548) tarafından Zehen Bücher von der Architectur... (Mimarlık Üzerine On Kitap) başlığı altında Almanca çevirisinden, Nürnberg, 1548].¹⁷

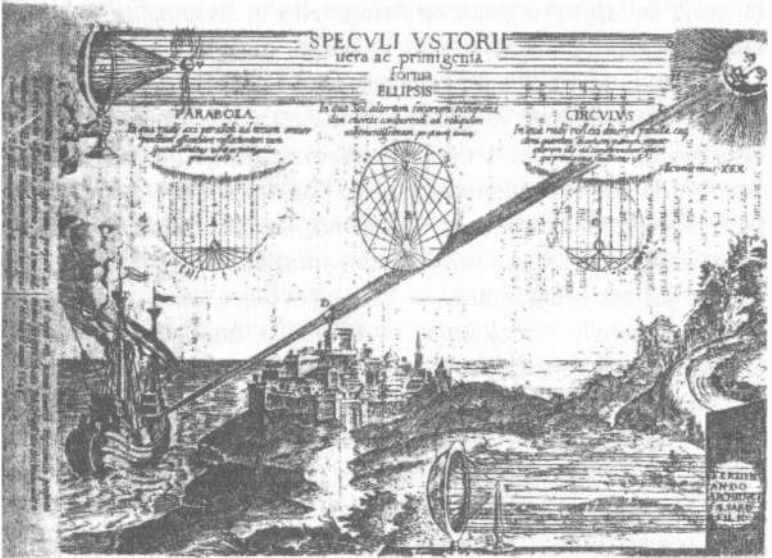
“Eureka!” öyküsüne ilişkin olarak Vitruvius tarafından tasarlanan yönteme göre altın-gümüş alaşımlı tacın ağırlığı “W”, içindeki altının ağırlığı “ w_A ”, gümüşün ağırlığı ise “ w_G ” olsun ($W=w_A+w_G$). Alaşımlı altın tacın hacmi “V”, onunla aynı ağırlıktaki saf altından yapılmış tacın hacmi “ V_A ” ve aynı ağırlıktaki saf gümüş tacın hacmi de “ V_G ” olsun. Bu durumda alaşım tacın içindeki altın ve gümüş paylarının ağırlık oranı:

$w_A \cdot V_A / W + w_G \cdot V_G / W = V$; $w_A \cdot V_A + w_G \cdot V_G = (w_A + w_G) V$; $w_A / w_G = (V_G - V) / (V - V_A)$, olur.

Arkhimedes'in kaldırma ilkesi, [Kuvvet x Kuvvet Kolu = Yük x Yük kolu] şeklinde özetlenebilir. Arkhimedes'e yakıştırılan ve yapımını denetlediği dev boyutlu bir geminin suya indirilişi sırasında Kral II. Hieron'a yönelik olarak söylediği ileri sürülen ünlü “*Bana bir dayanak noktası verin, dünyayı yerinden oynatayım!*” sözü, İskenderiye’li matematikçi Pappus’un (3. yüzyıl ilk yarısı) *Synagoge Mathematicae* (Matematik Derlemesi) (340) adlı eserinde yer almış ve



ŞEKİL 6. İtalya'da Floransa'daki ünlü Uffizi Galerisi'nin (Galleria degli Uffizi) Matematik Salonu'nda yer alan duvar resminde, çukur aynalardan yansıtılan ışınlar yardımıyla Marcellus yönetimindeki düşman gemilerinin yelkenlerinin Arkhimedes tarafından yakılması [Giulio Parigi (1571-1635), 1600 yılı dolay].¹⁹



ŞEKİL 7. Arkhimedes'in, İÖ 214 yılında yakıcı ayna ile Siracusa'daki Roma gemilerini ateşe vermesi [Athanasius Kircher, *Ars magna lucis et umbræ in decem libros digesta...* (Işık ve Gölgenin Büyük Sanatı Üzerine On Kitap), Roma, 1671].²⁰

Konstantinopolis’li filozof Diodakos Proklos (411-485) tarafından da aktarılmıştır. Kaldıraç ilkesini çeşitli şekillerde kullanan Arkhimedes, uzağa taşlar fırlatan mancınıklar, vida, palanga ve dişli çarklardan başka düşman gemilerine karşı geliştirdiği silahlarla da tarihe geçmiştir. Bunlardan biri olarak Arkhimedes’in, düşman gemilerini, Mısır’da sulamada kullanılan burgu pompayla püskürttüğü basınçlı sularla batırdığı söylenir. Arkhimedes’in geliştirdiği taş atan mancınıkların, 80 kg’lık taş gülleleri 200 m uzağa fırlatabildiği söylenir. Bilim dünyasında tartışılan bir başka silahı ise, diz çökmüş askerlerin yan yana dizilerek tuttukları düz tunç aynalarla yansıttığı güneş ışınları yardımıyla düşman savaş teknelerinin yelkenlerini yakmasıdır (ŞEKİL 6, ŞEKİL 7).¹⁸

Arkhimedes’in tüm yazıları içinden günümüze, yalnız onun matematik çalışmalarından bir kısmı ulaşmıştır. Bu kadarı bile, en azından onun, Eskiçağ’ın en büyük matematikçilerinden biri olduğunu göstermeye yetmektedir. 950 yılı dolayında Bizans İmparatoru Konstantinos VII. Porphyrogenetos (yön. 913-959), adamlarını Roma’ya ve Sicilya’ya gönderip Arkhimedes’in elyazmaları buldurarak Konstantinopolis’e getirtmiş ve bunlar bir kitapta toplanmıştır. 1923 yılında Marie Louis Sirieix adlı bir Fransız gezginin İstanbul’da satın alarak Fransa’ya götürdüğü “Arşimed Kodeksi” adı verilen elyazmalar, oradan da Amerika’ya ulaşmıştır. Yine Arkhimedes’in, İstanbul’da 1906 yılında tarihçi Johan Ludvig Heiberg (1854-1928) tarafından *Yöntem* adlı eseri keşfedilmiş, bir süre ortadan kaybolduktan sonra yakın geçmişte Chirstie’s müzadeyesinde 2 milyon dolar gibi yüksek fiyata satılmıştır. Eskiçağ’ın diğer ünlü matematikçileri ise Knidos’lu Eudoksos (~İÖ 408-355), Eukleides ve Perge’li (Perga’lı) Apollonius (İÖ 262-180) idi. Arkhimedes’in bir dizi yazıları *Mekanığın Öğeleri* başlığı altında toplanmış olup bunlar arasında fizik konulu *Ağırlık Merkezi Üzerine*, *Kaldıraç Üzerine*, *Peri Oc-houmenon* (Yüzen Cisimler Üzerine), *Hidrolik Saatler Üzerine* ve *Teraziler Üzerine* başlıklı olanlar bulunmaktadır.²¹

Marcus Tullius Cicero (İÖ 106-43), Marcellus tarafından savaş ganimeti olarak Roma’ya getirilen, Arkhimedes tarafından inşa edilmiş olan ve olasılıkla suyla çalışan iki adet küresel planetaryumdan (güneş sistemi ve diğer yıldızların hareketlerini taklit eden ve bu-

nun görünümünü maket şeklindeki yapay gökkubbeye yansıtan düzenek) birini görmüş ve Arkhimedes'in bu başarısını betimlemiştir. Arkhimedes'in böyle planetaryumların üretimi konusunda günümüzde kayıp olan bir metin kaleme aldığı da sanılmaktadır. Plutarkhos, Arkhimedes'in sonsuz dişli, dişli çark, halat, palanga vb. öğelerden inşa ettiği bir makine ile, çok sayıda insan tarafından hareket ettirilemeyen, karaya oturmuş bir yolcu ya da yük gemisini, herhangi bir kölenin yardımı olmaksızın ve tek başına, zahmetsizce kendi elleriyle çekerek suyun içine çekerek kurtardığını bildirmiştir. Günümüze ulaşan kimi yazılarından kuşku götürmez şekilde anlaşılacağı üzere Arkhimedes, kendi buluşlarında Aristotelesçi evren tasarımına başvurmamış ve Aristoteles'ten farklı bir doğa kavramına sahip olmuştur. Bu doğa kavramı ona, örneğin prizma, koni, silindir, küre ve bunların kimi kesik biçimlerinin alan ve hacimlerini bulmaya yönelik çözümler üreterek geometrik büyüklüklerin doğal özelliklerinden söz etmeyi ve olgulara daha somut yaklaşmayı sağlamıştır. Siracusa kralının akrabası ve dostu olan Arkhimedes, Siracusa kentinin savunma tesislerinin yapımı, içinde 1700 tonluk dev bir geminin de yer aldığı çeşitli gemilerin inşası ve kente su sağlanması gibi konularda hizmet vermiş olmalıdır.

İÖ 212 yılında Siracusa'nın Romalılarca kuşatılması ve sonunda ele geçirilmesi Polybios, Titus Livius (İÖ 59-İS 17) ve Plutarkhos tarafından anlatılmıştır. Bu yazarlar arasında, Siracusa'nın alındığı yıllarda doğan Polybios, zaman bakımından Arkhimedes'e en yakın dönemde yaşayan kimsedir. Polybios, tarihçiliğinin yanı sıra politikacı ve asker olup kuşatma tekniğine ilişkin sorunlarla da ilgileniyordu. Ancak her üç tarihçi de, kuşatma ordularına karşı yakıcı aynaların kullanıldığına değinmemiştir ve olasılıkla da doğru değildir. Öte yandan, 514 yılında Konstantinopolis'in (İstanbul) savunulmasında düşman donanmasını yakmak üzere böyle bir yakıcı ayna düzeneği kullanılmıştır. Arkhimedes'in, bir geometri probleminin çözümü ile uğraştığı sırada, Siracusa'yı istilâ eden Roma Generali Marcellus'un (İÖ 3. yüzyıl) bir askeri tarafından öldürülme sahnesi (bu sırada söylediği "*Dikkat et! Şekillerimi bozacaksın!*" sözüyle de ünlenen sahne), birçok sanatçının işlediği bir konu olmuştur. (SEKİL 8).¹⁹



ŞEKİL 8. “Arkhimedes’in Ölümü”nü gösteren bir gravür [Fransız ressam Gustave Courtois’ın (1853-1923) özgün tablosundan].¹⁹

Plutarkhos’un *Vita Marcellus* (Marcellus’un Yaşamı) adlı eserinde anlattığına göre Marcellus, Siracusa’ya denizden ve karadan saldırır. Coğrafi olarak kent, doğal bir kale gibidir ve 75 yaş dolayındaki Arkhimedes, kişisel olarak kent savunmasını yönetir. Kent surlarına güçlü mancınıklar ve arbaletler yerleştirilir. Kent düştükten sonra Arkhimedes’in ölümünden büyük üzüntü duyan Romalı Komutan Marcellus, onun onuruna bir anıt diktirir. Küre ile silindirin hacimleri arasında “*Kürenin hacmi, onu çevreleyen silindirin hacminin üçte ikisine eşittir*” şeklindeki ilişkiyi keşfetmiş olan Arkhimedes, sağlığında arkadaşlarına, mezarında bir silindir içine çizilmiş küre şeklinde bir figürün oyulması arzusunu ifade ettiğinden, onun mezarının yapımında Romalılar, bu dileği yerine getirmişlerdir. Ancak daha sonra Arkhimedes’in mezarı kaybolmuş olup tam yeri bilinmemektedir.¹²

ORTAÇAĞ İSLÂM DÜNYASINDA FİZİK BİLİMLERİ

İslâm bilimleri içinde, modern anlamıyla fiziğe karşılık gelen bağımsız bir disiplin yoktu. Fiziğin yanı sıra yaşam ve yerbilimlerini de içine alan doğa felsefesi (“*tabiiyyat*”) vardı. Doğa felsefesinin ilkeleriyle ilgili Müslüman düşünce yönelimlerinin en yaygını, hiç kuşkusuz Meşşâiye okuludur. Meşşâiye felsefesi el-Kindî ve Ebu Nasr Muhammed el-Fârâbî (“*Alpharabius*”) (870-950) tarafından kurulmuş, daha sonra İbn Sina (“*Avicenna*”) (980-1037) tarafından sürdürülmüş ve İbn Rüşd (“*Averroes*”) (1128-1198) tarafından doruğa yükseltilmiş, Ebu Hâmid ibn Muhammed el-Gazzâlî (“*Algazel*”) (1058-1111) ise Meşşâiliğin güçlü bir eleştirisini yapmıştır. "Meşşâiye", sözcük anlamı, "yürüyenler" ("peripatetikler") olup Aristoteles'in derslerini “*Lykeion*”da (Lat. “*Lyceum*” → lise) yürüyerek anlatmasından esinlemeyle Aristotelesçi görüş yandaşları için kullanılmaktadır. Bu filozoflar Aristoteles'in, evrenin yaratılmayıp ezelden beri var olduğu (öncesizliği), Tanrı'nın ilk hareketi ve düzeni sağladıktan sonra evrene karışmadığı yolundaki, *Kur'an*'la açıkça çelişen tezlerinin dışında, Aristoteles sisteminin geri kalan öğelerini İslâm düşüncesi ile bağdaştırmaya çalıştılar.²² Bu okul, öteki alanlarda olduğu gibi bu alanda da Aristoteles'i çoğunlukla İskenderiyeli yorumcuların gözleriyle görmüş ve gerçekte Aristoteles'i bu alanda felsefenin diğer dallarında olduğundan daha yakından izlemiştir.

Yakub ibn İshak el-Kindî (“*Alkindus*”) (803-873), birçok yapıtında kuramsal ve pratik fizik konularına değinir. İbn Sina'nın fiziğe ilişkin düşünceleri ise *Kitab el-Şifâ* ve *Kitab el-Necât el-Işârât ve'l-Tenbihât* adlı yapıtlarının kimi bölümlerinde yer almaktadır. Optik konusunda en değerli yapıtlar Ebu Ali Hasan ibn el-Heysem'in (“*Alhazen*”) (965-1040) *Kitab el-Menâzır* (Optik Kitabı), Kutbeddin el-Şîrâzi'nin (1236-1311) *Nihâyet el-İdrak*'ıdır (Anlayışın Sınırı).

İslâm dünyasında tıbbın çok gelişen bir dalı, çöller ve tropik ülkelerde çok rastlanmaları nedeni ile göz hastalıklarının araştırılması olmuştur. Göz üzerinde yapılan ameliyatlar, gözün yapısı konusunda yeni bilgilerin uyanmasına neden olmuştur. Böylece Arap fizikçileri tarafından saydam cisimlerden geçen ışığın incelenmesi, modern optik biliminin kurulmasına yardımcı olmuştur.²³

İslâm Bilginlerinde Atom Kavramı

Müslüman düşüncesindeki atom öğretisinin kaynağı, her şeyden önce Yunan doğa felsefesidir. Ama onun benimsenmesi ve işlenerek genişletilmesi, dinbilimsel tartışma gereksiniminden kaynaklanmıştır. Buna göre doğa, kendiliğinden oluşmamıştır; bu oluşum Tanrı'nın bir yaratma eylemidir. Doğa sonsuz (ebedî) bir tanrısal düzen değildir; aksine bu dünya, geçmişteki varlığının yeniden yaratılışı olarak görülmektedir. Madde değişir, sürekli kalmayabilir; çünkü ancak ebedî olan değişmez.

İslâmcı atom görüşüne göre atomların hacmi yoktur, ama onların uzayda kapladıkları yerler vardır ve konumlarıyla uzayı doldururlar. Çağdaş “ideal gaz” varsayımına uyacak şekilde onlar noktasal düşünülen birimler olup, onlardan uzaysal madde evreni yapılanmıştır. Onlar arasında boşluk bulunmalıydı; yoksa atomlar birbirleri içine geçmiş olacaklarından herhangi bir hareket mümkün olmayacaktı. Her bir değişim birleşme ve ayrılmaya, hareket ve durgunluğa yol açacaktı.

Aynı hıza sahip hızlı ve yavaş hareketlerden ikincisinin daha uzun bir durgunluk noktası vardı; ama yavaş olanın hızlıya yetişmesi, bu arada sıçrama yapmasıyla gerçekleşirdi.

İslâm atomculuğu maddeci karakterde olmayıp dinbilimsel ve metafizik bir atomculuktur. İslâm akılcılığının temsilcileri

olan Mu'tezile'den Ebu'l-Huzeyl el-Allâf'a (ölm. 841) göre atomların en, boy ve yüksekliği yoktur; bölünmez ve parçalanmazlar; hareket edebilirler, ayrılıp birleşebilirler, renk ve kokuları yoktur. Eş'arî'lerden Fahreddin Râzî'ye (1149-1209) göre ise maddeden başka uzay, zaman ve hareket de atomlardan oluşmuştur.

İslâm düşünce tarihinde Eski Yunan atomculuğunu ilk eleştiren, el-Allâf'ın yeğeni ve Mu'tezile imamlarından Ebu İshak İbrahim ibn Seyyar el-Nazzâm'dır (ölm. 845). El-Nazzâm'a göre hiçbir bütün, bölünemez değildir, madde sonsuza dek bölünebilir.

El-Nazzâm, maddelerin atomlardan değil de rastlantılardan oluştuğunu, rastlantıyı da maddenin bizzat kendisi ya da onun bir kısmı olarak kabul etmiştir. Buna göre ateş ya da ısı, örneğin odunun içinde, gizli bir şekilde vardır ve sürtme sırasında onun zıddı olan soğukluk, yok olmaktadır. Burada bir hareket olmakta, ama nitel bir değişim olmamaktadır. Renk, tat ve koku gibi duyusal nitelikler, el-Nazzâm'a göre cisimdirler.

Genellikle Mu'tezile ve Eş'arî gibi sünnî kelâm okulları, dinbilim bağlamında maddenin atom'lardan (Ar. “*cüz'ü lâyetecezzâ*”), ancak Demokritos'un atomlarının tersine, boyutsuz olan atomlardan oluştuğuna inanmışlardı. Onlara göre ateş, doğası yakıcı olduğundan değil, Allah öyle olmasını istediği için yakar. Bu durum, insan zihninin, yanmayı ateşin bir sonucu olarak görme alışkanlığından başka bir şey değildir.

Akılcı felsefeyi temsil eden Mu'tezile ilkelerine bağlı olarak Basra'da yetişen 10. yüzyıl dinbilimcilerinden Ebu Hâşim ve yandaşları, Aristotelesçi ve Yeni-Platoncu felsefeden aldıkları esinle, “*cüz'ü lâyetecezzâ*” ya da “*cevher-i ferd*” adı verilen küp şeklinde bir atomun bütün nesnelerin özünü ve başlangıcını oluşturduğunu, bunların uzayda özel bir yer tuttıkları ve çeşitli fiziksel özellikleri sahiplendikleri ilkesine dayanan bir kuramdan yana olmuşlardır. Bu tutum, Mu'tezile'den olan Basralılarla, kelâm bilimi yanlısı olan Bağdatlı bilginler arasında anlaşmazlığa neden olan bir sorundu. Basralıların en önemli ayrılık noktası ise Allah'ın cisimleri yaratmadığını, belki onları nitelik halinden varlık haline getirdiğini ve onlar var olunca hareket-durgunluk-birleşme-ayrılma gibi kimi zorunlu niteliklere sahip olduklarını ve özellikle maddenin, atomların yok olmasının ancak bütün evrenle birlikte olabileceğini ileri sürmeleri idi.

Kelâmcıların başında gelen, Ebu'l-Hasan el-Eş'arî'nin (873-936) öğrencisi olan Ebubekir Bakıllânî ise Bağdat'ta bu kurama karşıt olarak atomculuğu İslâm dinbilimiyle uzlaştırmaya çalışmıştır. Kelâmcılara göre Basra Mu'tezile'sinin söylediği gibi bir zorunluluk ya da doğal yasalar yoktur. Madde, oluşunca zorunlu olarak kimi fiziksel nitelikler kazanmaz, gerektiğinde her an Allah tarafından bu nitelikler yeniden yaratılırdı.

Kısacası Basrada Mu'tezile yanlıları, bilimin temeline uygun olarak bir yasallık, bir nedensellik aradığı halde, Bağdat'ta Eş'arî'ler bundan başka türlü düşünüyorlar ve doğada bir yasal zorunluluğun bulunmayıp her şeyin Allah'ın iradesine bağlı olduğunu ileri sürerek dinle bilim arasında bir çatışma ortaya koyuyorlardı. Daha sonra neredeyse bütün düşünce yönelimlerinin önde gelen filozof ve dinbilimcileri, Eş'arî'lerin görüşlerine karşı çıktılar ve nedenselliği savundular. Bu arada sert tartışmalar yaşandı. Bunların en tanınmış, farklı dönemlerde yaşamış olan el-Gazzâlî ile İbn Rüşd'ün eserleri arasında geçenydi.²⁴

Avrupa'da David Hume (1711-1776), nedensellik anlayışına karşı çıkarken Müslüman kelâmcılarınkilerle neredeyse aynı kanıtları ileri sürmüş ve kimi durumlarda onların verdiği örneklerin aynısını kullanmıştı.

El-Kindî'ye göre ise cisimler Allah tarafından yaratıldığı için atomlar maddenin ilkesi olamazdı. Cisim, sonlu ve bölünebilir olduğu gibi hareket, zaman ve uzay da sonlu, sınırlı ve bölünebilirdi. Ayrıca el-Kindî, atomların içinde yüzdüğü boşluğun mutlak varlığını da reddediyordu. Yine ona göre madde sonsuza dek bölünebildiği için hem öncesiz değildi hem de yok olucuydu.

Ünlü simyacı Câbir ibn Hayyan'ın (720-813), o zamanın Harran Üniversitesi'nde öğrencilerine şunları anlattığı söylenir: *"Maddenin en küçük parçası olan 'cüz'ü lâyetecezzâ'da (atomda) yoğun bir enerji vardır. Yunan bilginlerinin iddia ettiği gibi bunun parçalanamayacağı söylenemez. O da parçalanabilir. Parçalanınca da öylesine bir kudret (enerji) meydana gelir ki, Bağdat'ın altını üstüne getirebilir."*²⁵

Mevlâna Celâleddin Rûmî (1207-1273), atom konusunda dinbilimsel anlamda ve simgesel olarak şunları der: "*Bir atomu kesersen, içinde bir güneş ve güneş çevresinde dönen gezegenler bulursun*". Malkara'lı Yahya ibn Pîr Ali Nevî (ölm. 1598) ise atomun bölünebileceğini savunarak, "*Temelde kesilerek, kırılarak, düşünsel ya da hayâlî bile olsa bölünemeyecek olan şey, atomdur; oysa atom uzayda yer kaplar, hareket eder, sağı solu vardır; o halde iki yanı vardır; iki yanı olan şeyse bölünebilir*" der.²⁴

İbn el-Heysem (965-1040) ve Optiği

Fiziksel optik, meteorolojik optik, katoptrik, diyoptrik, yakıcı aynalar, gözün fizyolojisi ve algısal psikoloji alanlarında araştırmalar yapmış olan İbn el-Heysem'i, Latin skolastikleri "*Alhazen*" diye adlandırırlar. Kendisine ayrıca "*Ptolemaeus Secundus*" (İkinci Batlamyus; Arapça'da "*Batlamyus-i Sâni*") lakabı da verilmiştir. İbn el-Heysem'in fizikte olduğu kadar tıptaki ustalığını da gösterdiği *Kitab el-Menâzır* (Optik Kitabı / Görüntüler Kitabı / Optik Hazinesi) adlı yapıtı, gözün anatomisi ve fizyolojisi ile başlar. Burada beyinden çıkan optik sinirden başlayarak gözün kendisine kadar konjonktif, iris, kornea ve mercek gibi kısımlardan her birinin görme olayındaki rolü ustaca resimlenmiştir. Gözün çeşitli kısımları arasındaki ilişki ve görme olayı sırasındaki bütün bir organ ve dioptrik (merceklerin ışığı kırmaları ile ilgili) bir sistem olarak gözün nasıl iş gördüğü gösterilmiştir. İbn el-Heysem burada gözün kısımlarını şöyle adlandırmıştır: "*El-sebakiye*" (retina), "*el-kurniye*" (kornea), "*el-sa'il el-ma'i*" (göz sıvısı), "*el-sa'il el-zucâci*" (İng. "*vitreous humor*"; gözün retinayla çevrili boşluğunu dolduran pelte koyuluğundaki saydam ve renksiz sıvı) vb.²⁴

İbn el-Heysem'in ünlü yapıtı, 12. yüzyılda Cremona'lı Gerard (Gherardo) (1114-1187) tarafından *Opticae Thesaurus Alhazeni* (El-Heysem'in Optik Hazinesi) başlığı altında Latince'ye çevrilmiş ve Batı dünyasını 600 yıl boyu etkilemiştir. Kitap, gözün yapısı, yanılısma (illüzyon), serap olayı, perspektif, ışığın kırılması ve fotoğraf makinesinin atası olan "karanlık oda"dan (sözcüğü sözcüğüne Ar. "*beyt el-muzlîm*" → La. "*camera obscura*" "karanlık oda") söz etmekte ve

böyle bir delikli kamera ile ters görüntü elde edileceğini belirtmektedir. Ibn el-Heysem burada “karanlık oda”nın, güneş tutulmalarının gözlemlenmesinde kullanılmasını önermektedir. İskenderiye’li astronom, matematikçi ve coğrafyacı Claudius Ptolemaios (Batlamyus) (108-168), *Almagest* (Büyük Derleme) (~150’ler) ve *Optik* adlı yapıtlarında görme ve yansıma kuramını işlemiştir. Batlamyus’un *Optik* adlı eserinin, ancak Sicilya’lı Emîr Eugene tarafından yapılmış Latince çevirisi günümüze kalmıştır. Görme konusunda Ibn el-Heysem’e kadar geçerli olan kuram, Eukleides ve Batlamyus’un ortaya attıkları ve görme olayının, gözün görülecek nesneye yolladığı ışınlarla gerçekleştiğini öne süren kuramdı. Ibn el-Heysem bu kuramı reddederek olayın bunun tam tersi olduğunu ve gözün, nesnenin yolladığı ışınları algılayarak o cismi gördüğünü ortaya attı.²⁴

Ibn el-Heysem, aydınlatılmış bir alandaki her nokta ya da nesnenin her doğrultuda ışık ışınları yaydığını, ama bu ışıklardan yalnızca birinin göze dik olarak çarptığını ve ancak bunu görebildiğimizi söyler. Diğer ışınlar farklı açılarda yayılırlar ve görünmezler. Gölge, tutulma olayları ve gökkuşağı gibi çeşitli fiziksel görüngülere ilişkin kuramlar geliştirmeye çalıştığı eserinde, ışığın büyük ama sonlu bir hıza sahip olduğunu ve ışığın kırılması olayının ışığın farklı maddeler (ortamlar) içindeki hızlarının farklı olmasından kaynaklandığını duyumsatan ifadelerle yer vermiştir. Ayrıca küresel ve parabolik aynaları incelemiş, bir mercek yardımıyla kırılma olayının odaklama sonucu nasıl görüntü oluşturduğunu, görüntüyü nasıl büyütebildiğini anlamış ve küresel bir aynada niçin sapma meydana geldiğini matematiksel olarak kavramıştır. Işık hızının ilk nicel kestirimi 1676’da astronom Ole Christensen Rømer (1644-1710) tarafından, Jüpiter’in uydusu Io’nun dönme süresinin bir teleskop yardımıyla ölçümü ile yapılarak 228 bin km/s olarak verilmiş; astronom James Bradley (1692-1762) ise ışık hızını 1728 yılında yıldız ışığının sapması üzerinden 283 bin km/s olarak belirlemiştir. 1848 yılında ısıktaki “Doppler etkisi”ni keşfeden Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896), 1849’da dişli çark yöntemiyle ışık hızını 298 bin km/s olarak ölçmüştür. 1851 tarihli sarkaç deneyi ile ünlenen Jean-Bernard Léon Foucault (1819-1868) ise 1850 yılında döner ayna yöntemiyle laboratuvar da ilk olarak ışık hızını 298 bin km/s olarak belirlemiştir.

İbn el-Heysem, gözden çıkan ışınlar konusunda şunları söyler:

- 1) Karanlıkta göremiyoruz. Işınlar gözden cisme doğru gitseydi, karanlıkta da görmemiz gerekirdi.
- 2) Kuvvetli bir ışığa baktığımızda gözlerimiz kamaşır. Eğer ışınlar gözden çıksaydı, kamaşmaması gerekirdi.
- 3) Karanlık bir odanın tavan ya da duvarında bir delik açarsak yalnızca o noktadan gelen ışığı görürüz. Oysa ışınlar gözümüzden çıksaydı her tarafı görmemiz gerekirdi.
- 4) Yıldızlara baktığımızda, anında onları görürüz. Eğer ışınlar gözden çıkmış olsaydı, yıldızları görmemiz için belirli bir süre geçmesi gerekirdi.

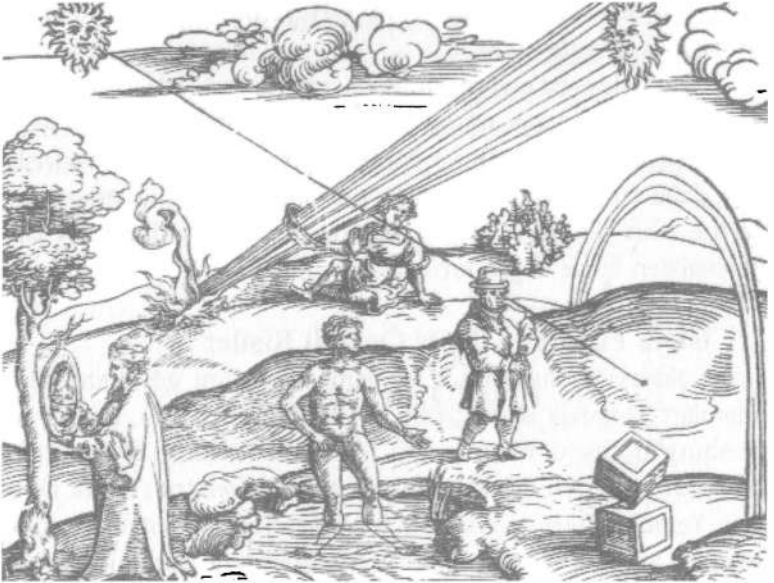
İbn el-Heysem'in ünlü yapıtına yorumlar, Doğu'lu yazarlarca çokça yapılmış, ama onun ardıllarının çoğu, onun görme kuramını benimsememişlerdir. Ancak el-Birûnî ve İbn Sina, birbirlerinden bağımsız olarak İbn el-Heysem'in, *"görmeyi sağlayan şey, gözden çıkarak nesneye giden ışınlar değildir; tersine, algılanan nesnenin görünümü, gözün içine doğru gider ve gözün saydam cismi (yani mercekler) tarafından biçimi değiştirilerek şekillenir"* biçimindeki düşüncesine katılmışlardır. *Kitab el-Menâzır*'ın Arapça özgün metni yitikse de Latince çevirisi günümüze dek erişmiştir.²⁴

İbn el-Heysem, tüm zamanların en büyük fizikçilerinden biri olarak kabul edilir. Optik konusunda en yüksek düzeyde deneysel çalışmalar yapmıştır. O, *"bir ortamdan geçen bir ışık ışınının, en kolay ve çabuk olan yoldan gideceğini"* bildirmiştir. Böylece birkaç yüzyıl önceden, Pierre de Fermat'ın (1601-1665) "en küçük süre ilkesi"ne katkıda bulunmuştur. Yine o, daha sonradan Isaac Newton'ın (1642-1726) "Birinci Hareket Yasası" olacak olan Eylemsizlik Yasası'ndan söz etmiştir: *"Her cisim, hareketini değiştirecek kuvvetler uygulanmadığı sürece, bulunduğu konumu korur ya da doğrusal bir yörüngede düzgün hareketini sürdürür"*. Roger Bacon'ın (1214-1294) 1267 yılı dolayında tamamladığı *Opus Majus* (Büyük Yapıt) adlı yapıtının V. bölümü, pratik olarak İbn el-Heysem'in ünlü yapıtının bir alıntısı niteliğindedir. İbn el-Heysem, ışığın kırılma sürecini mekanik terimler cinsinden tanımlamıştır. Ona göre, *"iki ortamın ayrılma yüzeyi boyunca geçen 'ışık parçacıkları'nın hareketi, kuvvetlerin bileşke yasasına uyar"*. Bu yaklaşım daha sonraları Newton tarafından yeniden keşfedilerek islenmiştir.²⁴

İbn el-Heysem'in araştırmaları hem astronomik gözlemler hem de meteoroloji bakımından çok önemliydi. İbn el-Heysem atmosfer kalınlığı, göksel olayların gözlemlenmesinde atmosfer etkisi, alacakaranlığın başlangıç ve sonu (bu durumlar güneş ufku 19 derece altındayken başlıyor ve bitiyordu), güneş ve ayın ufukta gökyüzünün ortasında görüldüğünden daha büyük görünmesinin nedeni ve benzeri olayların optik sonuçları üzerine pek çok konuyu günyüzüne çıkarmıştı.

İbn el-Heysem, aynı zamanda hem filozof, hem matematikçi, hem de deneyci idi. Deneyleri için kullandığı mercekler yardımıyla bir düzenek tasarladı. "Karanlık oda" üzerinde ilk kez matematiksel incelemelerde bulundu. Güneş tutulması sırasında güneş imgesinin yarımay şeklini, bir pencere kepenginde oluşmuş küçük bir deliğin zıt yönündeki duvar üzerinde gözlemleyerek, "karanlık oda"nın ilk denemesinde bulunmuştur. İbn el-Heysem, ışığı, atmosferin küresel sınırında yansımaya uğrayan bir tür ateş olarak nitelemiştir. *Alacakaranlık Görüngüleri Üzerine Kitap* adlı yapıtının günümüzde yalnızca Latince çevirisi (*Liber crepusculis*) mevcuttur. Onun bu konudaki başka incelemeleri gökkuşağı, ışık hal-kalanması (hâle), küresel ve parabolik aynalar üzerinedir. Bunlar ve güneş tutulması ile gölge konularına ilişkin öteki kimi kitapları yüksek oranda matematiksel karakter taşımaktadır. Bu hesaplamalara dayanak olması için, metalden böyle aynalar yapmıştır. Işık ışınlarının, hava ve su gibi farklı yoğunluktaki ortamlardan birinden diğerine geçerken kırılmaları konusunda açıklamalarda bulunmuş, bunlara dayanarak atmosfer tabakasının kalınlığını şaşılacak denli doğru hesaplayarak 15 kilometre olduğu sonucuna varmıştır. Yalnız içbükey aynalarda görüntüyü büyütme ve güneş ışınlarını bir noktada toplama etkilerini incelemekle kalmamış, pertavsızlarla ve merceklerle de bu tür incelemeler yapmıştır. İlk olarak, okunacak yazıları büyütmede kullanılan bir yüzü düz, öteki yüzü dışbükey bir mercek ("okuma taşı") betimlemiştir. Işık ışınlarının su ve hava gibi saydam ortamlar boyunca kırılmasını incelerken, suya daldırılmış yuvarlak dipli cam kaplarla oluşturduğu küre kesmeleleriyle yürüttüğü deneylerinin ayrıntısında, büyüteçlerin kuramsal keşfine hemen hemen vakıf olmuştur. Bu buluş pratik olarak İtalya'da

üç yüzyıl sonra gerçekleşmiş, kırılmaya ilişkin yasanın 1620'de Willebrord van Roijen Snell (Snellius) (1580-1626) ve René Descartes (Renatus Cartesius) (1596-1650) tarafından bulunması için ise altı yüzyıldan daha uzun bir süre geçmesi gerekmiştir. Snell, açılarının trigonometrik sinüs değerleri yer aldığı için "sinüs yasası" diye de bilinen kırılma yasasını, 1621 yılı dolayında ifade etmiştir. 13. yüzyılda Roger Bacon ve Ortaçağ Batı dünyasının optikle ilgilenen başta Erazm Ciolek Vitellio (Witelo) (1225-1290) gibi öteki yazar ve araştırmacıları, kendi optik çalışmalarında büyük ölçüde İbn el-Heysem'in bu ünlü eserine (Latince'si *Opticae Thesaurus...*) dayanmışlardır (ŞEKİL 9). Bu yapıt, Leonardo da Vinci (1452-1519) ve Johannes Kepler'i (1571-1630) de etkilemiştir.²⁴



ŞEKİL 9. Optiğin klasik sorunları: 13. yüzyıl Polonyalı fizikçisi Vitellio'nun (1225-1290) Vitellionis mathematici doctissimi... (Çok Bilgili Matematikçi Vitellio'nun... Üzerine Kitabı) (Nürnberg, 1535) adlı optikle ilgili eserinin başlık sayfasında yer alan bu resimde, optik kuramcıları tarafından araştırılan, ışıkla ilgili geleneksel sorunlara ilişkin çeşitli sahneler yer almaktadır. Bu sorunlardan biri, ışığın doğrusal yayılması olup güneşten çıkan bir ışınla gösterilmiştir. Diğer biri, güneş ışınlarının ısıtıcı gücü olup bunlar bir mercekle aracılığıyla bir nesne üzerine odaklandığında onu yakmaktır. Yansıma, bir ayna ile; kırılma, suyun içine kısmen girmiş bir adamın ayaklarının kırılmış gibi bir görünümüyle verilmiştir. Kuşkusuz, gökkuşağı da dairesel bir kırılma olarak gösterilmiştir. ²⁴<https://rantey.org>

İbn el-Heysem, daha önceki yaşam yıllarında Mısır'da Nil taşkınlarını önlemek üzere görevlendirildiği sıradaki başarısızlığının ertesinde kendisini deli gibi göstererek kapandığı hapishanesinde, ondan sonra da kavuşmuş olduğu özgürlük yıllarında yürütmüş olduğu deneylerde, geometrik optiğin bütün alanlarıyla uğraştı. Bütün bunların ötesinde İbn el-Heysem, matematikte ancak dördüncü dereceden bir denklemle çözümlenebilecek ve "Alhazen problemi" diye kendi adıyla anılacak olan problemi de çözmüştür. "Alhazen problemi", küresel bir dışbükey ya da içbükey ayna, bir nesne ve onun aynaya yansıyan görüntüsü verildiğinde, yansıma noktasının bulunmasıdır. Bu problemin çözümü, bizi İbn el-Heysem'in geometrik yolla çözdüğü dördüncü dereceden bir denkleme götürür. İbn el-Heysem bunu, bir hiperbol yardımıyla çözmüştür.²⁴

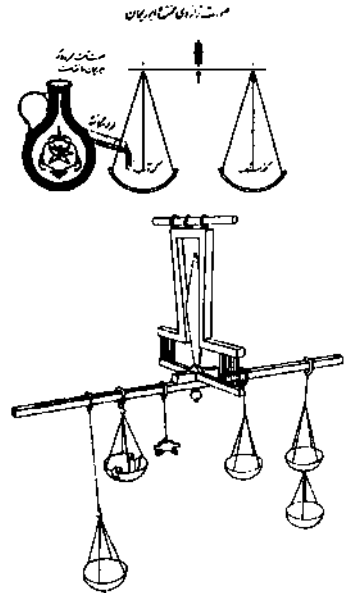
İbn el-Heysem'e göre ışının alacağı yol "en kolay ve en hızlı" olacaktır; yani ışın, eğer yoğun ortama giriyorsa, daha büyük bir dirençle karşılaşacak ve hareketi zorlanacaktır. Bu nedenle ışın, daha rahat edebileceği bir yöne, normal'e (girdiği ortam yüzeyine olan dikmeye) doğru bükülecektir; tersi durumda ise, normal'den öteye doğru kırılacaktır.

İslâm Fiziğinde Diğer Önemli Kişiler

Gökkuşağı oluşumunu açıklama başarısını gösteren bilim adamları, Doğu'da Kemâleddin el-Fârisî (ölm. 1320), Batı'da ise Freiburg'lu Theodorik'tir (1250-1311). Kemâleddin el-Fârisî'nin bu başarıyı gösterdiği eseri olan *Tenkîh el-Menâzır* (Optik Üzerine Yeniden Değerlendirme), İbn el-Heysem'in kitabı üzerine yazılmış ayrıntılı bir yorumdur ve Theodorik de özellikle kırılma konusundaki bilgilerini yine İbn el-Heysem'den edinmiştir.²⁸

Leonardo da Vinci öncesi dönemde Endülüs'lü Ebu İbn Firnas'ın (ölm. 887), insanların uçabilme konusundaki büyük isteğini karşılamaya yönelik olarak "delta (çatal) kanatlı" uçuş düzeni geliştirerek uçtuğu söylenir.²⁴ İslâm dünyasında mekanik ve dinamik konusunda Ebu'l-İzz İsmail İbn el-Rezzâz el-Cezzerî'nin (1136-1206) kısaca *Kitab el-Hiyel* adıyla bilinen *Kitab el-*

Câmi' Beyn el-İlm ve'l-Amel el-Nâfi' fî Sinaat el-Hiyel (Olağanüstü Makine Yapımı Üzerine Bilim ve Teknik Arasında Yararlı Bir Kitap) (bu eserin başka bir yaygın adı *Kitab fî Ma'rifet el-Hiyel el-Hendesiyye*'dir) (Diyarbakır, 1206) adlı eseri, Sâbit ibn Kurra'nın (836-901) *Kitab el-Karastûn*'u (Tartı / Kantar Üzerine Kitap) ve Benû Musa Kardeşler'in (Musa ibn Şakir'in Oğulları: Muhammed-Ahmed-Hasan) (9. yüzyıl) *Kitab el-Hiyel*'i (Otomatlar Kitabı) en önemli yapıtlar arasındadır. Ölçü ve tartı aletleri konusundaki en önemli yapıtlar arasında el-Bîrûnî'nin *Kitab el-Cemâhir fî Mârifet el-Cevâhir* (Değerli Taşlara İlişkin Çeşitli ve Değişik Bilgiler Kitabı) adlı eseri, Ebu'l-Feth Abdurrahman el-Mansur el-Hâzinî'nin (12. yüzyıl) *Kitab Mizân el-Hikme*'si (Hikmet Terazisi Üzerine Kitap) çok ünlüdür. El-Fârâbî'nin (*"Alpharabius"*) (870-950) vakum (Ar. *"halâ"*) üzerine *Risâle li-Ebî Nasr el-Fârâbî fî'l-Halâ* (Ebu Nasr el-Fârâbî'nin Boşluk Üzerine Kitapçığı) adlı kitapçığı çok önemlidir, ancak *"atom"* - *"uzay-zaman süreklisi"* (İng. *"continium"*) karşısavının tarihine özgün bir katkı getirmemektedir.



ŞEKİL 10. Üstte: El-Bîrûnî tarafından geliştirilmiş piknometreye dayalı olarak terazi yardımıyla yoğunluk belirlemesi;

Altta: El-Hâzinî'nin *Üç Renk* kitabı. Arşivi - <https://rntey.org>

Arkhimedes'in yazıları Müslümanlarca iyi biliniyordu ve onlar Arkhimedes ilkesinden de doğal olarak haberdar idiler. Abbasi Halifesi el-Me'mun (yön. 813-833) döneminde bu ilkeyi özgül ağırlık belirlemede kullanmak üzere teraziler geliştirildi. El-Bîrûnî'nin yukarıda anılan yapıtında çeşitli maden ve minerallerin özgül ağırlıklarını titiz bir şekilde ölçtüğü belirtilmektedir (ŞEKİL 10). Bu konuda en ünlü risale, Ebu'l-Feth Abdurrahman el-Mansur el-Hâzinî'nin kaleme aldığı ve 1112 yılı dolaylarında yayınlanan, hidrostatik terazi konulu *Kitab Mîzan el-Hikme* adlı yapıttır. Burada "hikmet" sözcüğü, "bilgi, bilgelik" anlamındadır.

Arkhimedes'in ünlü "Eureka!" öyküsü, anılan eserinde el-Hâzinî tarafından da dile getirilmektedir. Arkhimedes ilkesine dayanarak el-Hâzinî, bir altın-gümüş alaşımındaki iki metalin ağırlıklarını belirlemek üzere:

$$W_{\text{Gümüş}} = W_{\text{Alaşım}} \cdot \frac{1/d_{\text{Altın}} - 1/d_{\text{Alaşım}}}{1/d_{\text{Altın}} - 1/d_{\text{Gümüş}}}$$

formülünü geliştirmiştir. Buradaki terimlerin karşılıkları şöyledir: ($W_{\text{Alaşım}}$) alaşımın ağırlığı, ($W_{\text{Gümüş}}$) alaşımdaki gümüşün ağırlığı, ($d_{\text{Alaşım}}$) alaşımın özgül ağırlığı, ($d_{\text{Altın}}$) altının özgül ağırlığı, ($d_{\text{Gümüş}}$) gümüşün özgül ağırlığı.²⁴

İslâm bilginleri tarafından geliştirilen önemli bir fizik kavramı, hareket eden cismin kütlesi ile hızının çarpımını veren momentum (hareket niceliği, devinirlik) kavramıdır. Bu kavram İbn el-Heysem tarafından *Kitab el-Menâzır* (Optik Kitabı) adlı yapıtında tanımlanmış ve ona "*kuvvat el-hareket*" adı verilmiştir.

Yaşamının sonuna doğru Müslüman olan Yahudi kökenli filozof Ebu'l-Berekât el-Bağdadî (1076-1166), doğa felsefesi alanının güçlü ve özgün bir düşünürüydü. Onun *Kitab el-Mu'teber* (Geçerli Konular Kitabı) adlı yapıtı fizikle ilgili pek çok düşünce içermektedir.

Fizik alanında anılmaya değer başka bir Müslüman katkısı, Endülüs'lü filozof İbn Bâcce ("Avempace") (1108-1138) adıyla bütünleşmiş olduğu için Batı'da "*Avempacean dynamics*" adıyla bilinen kuramdır. İbn Bâcce, kuvvet (f), hız (v) ve cismin hareket ettiği ortamın direnci (r) arasında, (k) bir sabit olmak üzere, çağdaş anlatımla $v = k (f - r)$ şeklinde gösterebileceğimiz bir yasa ortaya attı. Buna göre ortamın hareketi frenleyici bir etkisi yoksa (örneğin boşlukta), $r = 0$ olup $v = k f$, yani hız, sonlu bir büyüklükte oluyordu. Oysa Aristoteles'e göre $v = k f / r$, formülüne karşılık gelecek şekilde, boşlukta ($r = 0$) bir cismin hızı, sonsuz büyüklükte olmalıydı. İbni Bâcce'nin görüşleri, Batı'da İbn Rüşd'ün, Aristoteles'in *Physika*'sının IV. kitabına yaptığı açıklamadaki İbn Bâcce'den alıntıları aracılığıyla tanındı. İlk çalışmaları sırasında Galilei, İbn Bâcce'nin kuramını benimsemiştir.

Müslümanlar yerçekimi konusunda da kapsamlı araştırmalar yaptılar ve İbn Sina, İbn el-Heysem, Ebu'l-Berekât el-Bağdâdî, Fahreddin Râzî ve İbn Bâcce gibi bilginler bu konuyla yoğun bir şekilde ilgilendiler.

OSMANLI'DA FİZİK BİLİMLERİ

14. yüzyıldan 17. yüzyıla kadar geçen süre içinde Osmanlılarda geleneksel olarak ele alınan fizik konuları şunlardı:¹

- Doğal nesnelerin görünümü (doğrudan görme optiği, perspektif),
- Işık ışınlarının farklı nesnelerde uğradığı değişimler (yansıma optiği),
- Işık ışınlarının farklı ortamlarda uğradığı değişimler (kırılma optiği),
- Görünen dünyadaki nesnelerin hareketi (mekanik),
- Nesnelerin özgül ağırlıkları (hidrostatik),
- Gökkuşağı ve hâle oluşumu (renk optiği).

Osmanlılar döneminde mekanik konusunda kaleme alınmış ilk yapıt, Alâuddin el-Kirmânî'nin Fatih Sultan Mehmed'e (yön. 1444-1446; 1451-1481) sunduğu Farsça *Bedâyi'el-'Amel fî Sanâ-yi el-Hiyel* (Otomat Yapımı Konusunda Yetkin Teknikler) adını taşımaktadır. Sultan II. Bayezid (yön. 1481-1512) döneminde fizik alanında yazılan iki kitap bulunmaktadır. Bunlardan birincisi Hasan el-Dihlevî'nin optik konulu Farsça *Risâle-i Mirâtiyye* (Aynalar Üzerine Kitapçık), diğeri de Sultan II. Bayezid'e sunulmak üzere Muslihiddin bin Sinan tarafından 1506 yılında *Risale-i Ef-lâtuniyye* (Platonculuk Üzerine Kitapçık) adıyla yazılan ve cisimlerin özgül ağırlıkları ile Arkhimedes'in hidrostatik deneyler konusunu inceleyen kitapçıktır. Bu eser, belki ilk kez olarak, Türkiye'de Eskiçağ'ın büyük fizik bilgini Arkhimedes'den söz etmektedir. Bu kitapçıkta ele alınan sorun, iki sıvının metalden oluşan bir alaşımın

içinde her bir metalden ne kadar bulunduğunu, kabı bozmadan bulmak olup Arkhimesdes'in, Siracusa kralının tacında ne kadar altın ve ne kadar gümüş olduğunu bulmaya çalıştığı sorunla ilgili olan ve “*Eureka!*” ünlemiyle sonlanan ünlü öyküsüdür (Arkhimesdes tacın hacmini belirledikten sonra onu tartmış, daha sonra bir kuyumcuya, tacın hacmine eşit hacimlerde saf altından ve saf gümüşten külçeler döktürmüş ve onları da tartmıştır. Tacın kütlesinin, saf altın külçe ile saf gümüş külçe arasında olduğunu, dolayısıyla tacın içine altından daha az yoğun bir metal olan gümüşün karıştırılmış olduğunu saptamıştır). Oysa bu kitapçıkta bir kadehin, alaşımı oluşturan metallerden ayrı ayrı modelleri yapılmaksızın, kadehi önce su içinde, sonra da havada tartıp, bulunan değerlerden hesap yoluyla saf olup olmadığını anlamaya yönelik yeni bir yöntem ele alınmaktadır. Amerikalı ünlü bilim tarihçisi George Alfred Léon Sarton (1884-1956) tarafından belirtildiği üzere alaşımların bileşimini bulma sorunu, İslâm dünyasında 12. yüzyıl matematikçilerinden Ebu'l-Feth Abdurrahman el-Mansur el-Hâzinî ve Ömer Hayyam (1048-1131) tarafından da ele alınmıştır. Doğu dünyasında önemli ve karmaşık problemleri, “ilâhî” lakabıyla anılan ve çok değer verilen Platon'a (“Eflatun”) bağlamak bir gelenek olduğundan, Muslihiddin bin Sinan da özünde Arkhimesdes'in yüzen cisimler mekaniğini konu edinen kitapçığını, Arkhimesdes yerine yanlış olarak Platon'a bağlamıştır.^{29,30}

Osmanlıda 17. yüzyıla kadar yazılan bütün optik kitaplarında, Ibn el-Heysem'in görüşlerine dayalı olarak iki temel görüş yer alıyordu. Buna göre doğa filozofları (“*tabiyyun*”) görme olayının cisimden gelen ışınlarla, matematikçi / uygulamacılar (“*tâlimiyyun*”) ise gözden çıkan ışınlarla gerçekleştiğini savunuyorlardı.¹

Hüsameddin Tokadî, gökkuşağı üzerine küçük bir kitap yazmış, fakat sonunda, bilim yanı ağır basan sözlerinden ötürü, “*bütün söylediklerim hep, filozofların öğretilerine göredir; günahattan sakınanların ve şeriat yolunda gidenlerin buna inanmaması gerekir*” demeyi de ihmal etmemiştir.³⁰

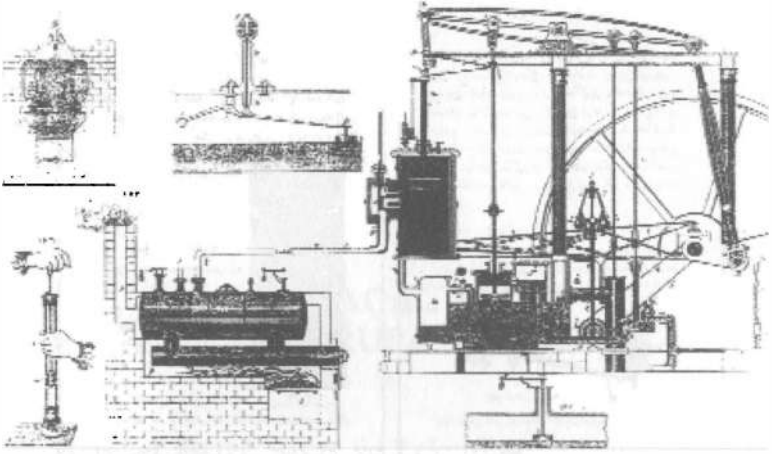
Osmanlı'da 17. ve 18. yüzyıllarda güneşe mercek tutarak kâğıt yakma ya da sürtülmüş kehribarların kâğıt parçalarını çekmesi gibi konuların şeytanî işler sayılması, doğa bilimlerinin bu tür uygulamalarını, medreselerin ilgi alanı dışında tutmuştur.

Ünlü Osmanlı elçisi Yirmisekiz Çelebi Mehmed Efendi (ölm. 1732), Ali Paşa adına, Şehrezürî'nin (ölm. 1298) *El-Şeceret el-İlahiyye* adlı ünlü fizik kitabının dördüncü bölümünü Türkçe'ye çevirmiştir.²⁹

1717'de sadrazamlığa getirilen Nevşehir'li Damat İbrahim Paşa (1660-1730), bilgin ve aydınlara destek sağlamış, çeviri heyeti kurdurmuştur. Bu heyetten Yanya'lı Esad bin Ali bin Osman Efendi (ölm. 1730), Aristoteles'in *Physika* adlı eserini Arapça'ya çevirmiş ve ayrıca bu kitaba eklemeler yaparak ilk kez mikroskop ve teleskoptan söz etmiştir. 18. yüzyılın ilk yarısında matbaanın kurulmasından sonra ilk basılan kitaplar arasında, matbaanın kurucusu İbrahim Müteferrika (1670-1745) tarafından özetlenerek çevrilen ve mıknaatısın özelliklerinin, rüzgâr gülü ile inklınasyon (eğim) pusulasının anlatıldığı, *Füyuzat-ı Mıknaatısiye* (Mıknaatısın Yararları) (1731/1732) adlı bir çeviri kitap da bulunmaktadır.³¹ Bu kitabın özgün metni, 1721 yılında William Whiston (1667-1752) tarafından yazılan *The Longitude and Latitude found by the Inclinator and Dipping Needle...* (Mıknaatıs İğnesinin Eğiliminden Boylam ve Enlemin Bulunması) adlı eserdir.

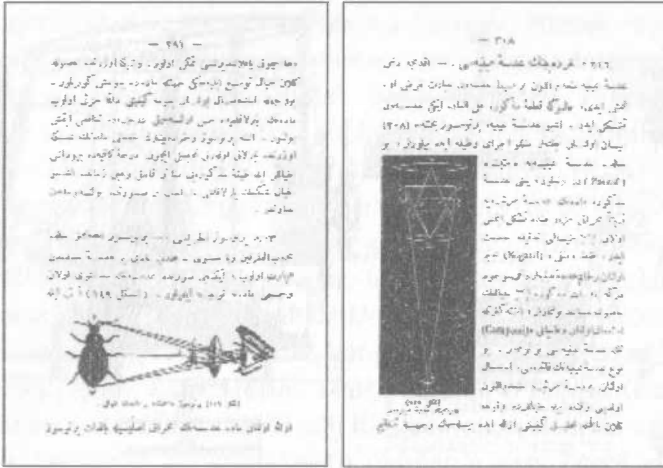
1793'te kurulan Mühendishane-i Berrî-i Hümayun'un ilk başhocası olan Kırım'lı Hüseyin Rifkî Tâmanî (ölm. 1816), çağdaş fizikle ilgili olarak *Mecmuat el-Mühendisîn* (Mühendislerin Dergisi) (1802) adlı bir eser yazmıştır. Osmanlıda fizik konulu en erken basılı kitap, Mekteb-i Bahriye'de (Deniz Akademisi) kullanılmak üzere Mehmed Salih Paşa (ölm. 1889) tarafından çevrilen *Mebahis-i Fenn-i Buhar*'dır (Buhar Tekniği Üzerine Makaleler) (1854). Başka bir kitap, Mekteb-i Harbiye'de ders kitabı olarak okutulmak üzere Mehmed Tahir Münif Paşa (1828-1910) tarafından hazırlanan *İlm-i Cerr-i Eskal* (Mekanik) (1862) adlı eserdir. Her ikisi de pratik bilgi-

ler içermektedir. Mekteb-i Fünun-ı Harbiye, Namık Paşa'nın girişimiyle 1834 yılında kurulmuş, 1841 yılında buranın nâzırlığına getirilen "Mühendis" Emin Mehmed Paşa (ölm. 1851) tarafından okula fizik ve kimya aletleri sağlanmış, burada 1847 yılına doğru "ilm-i hikmet-i tabiiye" (fizik) dersi Kimyager Mehmed Emin Derviş Paşa (1817-1878) tarafından okutulmuştur. 1863'te öğretime açılan birinci Darülfünun'da ilk ders Derviş Paşa tarafından fizik konusunda ve elektrik üzerine verilmiştir. Osmanlı'da *Usul-i Kimya* (Kimya Yöntemleri) (İstanbul, 1848) adlı ilk kimya kitabını yayımlayan Derviş Paşa, genel fizik üzerine *Usûl-i Hikmet-i Tabiiye* (Fiziğin Temelleri) (İstanbul, 1864) adlı ilk fizik kitabını da iki cilt halinde yazmıştır. Bu kitap çeşitli okullarda ders kitabı olarak okutulmuş ve ikinci baskısı 1870'te yapılmıştır (ŞEKİL 11).³² 1869 yılında açılan ikinci Darülfünun'da ise Yanya'lı Hoca Tahsin Efendi (1812-1880) tarafından "*Hararetle Hareketin Teadül-i Kimyeviyesi*" (Isı ile Hareketin Kimyasal Denkliği) konusunda bir konferans verilmiş ve daha sonra "hikmet-i tabiiye" (fizik) dersleri Kırım'lı Aziz İdris Bey (1840-1878) tarafından okutulmuştur. 1900 yılında açılan dördüncü Darülfünun'da dersler, uygulama ve laboratuvar olmaksızın yürütülmüştür. II. Meşrutiyet'in ardından 1909'da Vezneciler'deki Zeynep Hanım Konağı'na taşınan Darülfünun'un ders cetvelleri yeniden düzenlenmiş, çeşitli dilden kitaplar, örnekler ve aletler sağlanmıştır. 1908'den sonra Fen Şubesi "Ulûm-ı Riyaziye" (Matematiksel Bilimler) kısmında "hikmet" (fizik), "hikmet-i riyaziye" (matematik-fizik) ve "mihanik" (mekanik) dersleri, "Ulûm-ı Tabiiye" (Doğa Bilimleri) kısmında ise iki yıl süreli "tecrübî hikmet" (denel fizik) dersleri okutulmaya başlanmıştır. Bu derslerin bir bölümü, 1913-1917 yılları arasında Salih Zeki Bey (1864-1921) tarafından verilmiştir. 1919'da yapılan yeni düzenlemeden sonra Fen Medresesi'nde okutulan fizik dersleri "riyazî fizik" (matematiksel fizik), "umumî fizik" (genel fizik), "tecrübî fizik" (denel fizik) ve "mihanik-i âdî" (mekanik) olarak sınıflanmıştır.³¹



ŞEKİL 11. Kimyager Derviş Paşa'nın *Usûl-i Hikmet-i Tabiye* (1870) adlı eserinden buhar makinesi.³²

Fransız fizikçi Adolphe Ganot'nun (1804-1887) *Traité élémentaire de physique* (Temel Fizik İncelemesi) (1852) adlı eseri Antranik Kırkcıyan Paşa (1819-1894) tarafından *İlm-i Hikmet-i Tabiye* (Fizik Bilimi) başlığı altında çevrilmiştir. 1876 yılında üç cilt halinde birinci baskısı, 1886-1891'de ise ikinci baskısı yapılmıştır. Ünlü devlet adamımız Ahmed Cevdet Paşa'nın (1823-1895) oğlu Ali Sedad Bey'in (1857-1900) *Kavâid el-Tahavvulât fî Harekât el-Zerrât* (Parçacıkların Hareketlerine İlişkin Değişme Kuralları) (1883) adlı telif eserinde daha çok termodinamik konuları ele alınmıştır. Kitabın önsözünde yazar, amacının pozitif bilimlerin bir "İslâm düşmanı" tarafından gösterilmek istendiği gibi dine karşı olmadığını, tersine İslâmî düşünceleri desteklediğini kanıtlamak olduğunu ileri sürmektedir. *İlm-i Hikmet-i Tabiye* (Fizik Bilimi) (İstanbul, 1886) adlı başka bir eser ise Ahmed Tevfik Bey (1845-1936) tarafından Hermann Gossen'in (1810-1858) bir metninden çevrilmiştir ve akustik ve geometrik optik (ayna ve mercekler) konularını içerir (ŞEKİL 12). Ali Rıza Bey (1867-1904) ise 1890 yılında *Fenn-i Mihanik-i Riyazi ve Makineleri* (Rasyonel Mekanik ve Makineler) yazmıştır. 8 Kasım 1895'te Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) tarafından X-ışınlarının keş-



ŞEKİL 12. Ahmed Tefvik Bey'in İlm-i Hikmet-i Tabiye'sinden mikroskopun çalışmasına ilişkin iki sayfa (1886).³²

finden oldukça kısa bir süre sonra Esad Feyzi (1878-1902), Mekteb-i Tıbbiye-i Şahane'nin fizik laboratuvarında kimi aygıtlarla X-ışınları elde etmiş, bu ışınları 1897'de Osmanlı-Yunan Savaşı sırasında askerlerin kemik kırıklarını ve vücutlarındaki mermileri saptamada kullanmıştır. Ancak savaş cerrahisinde X-ışınlarının kullanımı konusunda 1898'de yazdığı *Röntgen Şu'â'atı ve Tatbikât-ı Tıbbiye ve Cerrâhiyesi* (Röntgen Işınlarnın Tıp ve Cerrahi Uygulaması) başlıklı kitabı yayımlayamamış, bu eser 2006 yılında özel bir firmanın desteğiyle mükemmel bir baskıyla yayımlanmıştır.^{32,33,34} 1915 yılında İstanbul'da basılan, Mehmed Niyazi'nin *Fenn-i Hurdebin. Usûl-i Ameliye ve Tatbikatı* (Mikroskopi Tekniği. Kullanma Yöntemi ve Uygulaması) adlı kitap, Osmanlı bilim tarihi açısından önem taşımaktadır.³¹

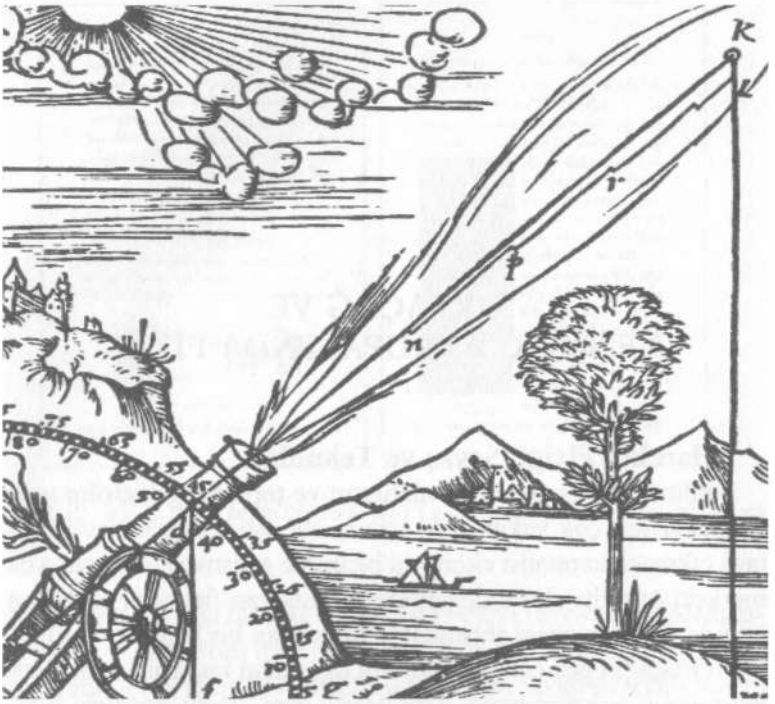
Türk fizikçilerinin Cumhuriyet döneminde örgütlenmeleri 1931 yılında Türkiye Fizik Cemiyeti'nin kurulmasıyla başlamış, ancak o dönemde fizikçi sayısının azlığı nedeniyle süreklilik gösterememiş, 17 Mart 1950 tarihinde Türk Fizik Derneği'nin (TFD) kurulmasıyla sürekli bir yapı kazanmıştır. 1948 yılında kurulan Türk Matematik Derneği'nin kurucuları arasında fizikçiler bulunduğu gibi, Türk Fizik Derneği'nin kurucuları arasında matematikçiler de bulunmaktaydı.³⁵

ORTAÇAĞ VE YENİÇAĞ AVRUPASI'NDA FİZİK

Hareket Fiziği, Savaş ve Teknoloji

Bilimsel gelişme, ateşli silahların ve topların geliştirilip yaygınlaşmasıyla çok yakın ilişki içinde olmuştur. Burjuvazinin ortaya çıkması, kapitalist ekonomi biçimine gelişmesi ve Avrupa'da merkezî örgütlü ulusal devletlerinin oluşması ile ateşli silahların gitgide yaygınlaşması arasında da doğrudan bir bağlantı vardır.³⁶

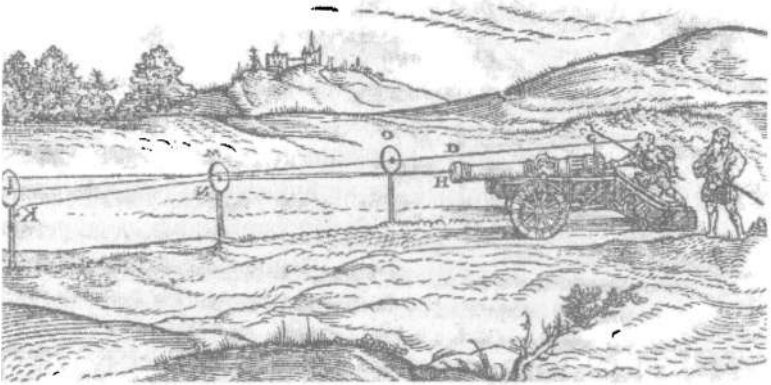
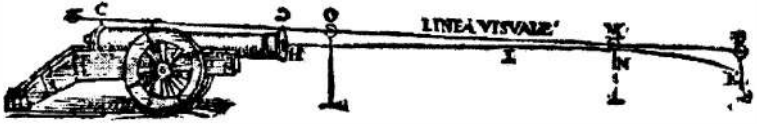
Ortaçağ'ın pek çok düşünürünü uğraştıran konulardan biri, atış konusunun açıklanmasıydı. Aristoteles'e göre, ay-altı alemdeki hareket doğal ve zorlanmış hareket olarak ikiye ayrılıyordu. Doğal harekette, serbest bırakılan bir taş, doğal yeri olan aşağıya, duman ise yukarıya yükselirdi. Atış ise, Aristoteles'e göre, zorlanmış ve yapay bir hareket olup gök cisimlerinin doğa tarafından belirlenen dairesel hareketinden ve yersel dört element olan ateş, su, toprak ve hava'nın doğa tarafından belirlenen hareketinden tümüyle farklı idi; "doğal olmayan" her hareketin, bir dış hareket ettirici kuvvete gereksinimi vardı; bu kuvvet, hareket eden cisim hareket ettiği süre boyunca etkirdi ve dış kuvvet ortadan kalktığında, hareket sona ererdi. Her iki harekette de dış etken, hava idi ve hava olmasaydı (boşluk olsaydı) bu hareketler sonsuza dek sürerdi; bu nedenle de doğa, boşluğa izin vermezdi. Ama deneyler, atılan bir cisim (örneğin okun), atan kişi elinden bıraktığı andan sonra da bir süre hareketini sürdürdüğünü göstermekteydi. Aristoteles felsefesi, bu durumu şöyle açıklamaktaydı: "*Atan kimse, kendi fırlatma hareketiyle havayı etkiler ve hava da bizzat kendisi, atılan cismin hareketini sürdürmesini etkiler*" (ŞEKİL 13).¹³



ŞEKİL 13. Aristoteles fiziğine göre, atılan bir cismin seyir yolu: Buna göre fırlatılan bir cisim, eğrisel bir yörünge izleyeceğine, tepe noktasına kadar doğrusal bir yol izler, sonra da aşağıya doğru serbest düşme yapardı; oysa topçular ve diğer pratisyenler, bunun böyle olmadığını kendi gözlemlerinden biliyorlardı [Daniel Santbech (ölm. 1561), *Problematum astronomicorum et geometricorum sectiones septem...* (Astronomi ve Geometri Problemleri Üzerine Yedi Bölüm), Basel, 1561].¹⁷

Aristoteles'in atış kuramına, kısa zamanda karşı çıkışlar başlamıştır. Rüzgâra karşı atılan bir ok ya da rüzgâr yardımıyla dönen değirmen çarkı, rüzgâr kesildiğinde bile hareketini sürdürüyordu. Ayrıca, havanın hem nesneleri hareket ettirici hem de onları durdurucu etkiye sahip olması, anlaşılır şey değildi. 6. yüzyılda Johannes Grammatikos Philoponos (490-566), sonradan "impetus kuramı" diye anılacak bir kuram geliştirmiştir. Buna göre atıcı, atılan cisme bir "impetus" (itme, itilim, sürükleyicilik), bir hızlanma sağlar ve kuşkusuz sürükleyici kuvvetin bu hızlanma etkisi, uçuş süresince gitgide azalırdı.¹³

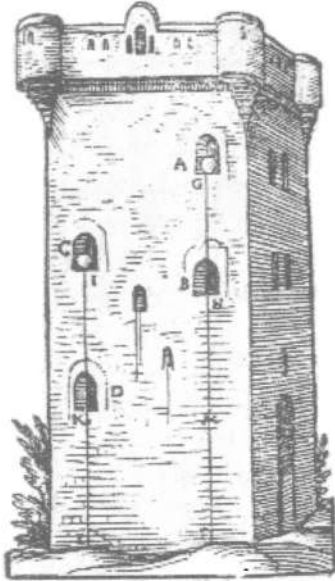
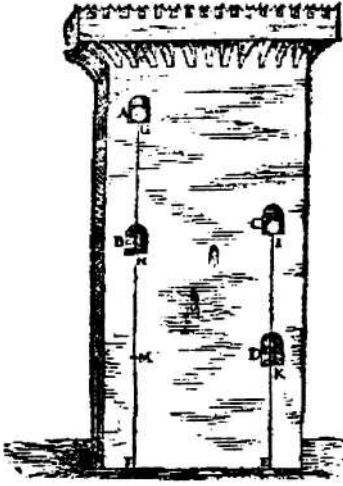
Avrupa'da 13. yüzyılda Robert Grosseteste (1168-1253) ve öğrencisi Roger Bacon (1214-1292) bilimsel doğruluğun mi-henktaşları olarak Kilise'nin ya da Antikçağ'ın yetkelerine değil, deneylere başvurulması gerektiği yönünde yeni bir bilim para-digması ortaya attılar. Bacon, bilime giden yolun anahtarı olarak matematiğin önemini vurgulamış ve özellikle geometrinin opti-ğe uygulanması konusuyla ilgilenmiştir. Grosseteste doğanın birbiciimliliği ilkesini formüllendirerek aynı yaratılıştaki cisimle-rin aynı koşullar altında aynı şekilde davranacağını belirtmiştir. Buradan, karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilmesi için belirli davranışların izlediği koşulların denetlenmesi gerektiği açıklığa kavuştu. Grosseteste ayrıca eşit koşullar altında eksiksiz bir ka-nıtlamada bulunmak için, olabildiğince az sayıda soruya yanıt aranması ya da az sayıda kabulün yapılması şeklindeki "betim-lemede ekonomi ilkesi"ni formüllendirmiştir. 14. yüzyılda bi-limdeki en önemli yöntemsel gelişme, olayların nicel belirlen-mesinin anahtarı olarak niteliklerin nicelleştirilmesi idi. 14. yüz-yılda özellikle Ockham'lı William (William of Ockham) (1288-1349), Thomas Bradwardine (1290-1349), Johannes Buridanus (Jean Buridan) (~1300-1358) ve Nicolaus Oresmius (Nicolo d'Oresme) (1320-1382) hız, kuvvet, konum gibi hareket bilimi (kinematik) ile ilgili kavramların birbiriyle ilişkilerinin fonksi-yonel betimini araştırarak Aristoteles'in hareket bilimine eleştiri-leri derinleştirdiler. 14. yüzyılın en büyük mantıkçılarından biri olan Ockham'lı William'a göre bilim, en basit düzeyde ve yalnızca gerçeklere yönelik çözümlerle ilgilenmelidir ve *"daha azıyla yapılacak bir şeyi, daha fazlası ile yapmak anlamsızdır"*. Felsefede, her yönden denk olan birbirine rakip iki açıklama ya da kuramdan daha az sayıda varsayım içereni ve basit olanı yeğ-lemeye, tutumluluğa ilişkin olan bu ilke, (biraz değişik bir ifa-deyle) Ortaçağ felsefesini skolastik fazlalıklardan kurtardığı için "Ockham'ın usturası" (İng. "Ockham's Razor") diye adlandırılır. Bu bağlamda Ockham'lı William'a göre, *"Daha az varlıkla çalış-mak varken, daha çoğuyla çalışmak boşunadır"*. Bradwardine, 1328'de yazdığı *Tractatus de proportionibus* (Oranlar Üzerine



ŞEKİL 15. Atış- ve göz-çizgileri: Yukanda, Tartaglia'nın Quesiti et inventioni diverse'sinden; aşağıda ise Ryff'in Geometrische Büchsenmeisterei'ından.³⁶

Inceleme) adlı kitapçığında, hareketi betimlemek üzere bir tür cebirsel fonksiyon kullandı. Aristoteles'in hareket öğretisine göre bir cismin "v" hızı, hareket ettirici "f" kuvvetiyle orantılı, içinde cismin hareket ettiği ortamın "r" direnciyle ters orantılı idi; yani modern anlatımla, "k" bir sabit olmak üzere, $v = k f / r$ idi. Bradwardine, eğer kuvvet, direnç kadar büyükse, cismin hızının sıfır olması gerektiğini düşünerek, günümüzde $v = \log (f / r)$ şeklinde yazabileceğimiz bir logaritmik hareket yasası formüle etti. Bu durumda, eğer $f = r$ ise, $\log (f / r) = 0$, buradan da $v = 0$ sonucuna varılır ki cisim hareketsiz duruyor demektir.¹³

Bir taş ya da top mermisi fırlatıldığında Aristoteles'e göre yapay bir hareketle zorlanarak hava tarafından hareket sürdürülür ve havanın hareket ettirici gücü tükenince, cisim kendi doğal hareketinin gereğine uyarak yerin merkezi yönünde düşey yönde düşerdi. Ancak 1540'larda Niccolò Tartaglia (asıl adı Niccolò Fontana) (1499-1557), atış yolunun her zaman eğrisel olduğunu, en uzak erimin 45°'lik eğik atışla elde edilebileceğini göstermiştir.¹³



ŞEKİL 16. Serbest düşme hareketinin incelenmesi: Yukarıda, Tartaglia'nın *La nuova scientia*'sından; aşağıda ise Ryff'in *Geometrische Büchsenmeistere*'inden.³⁶

Strasbourg'lu hekim Walter Hermann Ryff (Rivius) (1500-1548), *Geometrische Büchsenmeistere* (Topçulukta Geometrik Ustalık) adlı eserinde topçuluk konusunu işlemiştir (ŞEKİL 14, ŞEKİL 15). Ryff'in, eserlerinde, Tartaglia'nın *La nuova scientia* (Yeni Bilim) (1537) ve *Quesiti et inventioni diverse* (Çeşitli Sorunlar ve Buluşlar) (1546) adlı eserlerinden yararlandığı, çoğu yerde de Tartaglia'daki çizimleri ters baskı şeklinde aynen kopyaladığı anlaşılmaktadır (ŞEKİL 16).³⁶

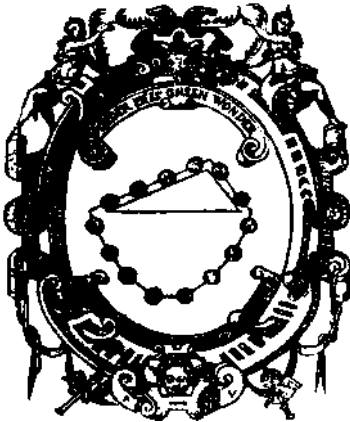
Leonardo da Vinci'nin (1452-1519), çeşitli makine tasarımları sırasında, malzemelerin çeşitli özelliklerini sinayacak (kırılma dayanımı, bir telin kopma dayanımı, sürünme deneyi vb.) basit denemeler yaptığı söylenmektedir. 1485 yılında kendi yaptığı büyük bir uçma kanadının hava direncini, bir terazi yardımıyla belirlemeyi önermiştir. Savaş tekniği konusunda da planlar yaptığı bilinmektedir. 30 yaşında iken bu konudaki çeşitli önerilerini içeren bir mektubu, destekçisi Dük Ludovico Sforza'ya (1452-1508) göndermiştir. Bu mektupta yer alan on öneriden dokuzu savaş tekniğine, biri de inşaat tekniği ve sanatı, resim ve heykel sanatı konusunda idi.³⁷

Flaman mühendis, matematikçi ve fizikçi Simon Stevin (1548-1620), ilk olarak Felemenkçe kaleme aldığı *De Thiende* (Ondalık Hesap) (Leiden, 1585) adlı kitabını temellendirmiş ve bir ölçeğin ondalık taksimatını ilk olarak gerçekleştirmiştir. Tekniğin gelişimi konusunda denizcilik, istihkâm inşası, yük kaldırma gereçleri, yel değirmeni, at koşumu vb. konularında hem bilimsel araştırmalarda hem de pratik iyileştirmelerde bulunmuştur. Bu teknik ilgi alanlarında fizikle (özellikle de statikle) oldukça yoğun biçimde ilgilenmiş, kararlı ve kararsız denge arasındaki farka dikkat çekmiş, sıvılardaki hidrostatik basıncın, sıvının içinde bulunduğu kabın şeklinden bağımsız olduğunu ve yalnızca sıvı yüksekliğine bağlı olduğunu göstermiştir. Fransız Blaise Pascal ise 1663 tarihli “hidrostatik basınç yasası” (“kapalı kaplar yasası” / “Pascal yasası”) ifadesinde, “*kapalı bir kap içindeki sıkıştırılamayan bir sıvının herhangi bir noktasında birim yüzeye uygulanan bir kuvvetin, kabın şekli ne olursa olsun, kabın iç yüzeyinin her noktasına aynı büyüklükte ulaşacağını*” belirtmiştir. Daha geç dönemde Galilei’nin İtalyanca yazacağı gibi Stevin de 1586’dan itibaren ulusal dilde (Hollandaca) yazarak, bilimi, Latince eğitim görmüş bilginler dışında halkın da anlayabileceği bir şekilde sunmaya çalışmıştır.¹⁷

Stevin’in eğik düzlemde denge konusundaki incelemesi ünlüdür. Stevin 1586 yılında, biri diğerinin iki katı uzunlukta olan ve hipotenüsü yatay gelecek şekilde yerleştirilmiş dik üçgen kesitli bir prizma çevresine eşit aralıklarla küre şeklindeki eşit ağırlıklar (“*clootcran*”lar) taşıyan tespih benzeri bol bir zincir çelenği sarmıştır (ŞEKİL 17). Bu ağırlıklar, prizmanın dik kenarlı eğik düzlemlerinde sürtünmesiz kayma hareketi yapabilmektedir. Böyle bir kayma hareketinin sürekli olması gerektiği beklenirse de Stevin’e göre “sürekli hareket” (“*perpetual motion*”) olanaksızdır ve böyle bir zincir, “sürekli hareket yapmaz”; kısa dik kenar üzerindeki iki kürenin aşağı çekme yükü, uzun dik kenar üzerindeki dört kürenin aşağı çekme yükünü dengeler ve zincir dengede kalır; bu durum, yükü fazla olan sağdaki kısa eğik düzlem soldakinden daha dik olduğu için gerçekleşir. Sonuç olarak, iki dik

kenardan oluşan iki eğik düzlem üzerindeki ağırlıkların birbirine oranı, kenar uzunluklarının oranına eşit olduğu zaman, sistem dengede kalır.[†] Stevin'in açıklaması, kuvvet paralelkenarı düşüncesine yol açan kuvvet bileşenleri ilkesine dayanmaktadır. Düzlemlerin eğiklik açısı, sağda iki topun ve solda dört topun etkin ağırlık bileşenlerini belirler. Her iki durumda da yerçekiminin "etkin bileşeni", eğik düzlemin uzunluğu ile ters orantılıdır. Soldaki kuvvet bileşeni dört kürenin ağırlığının iki birim uzunluğa oranıyla ölçülürken, sağdaki, iki küre ağırlığının bir birim uzunluğa oranıyla ölçülür. Böylece iki kuvvet bileşeni birbirine eşit olup denge oluştururlar. Eğik düzlemlerin üzerinde yer alan parolada, "*Wonder en is gheen wonder*" ("Keramet, keramet olmamasındadır") yazılıdır.²⁶

D E
B E G H I N S E L E N
D E R W E E G H C O N S T
B E S C H R E V E N D V E R
S I M O N S T E V I N
van Brugghe.



TOT LEYDEN,
Inde Druckerye van Christoffel Plantijn,
By François van Raphclinghen.
CLO. IO. LXXXVI.

ŞEKİL 17. Simon Stevin, 1586 tarihli ünlü eğik düzlem deneyinde zincirin, bir sonsuz sürekli harekete geçmek üzere devinmeyeceğini kanıtlamıştır. Duragan halde iken zincirin alt kısmı, simetri nedeniyle her iki eğik düzleme eşit kuvvet uygulayacağından, sürekli hareket gerçekleşmez. [S. Stevin, *De Beghinselen der Weeghconst* (*Statığın İlkeleri*), Leiden, 1586].^{17, 26, 38, 39}

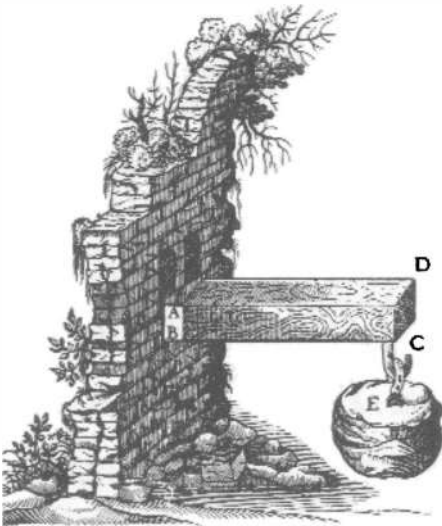
Bir kirişin kırılma dayanımının saptanması kuramıyla önceleri 1638 yılında Galilei uğraştı. Aynı konuyla sonraları Robert Hooke (1635-1703), Edme Mariotte (1620-1684), Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), Bernoulli'ler, Antoine Parent (1666-1716), daha sonra da Leonhard Euler (1707-1783) ve Charles Augustin de Coulomb (1726-1806) ilgilendiler. Sonunda klasik doğrusal esneklik kuramı, Claude Louis Marie Henri Navier (1785-1836) ve Augustin Louis Cauchy (1789-1857) tarafından biçimlendirildi.

Galilei, 1632 yılında yayımlanan *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo ptolemaico e copernicano* (kısaca, *Dialogo...*) (Batlamyusçu ve Kopernikusçu İki Temel Evren Sistemi Üzerine Diyaloglar) adlı eserinde, aynı fiziksel yasaların gökleri ve yeri yönettiğini ileri sürünce Kilise ile başı derde girmiş, 1633'te Engizisyon'un karşısına çıkarılarak ömür boyu ev hapsine mahkûm edilmiştir. Mahkûmiyeti sırasında kaleme aldığı ve basımını 1638'de el altından Hollanda'nın Leiden kentinde gerçekleştirdiği *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti locali* (Mekanik ve Yersel Harekete İlişkin İki Yeni Bilimi Kapsayan Söylevler ve Matematiksel Kanıtlar) adlı eserinde, iki yeni bilim dalı olarak teknik mekaniğe ilişkin mukavemet bilimini, hareket konusuna ilişkin olarak da cisimlerin hareketlerini (serbest düşme, atış, sarkaç hareketi) incelemiş ve Antikçağ'ın hareket bilimini göre devrimsel ilerlemeler sağlamıştır. Bu eseriyle Galilei, klasik mekaniğin ve de genelde Yeniçağ fiziğinin temellerini atmıştır (ŞEKİL 18).¹³

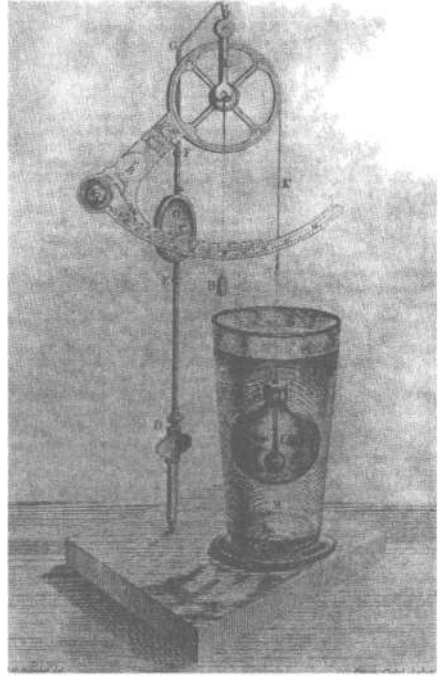
Discorsi... (1638) Galilei'nin en önemli eseri iken, bundan daha önce yazılmış olan *Dialogo...* (1632) onun en güzel eseridir. Galilei'nin her iki yapıtı da üç kişi arasında geçen diyaloglar biçiminde düzenlenmiştir. *Dialogo...*, Galilei'nin düşüncelerini yansıtan kişilikteki Salviati, onun arkadaşı ve iyi eğitilmiş bir yardımcı kişiliğindeki Sagredo ile Aristotelesçi ve Batlamyusçu görüşün temsilcisi olarak Galilei'nin düşüncelerine karşı çıkan ve Papa III. Urbanus'u (yön. 1623-1644) simgeleyen kişilikteki Simplicio arasındaki konuşmalar çerçevesinde işlenmiştir.

Skolastik felsefeye dayalı önyargılara sahip olan resmî kilise öğretmenlerine inanan Simplicio ile onun savlarını çürütmeye çalışan Galilei'nin sözcüsü konumundaki Salviati, tartıştıkları konularda, Aristotelesçi önyargılardan sıyrılmış bir kişi ve Galilei'nin kurmaya çalıştığı yeni fiziğe dayalı akıl yürütmelerini kavrayabilen bir zihne sahip olan Sagredo'yu ikna etmeye çalışırlar. Halk İtalyanca'sı diliyle yazılmış olan esp-riler, düşünceler, yaşamsal konular, anlatım zenginliği, hiciv gücü, açık ve kesin kanıtlamalarla zengin bir eser-dir. Ancak Kepler'in gezegen yasalarından haberi olduğu halde, Galilei bu eserinde bundan hiç söz etmemiştir. *Discorsi...* adlı eser de üç kişi arasında geçen diyalog formunda işlenmiş olup oradaki Simplicio, daha uyumlu bir karakter olarak yer almıştır.

Deneyssel doğa bilimlerinin gelişimi, alet yapımına da yansımıştır. İlk mekanik saat 13. yüzyılda, ilk astronomik saat ise 1354'te geliştirildi. Daha sonra teraziler, kompas, pergel, ve uzaklıkölçerler geliştirildi; bunun ardından da optik aygıtlar, mikroskop ve teleskop [baba Hans (Johannes) Janssen (ölm. ~1590) ve oğul Zacharias Janssen (1580-1638) tarafından 1590'da; Galilei ta-



ŞEKİL 18. “Kaldıraç ilkesi”ne göre bir kirişin kırılma dayanımının saptanması: Galilei’ye göre buradaki kirişin kırılma dayanımı, kiriş yüksekliğinin karesi ve genişliği ile doğru orantılı, kiriş uzunluğu ile ters orantılıdır. (G. Galilei, *Discorsi e dimostrazioni mathematiche...*, 1638).^{40,41}



ŞEKİL 19. J. B. Clai'sin hidrostatik terazilerinden biri.⁴²

rafından 1604'de], optik camlar, kadran, sarkaç, bölmeleme (tak-simat) makinesi, matematiksel aletler, hesap makineleri [Wilhelm Schickard (1592-1635) tarafından ve Blaise Pascal (1623-1662) tarafından], seyrüsefer (navigasyon) aletleri, termometre, manometre, barometre, hava pompaları vb. geliştirildi (ŞEKİL 19).

Rönesans dönemindeki Eukleides yorumcuları arasında en yetenekli matematikçi olan Federigo Commandino (1509-1575), 1572 yılında Eukleides'in *Stoikheia*'sını (Geometrinin Öğeleri) Latince'ye çevirmişti. Onun öğrencisi olan hümanist, matematikçi ve fizikçi Guidobaldo del Monte (1545-1607), Toskana istihkâmlarında genel müfettişlik yapıyordu. Guidobaldo, Arkhimedes'in mekaniğini yeniden canlandırmak, ama aynı zamanda Antikçağ'ın statik bilimini de aşmak istedi. 1577'de Pesaro'da Latince olarak yayımladığı *Mechanicorum libri VI* (Mekanik Üzerine Altı Kitap) (İtalyanca'sı 1581'de Venedik'te basıldı) adlı eserinde, Arkhimedes'in matematik ilkelerine göre çalı-

şan ve hepsi de kaldıraca dayanan beş basit makinesini (kaldıraç, kama, palanga, çark ve burgu) ele aldı. Arkhimedes'in birkaç eserini Latince'ye çevirmesiyle, 16. yüzyılın Arkhimedes-Rönesansı'na katkıda bulundu. İlk fizik incelemelerinde Arkhimedes'e dayanan genç Galilei, Guidobaldo'dan ivme almış olmalıdır. Guidobaldo'nun 1577 tarihli mekanik incelemeleri, fiziksel biçemden çok, geometrik biçemdedir. *Mechanicorum...*'unun önsözünde Guidobaldo şunları söyler: “*Doğramacıların, inşaat ustalarının, yük taşıyıcıların, çiftçilerin, gemicilerin ve pek çok başkalarının, hattâ doğa yasalarına karşı çıkanların gerçekleştirdikleri her şey, mekaniğin alanına girer*”.³⁷

Serbest Düşme

Aristotelesçiler ağır cisimlerin hafif cisimlerden daha hızlı düştüğünü savunuyorlardı. Galileo Galilei'nin (1564-1642) yaşadığı dönemlerde örneğin 10 kiloluk bir güllenin 1 kiloluk bir mermiden on kat daha hızlı düşeceği umulmaktaydı. Giovanni Battista Benedetti (1530-1590), en azından özgül ağırlıkları aynı olan cisimlerin aynı hızla düştüklerini ileri sürmüştü. Galilei, Pisa Kulesi'nden yaptığı serbest düşme deneyleri sonucunda, ağırlıkları ve özgül ağırlıkları ne olursa olsun, tüm cisimlerin boşlukta aynı hızla düşeceklerini söyledi. Giambattista Riccioli (1598-1671) ise yaptığı denemelerde ağır cisimlerin hafif cisimlerden daha hızlı düştüğünü buldu. Ancak hava direncini hesaba katarak deney sonuçlarını düzelttiğinde, sonuçların Galilei'nin savıyla tamamen uyumlu olduğunu gördü. Bilindiği üzere, atmosferde serbest bırakılan aynı büyüklükteki iki cisimden daha yoğun olanı yere daha erken ulaşır. Boşlukta ise, yoğunlukları ne olursa olsun tüm cisimler aynı mesafeyi aynı sürede düşerler. Gözlemler, düşmenin sabit bir hızla değil, ivmelenerek, saniyede yaklaşık 10 m'yi bulan bir hız artışıyla meydana geldiğini [$v = gt$; burada v : hız, g : yerçekimi ivmesi ($= 9,8 \text{ m/s}^2$), t : düşme süresi] göstermiştir. Bu incelemeyle Galilei, cisimlerin serbest düşme yasasını bulmuştur: Serbest (boşlukta) düşen cismin aldığı yol, düşme süresinin karesi ile doğru orantılıdır [$h = 1/2 g t^2$; burada h : düşme yüksekliği].

Galilei, serbest düşme ve fırlatma hareketinin kuramını 1638 yılında *Discorsi...* adlı kitabında tanıtmıştır. Buna göre serbest düşme, geçen zamanın karesi ile orantılı olan düşey yol üzerinde ivmeli (hızlanan) bir hareketle gerçekleşiyordu. Fırlatma (atış) hareketi ise bir parabolik yörünge izliyordu. Eserin daha önemli bir boyutu ise, burada eylemsizlik kavramının geliştirilmesidir.¹⁷ Galilei 1581 yılında, belirli bir uzunluktaki bir sarkacın salınımlarının salınım genliğine bağlı olmaksızın eşit zamanlı olduğunu (küçük salınımlar için gerçeğe çok yakın bir ifade) gözlemlemiş, bundan yararlanarak zaman ölçülebileceğini ve salınım periyodunun da sarkaç uzunluğunun karekökü ile doğru orantılı olduğunu keşfetmiştir. Sarkaçlı saatin babası Christiaan Huygens (1629-1695), 1656 yılında verdiği $(T = 2\pi \sqrt{L / g})$ denklemi ile, sarkacın T-salınım süresinin L-sarkaç uzunluğuna bağlı olduğunu ve ucundaki cismin kütlesine bağlı olmadığını göstererek saatçiliğin temellerini atmış, ayrıca g-yerçekimi ivmesini ölçmenin pratik bir yolunu da sağlamıştır.¹² Daha sonra Paris'teki bir sarkacın saniyede bir vuruş yapması için sarkaç ipinin 99 cm (yaklaşık 1 m) uzunlukta olması gerektiği saptanınca, bu ilişki bir ara "metre"nin tanımlanmasında düşünüldü. Zaman içinde yürütülen araştırmalarla sarkaç salınımının coğrafi konuma bağlı olarak değiştiği, yeryüzünde kutuplardan ekvatora geçildiğinde ya da ovoidan bir dağın tepesine çıkıldığında, yani yerin merkezinden uzaklaşıldığında aynı sarkacın daha yavaş salınım yaptığı anlaşıldı ve bu sonuç, yeryüzünün kutuplarda basık, ekvatorunda daha şişkin olduğunun bir kanıtını da oluşturdu.⁴³

Işık ve Görme

Oxford Üniversitesi'nin ilk başkanı olan Robert Grosseteste (1168-1253) ve Oxford Okulu, doğanın ancak matematik yoluyla tanınabileceğini, doğanın tümüyle geometrik yapıda inşa edildiğini öne sürdüler. Bu bağlamda Grosseteste optik konusuna eğilmiş ve gökkuşağını inceleyerek, bunun oluşum nedeninin



ŞEKİL 20. Athanasius Kircher'de "Işık ve Bilgi Alegorisi": 17. yüzyılda bilgin teologlar, doğa bilimi ile dini, yeni ampirik anlayışla bir araya getirme denemelerinde bulunmuşlardır. Cizvit bilgin Kircher de doğa bilimi ile inancı aynı ölçüde zenginleştirmeye yönelik olarak bir dizi fiziko-teolojik eser yayımlamıştır. Resimde optik ile teolojik gözlem kulesinin bilgi kuramı, karşılıklı olarak alegorik bir ilişki içinde sergilenmiştir. Her şeyin üzerindeki Tanrı (İbranice yazı ile Yehova), ışığın ilksel kaynağı olarak yer almakta; bu tanrısal ışığın bir parçası, bir kitabın üzerine (İncil'deki ilâhî vahiyler) "auctoritas sacra" (kutsal yetke) olarak düşmekte; aynı düzlem üzerinde "akıl", olasılıkla matematiksel işaretlerle yazılmış olan doğanın kitabını simgeler şekilde durmakta ve matematiksel işaretlerle yazılmış haldedir. Soldaki ışık saçan figür, sağ elinde, üzerinde gezegen simgeleri bulunan bir Eskülap çubuğu (tıbbın simgesi yılanlı âsâ) ve bedeni üzerinde burç işaretleri ile gündüzü (ışık, Güneş'i) temsil etmektedir; ayakları altında çift başlı bir kartal –ruhaniliğin simgesi- bulunmaktadır. Sağdaki karanlık figür, ayakları çift başlı tavus kuşunun üzerinde, sol elindeki bir değnek üzerinde bir baykuş taşımakta, geceyi (gölgeyi, Ay'ı) simgelemekte, "auctoritas profana"yı (dünyasal yetke) ve "sensus"u (duyusal deneyimi) temsil etmektedir. Fiziksel ışık, Ay aracılığıyla yansyarak Güneş'ten yere gelmekte, ayrıca bir delikten mağara içine ulaşmaktadır (A. Kircher, *Ars magna lucis et umbrae...*, Amsterdam, 1671; bakır kazıma kapak sayfası resmi).^{44,45,46}

güneş ışınlarının bulutlar tarafından kırılması olduğunu ve bulutların büyük bir küresel mercek gibi etki etmiş olmasından kaynaklanacağını *De iride seu de iride et speculo* (Gökkuşağı ya da Kırılma ve Yansıma Üzerine) adlı eserinde belirtmiştir. Bu kuramını, daha sonra küresel merceklerde ışığın kırılma ve yansımalarını inceleyerek desteklemeyi denemiştir. Optik konusunda bizim bugünkü anlayışımıza uygun ilk bilimsel deneyler, 13. ve 14. yüzyıllarda yapılmıştır (ŞEKİL 20).

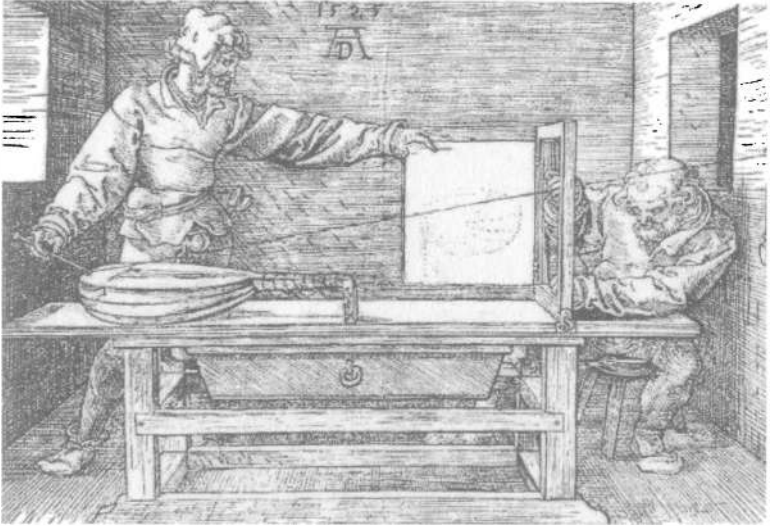
Grosseteste'nin öğrencisi olan Roger Bacon (1214-1294), doğa biliminin deneysel bilim ("*scientia experimentalis*") olduğunu söyler. Ona göre, matematik olmadan doğa bilimi mümkün değildir; fiziğin tümü, kesin olarak matematiksel fiziktir; matematiksiz astronomi, bilim değildir. Roger Bacon, fiziğin hemen hemen tüm alanlarıyla, her şeyden önce de optik ya da "perspektif bilimi" ile ilgilenmiştir. Gözün optiği ve anatomisi (görüntünün gözde oluşması, görme koşulları, optik yanılmalara vb.), yansıma (katoptrik; yansıma yasasının incelenmesi için aygıt), ayna (düzlem ayna, dışbükey ayna, küresel çukur ayna, parabolik çukur ayna), kırılma (dioptrik; kırılma açısının ölçümü için aygıt, ışınların kırılması sonucu görüntünün değişmesi, büyüteç, yakıcı mercekler vb.), gökkuşağı bilgisi, "*camera obscura*" ("bir delik yardımıyla üretilen resimler") vb.¹³ Bacon, *Opus Majus*'unda şunları yazar: "*Saydam cisimleri öyle şekillendirebilir ve onları görüşümüze ve görünen cisimlere göre öyle düzenleyebiliriz ki, ışınları istediğimiz biçimde ve istediğimiz açıyla yönlendirebiliriz; böylece bir cismi yakında ya da uzaktaymış gibi görebiliriz, inanılmaz bir uzaklıktan en küçük harfleri bile okuyabiliriz... Aynı zamanda Güneş, Ay ve yıldızları da görüntü olarak bu-
raya, aşağıya indirebiliriz*".⁴⁷

Bacon ayrıca ısı, akustik bilgisi, kimi mekanik konulara, madde bilimi, terazi, hava basıncı, yeryüzü ve evrenin yapısı, gel-git konularına da ilgi duymuş, manyetizma konusunda da gözlemlerde bulunmuştur.⁴⁸

Ses ve Yankı

Sesin hava içindeki hızı (~340 m/s), 1640 yılında doğa felsefesi ve müzik kuramcısı Marin Mersenne (1588-1648) ile astronom ve fizikçi Pierre Gassendi (1592-1655) tarafından belirlenmiştir. Temel sesler ve ses-üstü bölgeler 1700 yılında Joseph Sauveur (1653-1716) tarafından incelenmiştir. Ernst Florens Friedrich Chladni (1756-1827), 1787 yılında bir ses kuramı geliştirmiş, 1796'da ise ilk olarak sesin çeşitli sıvılar ve katılar içindeki yayılma hızlarını ölçmüştür.

ŞEKİL 21'de, Albrecht Dürer'in (1471-1528), sesin fiziği üzerine inceleme yapanları gösteren bir resmi yer almaktadır. Rönesans döneminin, Batı'da "*polyhistor*" ya da "*polymath*" denilen, bizde kırkambar, hezarfen ya da allâme diye nitelenen evrensel bilgin tiplerinden biri olan Athanasius Kircher (1602-1680), *Musurgia universalis, sive ars magna consoni et dissoni in X. libros digesta* (Evrensel Müzik, ya da Ses Uyum ve Uyum-suzluğunun Büyük Sanatı Üzerine 10 Kitap) (Roma, 1650) adlı eserinde, yalnızca müzik kuramı, müzik aletleri, gök kürelerinin müzik armonisi ve yankı (eko) müziğinin diğer simgesel anlamlarını değil, müzik otomatlarını (ŞEKİL 22) ve yankı düzenlemelerini de betimlemiştir. ŞEKİL 23'te, bu eserden, sesin yansıma özelliklerine ilişkin bir diyagram görülmektedir. Şeklin üst tarafındaki sahnelerde (*Fig. I ve Fig. II*) XA, AB, BC, ... aralıkları birbirine eşit olduğunda, böyle bir yapılanmanın bir polifonik (çok-sesli) yankı verdiği, bu uzaklıklar eşit olmadığında ise konuşulan bir sözcüğün "*clamore*" (yaygara) şeklinde duyulabildiği belirtilmektedir. En altta kurgulanmış dairesel yankı sisteminde ise "A"daki seslenici, duvar çıkıntılarındaki yansımalar aracılığıyla yankılanmayı sağlamaktadır. Yankı araştırmaları kilise mekânlarındaki ses etkisi açısından önemliydi ve orada karmaşık olayların sistematik analizinin yapılması o kadar kolay değildi; çünkü o zamanlar ses dalgalarının üst üste binmesindeki sönümlenme olayları konusunda hiçbir bilgi mevcut değildi. Sesin sonlu bir yayılma hızına sahip hava hareketi olduğu şeklindeki bilgi ise Antikçağ'a (~200-700) dek geri uzanır.⁴⁹

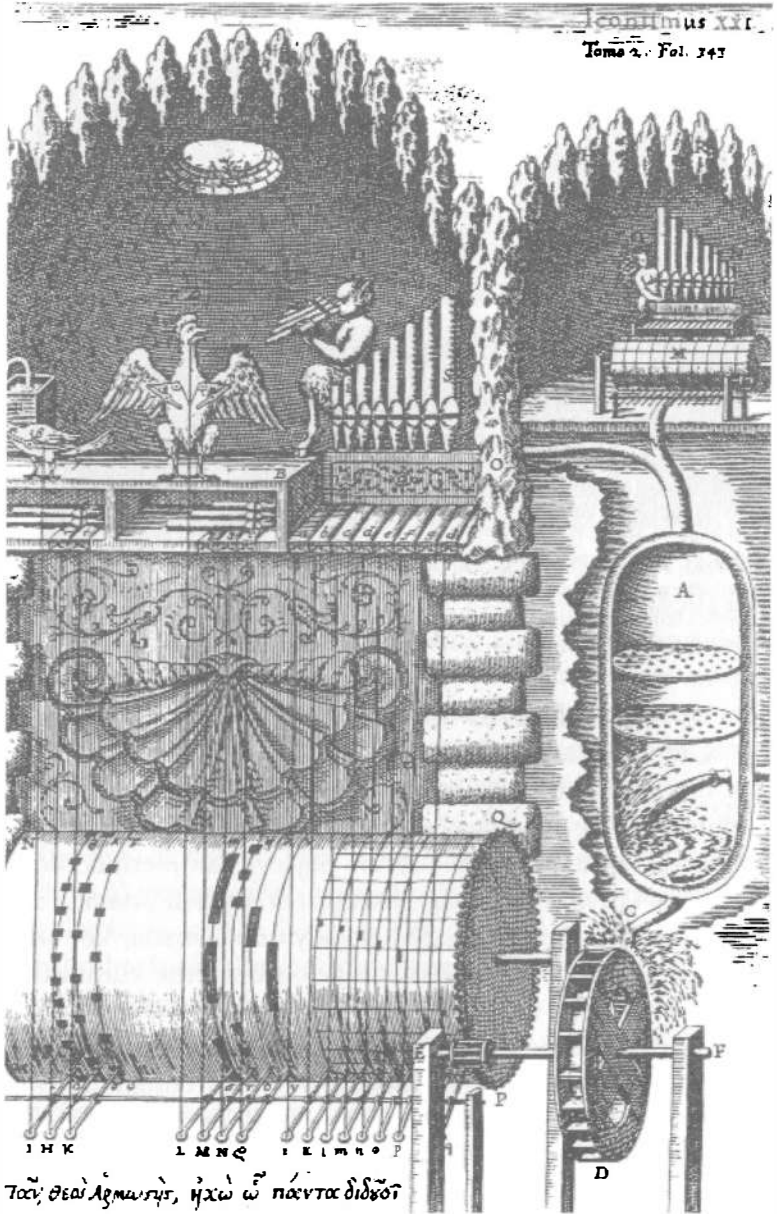


ŞEKİL 21. Albrecht Dürer'in *Die Underweysung der Messung mit Zirckel und Richtscheyt in Linien, Ebenen und ganzen Körpern (Doğrular, Düzlemlerde ve Tüm Cisimlerde Pergel ve Cetvelle Ölçüm Yönergeleri)* (Nürnberg, 1525) adlı bir kitapçığında yer alan, ut üzerinde ses incelemelerini konu edinen ve perspektif sanatını vurgulayan bir resim.³⁰

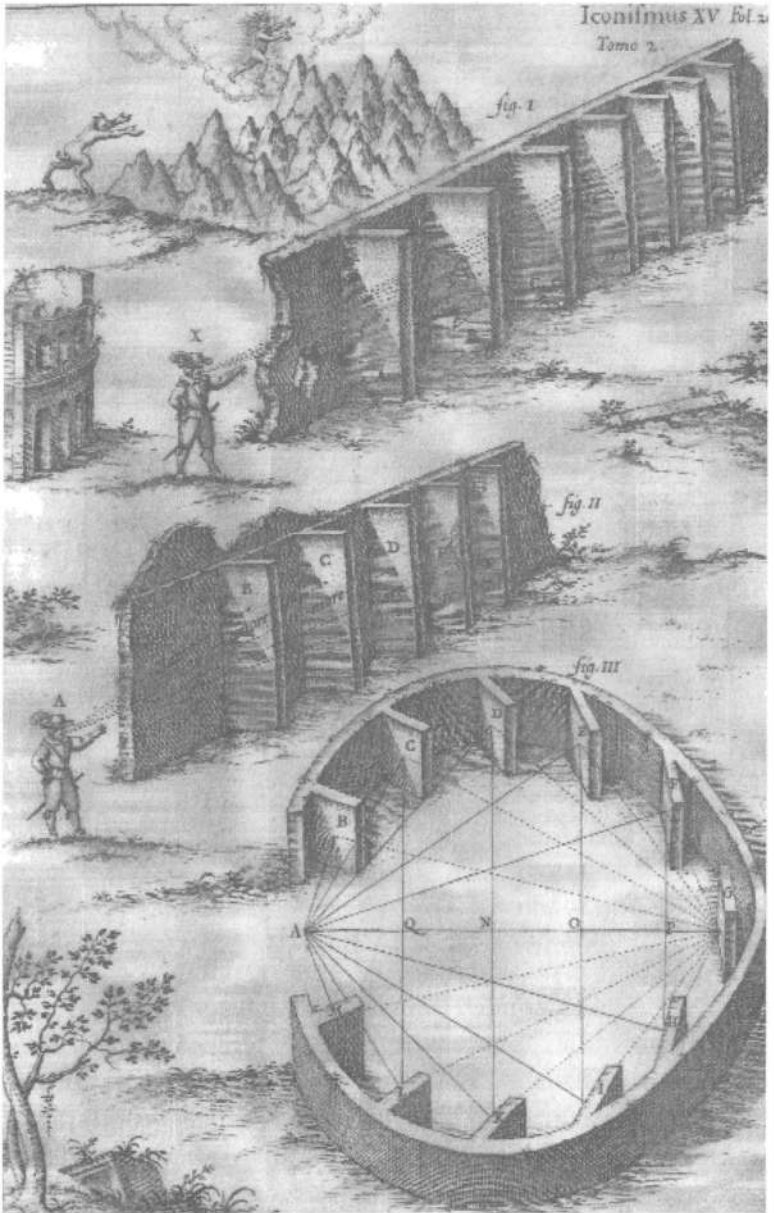
Optik ve “*Laterna Magica*”:

Giambattista della Porta (1538-1615)

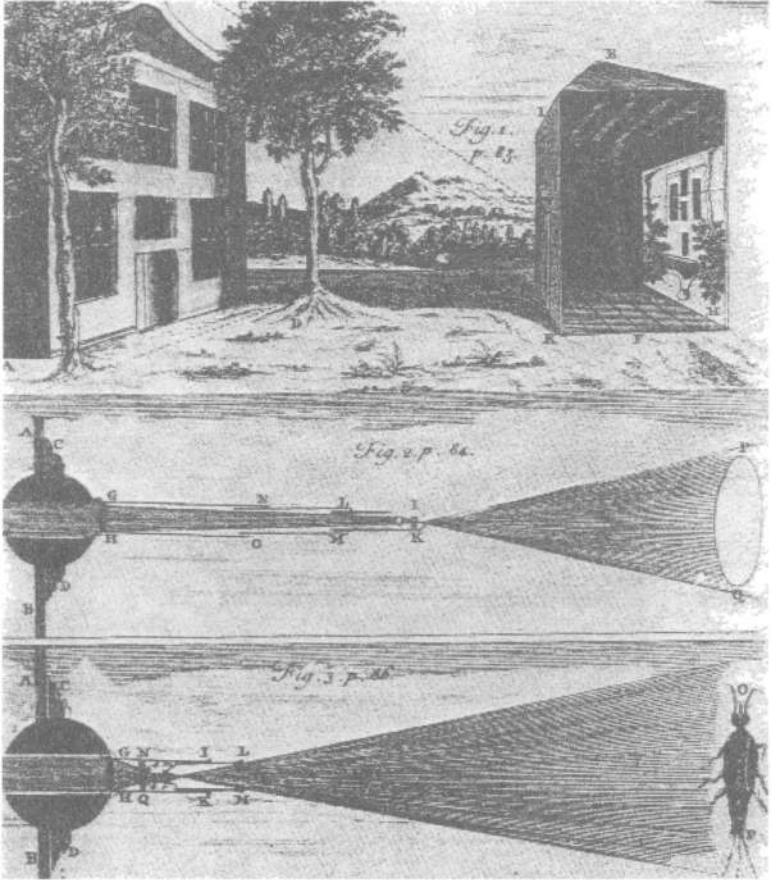
Özellikle optik yanılsama ile ilgilenen ve ışık demetlerinin kırılması öğretisini konu edinen 1637 tarihli *Discours de la dioptrique* (Işığın Kırılması Üzerine Söylev) adlı eserinde René Descartes (1596-1650), ışığı, esas olarak saydam ortamda anlık yayımlanan bir basınç gibi ele alıyordu. Burada, kör adamın “görmesini” sağlayan bastonu ile bir benzerlik kurmuştur. Bastonun ucu bir taşla çarptığı zaman, uçtaki hareket, baston boyunca saptaki ele iletiliyor ve kör adam, yolu üzerindeki engeli “görüyordu”. Doğa, bir madde doluluğu olduğuna göre, saydam ortam da göz karşısında duran katı bir ortam gibi düşünülebilirdi. Aydınlik bir cisimden çıkan ışık basıncı ağtabaka (retina) üzerinde bir etki yapıyor, bu da optik sinirde bir harekete neden oluyor, beyne iletilen bu hareket ise ışık olarak algılanıyordu.¹³



ŞEKİL 22. Athanasius Kircher'in *Musurgia universalis...* (Roma, 1650) adlı eserinden, suyla çalışan delikli merdaneli ve alçak basınç üfleme sistemli otomat su orgu.³¹

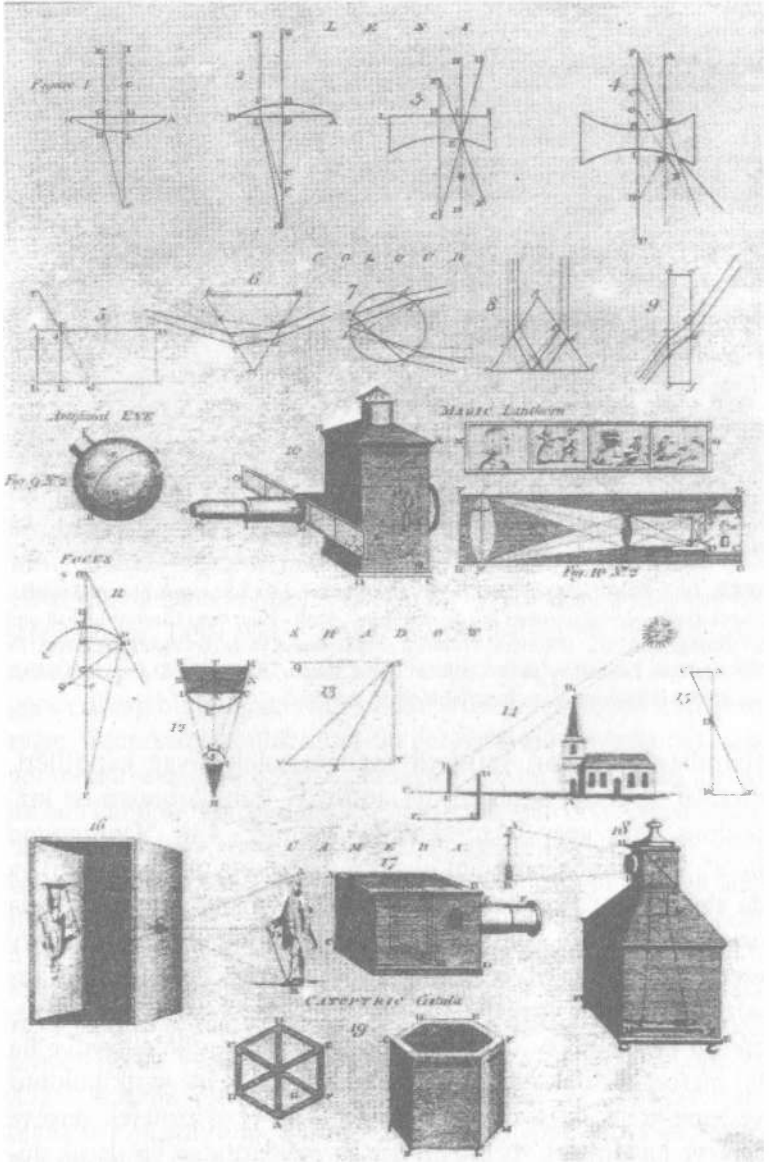


ŞEKİL 23. Yankı konulu bilimsel oyun: Sesin engelli duvarlardan yansıma özellikleri diyagramı (Athanasius Kircher, *Musurgia universalis...*, Roma, 1650).⁴⁹

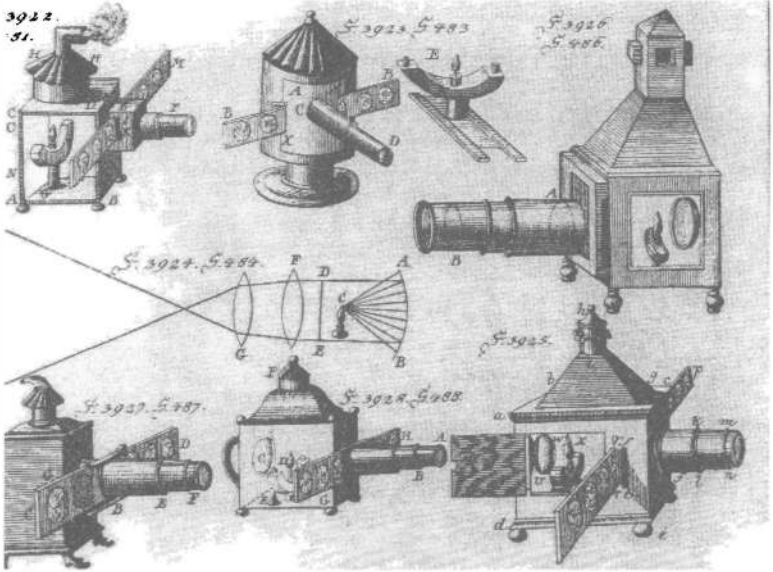


ŞEKİL 24. Işık ışınlarının ve projeksiyonun erken bir betimi.⁵²

Günümüz diya (slayt, saydam) projektörünün ya da sinema makinesinin öncülerinden biri olan “sihirli fener / büyülü fener/ sihirli lamba” (Lat. “*laterna magica*”, Ing. “*lantern magic*”), ilkece “*camera obscura*”nın tersi yöndeki optik ilkeye göre çalışan bir projeksiyon düzeneği olup, ön tarafı açık olan ve iç kısmında bir ışık kaynağı bulunan, çoğu kez dört köşe bir kutudan ibarettir. Onun güçlendirilmesi için arka duvar üzerinde bir çukur ayna yerleştirilmiş olup ışınların paralel olarak ön tarafa doğru gönderilmesini sağlar. Onun keşfedildiği 17. yüzyılda temel



ŞEKİL 25. Optik sergileme tablosu [Denis Diderot (1713-1784) ve Jean le Rond D'Alembert (1717-1783), Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers (kısaca Encyclopédie) (Ansiklopedi, ya da Akla Göre Düzenlenmiş Bilimler, Sanatların ve Mesleklerin Açıklamalı Sözlüğü), 1751-1772].⁵²



ŞEKİL 26. Johann Georg Krünitz (1728-1796) tarafından Oekonomisch-technologische Encyclopädie, oder allgemeines System der Staats-, Stadt-, Haus- und Landwirthschaft und der Kunstgeschichte... (Ekonomi-Teknoloji Ansiklopedisi, ya da Devletçilik, Şehircilik, Ev Ekonomisi ve Tarımın ve Sanat Tarihinin Genel Sistemi...) (1794) adlı ansiklopedisinde betimlenen değişik model ve biçimlerde sihirli fenerler.⁵²

aydınlatma araçları yalnızca yağlı meşaleler, yağ kandilleri, mumlar ve petrol lambaları ile sınırlıydı. Daha sonraları ise kızdırılmış kireç ışığı (Alm. “Kalklichtbrenner”, İng. “Drummond light”; kızdırılmış kalsiyum oksit ya da zirkonyum oksit ışığı) ya da elektrikli ark lambası kullanılmıştır. Aynanın tam karşısında ön tarafa bir boru konmuş olup bunun içinde iki adet dışbükey mercek bulunur –en iyi gösteriler ise, merceklerden birinin bir yüzeyi düz diğer yüzeyi dışbükey, diğer merceğin ise her iki yüzünün de dışbükey olması durumunda elde edilmekteydi-. Bu iki merceğin ortak odak noktasının arkasında bir yarık bulunur ve içine konacak saydam resim, baş aşağı yerleştirilerek çerçeve çerçeve kaydırılırdı. Belirtilen ışık kaynaklarından yayılacak dumanın uzaklaşması için, kutunun tepe kısmında bir baca da bulunurdu. İzleyicileri etkileyebilmek, yönetmenin becerisine ve düşünce zenginliğine bağlıydı (ŞEKİL 24, ŞEKİL 25, ŞEKİL 26).⁵²

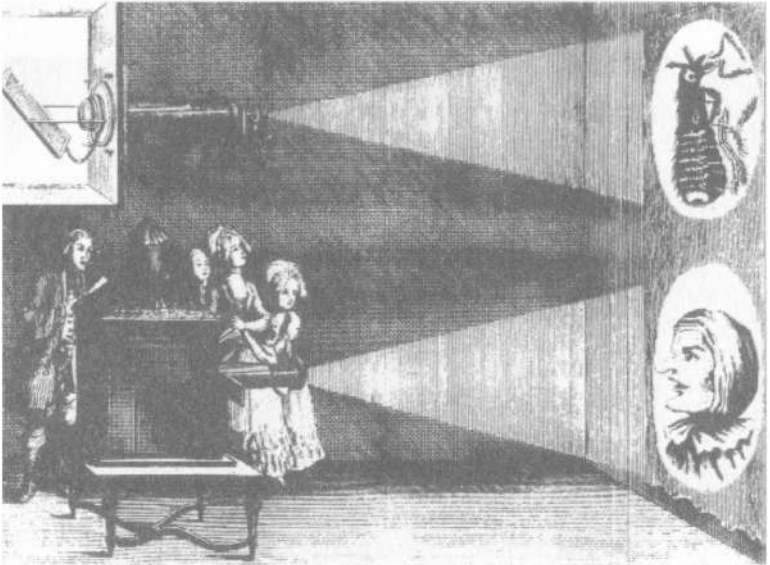
Ancak bu buluşu, 16. ve 17. yüzyılların araçlarıyla yapmak o kadar kolay değildi. “*Laterna magica*”, günümüz diya projektörü ile aynı ilkeye göre çalışan bir alettir. Projeksiyon fenerine benzer bir düzenek konusunda en eski örnek, 1420 yılı dolayında Venedik’li Giovanni de Fontana’nın (~1395-1455) *Liber instrumentorum...* (Aletler Üzerine Kitap) adlı eserinde görülür (ŞEKİL 27). Resimde bir adam, elinde bir lamba ya da fener tutmakta ve duvarda bir cinin yansıması resmi görülmektedir. Fenerdeki imge ve yansıması aynı doğrultuda (yukarı doğru) olup optik açıdan oldukça doğrudur. Giovanni de Fontana’nın “sihirli fener”i keşfi konusunda özel bir kanıt yoksa da, Fontana, “sihirli fenerin gerçek kavramını tanımlamıştır”. Napoli’li Giambattista della Porta (1538-1615), 1589 yılında yayımladığı *Magia naturalis sive de miraculis rerum naturalium libri viginti* (Doğal Büyü Üzerine Yirmi Kitap) adlı eserinde yakıcı camlar, içbükey mercekler, eski türde yazı yansıtıcı ayna, “*camera obscura*” ve optik illüzyonlar gibi konuları işlemiş ve bu eser 1658 yılında *Natural Magick* (Doğal Büyü) adı altında İngilizce yayımlanmıştır. Della Porta, “projeksiyonun babası” ve “*camera obscura*”nın (karanlık oda) bulucusu olarak kabul edilir. Güneşli bir günde ahşap bir kulübenin içinde duvardaki bir delikten içeri giren ışığın, dışarıdaki aydınlık sahnenin görüntüsünü duvarda baş aşağı görünecek şekilde yansıttığı bilinmektedir ve bu ilke, kabaca karanlık oda ilkesidir. Fotoğraf makinesinin icadından önce bu alet, nesneleri bir düzleme aksettirerek resmini çizmede kullanılıyordu. Della Porta, dış dünyayı ‘karanlık oda’ içindeki bir cam ya da kâğıt üzerine yansıtmak için her iki yüzü dışbükey olan bir mercek kullanmış ve böylece 1558 yılında, “*laterna magica*”nın zıddı olan bu düzeneği bularak kullanıma sokmuştur. Yine de bu “*camera obscura*”ya, teknik açıdan “*laterna magica*”nın öncüsü gözüyle bakmak gerekir. Della Porta, 1589’da yayımladığı *De refractione optices* (Optik Kırılma Üzerine) adlı kitabında içbükey ve dışbükey merceklerden oluşturduğu düzeneklerle yaptığı deneyleri anlatmıştır. Daha önce İngiliz rahip ve bilgin Roger Bacon ve Leonardo da Vinci, optik ve projeksiyon konusuyla ilgilenmiş ve “karanlık oda” konusundaki deneyimlerini açıklamışlardır. ŞEKİL 28’de bir 18. yüzyıl kitabından, “sihirli fener”deki nesnenin duvara izdüşümünü iz-

leyen çocuklar görülmektedir. “Sihirli fener”in pek çok mucidi arasında en çok tanınmış, 17. yüzyılda Alman bilgini ve Cizvit papazı Athanasius Kircher (1602-1688) idi. Würzburg’da matematik, felsefe ve çeşitli bilimleri öğreten Kircher, 1646’da Roma’da yayımladığı *Ars magna lucis et umbrae...* (Işık ve Gölgenin Büyük Sanatı...) adlı eserinde, projeksiyonun temellerini sergilemiş ve della Porta’nın çalışmasını geliştirerek bir dışbükey mercek kullanmıştır. Onun geliştirdiği “karanlık oda” (“*camera obscura*”), projektörlerin en eskisi ve en basitidir (ŞEKİL 29, ŞEKİL 30). Kircher’in geliştirdiği aletlerden biri de, dinsel resimleri göstermede kullanılan basit bir optik alet olup onun tarafından “*smicroscopium parastaticum*” diye adlandırılmıştır. Aletin adındaki ilk sözcük, “mikroskop” sözcüğünün Yunanca eşanlamlısı olup bu aletin, inançsız gönüllere dinsel öğretinin ve güçlü bir etkinin yöneltilmesine yönelik amaçlar bakımından son derece etkileyici olacağı düşünülüyordu. Kircher, ışınları toplayacak bir mercek olarak, içi su dolu küresel bir cam balon kullanmıştır. Böyle bir düzenek, büyütecini atası olarak 1. yüzyıldan beri bilinmekte ve “Seneca merceği” adı verilmekteydi. Böylece Kircher, aydınlatma aracı için biri çukur aynalı, diğeri de toplama mercekli olarak geç dönemde ortaya çıkacak iki çeşit “*laterna magica*” için bir öneri çalışması yapmış oluyordu. Bu sanat yoluyla, karanlık bir mekânda bir duvar ya da perdeye ayna aracılığıyla şeytanın resmi yansıtılabilirse, tanrıtanıma insanları kolayca inançlı kılabilirdi (ŞEKİL 31, ŞEKİL 32).⁵² Sihirli fenerde arzu edilen ruhun resmi, bir cam levha üzerine çizilir ve bu betim, sihirli fenerde diya-pozitif olarak kullanılırdı. İzleyiciyi yanıltmak amacıyla resme belirli bir hareket kazandırmak için ekran sarsılır ve ekrana düşen görüntüde dalgalanmalar oluşturularak gizem dolu optik etki güçlendirilirdi. Ekran olarak, hava akımıyla harekete geçen, çoğu zaman da tütsü dumanlarının yükselirken havayı harekete geçirdiği sunaklardaki tül perdeler kullanılıyordu. Kimi zaman yan yana duran ağız açık büyük kaplardaki derişik amonyak ve tuzruhu çözeltilerinden yararlanılıyor, fenerin de ısınması yoluyla oluşan hava akımı, bu kaplardan oluşan buharların katı nişadır (amonyum klorür) haline kimyasal yolla birleşmesi sonucu güzel ve beyaz sis dalgalarını, peşi sıra sürüklüyordu.⁵³ Kircher, sihirli fenerlerin tarihindeki en

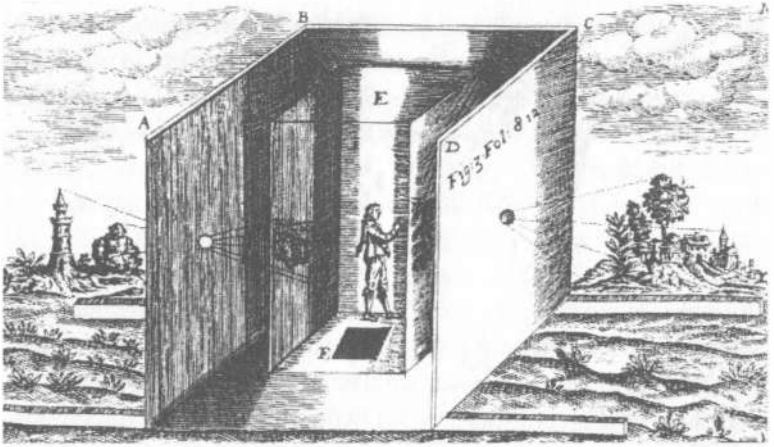


ŞEKİL 27. Projeksiyon fenerine benzer bir düzenek (Giovanni de Fontana, Liber instrumentorum..., 1420 yılı dolay).

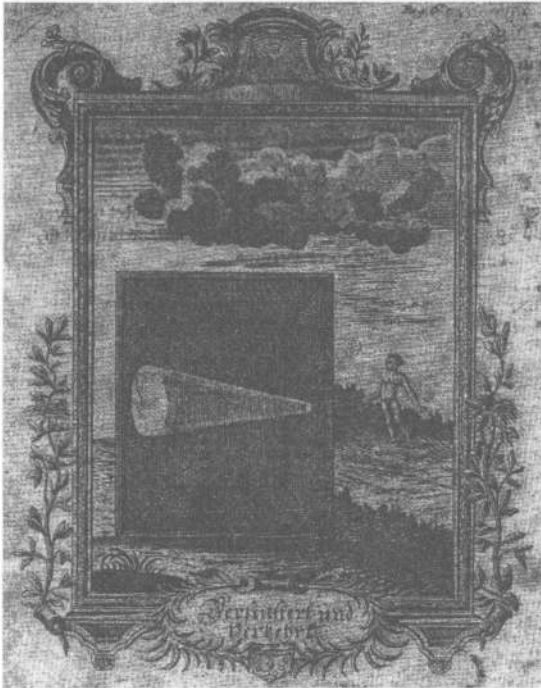
ünlü adlardan biri olup sihirli fenerin keşfi de sıkça ve yanlışlıkla ona yakıştırılır. Sözü edilen eserinin daha sonraki 1671 bas-kısında, sihirli fenerden yansı-tılan şekillerin yer aldığı resimler bulunmaktadır (ŞEKİL 33, ŞE-KİL 34, ŞEKİL 35). Kircher bu resimlerden sorumlu olmayabi- lir; çünkü onlar, imgelerin odak- lanması için herhangi bir projek- siyon merceğinden yoksundur- lar. Optik açıdan Giovanni de Fontana'nın 1420 tarihli lamba ya da fenerine benzer şekilde ya- rıntaki imgeler, ekrandaki img'e ile aynı doğrultudadır.



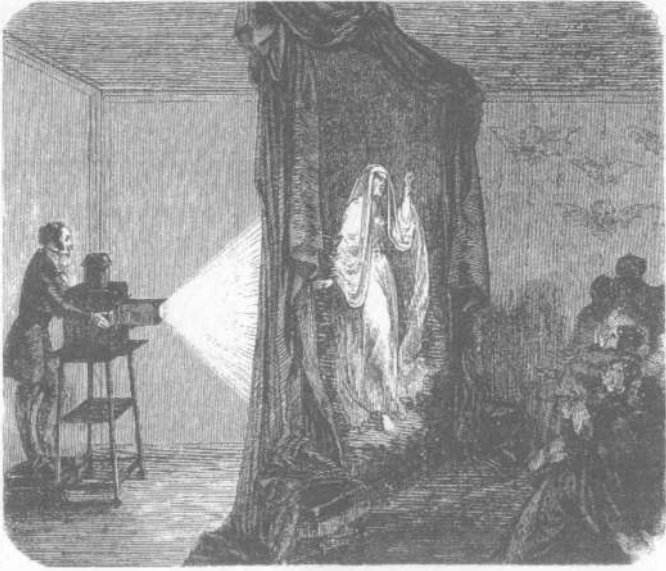
ŞEKİL 28. Bir 18. yüzyıl kitabından, "sihirli fener"den ("laterna magica") duvara düşürülen görüntüyü ilgi ile izleyen çocuklar: Sol köşede yer alan kesit, merceklerin konumunu göstermektedir.⁵⁴



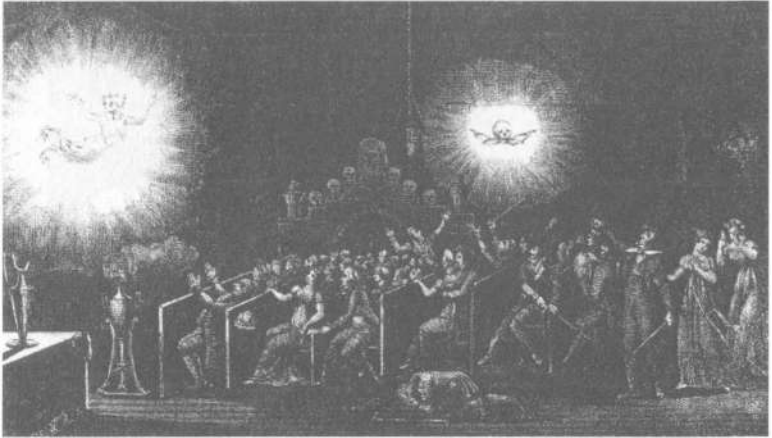
ŞEKİL 29. "Camera obscura" (A. Kircher, *Ars magna lucis et umbrae...*, Amsterdam, 1671).⁴⁶



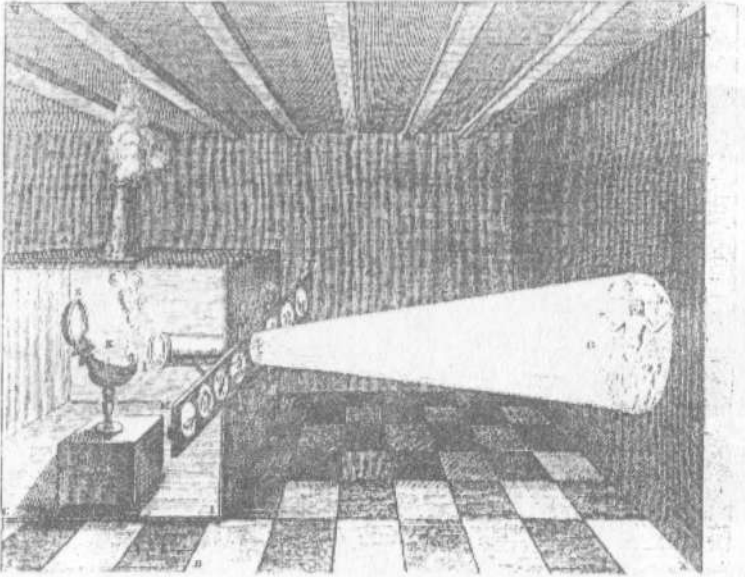
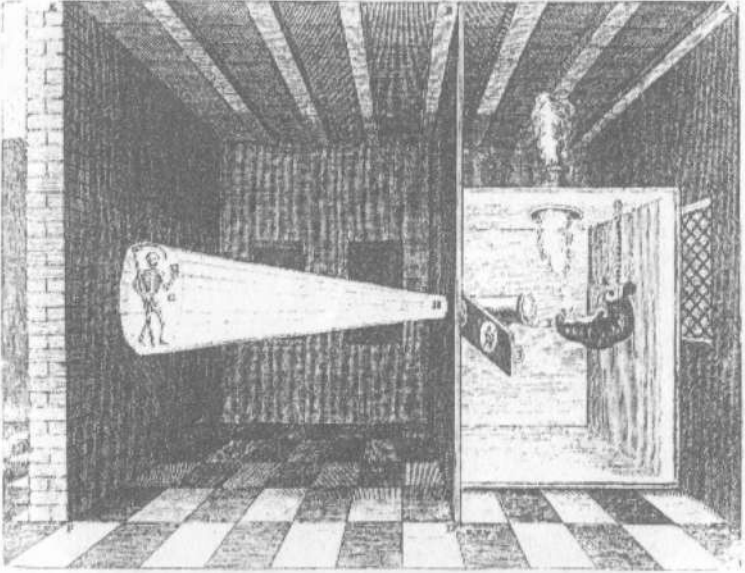
ŞEKİL 30. Bir "camera obscura"nın betimi: Resimde, nesnenin "camera obscura"daki görüntüsünün, başaşağı çevrildiği görülmektedir (18. yüzyıl bakır kazıma resmi [Wahre Christenthum (Gerçek Hristiyanlık) adlı kitaptan].



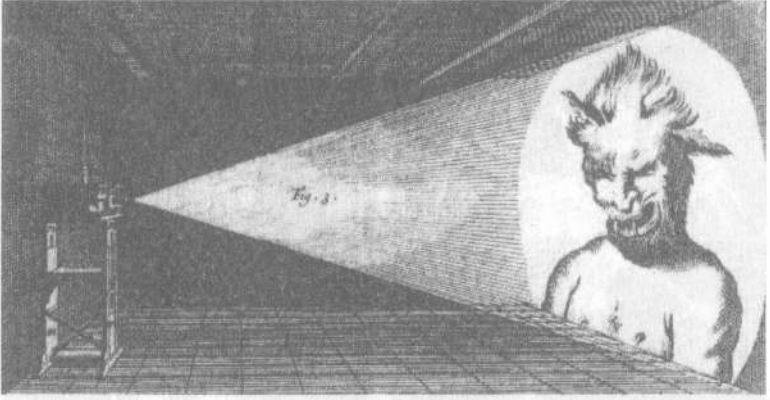
ŞEKİL 31. 1795'te Étienne-Gaspard Robertson (1763-1837) tarafından özel efektler eşliğinde "laterna magica"nın ileri-geri hareketi yoluyla fantazmagorik ön temsiller (1845 tarihli "Le Magasin Pittoresque"ten).⁵²



ŞEKİL 32. Paris'te Kapüsen Manastırı'nda 1797 yılında "laterna magica" yardımıyla duman sütunu içinde izdüşürülen hayalet türü korkutucu görüntülerin sergilendiği salonda izleyenlerin etkilenimi [Étienne-Gaspard Robertson'un Mémoires récréatifs, scientifiques et anecdotiques d'un physicien-aéronaute (Hava Baloncusu Bir Fizikçinin Eğlendirici, Bilimsel ve Fıkra Benzeri Anıları) (Paris, 1831) adlı eserinde yer alan bir resimden hareketle Le jeune'un hazırladığı bakır kazıma resim].^{52,55}



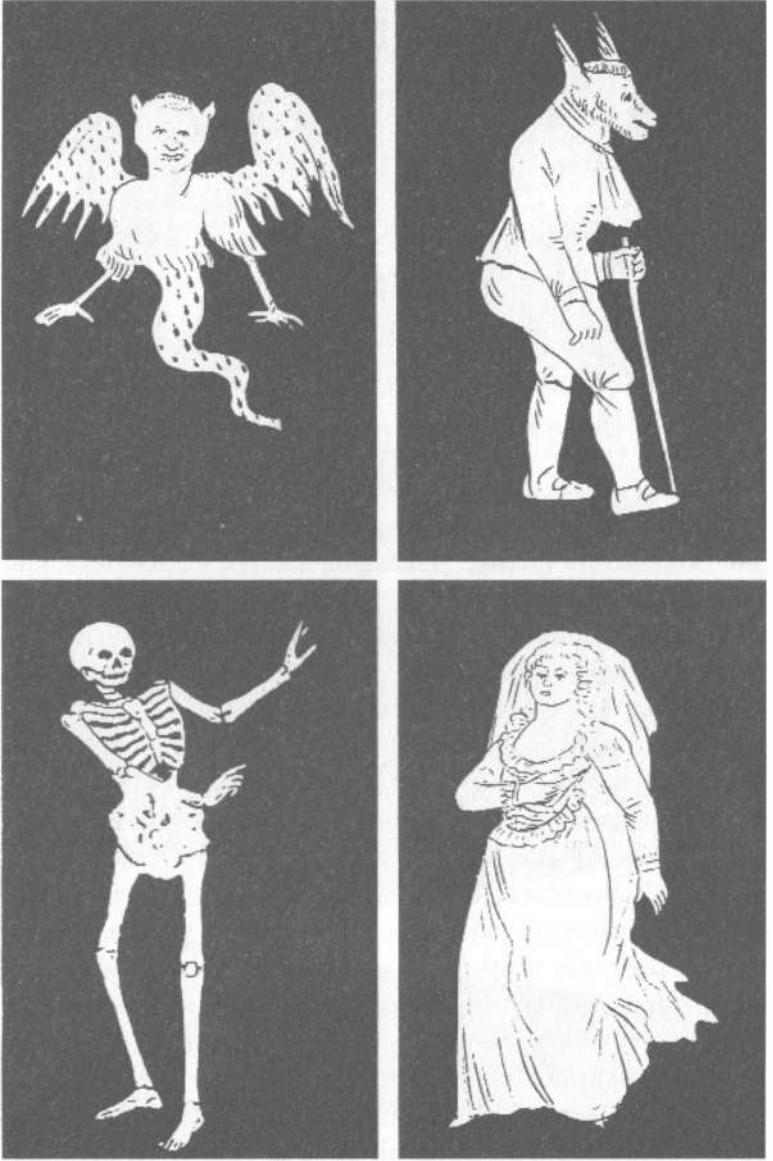
ŞEKİL 33. Diya ve film projektörlerinin öncüsü olan sihirli fenderde ("la linterna magica"), cam üzerine çizilmiş resim görüntülerinin ekran üzerine düşürülme sahneleri (A. Kircher, *Ars magna lucis et umbrae...*, Amsterdam, 1671).⁴⁶



ŞEKİL 34. “Laterna magica’, tanrıtanımazları, şeytanın bir resmini göstermek suretiyle dine döndürmek için çok uygun bir araçtı” (1894).⁵⁶

Hollanda’lı fizikçi Christiaan Huygens (1629-1695), olağanüstü bir dil öğrenme yeteneğine sahipti. Gençliğinde tam sekiz dilde (Yunanca, Latince, İtalyanca, Fransızca, İspanyolca, İngilizce, Almanca ve ana dili olan Hollandaca) şiirler yazmıştı. Huygens, 1659 yılı dolayında “*laterna magica*”nın tüm karakteristiklerini taşıyan bir alet inşa etti. 1657-1658 yıllarında Leiden’de matematik ve fizik eğitimi gören Thomas Walgenstein (1622-1701) adlı bir Danimarka’lı, olasılıkla Huygens’le tanışmış ve onun bu konudaki düşüncelerini kavramış bir kişi olarak “*laterna magica*”yı 1665 Lyon Sergisi’nde yeni bir buluş olarak duyurmuş ve Paris, Kopenhag ve Roma’da başarılı gösterilerle sergilemiştir. 1671 yılında Athanasius Kircher, *Ars magna lucis et umbrae...*’sinin (Işık ve Gölgenin Büyük Sanatı) ikinci baskısı yayımladığında, Thomas Walgenstein’in aygıtının resmini kitabına almış ve onu, “*laterna magica*”nın mucidi olarak nitelemiştir.⁵²

Büyülü fener ve diyalılarının üretimi 1870’lerde İngiltere’de hızla yaygınlaşmış, ancak 1895’te Paris’te Auguste Lumière (1862-1954) ve Louis Lumière (1864-1948) adlı kardeşler tarafından sinematografin keşfinden sonra gerileyerek zamanla ortadan kalkmıştır.⁵⁷



ŞEKİL 35. Sihirli fener resimleri: 18. yüzyıla kadar hilekâr şarlatanların hünerlerinden biri, tütsü ya da amonyak ve tuzruhundan oluşturulan mışadırdan ibaret gizemli yoğun duman ortamında sihirli fener aracılığıyla “sisli resimler”in izini ekrana düşürerek hayalet ve ruh söylemleri eşliğinde insanları gerilim ve heyecana boğmaktı.⁵⁵

Cizvitler (“*Jesuit*”), “İsa derneği” anlamına gelen bir Hristiyan derneğinin üyeleri idi. Cizvit bilgin Niccolò Zucchi (Nicolaus Zuccius) (1586-1670), hünerli ve ünlü bir teleskop yapımcısıydı. Katoptrik (ışınların yansıma ve kırılmasına ilişkin) düzenekler tasarımıyla yansıtıcı teleskopun kullanımına önemli katkılarda bulunmuştur. 1616 (ya da 1608) yılında içbükey bir metal aynadan yansımayla meydana gelen imgeyi gözlemlenmede kullanılan ve içinde göz merceğinin yer aldığı bir aygıt inşa etmiştir (ŞEKİL 36). Kircher’in 16. yüzyıl Cizvit bilimini ön plana çıkarmasından sonra 17. yüzyıl Cizvit bilginleri arasında en önde geleninin Ruggiero Giuseppe Boscovich (1711-1787) olduğu görülür. Günümüzde Kircher’in eserleri merak düzeyinde kalırken, Boscovich’in astronomi, optik, matematik ve mühendislik konularındaki eserleri yüksek bir saygınlık kazanmıştır. Bir akromatik teleskop geliştiren ve İzlanda spatının ışığı çifte kırma olgusu için özgün bir kuram öneren Boscovich, Kilise’nin Nikolaus Kopernikus’un (1473-1543) sistemine olan düşmanlığını yumuşatmaya çalışmış ve Newton kuramlarının halk tarafından anlaşılmasına yardımcı olmuştur.⁵⁸ Fizikçi Erasmus Bartholin (Bartholinus/Berthelsen) (1625-1698), kalsit’in kristal bir şekli olan İzlanda spatında ışığın çifte kırılmasını inceleyerek *Experimentia crystalli Islandici disdiacastici* (İzlanda Spatında Işığın Çifte Kırılma Deneyleri) (1669) adlı eserini kaleme almıştır.



ŞEKİL 36. Niccolò Zucchi'den katoptrik-optik çizimler.⁵⁹

Klasik Fizikte Doruk Noktası: Isaac Newton (1642-1726)

“Daha ileriye görebildiysem,
bunu omuzlarından baktığım devlere borçluyum”
Isaac Newton

Isaac Newton (1642-1727), tüm zamanların en önde gelen matematikçi, fizikçi ve bilimsel dehalarından biridir. Onun fiziğe yaptığı temel katkılar, hareket yasalarını geliştirmesi, böylelikle mekanikle gök dinamiği arasındaki temel ilkeleri ortaya çıkarmasıdır. Kısaca *Principia* diye bilinen *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) (1687) adlı eseri, bilimsel devrimin doruk noktası olarak kabul edilmektedir. Eser, üç kitaptan oluşmaktadır: (1) *De motu corporum* (Cisimlerin Hareketi Üzerine); (2) *De motu corporum liber secundus* (Cisimlerin Hareketi Üzerine İkinci Kitap); (3) *De systemate mundi* (Evren Sistemi Üzerine). Newton, *Principia*’da iki fiziksel kuramı kapsamlı bir şekilde işlemiştir. Bunlardan biri “Newton’ın hareket yasaları” olup bunlardan klasik mekanik doğmuştur. Diğeri ise “Newton’ın kütle çekimi yasası” olup astrofiziğin ve gök mekaniğinin yolunu açmıştır. Newton bu eseri ile çizgisel momentumun ve açısal momentumun korunumlarının haberciliğini de yapmıştır. Bu eserin tamamının Fransızca’ya ilk ve tek çeviri ve yayımı, Fransız bilim kadını Gabrielle-Emilie Le Tonelie de Breteuil Marquise du Châtelet (1706-1749) tarafından 1759 yılında gerçekleştirilmiştir. Newton’ın ileri sürdüğü üç temel yasadaki ilk olan eylemsizlik (atalet, süredurum) ilkesi, durağan ya da hareket halindeki bir cismin bu durumlarının, ancak dışardan uygulanacak bir kuvvetle değiştirilebileceğini belirtir. İkinci yasası, 17. yüzyıla değin niteliği tartışmalı olan ivme kavramını açıklar ve ivmenin, uygulanan kuvvetle doğru, cismin kütlesiyle ters orantılı olarak değiştiğini gösterir. Üçüncü yasası ise, her etkiye karşı, eşit bir tepkinin varlığını belirtir. Newton, ünlü çekim yasasını ise şu şekilde sunmuştur: “*İki cismin birbirini çekme kuvveti, o iki cismin kütleleri ile doğru ve aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır*”. “Ters ka-

re yasası" olarak da bilinen bu yasa ($F = G M m / r^2$) (burada G, sabit bir katsayıdır), aslında daha önce 1679'da deneysel fizikçi Robert Hooke tarafından ifade edilmişti. Newton, Cambridge'te matematik kürsüsüne geçer geçmez fiziğin ışık konusunu ele almış ve uzun yıllar boyu bu konudaki bilgi ve bulgularını 1704 yılında *Optics* (Optik) adlı eseriyle sunmuştur. Bu eserinde Newton, renklerin, gökkuşağındakine benzer şekilde güneş ışığının ikizkenar üçgen kesitli bir cam prizmadan geçerek ayrışmasından kaynaklandığından, ayrışan ışınların, ters yerleştirilmiş ikinci bir prizma da gerisin geriye birleştirilerek yeniden beyaz ışığı vermesinden, ünlü "Newton halkaları"ndan ve ışığın kırılmasından söz ettikten sonra, ışığın, çok küçük cisimciklerden oluşmuş olabileceğini bir düşünce olarak ileri sürmüştür. Newton'ın ışığın parçacık niteliğine ilişkin bu son görüşü, pek çok tartışmaya yol açmıştır. Newton yaşamının geç dönemlerinde soğuma yasasını formüllendirmek için de çaba harcamıştır.¹³ Newton ölünce, İngiliz kral ve kraliçeleri için kullanılan geleneksel mezarlık olan Westminster Abbey'e gömülmüştür.

Newton'un, Westminster Abbey'deki (Westminster Kilisesi) kendi mezar taşına yazılmasına karşı çıktığı, şair Alexander Pope'un (1688-1744) ünlü dizesinde, Newton Çağı'nın aydınlığı şu sözlerle dile getirilmiştir:⁶⁰

"Nature, and nature's laws lay hid in night
Gott said, 'Let Newton be!' and all was light"
(Doğa ve doğa yasaları, karanlığa gizlenmişti,
Tanrı, "Newton olsun!" dedi ve her şey aydınlandı)

Londra Krallık Akademisi'nin önemli kişilerinden olan Robert Hooke, buluşçu, deneyci, gökbilimci ve mimar olmasının yanı sıra bir mekanik ve yaratıcılık dehası idi. *Micrographia* (tam adı: *Micrographia or some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries thereupon*) (Mikrografya, ya da Gözlem ve Sorgulamalar Eşliğinde Küçük Cisimlerin Büyütücü Camlar Yardımıyla Kimi

Fizyolojik Betimlemeleri) (1664) adlı ünlü eserinde, geliştirdiği mikroskobun yanı sıra böceklerin ve başka canlıların yapılarının karmaşık çizimleri yer alıyordu. Sineklerin kanat çırpma frekansını saptamış, termometre, barometre, anemometre (rüzgârölçer) ve higrometre (nemölçer) gibi aletler geliştirerek çizimlerini vermiştir. Ancak değeri bilinmemiş ve görmezden gelinmiş bir bilim adamı olarak Hooke, yaşadığı dönemde Newton'un rakibi ve baş düşmanı olduğu için onun gölgesinde kalmış, ayrıca da fikirlerinin çoğu çağını çok aştığı için yaşadığı dönemde anlaşılamamıştır.

Newton, yaşamı boyunca yalnızca doğa yasalarını değil, dinsel yasaları da kapsayan bir bilgiye ulaşmayı hedeflemiştir. Tanrı ve yaratıları (doğa) arasındaki ilişkileri belirlemeye yönelik derin bir dinsel arzusu vardı ve doğaya Tanrı'yı görmek için bakıyordu. Onun özel araştırmaları arasında *Kutsal Kitap'ta* betimlenen, Kudüs'teki Süleyman Tapınağı'nın biçim ve boyutlarının incelenmesi gibi dinsel konular da yer alıyordu. Newton, *Observations upon the Prophecies of Daniel and the Apocalypse of St. John* (Danyal'ın Kerametleri ve Aziz Yuhanna'nın Vahyi Üzerine Gözlemler) (1733) adlı kitabında şunları belirtmektedir: “Yorumcuların hatası, gelecek zamanlardaki olaylar hakkında, *Kutsal Kitap'ta* yazılanlara bakarak kehanette bulunmak olmuştur... Bu ve Eski Ahit kehanetleri, insanların gelecekteki olaylar hakkında duyduğu meraklarını gidermeleri için değil, kehanetlerin gerçekleştiği olaydan sonra, kahinlerden çok, Tanrı'nın dünya gözünde büyük bir varlık olarak ortaya çıkması için vardı. Çünkü çağlar önce olacağı söylenen bir olayın gerçekleşmesi, evrenin ve dünyanın tanrısal bir güç tarafından yönetildiğini kanıtlayacaktır”. Newton sonrasında Newton fiziği ve mekaniği, hem kuramsal hem de uygulamalı olarak daha da geliştirilmiştir. 1800'lere gelindiğinde, Pierre Simon Laplace'ın (1749-1827) 1796'da yayımlanan *Exposition du système du monde* (Evren Sisteminin Sergilenmesi) adlı kitabında “Tanrı'dan niçin hiç söz edilmediği” yönünde Napoléon Bonaparte'ın sorusuna verdiği “*Je n'ai pas besoin de cette hypothèse!*” (Bu varsayıma gereksinim duymadım!) şeklindeki ünlü yanıtında da bir fırsatla ifade ettiği gibi, evren kuramında Tanrı'ya yer vermeye gereksinim duyulmayacak bir boyuta gelinmişti.⁶¹

Newton'ın Fransa'ya tanıtılması, Madame du Châtelet ile onun sevgililerinden biri olan Fransız filozofu François-Marie Arouet Voltaire (1694-1778) tarafından sağlanmıştır. Voltaire, 1733 yılında İngiltere'deki ikameti sırasında anılarını *Lettres philosophique sur les anglais* (İngilizler Üzerine Felsefe Mektupları) (1733) başlığı altında yayımlamış ve bunun büyük bir bölümünü Newton'ın kütle çekimi kuramına ayırmıştı. Bu eser, Fransız Hükümeti'ne yönelik eleştirileri de içerdiğinden, geri dönmüş olduğu Paris'i tekrar terk etmeye zorlandığında Madame du Châtelet'nin şatosunda oturmaya karar verdiler ve burada birlikte kaleme aldıkları *Elémens de la philosophie de Newton* (Newton Felsefesinin Öğeleri) adlı kitabı 1738'de yayımladılar. Madame du Châtelet daha sonra *Institutions of Physics* (Fizik İlkeleri) (1740) adlı kitabını yayımladı. Ancak Voltaire'in tersine, Madame du Châtelet, Newton'dan çok Leibniz'den etkilenmişti ve yazılarında Leibniz'in matematik konulu eserlerini Fransızlara tanıttı. Châtelet daha sonra 1747'de Newton'ın *Principia*'sını çevirmeye başladı. 1749'da çeviriyi tamamladığında, yaptığı doğum sırasında öldü. Bu kitap ise *Principes mathématiques de la philosophie naturelle par feu Madame la Marquise du Chastellet* (Châtelet Markizi Müteveffa Bayan Tarafından Kaleme Alınan Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) başlığı altında 1756-59'da yayımlandı.³

Alman şairi ve doğa araştırmacısı Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), ışık ve rengin niteliği ve renk oluşumu konusunda Newton'ın kuramına karşı ağır eleştirilerde bulunarak 1810 yılında yayımladığı *Zur Farbenlehre* (Renk Öğretisi Üzerine) (1810) adlı kitabıyla kendisi de bir renk kuramı oluşturmuştur. Goethe'ye göre karanlık da aydınlık gibi bir gerçekliktir ve çeşitli renkler, bu iki gerçekliğin çeşitli oranlarda birleşmesiyle oluşur. Goethe'nin bu konudaki en büyük yanılması, beyaz ışığı yalın bir ışık olarak kabul etmesi idi; oysa Newton beyaz ışığın, tüm renkli ışınların bir karışımı oldu-

ğunu çeşitli deneylerle kesin olarak kanıtlamıştı. İlginçtir ki Goethe'nin ölüm döşegindeki son sözleri “*Daha çok ışık!*” olmuştur. Newton'ın, ışık ve renk kuramını işlediği *Optics* (1704) adlı eserini yayımlamasından 100 yıl kadar sonra Goethe, ileri sürdüğü bu kuramıyla yaşamının en büyük yanılgısını yapmıştır. Goethe'nin temel bilim felsefesinde bir şeyin özünü aramak boşunadır, asıl olan görünüşler ve bu görünüşlerin üzerimizdeki etkileridir. Onun bilimsel araştırma sisteminde matematiksel modellere, soyutlama ve genellemeye yer verilmez, asıl olan düşünce gücüdür ve deneysel uygunluğu aramaya gerek yoktur. Herhangi bir fizik eğitimi almamış olan Goethe'nin renklere olan ilgisinin, ressam olma tutkusundan kaynaklandığı söylenir. Goethe'nin renk öğretisi sanatsal ve estetiksel açıdan yararlar sağlamışsa da bilimsel bağlamda kesin zafer, Newton'ın kuramının olmuştur.^{62,63}

Goethe gibi İngiliz şair ve ressam William Blake (1757-1827) de, bilimin görüş alanımızdan çıkarıp attığını düşündüğü belirgin gerçekliklere eğilme tutumunu benimsemişti. Her ikisi de 17. yüzyıl “Bilimsel Devrim” döneminde büyük ölçüde Newton fiziğinden etkilenen belirlenimci (determinist) mantık hayranlığına tepki gösterdiler. Newton bilimi de hayal gücünü sınırlar içinde tuttuğu ya da dışladığı için, Blake'in hoşuna gitmiyordu.⁶⁴ Descartes ve Newton'ı mekanik evren görüşünün önde gelen temsilcileri olarak gören Blake, dışarıdan bir müdahale olmaksızın kurulu saat gibi kendi kendine işleyen mekanik evren anlayışına karşı çıkıyordu. Şiirlerinde Newton fiziğini ağır bir dille eleştirdi. Sanatçı kişilikli Blake, Newton'ın “düş”ü öldürdüğünden, insanın düşgücünü daraltıp onu “mekanik” bir evren görüşüne zorladığından yakınıyordu. Blake, 1802 tarihli bir mektubunda, Newton'cı dünya görüşüne olan tepkisini, “*Tanrı bizi dar görüşlülükten ve Newton'ın düştüğü uykudan korusun!*” şeklinde sergilemiştir. Ona göre Newton, evreni ele geçirip yıkmak isteyen zalim bir tirandı!⁶⁵

John Dalton (1766-1844) ve Atom

Eski Yunan filozoflarından bir bölümü maddenin sınırsız olarak bölünebileceğini kabul ederken, kimileri de maddenin tanecikli doğada, atomlardan yapılmış olduğunu ileri sürmüş ve maddenin bölünemeyen en küçük parçasına "*a-tomos*" ("bölünemez") adı verilmişti. Eski Yunan atomcu filozofları, ilk başta evrenin, hava, su, toprak ya da ateş gibi tek bir ilksel öğeden oluşarak yapılandığını öngörmüşler, daha sonra bu öğeler birlikte düşünülerek "su-hava-ateş-toprak" şeklinde "dört öğe kuramı" geliştirilmiştir.

John Dalton (1766-1844), "katlı oranlar yasası"nı kurarken şu kabullerden yararlanmışır:

- 1) Bütün cisimler daha fazla bölünemeyen küçük taneciklerden, yani atomlardan oluşurlar. Bu atomlar kimyasal tepkimelerde de parçalanmazlar.
- 2) Bir elementin atomları her açıdan, ağırlıkça ve büyüklükçe birbirinin aynıdır, ama farklı elementlerin atomları, farklı ağırlık ve özelliktedirler.
- 3) Bir bileşik cisimde, onu oluşturan elementlerin atomları her zaman aynı oran içinde birleşirler.

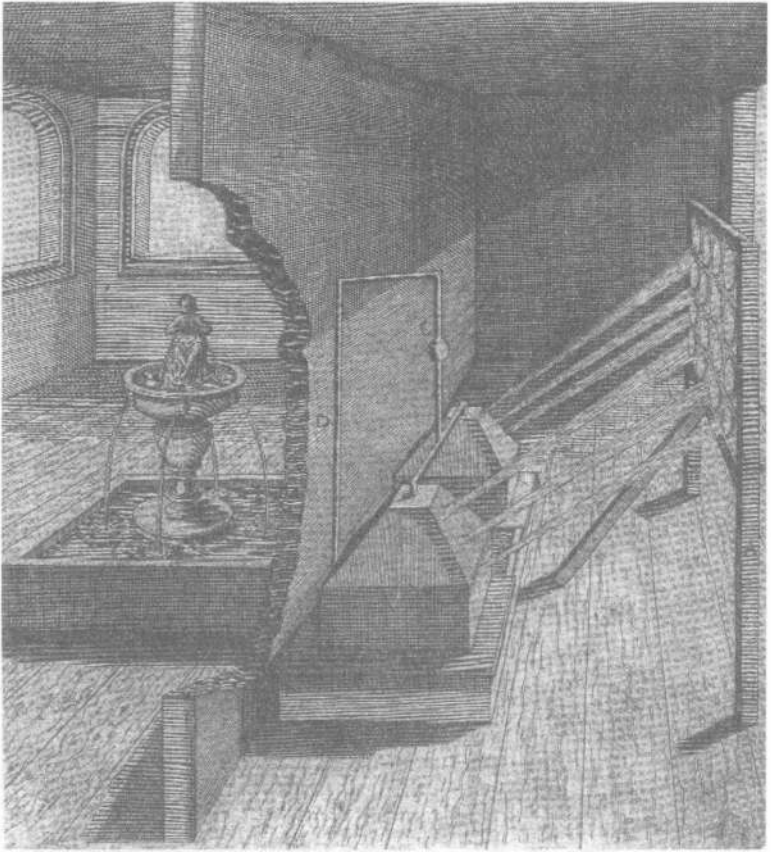
Dalton, *A New System of Chemical Philosophy* (Kimya Felsefesinin Yeni Sistemi) (1808) adlı yapıtında şöyle yazar: "... *Atmosferdeki atomların sayısını kavramaya çalışmak, evrendeki yıldızları saymak gibi bir şey olur. Nesneyi sınırlandırır ve herhangi bir gazın verilen bir hacmini ele alırsak, atomların sayısının sonlu olması gerektiği anlaşılır...Tüm tekdüze maddelerin en küçük tanecikleri ağırlık, yapı vb. açısından eşittirler. Başka bir deyişle, her bir su atomu başka bir su atomuyla, her bir hidrojen atomu da başka bir hidrojen atomuyla aynıdır.*" Burada Dalton, atom nitelemesini element ve bileşiklerin en küçük birimi anlamında kullanmıştır. Örneğin, bir "su atomu"ndan söz etmektedir. Bugün biz buna "su molekülü" demekteyiz. Dalton element ve bileşik arasında ayırım yapmak için "basit elemanter atom" ve "bileşik atom" (bugünkü molekül kavramı) nitelemelerini kullanmaktadır.⁷

Dalton'un farklı ağırlıkta atomların bulunduğuna ve "katlı oranlar yasası"na ilişkin düşünceleri, çağdaş atom kuramının ve günümüz fiziğinde kullanılan pek çok diğer kuramların yolunu açmıştır.

Salomon de Caus (1576-1626) Üzerine

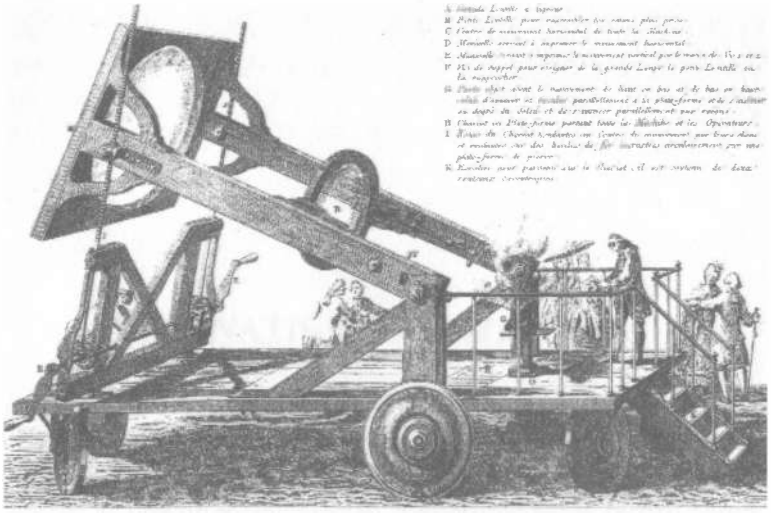
Teknik bir dehaya sahip olan Giambattista della Porta, ünlü eseri *Magia naturalis...*'te (Doğal Büyü) buhar türbinine çok benzeyen bir makine tasarımına yer vermiştir.¹³ Della Porta, Andreas Libavius (1540-1616) ve Athanasius Kircher'in belirttiklerine göre 16. ve 17. yüzyılda damıtma işleminde güneş ışınlarından yararlanılmaktaydı.

Fransız kökenli makineci, bahçe tasarımcısı ve mühendis Salomon de Caus (1576-1626), Protestan olması nedeniyle Nantes Fermanı'nın (1598) ilanı ile vatani Fransa'yı terk ederek bir süre İngiltere ve İtalya'da yaşamıştır. Daha sonra Almanya'nın kültür ve sanat merkezi olan Heidelberg kentinde Heidelberg Elektörlük mühendis ve mimarı olarak çalışan Salomon de Caus, kentteki sarayın inşasında çeşitli çalışmalar yapmış, sarayın bahçesinde üslupçu (manierist) biçimde dehlizler, yapay mağaralar, fiskiyeli havuzlar, "konuşan dev heykeller" ve otomatlar gerçekleştirmiştir. Fiskiyelerin çalışması için 1615 yılında bakır kazanlar üzerine düşen güneş ışınlarının ısıtma etkisinden yararlanan ilginç bir kuvvet makinesi tasarlamış ve bu çalışmalarını 1615 yılında Frankfurt'ta yayımlanan *Les raisons des forces mouvantes avec diverses machines tant utiles que plaisantes* (Eğlendirme Amacıyla Kullanılan Çeşitli Makinelerle Hareket Ettirici Kuvvetlerin İlişkileri) adlı eserinde sunmuştur (ŞEKİL 37). ŞEKİL 38'de sergilenen fiskiye düzeneginde fiskiyeye gündüz su gitmekte, gece soğuyunca su geri çekilmekte; gündüz aynı zamanda fiskiyedeki flütlerden ses çıkmaktadır.³⁸ De Caus, daha sonra Fransa ekonomi bakanı Jean-Baptiste Colbert (1619-1683) kanalıyla Fransa kralının yaptığı çağırışı kabul ederek Paris'te yeraltı lāğım ağını ve yer altı geçitlerini inşa etmiştir.



ŞEKİL 38. Fransız Salomon de Caus'un *Les raisons des forces mouvantes...* (Frankfurt, 1615) adlı eserinden, güneş ışınlarının ısıtma etkisinden yararlanarak geliştirdiği, bir havuz fiskeyesinin gücünün artırılmasını gösteren ilginç düzeniğinin bakır kazıma resmi: Merceklerden geçirilen güneş ışınları, içi yarıya dek suyla dolu teknelerin üzerine düşürülmekte, bunun içinde ısınan hava, içerideki suyu havuzun fiskeyesine basarken flütlerden ses de çıkarmaktadır. Güneş çekilip de tekne soğuyunca, bu kez tekne içindeki hava büzülmekte ve havuzdaki su, gerisin geriye teknelere akmaktadır.⁶⁷

ŞEKİL 39'da Paris'teki Fransız Bilimler Akademisi'nde (*Académie des Sciences*), Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) ve başkalarının metal eritme deneylerinde kullanılan, oyuk iç hacmi alkol ve su ile dolu olan, 127 cm çapındaki en büyük yarıkıcı ayna görülmektedir.



ŞEKİL 39. J. C. P. Trudaine de Montigny'nin (1733-1777) önerisi ve finansmanı, Pierre Joseph Macquer (1718-1784), Antoine-Alexis Cadet de Vaux (1743-1828), Lavoisier ve Mathurin-Jacques Brisson'un (1723-1806) da ona destek çıkması ile 1774'te Paris'teki Fransız Bilimler Akademisi için hazırlanan yakıcı mercekli aygıt. Bu büyük yakıcı mercek, içi şarap ve suyla dolu bir oyuk mercektir; çapı 127 cm, odaklama uzaklığı 352 cm'dir. Bu aletle metal eritme deneyleri yapılmıştır [A. L. Lavoisier, *Oeuvres (Toplu Yapılar)* (eds. Jean-Baptiste André Dumas (1800-1884), Edouard Grimaux (1835-1900)), Paris, 1862-1893].^{38,69}

Kuramsal fizik konularında değerli çalışmalar yapan ve enerjinin korunumu yasası kendisine yakıştırılan çok yönlü bilim adamı Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), fizyoloji, fizyolojik optik, fizyolojik akustik, kimya, matematik, elektrik ve manyetizma, meteoroloji ve kuramsal mekanik konularının açıklanmasına da önemli katkılarda bulunmuştur. Teknolojik olarak en önemli katkısı ise, 1851 yılında belirgin bir şekilde oftalmoskopyu geliştirmesi olup bu konuda *Beschreibung eines Augen-Spiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge* [Canlı Gözdeki Ağtabakanın İncelenmesi İçin Bir Göz Aynasının (Oftalmoskopun) Betimi] (Berlin, 1851) adlı eseri yazmıştır. İncelemelerinin son derece yalın olmasıyla göz doldurmuştur.⁶⁹

MIKNATIS VE MANYETİZMA

Bir Yunan efsanesine göre manyetizma, bir koyun çobanı tarafından keşfedilmiştir. Batı Anadolu'da dağlık bir bölgeden hayvanları ile birlikte göçmekte olan bir çobanın ayağı, birden, toprağa yapışıp kalır; çünkü ayaklarındaki sandalın çivisi, manyetik demir oksitçe zengin bir taş olan mıknatıstaşına (İng. "lodestone") yapışmıştır. Başka bir söylenceye göre ise, insanlar Batı Anadolu'da mıknatıstaşı bakımından zengin olan Magnesia (Manisa) kentindeki belirli bir maddenin, giz dolu ve yararlı bir niteliğe sahip olduğu, demiri çektiği (ayrıca kobalt ve nikeli de çeker) ya da ittiğinden söz etmekteydiler ki "manyetizma", "manyetik" gibi sözcükler, bu kentimizin adından gelmektedir. "Resmî" tarih aktarımına göre ise manyetizmanın keşfi, Yunanlı bilgin Miletos'lu Thales'e (İÖ 624-545) yakıştırılır.⁷⁰ Thales, mıknatıstaşının demir parçalarını çektiğini ve fosilleşmiş ağaç reçinesi olan kehribarın da yüne sürüldüğünde saman parçalarını çektiğini fark etmişti. Evrensel kütle çekim kuvvetine ek olarak bunlar, elektriksel ve manyetik çekim kuvvetlerini gösteriyordu. Çin kaynaklarında ise manyetik demir taşından (mıknatıstaşı, Fe_3O_4) İÖ 4000'lerde söz edilmektedir.

Aralarında Anavarza'lı Pedanios Dioskorides'in (~20-79) de bulunduğu Antikçağ yazarları, bir mıknatıstaşının üzerine soğan ya da sarmısak öz suyunun damla damla akıtılmasında onun gücünü kaybedeceğini, keçi sütü ile ovulmakla yeniden eski gücüne kavuşacağını ileri sürmüşlerdir. Yine benzer konulu bir söylentiye göre, Hindistan ülkesine gitmek üzere denize açılan ve

sonuçta Amerika kıtasına ulaşan Kristof Kolomb (Christoph Columbus) (1451-1506), gezisi sırasında bir türlü karaya ulaşılamaması üzerine huzursuzlanan tayfasını, fazla miktarda soğan ve sarmısak yedikleri için pusula ibresinin bu kötü kokulardan etkilenerek saptığını ve düzensiz çalıştığını söyleyerek yatıştırmıştır.

Pierre Pélerin de Maricourt (Petrus Peregrinus) (13. yüzyıl), İtalya'da Lucera kentinin kuşatılması sırasında (1267), olasılıkla Haçlı ordusunda subaydı ("Peregrinus" lakabı, onun bir Haçlı ordusunda bulunduğunu işaret eder). 1269 yılında aynı orduda yer alan arkadaşı Siger de Foucaucourt'a *Epistolae Petri Peregrini de Maricourt ad Sigerum de Foucaucourt militem de magnete* (Maricourt'lu Petrus Peregrinus'un Manyetizma Üzerine Foucaucourt'lu Asker Siger'e Mektupları) başlıklı bir mektup-eser gönderir. Bunda mıknatıslara ilişkin ustalıkli deneysel incelemeler ve mıknatısın kullanıldığı deneysel kurgulamalar yer almaktadır. Pierre de Maricourt burada, "*terrella*" adını verdiği küre şeklindeki manyetik demirtaşı ile yaptığı deneyleri anlatmaktadır. Maricourt'lu Pierre, mektubunun birinci kısmında mıknatısın yeteneklerini övüp doğa araştırmacılarını uyararak bu konuya eğilmelerini önermektedir. Mektubunun ikinci kısmında, tıpkı arkadaşı Villard de Honnecourt'un (~1200-13. yüzyıl ortası) yapmış olduğu gibi, mıknatıstaşından yapılmış bir sürekli hareket makinesi tasarımını betimlemektedir.¹³ Bu eser, kuram ile uygulama, "*artes liberales*" ile "*artes mechanicae*" arasında kesin bağlantıları sergilemekte olup mıknatıs konusundaki deneysel incelemenin temel bir örneği olarak manyetizmanın temel görüngülerini sistemli deneylerle betimlemektedir. Roger Bacon, Maricourt'lu Pierre'i "*dominus experimentorum*" (deneyin öncüsü) olarak nitelemiştir. Pierre, su üzerinde yüzdürülen çubuk şeklindeki bir mıknatıstaşının daima kutup yıldızını işaret edecek şekilde konum aldığını belirlemiş, mıknatıslarda kuzey ve güney kutbu ayrımını yapmış, bunların birbirlerini nasıl etkilediğini göstermiş, bir demir çubuğun bir mıknatısa sürtülmesiyle mıknatıslandığını saptamıştır. Bir mıknatıstaşını küre şeklinde biçimlendirdikten sonra onun üzerine demir iğneler koyduğunda, bunların uzunlama-

sına çizgiler halinde dizildiklerini görerek, bu çizgileri küre üzerinde işaretlediğinde, onların gök küresi üzerindeki meridyen çizgilerine benzediğini görmüştür. Bu çizgiler, güney kutbunda ve kuzey kutbunda birleşiyorlardı. Ona göre mıknatıs, kendi yönlendirme kuvvetini, göğün kutuplarından almaktaydı. Bu nedenle Pierre, bir manyetik küre üzerindeki bu kesişme noktalarını da “kutup” diye adlandırdı. Buna yönelik ilk kuralı da şöyle ifade etti: “*Aynı türdeki kutuplar birbirini iter, farklı türdeki kutuplar ise birbirini çeker*”. Bu bağlamda Pierre, büyük bir manyetik “*perpetuum mobile*” (devridaim makinesi) de düşünmüştür.^{71,72}

William Shakespeare’in (1564-1616) çağdaşı ve ömrünün son yılında Londra’da Kraliçe I. Elizabeth’in (1533-1603) özel hekimi olan William Gilbert (1544-1603), 1600 yılında Londra’da, bilimsel devrimin küçük klasiklerinden biri olan *De magnete, magnetisque corporibus et de magno magnete tellure... physiologia nova* (Mıknatıslar, Manyetik Cisimler ve Büyük Bir Mıknatıs Olan Dünya Üzerine... Yeni Fizyoloji) adlı eseri yayımlamıştır. Gilbert, modern manyetizma biliminin kurucusu sayılır ve anılan kitabı, o dönemin egemen doğa felsefesinin bir anlatımıdır. Eserden, o zamanlar insanların mıknatıslardan özel bir korku duydukları anlaşılmaktadır. Buna göre mıknatıs, evreni doldurduğu sanılan doğaüstü ve gizemli kuvvetlerin bir simgesiydi. Buna ilişkin olarak anlatılan öyküler, deniz içinden yükselen ve yakından geçen gemilerin demir çivilerini söküp alan mıknatıs dağları türünden olaylarla doluydu. Denizde mıknatıs dağının yakınından geçen demir aksamli gemilerin felâkete uğrayacağı öyküsü, Hint Okyanusu’nu bu konuda güvensiz kılıyor ve Haçlılar da bundan korkuyordu (ŞEKİL 40). Mıknatısların, cadıların gücüne karşı bir koruma sağladığı da söylenir ve kimi hastalıkların tedavisinde toz haline getirilip ilaç olarak kullanılırdı. Gilbert, gerçeği masallardan ayırt etmeyi ve mıknatıslık etkisi ile ilgili doğruları deneysel araştırma ile bulmayı uğraş ediniyordu. O zamanların yaygın bir inancı olarak, elmasın demiri manyetikleştirici bir güce sahip olduğuna inanılıyordu. Gilbert an-

cak 75 parça elmas harcadıktan sonra bunun doğru olmadığı sonucuna vardı.⁷³ Gilbert'ten önce manyetizma olayları ile durgun elektrik olayı sık sık birbirine karıştırılıyordu. Bu iki olayı açık ve kesin bir biçimde birbirinden ayıran, Gilbert oldu. Ayrıca “dünyanın kendisinin de büyük bir mıknatıs olduğunu” (“*Magnus magnes ipse est globus terrestris*”) söylemiş, onun demiri yönlendirme kuvvetinin kutuplardan ileri geldiğini ve coğrafi ve manyetik kutupların birbiri ile çakıştığını (bu son ifadesi yanlış) belirtmiştir. *De magnete...*, manyetizma ve elektrik bilimi bakımından çığır açıcı olmuş, Galilei ve Goethe bile ondan etkilenmiş ve belirli bir ölçüde de olsa Newton'ın yerçekimi kuramının öncüllerinden biri olmuştur (ŞEKİL 41). Kitapta özenle açıklanan yaklaşık 50 kadar deneyle Gilbert, Antikçağ'dan beri bilinmekte olan manyetizma olayını sergilemeye çalışmıştır. Gilbert, kendi geliştirdiği bir tür elektroskopa çeşitli maddelerin sürtünmeyle kazandıkları çekme etkilerini sınıflandırmış; elmas, safir, cam, kükürt, reçine ve benzerlerini “elektrikler”, metaller gibi sürtmeyle çekim sağlamayanları da “elektrik olmayanlar” diye adlandırmıştır. Elektroskop, üzerindeki elektrik yükünü hareketli metal yapraklarının birbirini itmesi ile belli eden bir aygıt olup altın yapraklı elektroskop fizikçi Abraham Bennet (1750-1799) tarafından geliştirilmiştir. Gilbert, kitabında denizcilikte ve astronomide manyetik pusula kullanımı konusunda ayrıntılı bilgiler de vermiştir.^{4,13} Gilbert, bir mıknatıstaşından “*terrella*” adı verilen bir küre yaparak onu, yeryüzünün manyetik özelliklerini incelemede model olarak kullanmıştır. Küçük ve hareketli bir mıknatıs iğnesinin “*terrella*”sı üzerinde eğildiğini sergileyebilmiş ve bu eğilmenin ekvatorda sıfır olduğunu gösterebilmiştir. Gilbert, bir mıknatıs kızdırıldığında mıknatıslığını yitirdiğini, ancak kuzey-güney doğrultusunda, daha da iyisi bir mıknatıs iğnesinin doğrultusunda konduğunda yeniden mıknatıslığını kazandığını biliyordu. Ayrıca bir demir çubuğun meridyen doğrultusunda çekiçe dövüldüğünde etkili bir şekilde mıknatıslandığını da biliyordu (ŞEKİL 42). Çinliler, 6. yüzyıla gelmeden, küçük demir iğnelerin mıknatıstaşı üzerinde dövüldüğünde manyetik özellik kazandıklarını, 11. yüzyılda ise

demiri kızılılık derecesine ısıttıktan sonra kuzey-güney doğrultusunda tutup soğutarak ona manyetik özellik verilebileceğini bulmuşlardı.³⁷ Gilbert ayrıca bir demir çubuğun bir mıknatısa sürtülmesi sonucu mıknatıslandığı bilgisine de sahipti. Gilbert, sürtme yoluyla elektriklenen (kehribar, dağ kristali, kükürt vb.) cisimlerin çekmesiyle manyetik cisimlerin çekmesi arasında fark görüyordu. Böyle bir farklılığa daha önce 1550 yılında Geronimo Cardano (Hieronymus Cardanus) (1501-1576) da değinmişti.⁷¹ Gilbert ünlü eserinde, manyetik demirtaşı ile ilgili olarak Eskiçağ'dan beri süregelen, “*eğer bir manyetik demirtaşına sarmısak sürülür ya da yakınında elmas bulunursa, demiri çekmez*” gibisinden boş inançları da boşa çıkarmıştır. Dünyanın en eski bilim akademilerinden biri olarak, 1560 yılında Napoli'de kurulan “*Accademia dei Segreti*”nin (Latincesi “*Accademia Secretorum Naturae*”, Doğanın Sırları Akademisi) kurucularından biri olan Giambatista della Porta, *Magia naturalis...* (Doğal Büyü...) adlı eserinde bu konuda şunları yazmıştır: “*Denizciler arasında yaygın kanı, soğan ve sarmısagin mıknatısı zayıflatığıdır. Dümencilere, kutupların yönünü saptamada yanlışlık yaşanmasın diye soğan ve sarmısak yemekleri yasaklanmıştır. Ama ben tüm bu savları inceledim ve bu savların yanlış olduğunu buldum*”. Athanasius Kircher'in kurguladığı makinelerin çoğu, zamanın modası olarak Barok Çağı'nın doğal büyü (“*natural magic*”) ve yapay büyü (“*artificial magic*”) kültürünü yansıtmaktadır ve bunlar arasında hayret verici manyetik olayları sergileyen düzenekler de yer almaktadır (ŞEKİL 43).

Kircher'in manyetizma konulu *Magnes, sive de arte magnetica opus tripartitum...* (Mıknatıs ya da Manyetizma Sanatı Üzerine Üç Bölümlük Eser...) (Roma, 1641) adlı eseri üç bölüme ayrılmıştır: 1- Mıknatısın doğası ve özellikleri; 2- Mıknatısın astronomi, doğal büyü, coğrafya ve seyrüsefer pratiğindeki uygulamaları; 3- Kircher'in dünya kapsamında mıknatısla ilgili gizemli çalışmaları. Bu son bölümdeki on kısım, yerin manyetizması, gezegenler, yıldızlar, elementler, yeryüzünün çeşitli kısımları, gel-git olayı, bitkiler, tıp, aşk ve Tanrı üzerinedir.

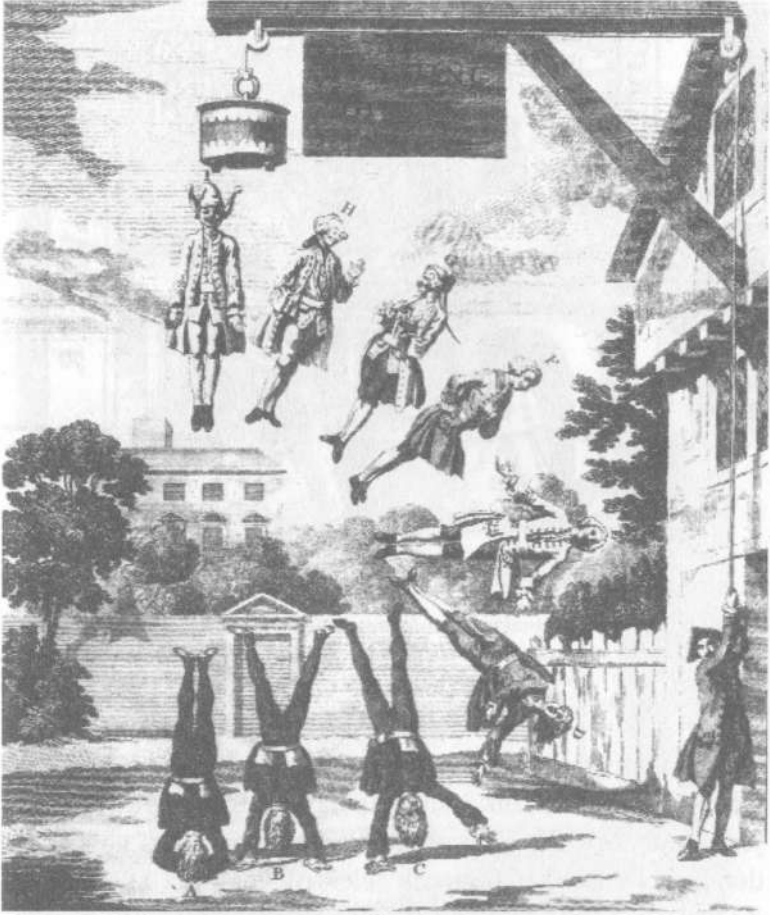


ŞEKİL 40. “Miknatis Dağı”ndaki felâketten sahneler [Hübschen und lieblichen Geschichte von Herzog Ernst von Bayern und Österreich (Bavyera ve Avusturya Dükü Ernst'in Hoş ve Sevimli Öyküsü) adlı eserden; 1450 dolay].⁷²



Uzun süreden beri, yıldırım düşen bölge dolayında pusula iğnelerinin kutuplarında bir değişme gözlemlenebildiği ve bu durumun, gemileri de sık sık yanılgıya düşürdüğü bilinmekte idi. Öte yandan, manyetik olmayan demir de, o bölgeye yıldırım düşmesiyle manyetiklik kazanabiliyordu. Sürtme elektriklenmesi yoluyla bunu taklit etmek de başarılmıştır.

Elektrik ile manyetizma arasındaki ilişki, ilk olarak Danimarkalı fizikçi Hans Christian Oersted (1777-1851) tarafından belirlenmiştir. Oersted 1820 yılında yaptığı deneyler sırasında, içinde bir pusula iğnesi bulunan civa dolu bir kaba dik yönde yerleştirilmiş olan bakır tele bir pilden elektrik verilmesi sonucunda telin yakınında bulunan bir pusulanın iğnesinin tele dik yönde döndüğünü fark etmiş, böylece elektromanyetizma çağı açılmış ve bu konudaki eserini Latince *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam* (Manyetik İğne Üzerine Elektriksel Çatışmaların Etkisi Üzerine Deneyler) (1820) başlığı altında yayımlamıştır. Buna göre bir telden elektrik akımı geçirildiğinde, telin çevresinde bir manyetik alan oluşmaktadır. Bu konuda André-Marie Ampère (1775-1836) (elektromanyetik



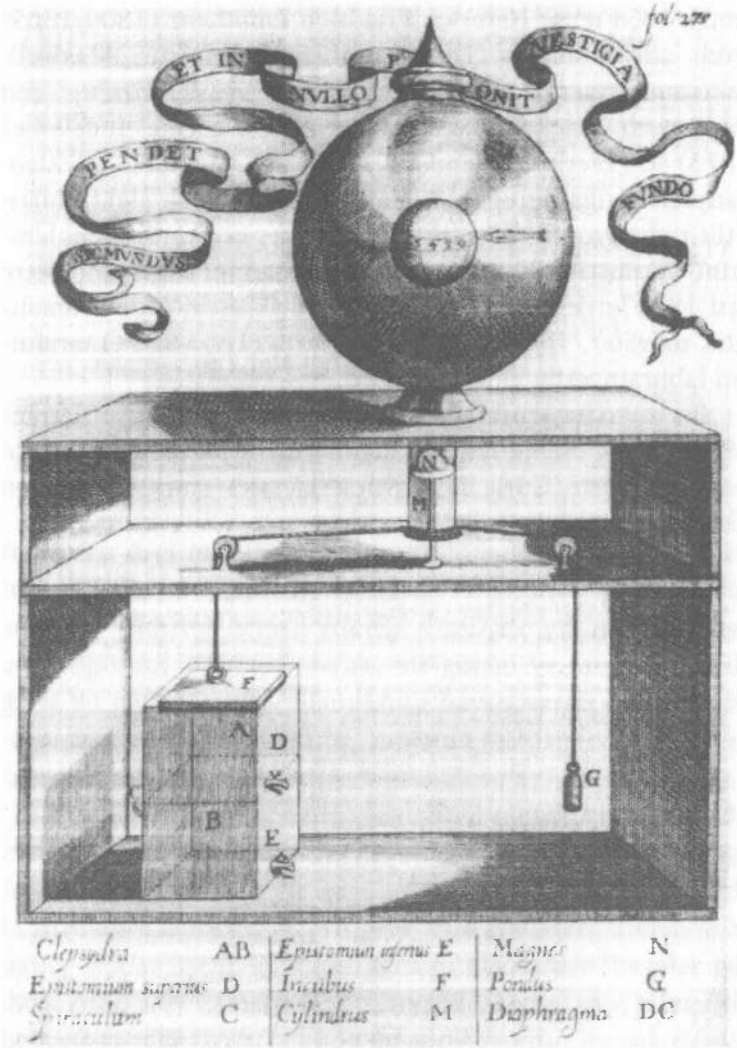
ŞEKİL 41. Newton'ın yerçekimi kuramını yeren, kendi çağında yapılmış bir karikatür.

indüksiyon olayının ön keşfi, 1822), Augustin Fresnel (1788-1827), Thomas Johann Seebeck (1770-1831) (termoelektrik olaya ilişkin "Seebeck etkisi"nin keşfi, 1821), Jean Charles Athanase Peltier ("Peltier etkisi"nin keşfi, 1834) (1785-1845), Michael Faraday (1791-1867), Johann Christian Poggendorff (1796-1877) ve İskoç bilim adamı James Clerk Maxwell (1831-1879) aynı konuda deneysel ve kuramsal araştırmalar yapmışlardır. "Ampère yasası", manyetik alan ile bu alanı doğuran elektrik akımı



ŞEKİL 42. Demirin dövülerek mıknatıslanması: Gilbert, akkor halinde kızdırılan demir parçasının, kendi mıknatıslığını yitirdiğini biliyordu. Ama demir soğurken, kuzey-güney (Septentrio-Auster) yönünde yerleştirilip çekiçe dövüldüğünde mıknatıslığını yeniden kazanabiliyordu (W. Gilbert, De magnete..., 1600).^{13,71,74}

arasındaki matematiksel bağıntıyı verir. 1822 yılında Faraday, Oersted'in 1820 tarihli buluşuna dayalı olarak elektrik akımı yardımıyla bir bobin içine yerleştirilmiş mıknatıs çubuğunu döndürerek hareket üretecek "elektrik motoru" bulmuş, ardından 1831 yılında manyetik alan içindeki mekanik hareketin sürekli olarak elektrik akımına dönüştürüldüğü elektromanyetik indüksiyon olayına dayalı "elektrik jeneratörü" ve "dinamo" ilkesini geliştirmiş ve bu önemli buluş, yaklaşık 200 yıl öncesinden günümüze kadar elektrik enerjisine dayalı büyük teknolojik dönüşümlerin temel kaynağı olmuştur. Joseph Henry (1797-1878) de Faraday'dan daha önce ilk elektrikli motoru yapılandırmış ama bulgularını yayımlamamıştı; Antoine Hippolyte Pixii (1808-1835) 1832'de ilk alternatif akım jeneratörünü, 1833'te ise ilk doğru akım jeneratörünü gelişt-



ŞEKİL 43. Athanasius Kircher'in *Magnes, sive de arte magnetica opus tripartitum...* (Mıknatıs ya da Manyetizma Sanatı Üzerine Üç Bölümlük Eser...) (Roma, 1654) adlı eserinde betimlenen manyetik saat: Bu düzenek, içi, yoğunlukları farklı olan ve birbirleriyle karışmayan iki sıvı karışımıyla dolu olan bir cam kürenin merkezinde yer alarak onunla dengelenen ve üzerinde günün on iki saatinin işaretlenmiş olduğu daha küçük bir katı küreden ibarettir ve günün saatini işaret edecek şekilde karışmayan iki sıvının ayrılmaya yüzeyinde yüzer halde balık şeklindeki bir mıknatıs iğnesi de görülmektedir.²

tirmiş; 1834'te ise Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865) kendi adıyla anılan "Lenz kuralı"nı bulmuştur. Maxwell, elektromanyetizma kuramını *Treatise on Electricity and Magnetism* (Elektrik ve Manyetizma Üzerine İnceleme) (1873) adlı eserinde işlemiştir. Maxwell, ışığın da bir elektromanyetik dalga olduğu görüşünü benimseyerek elektromanyetik radyasyon kavramını ortaya atmış ve bunun denklemlerini vermiştir. Bu çalışmaların kapsamında galvanometre aleti 1820'lerde geliştirilip yetkinleştirilmiştir.⁷⁵ Elektromanyetik dalgalar, 1887'de Heinrich Hertz (1857-1894) tarafından laboratuvarda elde edilmiştir.

Bir mıknatıs ısıtıldığında, "Curie sıcaklığı" adı verilen bir sıcaklıkta ani olarak mıknatıslığını yitirir. Bu olgu 19. yüzyıl sonunda Pierre Curie ile kardeşi Jacques Curie tarafından keşfedilmiştir.

KEHRİBARDAN ELEKTRONA: ELEKTRİĞİN TARİHİ

Kehribarın Giz Dolu Gücü

Gök gürültüsü ve yıldırım, çok eski çağlarda tanrıların tamamen özel bir silâhı olarak görünmekteydi. Eski Yunanlılarda baş tanrı Zeus, Romalılarda ise Jüpiter, gök gürültüsünü ve yıldırımını temsil ederdi. Özellikle yıldırım, güneşin ateş topunun akrabası olarak, bir gücün ve tanrılar aracılığıyla bu gücün keyfi kullanımının hayret verici özel bir göstergesiydi. Böylece yıldırım, zamanla elektriğin görüngüleri haline dönüştü.⁷⁵

Kuşkusuz, günümüzde elektriksel olarak bilinen ve daha Eskiçağ'da şaşkınlık yaratarak yıldırımla akraba olduğu tanılanamayan başka görüngüler (olaylar) da vardı: Özellikle fırtınalı havalarda, bazen gemilerin direkleri üzerinde aldatıcı ışıklar saçarak, sanki gemiye eşlik eden hayalet gibi dans eden alev demetleri görülüyordu. Aynı olay, mızrak ve benzeri sivri şeylerin ucunda da görülüyordu. Bu ışık demetleri Avrupa'da, daha sonraları "Sankt-Elms ateşi" (Aziz Elms ateşi / Aziz Elmo ateşi) diye adlandırıldı ve gerçekte bunlar atmosferle gemi direkleri ya da sivri bir metal çubuk arasındaki statik (durağan) elektrik boşalımından kaynaklanan ve deniz yüzeyinde ve gemi direkleri üzerinde küre biçiminde beliren ışıklı görüntüden başka bir şey değildi.⁷⁵

İnsanlara temas ettiğinde aniden onları etkili bir şekilde sarsma (çarpma) özelliğine sahip bazı ender balıklar vardı ve bu durum, bütünüyle acayip bir olgu olarak algılanıyordu. İlk olarak 18. yüzyılda böyle bir olayda, balığın bedeninde yer alan bir bataryadan ortaya çıkan bir elektrik etkisinin söz konusu olduğu keşfedildi. Elektrikli yılanbalığı (*Electrophorus electricus*) ve torpil balığı (*Torpedo* türü), bu özelliği taşıyan balıklardandır. Eskiçağ'da bilinmekte olan en düşük elektrik etkisi, daha önceden bir yere sürtülmüş olan bir kehribarın, toz ve yün ipliği gibi küçük ve hafif parçacıkları çekmesi idi. Mıknatıstaşından bilindiği üzere bunlar, mekanik etkilerdi ve burada da benzer bir "güç" yer almalıydı.⁷⁵

Elektrik biliminin ilk öğrencileri, 3000 yıldan daha uzun bir süre önce Suriye'de yaşamış olan kadınlardı. Bunlar sol ellerinde işlenmemiş yün sarılı bir öreke, sağ ellerinde de örekeden gelen gevşek yün liflerini sağlam bir iplik halinde büken bir iğ tutarak yün eğiriyorlardı. İğ, çoğunlukla kehribardan yapılıyordu ve kehribarın durmadan hav ve toz çektiğini fark eden kadınlar, bu alete "*Harpaga*" (tutucu) adını vermişlerdi.⁷⁶ Farsça "*keh-rüba*" (> kehribar) sözcüğü de "saman kapar" anlamına gelmektedir.⁷⁵

Kehribar görüngüleri üzerine en eski yazılı bilgilere, İÖ 4. yüzyılda Lesbos (Midilli) Adası'ndaki Eresos'ta doğan ve asıl adı "Tyrtamos" olan ünlü botanik bilgini Eresos'lu Theophrastos'ta (İÖ 372-287) ve Platon'da rastlanır. Kuşkusuz bu konudaki bilgiler, çok daha eskidir. Romalı doğa bilgini, tarihçi ve ansiklopedi yazarı "Yaşlı" Plinius (Gaius Plinius Secundus) (23-79) da yaklaşık 2000 adet eski eserden derlediği *Naturalis historia* (Doğa Araştırmaları) başlıklı 37 ciltlik doğa tarihi eserinde mıknatıstaşının ve kehribarın ender etkilerinden söz etmiştir. Bu konularda kendisi de gözlemlerde bulunmuş ve bu gözlem merakı, sonunda onun hayatına mal olmuştur. İS 79 yılında Vezüv yanardağının patlamasında, kraterin çok yakınındaki gözlemleri sırasında yaşamını yitirmiş-

tir. Plinius, sürtünme ile açığa çıkan ısıнын, kehribarın çekim kuvvetinden sorumlu olduğuna inanıyordu. Onun kanısına göre yıldırımlar, gezegenlerden yeryüzüne düşen ateşlerden ibaretti ve kuşkusuz bunun nedeni de, yine sayıları dokuz olan tanrılardı. Aristoteles da yıldırım konusunda ateşi düşünüyordu ve bulutların tutuşması sonucu oluşmalıydılar.⁷⁵

Elektrik olgusu, küçük ölçekte, iğne yapraklı ağaçların sertleşmiş reçinesi olan kehribarda görülmektedir. Kehribar, yünlü kumaşa ya da kürke sürtülecek olursa, durgun elektrik- le yüklenir ve kâğıt ya da saman gibi hafif maddeleri kendine çeker. Çinli bilim adamları da Yunanlılar ve Romalılar gibi aynı gözlemlerde bulunmuşlardı. İS 83 yılına ait bir Çin metninde, kehribarın, hardal taneciklerini çektiği belirtilmiştir. “Si-hirli” özellikleri, güzel rengi ve parlak yüzeyi, kehribarı Eskiçağ’ın en değer verilen ticarî mallarından biri haline getirmişti. Çinliler onu Burma’dan ithal ediyorlardı. Avrupa’da ise Taş Devri’nden beri Kuzey Denizi ve Baltık kıyılarında kehribar, takılarda, bir statü simgesi olarak sevilerek kullanılıyor ve zenginler ve güçlüler, diğer değerli eşyalarının yanı sıra kehribardan yapılmış eşyaları ile birlikte gömülüyordu. Özellikle Yunanlıların kehribara olan sevgisi fazlaydı. Yunanlı bilim adamları, tıpkı bir mıknatısın demiri çekmesi gibi, kehribardaki bu belirli maddeleri çekme kuvvetinin nedenini bulmak üzere deneylere giriştiler. Mıknatısın ve elektrikle yüklenmiş kehribarın benzer tepkilerine rağmen, bunlarda iki farklı olayın sözkonusu olduğu anlaşılmıştır: Mıknatısın doğal bir şekli olan mıknatıstaşı, demiri manyetizma yoluyla etkilerken, kehribarda, durgun elektrik kuvveti etkiliydi. Yüzyıllar sonra İngiliz hekim ve fizikçi William Gilbert (1544-1603), kehribarla yaptığı deneylerde Yunanlıların bulgularını yeniden buldu ve kehribarın çekme kuvvetini, Yunanlıların kehribar için kullandıkları “*elektron*” adından türeterek “*vis electrica*” (“elektrik gücü”) diye adlandırdı. Birkaç on yıl sonra (1646) da buna neden olan şeyin adı “elektrik” olarak ortaya çıktı.⁷⁰

Ortaçağ'da ancak çok az miktarda yeni bilgiler edinildi. 12. yüzyıldan itibaren pusulanın Avrupa'da genel kullanıma girmesinde olduğu gibi, manyetik görüngüler büyük bir güncellik kazandı. Bunun uzantısında kehribar görüngüleri de yeni bir ilgi alanı buldu. Alexander Neckham (1157-1217), sürtme sonucu çekim gücü gösteren maddeler olarak kehribarın ve Antikçağ'ın söylencesel "*Lyncurium*"unun yanı sıra üçüncü bir maddeden söz etti. Yine de 16. yüzyıla dek kehribar etkileri, ancak kısa değinmelerle dile getirildi.⁷⁵

Elektrik konusunda ilk güçlü ses, Geronimo Cardano'nun (Hieronymus Cardanus) (1501-1576) 1550'de ve William Gilbert'in (1544-1603) 1600'de ilk olarak ayrıntılı bir şekilde elektriksel etkilerin özgün bir bilim alanı olduğunu betimlemeleri ile dile geldi. İtalyan matematikçi ve fizikçi Geronimo Cardano'nun 1550'de yayımlanan kitabı *De subtilitate rerum*'da (Nesnelerin Gizli Yönleri Üzerine), başkaca konuların yanı sıra manyetik etkilerle kehribar etkileri arasında şu farklılıkları saptadı:⁷⁶

1 Bir mıknatıs, yalnızca demiri çeker, buna karşılık kehribar ise tüm hafif nesneleri çeker.

2 Bir mıknatıs, kehribara zıt olarak, madde içinden boylu boyunca geçen bir etki sonucu, örneğin bir tahta masanın altında hareket ettirildiğinde masa üzerindeki demir parçalarını hareket ettirebilir.

3 Bir mıknatıs, kutuplara sahip olduğu halde kehribarda kutuplar yoktur.

Elektrik kavramının gelişmesinde büyük sonuçlara yol açan, özellikle bunlardan ikinci bilgi olmuştur. Buna göre Cardano ve Gilbert, yalnızca kehribar etkilerinin, görünmez akırşkanların hareketi ile açıklanabileceğine inanmışlardır.

İtme, Etkime, İletim

İlk elektrik jeneratörleri elektrodinamik makineler olmayıp yalnızca elektrostatik etkilerden yararlanan düzeneklerdi. İşlevleri açısından elektrostatik jeneratörler her zaman için doğru akım verirler. Akımın pozitif ya da negatif oluşu, kullanılan malzemeye bağlı olup bu işlevin gizi, sürtünmedir.

17. yüzyıl ortalarında elektriğin çekme dışında öteki hiçbir etkisi henüz bilinmiyordu. Ama bu durum, kısa zamanda değişti. 1629'da Nicolo Cabeo (Nicolaus Cabeus) (1585-1650), elektriksel cisimlerin, çekmenin yanı sıra itebildiğini de saptadı. Magdeburg Belediye Başkanı Otto von Guericke (1602-1686) [1666'dan önce adı Otto Gericke olup "von" soyluluk nitemini İmparator I. Leopold'dan (1668-1705) almıştır], her ne kadar boşluk (vakum) konusundaki deneyleriyle ünlenmişse de elektrik konusunda da yeni keşiflere yakındı. Onun boşluk konusundaki denemelerine ilişkin toplu eseri 1672'de Amsterdam'da yayımlanmışsa da yazılı olarak daha 1663'te *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio* (Boş Uzak Üzerine Yeni Magdeburg Deneyleri) adı altında kaleme alınmıştı. O, bilinen tüm kuvvetleri, kendi evren tasarımları içinde kurgulamak istemişti.⁷⁵

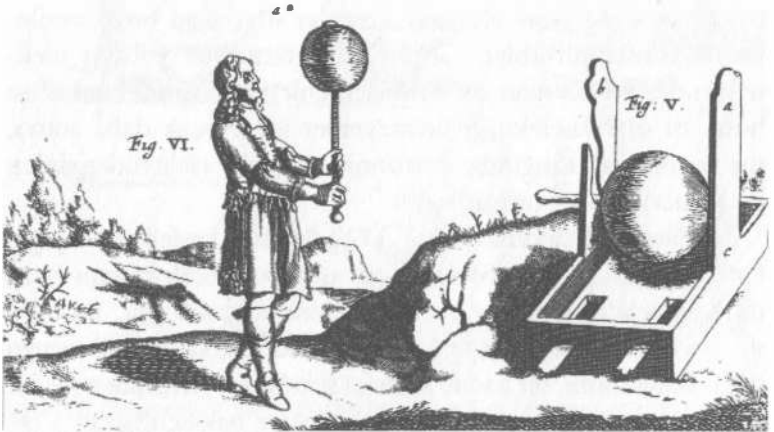
Yaptığı "elektrik makinesi" (elektrostatik jeneratör), elle ovuşturulduğunda ya da sürtme sonucu elektriklendiğini önceden bildiği, "yaklaşık bir bebek başı büyüklüğündeki" bir kükürt topağından oluşuyordu (ŞEKİL 44). Guericke, vakum konusu ile boş uzaydaki kozmik etkileşme kuvvetlerini araştırmak niyetiyle 1662 yılında iki adet kükürt küresi yaptı. Bu amaçla büyük cam kürelerin içine toz kükürt, biçimlenme katkı maddesi olarak da bir miktar potasyum karbonat doldurdu, eriyene dek ısıttı, soğuduktan sonra da cam kalıpları kırdı. Elektrik iletkenliği göstermeyen madde olarak seçilen kükürt kürelerinden birini boylu boyunca delerek ortasından bir demir çubuk geçirdi ve bunu, eksenî etrafında döndürebileceği bir alete yerleştirdi. Kükürt küresi bu eksen etrafında bir kol yardımıyla döndürülürken, kuru bir elle tutularak ona altın ya da gümüş varak, kâğıt, ot ya da deri parçası sürüldüğünde, birkaç döndürmeden sonra bu parçaların kükürt topu tarafından çekildiği görülmekteydi. O zamanlar metal tellerin elektriği ilettiği henüz bilinmediğinden, bu tür etkileri gözlemlmek için kükürt küresinin yuvasından çıkarılıp deneyin yapılacağı yere taşınması gerekiyordu. Bugünkü görüşe göre bu kükürt küresi, bir elektrikleme makinesinin ön basamağıdır. Ona göre küre, dünyanın bir modeli idi. Kükürt küresini eksenî etrafında döndürürken boşta kalan elini ona değecek şekilde tuttu. Sürtülen kükürt küresinin ısındığını, karanlıkta ışık

saçtığı ve parmağını onun yanına yaklaştırdığında onun üzerindeki çok hafif çıtır ve hışıltıların arttığını gözlemledi. Sürtülme sonucu durağan elektrikle yüklenen kürenin hafif cisimleri çektiğini ve ona temas ettikten sonra bıraktığını da gördü. Öte yandan hafif bir tüyün küreye dokundurulduğunda küre tarafından itildiğini ve küre hep aynı yönde döndürüldüğünde havada yüzer halde kaldığını da saptadı. Kükürt küresi-tüy ikilisiyle Guericke, dünya ve ayı modelleyerek sergilemiş oluyordu. Bu düzenek, tüm elektrikleme makinelerinin atalarının da bir çeşidi idi. Bununla, von Guericke, elektriğin itme, etkiye, iletim ve ışık etkisi gibi bir dizi yeni türde elektrik etkileri de keşfetti.⁷¹ Sonraları ise daha özenle yapılan ve kollu bir makine ile döndürülen elektrik topları, eğitim ve eğlence amaçlı olarak çokça kullanıldı.⁷⁶ Böyle düzenekler, özellikle durağan elektrikle çarpma denemelerinin vazgeçilmez aracı oldu. Otto von Guericke, çağdaşı ve dostu ünlü filozof, matematikçi ve diplomat Gottfried Wilhelm Leibniz'in (1646-1716) bu deneme ve gözlemleri kendisinin de tekrarlamak istemesi üzerine, başkaca kükürt küreleri hazırlayıp ona da gönderdi. Böyle bir düzenekte ilk elektrik kıvılcımlarını Leibniz 1671'de gözlemledi. Ünlü fizikçi ve mekanikçi Isaac Newton da bir dizi elektrik deneyi gerçekleştirmiş ve sürtme ile elektrik eldeşi için kükürt küresi yerine cam küre kullanmayı önermiştir.⁷⁵

İngiliz fizikçi Robert Boyle (1626-1691), 1675'te kehrbarın kuvvet etkisinin havası boşaltılmış bir kap içinde de mevcut olduğunu buldu. Diğer bir İngiliz fizikçi Stephen Gray (1666-1736), Guericke'ninkine benzer deneyler yaptı. 1729 yılında, yalnızca sürtülen cam kürenin değil, sürtülen şişe mantarının da tüyü çektiğinin farkına vardı. Şişe mantarını, bir ucunda fildişi küre bulunan bir ipe yaklaştırdığında, elektriğin, 52 foot (~16 m) üzerinden etilediğini gördü. Düşey asılmış kalın ipteki etki-leme daha zayıftı. Arkadaşı Granville Wheler (1702-1770), kayıpları en aza indirmek için olabildiğince ince liflere asmasını önerdi. İpek lifleri yerine daha ince pirinç tel kullanmayı denediğinde, etkinin ortadan kalktığını gördü. Daha sonraki yıllarda Gray ve Wheler, iletken ve iletken olmayan (yalıtkan) diye grup-

landırdıkları çeşitli maddelerin iletkenliklerini incelediler. Yaptıkları denemelerde, kendir ip ve metal tel, elektriği iletirken, ipek iletmiyordu. Sürtünme yoluyla üretilen binlerce voltluk yüksek gerilimlerde elbette kendir ip –ve de başkaca malzeme-iletken görünüyordu ve ayrıca İngiltere'nin çoğu yerindeki nemli iklimi de bu iletkenliği ayrıca destekliyordu.⁷⁵

Dönemin diğer doğa araştırmacıları da şaşılası elektrik görüngüleri ile uğraştılar. Floransa'da "Accademia del Cimento"nun (Deney Akademisi) üyeleri, diğer denemelerin yanı sıra elektrik görüngülerini de incelediler. Onlar 1667'de elektriksel çekimin karşılıklı etkileştiğini saptadılar. Sürtülen kehribar, yalnızca hafif parçacıkları çekmekle kalmıyor, aynı zamanda (eğer bir ipe asılı durumda olup da gözlenecek olursa) parçacıklara doğru da harekete geçiyordu. Akademi, ayrıca çeşitli kuvvette elektrikli cisimleri de birbirinden ayırt etmiştir.⁷⁵



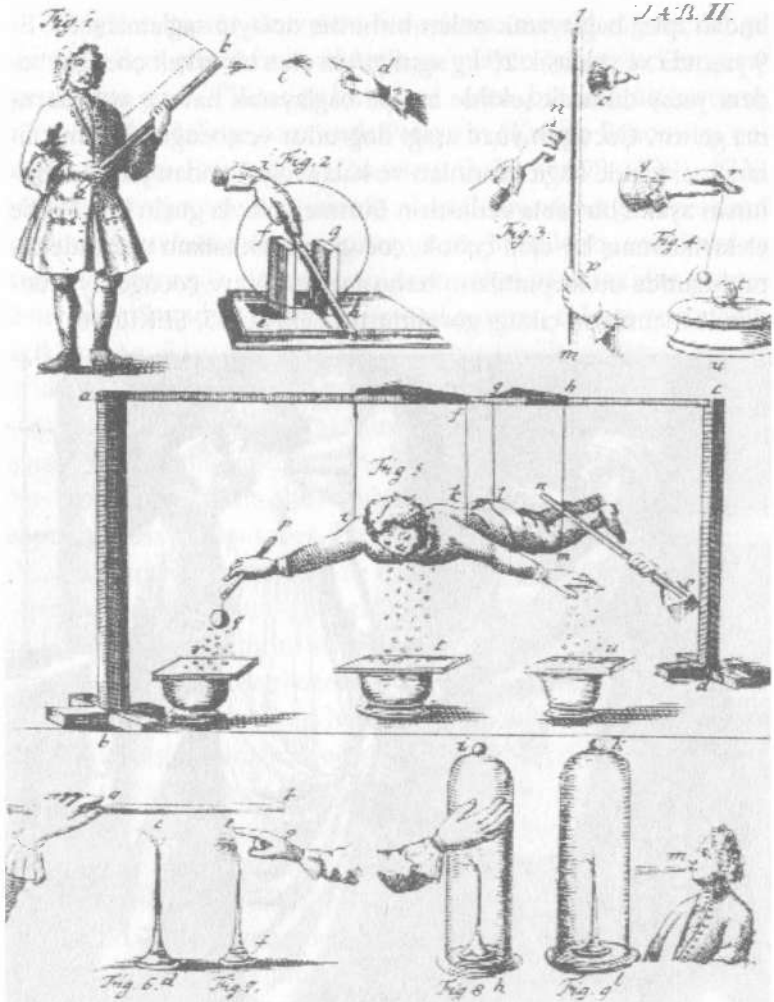
ŞEKİL 44. Otto von Guericke'nin kükürt küresi yardımıyla evrensel kuvvetlerin gösterisini yapması (1672): Sağda, ahşap bir kasa içinde eksenî etrafında döndürülen bir kükürt küresi bulunmaktadır. Dünyanın modeli olarak bu küre, onun dönmesine izin verecek şekilde demir bir eksene sıkıca bağlıdır. Döner küreye avuç içi ile sürtülecek olursa, küre hafif kâğıt ve metal kırıntılarını çeker (dünyanın çekim kuvvetinin kanıtı!). Sol tarafta ise itme kuvvetinin gösterisi olarak kuştüyü (a), elektrikle yüklü kükürt küresinin çevresinde havada asılı kalmaktadır [O. v. Guericke, *Experimenta nova* (ut vocantur) *Magdeburgica de vacuo spatio*, Amsterdam, 1672].^{71,77}

“Salon”da Elektrik

“*Royal Society*”nin kurucu üyelerinden Londra’lı mekanikçi Francis Hauksbee (1670-1713), 18. yüzyılın başında (1705 yılı dolay), barometre olarak kullanılmak üzere hazırlanan havası boşaltılmış civa dolu cam borularda oluşan ışıklanma görüntülerinin sürtünme etkilerinden kaynaklanabileceğini, yani elektriksel doğada olduğunu saptadı ve bir kehribar parçasının kullanıldığı sürtmeli elektrik makinesi icat etti. Vakum pompası ile havası boşaltılmış cam boruların iç kısımları, yalnızca dışardan sürtme sonucunda kuvvetli bir şekilde aydınlanıyordu. Buna göre, vakumla boşaltılmış deney ortamında bulunan az miktardaki civa buharı içinde kuvvetli bir elektrik yükü boşalımı oluyordu. Bu olay, daha sonraları gazı boşaltılmış boru ve lambalara (“soğuk” elektrik ışığına) konu olmuştur.⁷⁵

İngilizce “*conductor*” (iletken) sözcüğünün isim babası, havada ve boşluk ortamında elektriksel görüngüleri deneyleyen Jean Théophile Desaguliers’dir (1683-1744). Elektrik için iletken ve yalıtkanların keşfedilmesiyle, malzemeler de elektriksel ve elektriksel olmayan cisimler diye yeni bir düzenlemeyle sınıflandırıldılar. Görünürde, sürtünme yoluyla elektriklenmeyen cisimler elektrik iletkenleri, elektriklenenler ise buna zıt olarak elektriği iletmeyenler idi. Ancak daha sonra, dış kısmı yalıtıldığında sürtünme yoluyla elektriklenebilen iletkenlerin de varlığı anlaşıldı.⁷⁵

“Elektriksel indüksiyonu” 1729 yılında keşfeden Stephen Gray, bir gün bir cam boruyu, ağzı aşağıya gelecek ve sapı yatay duracak şekilde yalıtkan bir iple odanın tavanına asar. Bu boru ile, borunun başlığına asılı kalacak şekilde bir sabun baloncuğu üfler. Daha sonra, bir kadife kumaşa sürtülerek elektriklenmiş bir cam çubuğu boruya yaklaştırdığında sabun baloncuğunun 5 cm kadar uzaktaki metal yaprakçıklarını ve kağıt kırıntılarını çektiğini görür. Bu deneyle, sıvıların da elektriği üzerlerine alıp ilettilerini saptayarak büyük oranda sıvı içeren bir sistem olarak insan bedeninin de elektriği iletebileceğinin ve bir iletken olarak kullanılabileceğinin mümkün olduğu sonucuna varır. Bundan emin olmak için 8 Nisan 1730 tarihinde, odasının tavan kirişine at kı-



ŞEKİL 45. “Homo electricatus” (“Elektriklenen insan”): Elektrik görüngülerini açıklamak üzere, yukarıdan aşağıya sırasıyla Hauksbee, Gray ve Dufay’ın deney düzenekleri. 8 Nisan 1730 tarihinde Stephen Gray tarafından gerçekleştirilen bir erkek çocuğun elektriklenmesi deneyinde, yalıtılarak havaya asılmış çocuk, sürtme yoluyla elektriklenmiş cam çubukları ona değdirmek suretiyle elektrikleniyor ve o da bizzat bedeni ile metal yaprakçıklarını kendine çekiyor. Cam çubuk, bir elektrikleme makinesine bağlandığında çocuğun burnundan kıvılcımlar bile çekilebiliyordu [Jean Théophile Desaguliers’in (1683-1744) *Course of Experimental Philosophy* (Uygulamalı Felsefe Uzerine Bir İnceleme) (Londra, 1734) adlı eserinde yer alan diyagramlardan birinin 1744 yılındaki Almanca uyarlamasından].^{78,79}

lından ipler bağlayarak onları birbirine dolayıp sağlamlaştırır. 8-9 yaşında ve yaklaşık 20 kg ağırlığında olan bir erkek çocuğu, bedeni yatay duracak şekilde bu ipe bağlayarak havaya asılı duruma getirir. Çocuğun yüzü aşağı doğrudur ve çocuğun başının alt tarafına, içinde kâğıt kırıntıları ve kalay folyosundan parçalar bulunan ayaklı bir tabla yerleştirir. Sürtme yoluyla güçlü bir şekilde elektriklenmiş bir cam çubuk, çocuğun ayak tabanı üzerinde tutulduğunda bu kırıntıların havaya uçtuğu ve çocuğun yüzünden kıvılcımların çıktığı görülmüştür (ŞEKİL 45, ŞEKİL 46).



ŞEKİL 46. 18. yüzyıl Fransası'nda "Salon" gösterilerinin özel bir türünde, bedeni elektrik-
le yüklenen çekici bir kadını öpmek üzere yaklaşan erkek oyuncu, onun dudaklarından
çıkan elektrik kıvılcımlarıyla karşılaşılıyor ve "Venus electrifica" ("elektrikli öpücük") ya da
sinirsel gıdıklanma diye adlandırılan böyle denemeler, o zamanlar çok beğeni topluyordu.

Böylece bu tür deneyler, deneylerini meraklı öğrenciler ya da saray ileri gelenlerinin önünde sergileyen “elektrikçi”lerin repertuarına girdi.^{72,78} Ondan birkaç yıl sonra, bir askerlik kariyerinin ardından bilime yönelerek Paris’teki “Krallık Bahçesi”ni yöneten Charles François de Cisternay Dufay (1698-1739), 1732 yılında her cismin elektriklenip elektriklenmeyeceği sorusunun peşine düşerek önemli sonuçlara ulaştı. Metallerin, canlıların ve sıvıların sürtmeyle elektrikleme denemeleri başarısızlıkla sonuçlanıyordu. Buradaki büyük kuramsal sorunu, çekme ve itmenin açıklanması oluşturuyordu. Guericke’nin tüy ile yaptığına benzer şekilde Dufay, bir altın levhacığın, sürtülerek durağan elektrikle yüklenmiş bir cam boru tarafından önce çekildiğini, temastan sonra da itildiğini keşfetti. Ama beklentisinin tersine, sürtülmüş bir reçine parçasının altın levhacığı çektiğini ve bırakmadığını saptadı. Dufay daha sonra, birbirinden ayrı olarak asılı bulunan iki altın yaprakçığa, sürtme ile elektriklenmiş bir cam boru yaklaştırdığında önce bu iki yaprakçığın birbirini çekerek yapıştığını, ardından da birbirini ittiğini gördü. Ama cam çubuk yerine yine sürtme ile elektriklenmiş kopall reçinesinden (kehribara benzer bir reçine) yapılmış bir çubuğu yaklaştırdığında, çubuğun levhaya yapışıp kaldığını ve itmenin gerçekleşmediği gördü.

Bunun sonucunda Dufay, 1733’te metaller dışında tüm cisimlerin sürtme ile elektriklendiklerini bularak iki tür elektriğin varlığını saptadı. Elektriğin bu ikili (düalist) kuramına göre, camı ve reçinemsi olarak iki tür elektrik bulunmaktaydı. Balmumu ovuşturulduğunda “reçine türü elektrik” (*électricité résineuse*) üretilirken, cam üzerindeki sürtünme ile de “cam türü elektrik” (*électricité vitrée*) üretilabiliyordu. İki cisim de aynı tür elektrik akışkanı ile yüklenmişse birbirini itiyorlar, ancak cisimlerden biri camı diğeri de reçinemsi elektrik ile yüklü ise, cisimler arasında bir çekim kuvveti gözleniyordu. Camı elektriği üreten maddeler cam, değerli taşlar, saç ve yün; reçinemsi elektriği üretenler ise kehribar, gomalak ve ipekti. Dufay kendi araştırma sonuçlarını, elektriğin “temel yasaları” olarak formüllendirdi ve diğer araştırmaları ile birlikte *“Philosophical Transactions”* (Felsefe Raporları) adlı dergide ya-

yımladı. Dufay'ın tezleri kendi zamanında pek dikkate alınmadı ve ancak 1759'da elektriğe ilişkin yeni bir kuramın yayımlanmasıyla genel kabul gördü. Her iki elektrik türünün de aynı türde olduğunun anlaşılması için 30 yılı aşkın bir süre geçmesi gerekmiştir.^{77,78}

1747 yılında Benjamin Franklin (1706-1790), elektriğin yalnızca tek bir türü olduğuna ilişkin yenilikçi bir görüş ileri sürdü. Buna göre ise camsı elektrik, bir fazlalık (artı yük); reçinemsı elektrik ise bir eksiklik (eksi yük) idi. Bu eksiklik ya da fazlalığı sağlayan parçacık ise, 1897 yılında Joseph John Thomson (1856-1940) tarafından keşfedilen elektrondur ve negatif yüklü bir parçacık olan elektronun fazlalığı negatif yükü, noksanlığı ise pozitif yükü doğuruyordu.⁷⁶

Henry Augustus Rowland (1848-1901), ebonitten yapılmış yuvarlak ve yassı bir cismin üzerine bir elektrik yükü koymuş, cismi hızla döndürmüş ve yakına yerleştirilen bir pusulanın iğnesinin saptığını göstererek elektrik akımının, yalnızca elektrik yükünün bir hareketi olduğunu kanıtlamıştır.⁷⁶

Durağan elektriklenme, teknikte çeşitli konularda kullanım alanı bulmuştur. Örneğin, boya damlacıklarına büyük bir elektrik yükü verilmekte, böylece sahiplendikleri elektrik yükleri nedeniyle damlacıklar birbirlerini itmekte ve boya püskürtme işleminin verimi, büyük ölçüde artırılmaktadır. Aynı yöntem, tarımsal ilaçlarda da kullanılmaktadır. Öte yandan İskoçya'da, tütsülenmiş balık üretiminde bu yöntemin çok ilginç bir uygulaması gerçekleştirilmiştir. Geleneksel tütsüleme yönteminde, duman, balığın üzerine eşit olarak dağıtılamıyordu. Yeni yöntemde ise duman, yüksek gerilimli tellerden oluşan bir ızgaranın içinden üflenmekte, böylece elektriklelenen duman parçacıkları, itme kuvvetinin etkisi altında her yöne eşit dağılılarak tekdüze bir tütsüleme yapmaktaydı.⁷⁶

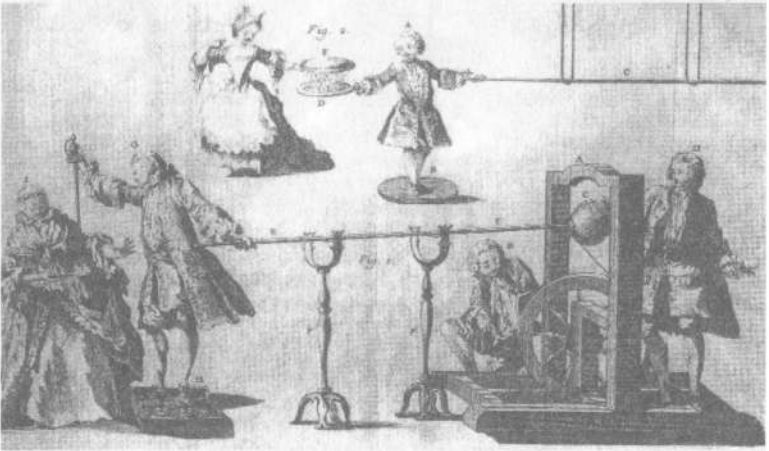
Stephen Gray, ipe metal cisimler asarak onları elektriklemiş ve şu sonuçları saptamıştır:⁷⁷

- 1) Ucu küt nesnelere parmak yaklaştırıldığında çıtır çıtır oluşuyor.
- 2) Ucu sivri metal çubukların etrafında koni şeklinde kızarmalar oluşuyor.

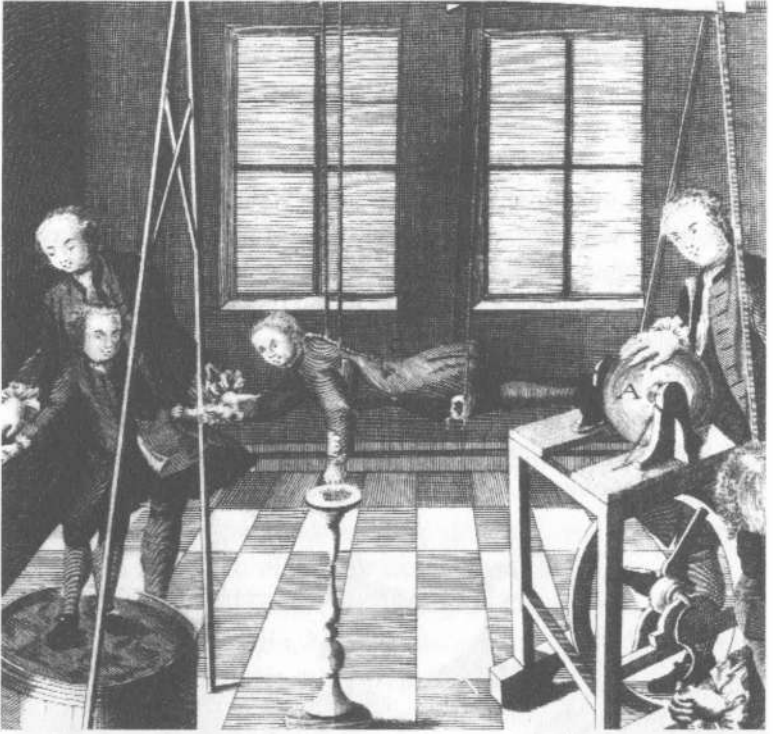
- 3) Yassı bir tabak içindeki su, elektriklenen metal çubuk altında tutulduğunda kabarak yükseliyor ve belirli bir yükseklikte güçlü bir çıtırtı ve kıvılcım atlaması eşliğinde koparak dağılıyor.

Başka bir deneyde bir genç çocuğu elektrikle yüklüyor. Bunun yanına, balmumu ya da reçineden yapılmış bir levha üzerine basar halde ikinci bir adam yerleştiriyor. Bu ikinci kişi, genç çocuğa dokunduğunda onun eline doğru bir kıvılcım atlaması oluyor; mevcut elektrik ikinci deneğe tümüyle aktarılan kadar işlem aynı etkileri göstererek tekrarlanıyor, bu arada beden elektriklendiğinde benzer elektrikle yüklü nesneler birbirini ittiklerinden deney mankeninin saçlarının kirpi gibi havaya dikildiği de görülüyordu.⁷⁷

Böylece insanları elektrikleme olanağı yoluyla elektrik, büyük bir popülerlik kazanmıştı (ŞEKİL 47 - ŞEKİL 51).



ŞEKİL 47. “Elektrikli eğlence”: Benjamin Franklin’in çağdaşı olan William Watson’un (1715-1787) bir kitabından alınan bu resimde, elektriklenme, deneycinin (sağda) elinin temas ettiği döner küre tarafından üretilmektedir. Elektrik yükü, iki adet yalıtkan destek üzerinde bulunan bir metal çubuk ya da iyi bir iletken boyunca geçerek içi balmumu dolu yalıtkan bir platform üzerine basmakta olan bir deneye (solda), ondan da sağ elindeki kılıç aracılığıyla bir kıvılcım üreterek yanı başında duran bayanın elindeki kaşığın içinde bulunan sıcakça bir alkolü tutuşturmaktadır. Deneyin özgün şekli, Almanya’da gerçekleştirilmiştir. Resmin üst tarafında yer alan başka bir deney sahnesinde ise, biri sağdaki bir platform üzerinde duran erkek çocuğun elinde, diğeri ise solda döşemeye basar halde duran kız çocuğun elinde bulunan birbirine paralel iki tabak arasında, kâğıt ya da saman görüntülerinin, indüksiyon yoluyla üstteki levha tarafından önce çekilip daha sonra bırakıldığı görülmektedir.²⁶

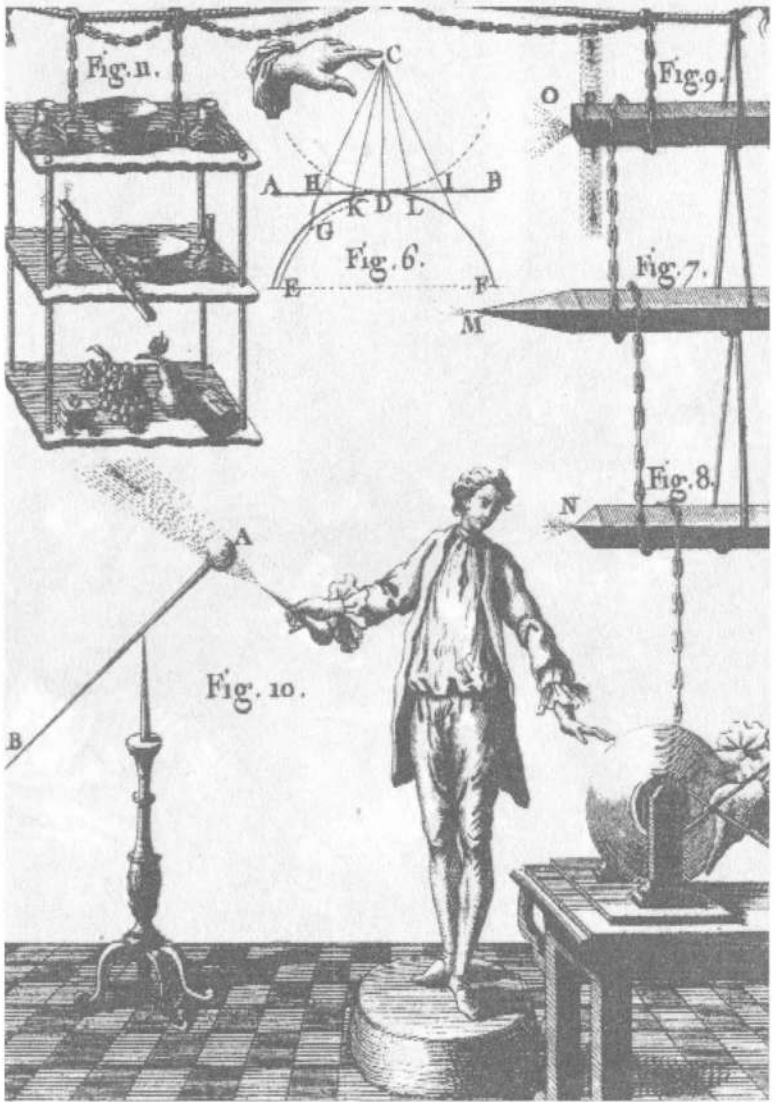


ŞEKİL 48. Bedensel elektrik konulu deneylerden, havaya asılı bir çocuğun elektriklenmesi [Christian August Hausen (1693-1743), *Profectus in Historia Electricitatis* (Elektriğin Tarihinde İlk Adımlar), Leipzig, 1743].⁷⁹

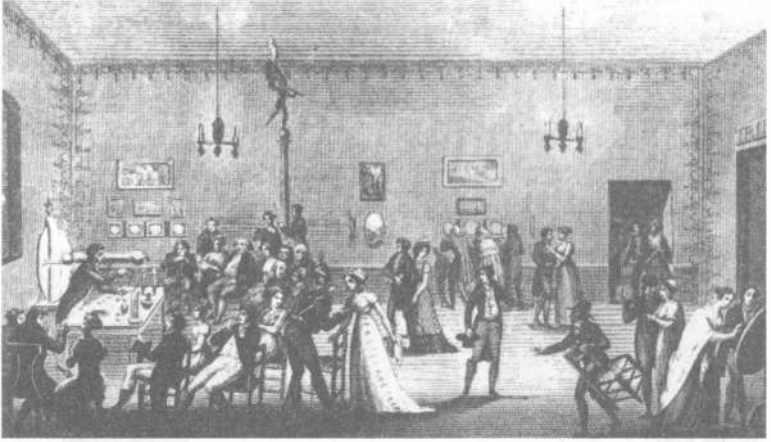
Prusya krallık askerî hekimi Christian Friedrich Ludolff (1701-1763), 1744 yılında Berlin Bilimler Akademisi'nde bir "alkol tutuşturma" deneyi gerçekleştirdi: Önceden ısıtılmış alkolü, bir iletken den gelen kıvılcımla tutuşturdu. Ludolff'un denemesi çok daha etkileyici bir şekilde, aşağıdaki şekle dönüştürüldü. Bunda iletken yerine bizzat bir insan kullanıldı. O da, kendi parmağından çıkan bir elektrik kıvılcımı ile alkolü tutuşturabildi. Bu olayla insan, tümüyle tehlikesiz bir biçimde elektriği depolayabilir ve hattâ kendine zarar vermeksizin onu kendi bedeni üzerinden iletebilir hale geldi (ŞEKİL 52). Yine de Prometheus'vari bu tanrısal becerisinde insan, bir miktar ağrı duymak zorunda kalıyordu.⁷⁵



ŞEKİL 49. “Bedensel Elektrik Üzerine Deneme”: Versailles’daki Krallık Şatosu’ndaki fizik aletleri koleksiyon salonundaki elektrik deneylerinden, bir çocuğun elektriklenmesi: Sağ önde oturan kadın, bir kıvılcım çıkartmak üzere denegın burnuna doğru parmağını uzatıyor; denek ise sol elini, kâğıt kırıntılarının bulunduğu tablaya yaklaştırarak onları çekmeye çalışıyor [Jean-Antoine Nollet, *Essai sur l’électricité des corps (Bedensel Elektrik Üzerine Denemeler)* (Paris, 1746)].^{75,77}



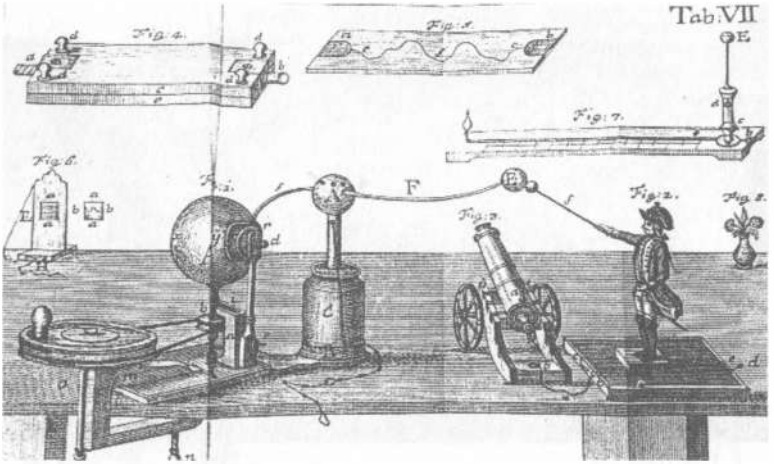
ŞEKİL 50. Sağ tarafta dönmekte olan bir cam küreden elde edilen durağan elektrik yüklerinin oluşturduğu farklı etkilerle ilgili deneyler [J.-A. Nollet, *Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques (Elektrik Görüngülerinin Özel Nedenleri Üzerine Araştırmalar)* (Paris, 1749)].⁴⁷



ŞEKİL 51. Étienne-Gaspard Robertson'un 1797 tarihli elektrik deneyleri.⁷⁵



ŞEKİL 52. Bir kadının elektrikleşmesi ve parmağından çıkan elektrik kıvılcımını aracılığıyla alkolü tutuşturması (bakır kazıma resim; E. Sguaro, Dell' elettricismo.. (Elektrik Üzerine), Napoli, 1747).^{75,79}



ŞEKİL 53. Jacob Langenbucher'e (ölm. 1791) göre küçük bir elektrikli topun ateşlenmesinin deney düzeneği (Augsburg, 1780): Rokoko döneminin bu deney düzeneğinde, kuklaya benzer bir asker figürü, telin çekilmesiyle hareket edebilmekte; sürtme ile oluşturulan elektriğin, Leyden şişesi üzerinden yüklendiği küreye figürün elindeki topuzlu çubuk değdikten sonra top ateşlenmekte; oluşan gazın etkisiyle deriden yapılmış bir top mermisi, izleyenlerin üzerine fırlatılmaktadır.⁵⁵

ŞEKİL 53'te, "elektrikli top" şeklindeki ilginç oyuncak görülmektedir.

Elektrik böylece "Salon"a getirilmiş oluyordu. Bu olay, kondansatör ilkesinin öncü bir oyunu niteliğinde idi ve kondansatörde o zamana dek olandan çok daha büyük miktarlarda elektriğin depolanması ve böylelikle de çok daha büyük etkilerin üretilmesi mümkün oldu. Elektrik ışığının yaygın bir şekilde evlerdeki salona girmesi ise 1879'da gerçekleşmiştir.⁷⁵

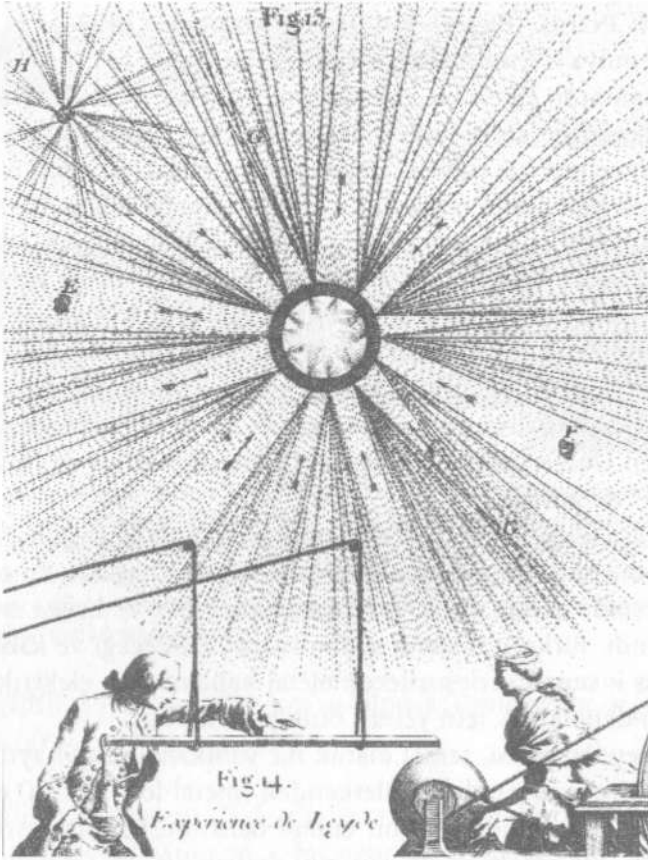
Kondansatör İlkesi ve Saray Eğlenceleri

Von Guericke'nin 1660'larda geliştirdiği yöntemle kürtten ya da camdan bir kürenin sürtünmesiyle elde edilen elektriğin, içi sıvı dolu bir şişede "toplanabileceği", ancak 1740'larda anlaşılmıştı. 1745/46 yılında Hollandalı fizik pro-

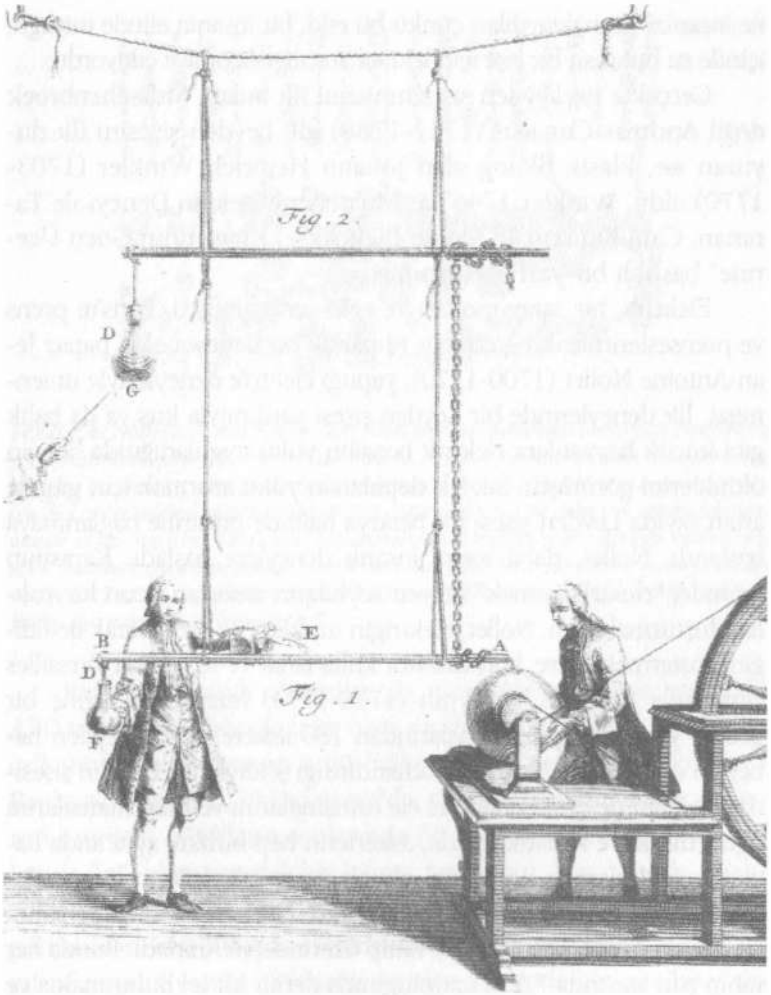
fesörü Petrus (Pieter) van Musschenbroek (1692-1761) ve Pomeranya'lı Ewald Jürgen Georg von Kleist (~1700-1748), kondansatör ilkesinin temellerine yönelik deneyler yapıp, "güçlendirme şişesi" düzeneği geliştirdiler. Elektrik yükünü depolamanın bir yolunu arayan Kleist, elektriği, tıpkı bir sıvıda olduğu gibi, bir şişenin içinde saklamayı düşündü! Şişede su ya da civa bulunuyordu ve topraklanmış metal bir taban üzerine konmuştu. Kleist'tan bağımsız olarak yaklaşık aynı tarihlerde Hollanda'nın Leyden kentinde çalışmakta olan fizikçi Andreas Cunaeus (1712-1788) da böyle bir düzenek keşfetti. O sıralarda Almanya'da buna "Kleist şişesi" denmeye başlanmışsa da daha sonra, bu deneylerin yapıldığı Leiden Üniversitesi'nin anısına "Leyden şişesi" ya da "Leiden şişesi" denmiştir.

Şişe içine koymak üzere hangi sıvının daha uygun olacağı konusunda yoğun bir araştırma çalışması başladı. Su ve civa dışında şarap, sirke, taze demlenmiş çay ve başka sıvılar denendi. Birkaç yıl sonra sudan vazgeçilebileceği ve kabın iç ve dış kısmına yerleştirilecek metal kaplamanın, elektrik yükünü depolamak için yeterli olduğu anlaşıldı.

Leyden şişesi, temel olarak bir yalıtkanla (cam) ayrılmış olan birbirine paralel iki iletken (metal folyo ve su) oluşmaktadır ve içine metal bir çubuk batırılmıştır. Şişe yarısına dek su, bir çözelti ya da civa gibi iletken bir sıvı ile doludur. Leyden şişesi, içine uzun bir tel konan ve daha sonra da elektrikle yüklenen iletken bir sıvıyla dolu bir cam şişe ya da kavanoz olup ilk kondansatör ya da kapasitördür (ŞEKİL 54, ŞEKİL 55). Yalıtkan kısmını cam şişenin oluşturduğu bilinçli olarak yapılmış olan bu ilk kondansatör, elektriğin depolanarak çeşitli deneylerde kaynak olarak kullanılabilmesini sağlamaktaydı. İki iletken kısım birbirine değdirildiğinde şişeden elektrik boşalması olmaktadır. Durgun elektriği depolamak üzere Leyden şişesine alternatif olarak o dönemlerde Benjamin Franklin tarafından geliştirilmiş olan kare şeklindeki bir kapasitör de kullanılmaktaydı.



ŞEKİL 54. Leyden şişesi deneyi: Şekildeki şişe, deneycinin elinde tutulduğundan, düzeneğe gerçekte birbirinden bir yalıtkan (cam) ile ayrılmış iki iletken (su/tel ve deneycinin eli) ibarettir. Leyden deneyinin buradaki sunumu, bilinen en eski deneylerden biridir. Sağdaki kadın, ellerni döner bir cam küre üzerinde tutmak suretiyle bir elektrik yükü üretmektedir. Bu yük daha sonra iletken olmayan iki adet ipek ipliğe asılı bulunan uzun bir metal çubuk ya da iyi bir iletken boyunca, şişe içine suya kadar uzanan bir tele iletilmektedir. Resimde betimlenen deney, 1745 yılında Camin'de (Pomeranya) Ewald Jürgen Georg von Kleist ile aynı yılda ya da bir yıl sonra Petrus van Musschenbroek ve arkadaşları Andreas Cunaeus ve Jean Nicolas Sebastian Allamand (1713-1787) tarafından Hollanda'nın Leiden kentinde gerçekleştirilmiştir. Kleist'in denemesinde elektrikle yüklü şişe, deneycinin (sol tarafta olup resimde görülüyor) bedeni üzerinden boşaltılmakta ve yatay çubuğa yaklaşılan parmağa kıvılcım atlamaktadır. Musschenbroek ve arkadaşları ise, yaptıkları deneyde teli sudan elleriyle tutarak çıkarmak istediklerinde ciddi bir elektrik şokuyla karşılaşmışlardır. Bunun üzerine Musschenbroek, "kendisine Fransa Krallığı'nın tamamını verseler bile bu deneyi tekrarlamayacağını" belirtmiş ve kamuoyunun bu konuda uyarılması için Nollet'e bir rapor göndermiştir (J.-A. Nollet, *Essai sur l'électricité des corps*, Paris, 1746).^{26,71}



ŞEKİL 55. Leiden şişesinin bulunması (bakır kazıma resim; J.-A. Nollet, *Observations sur quelques nouveaux phénomènes d'Electricité (Birkaç Yeni Elektriksel Görüngüler Üzerine Gözlemler)*, in: *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Vol. 1, Paris, 1746).⁷⁹

Mayıs 1746'da Leipzig'de gazeteler, Leiden'de ünlü doğa araştırmacı ve deneysel fizik profesörü Petrus van Musschenbroek'ün, yıldırım çarpması ayarında, çok güçlü elektrik şokları üretebildiği yönündeki ilginç haberi veriyordu. Bu denli güçlü kıvılcımların nasıl üretilbildiği-

ne insanlar şaşmaktaydılar, çünkü bu etki, bir insanın elinde tuttuğu, içinde su bulunan bir şişe içindeki tel aracılığıyla ortaya çıkıyordu.

Gerçekte ise Leyden şişesinin izini ilk bulan, Musschenbroek değil Andreas Cunaeus (1712-1788) idi. Leyden şişesini ilk duyuran ise, klasik filolog olan Johann Heinrich Winkler (1703-1770) oldu. Winkler 1746'da "Musschenbroek'un Deneyi ile Tanınan, Cam Kaplardaki Suyun Elektriksel Kuvvetinin Gücü Üzerine" başlıklı bir yazı yayımlamıştır.⁷²

Elektrik, bir saray modası ve eğlencesi olmuştu. Paris'te prens ve prenseslerin fizik öğretmenini ve parlak bir deneyci olan papaz Jean-Antoine Nollet (1700-1770), yaptığı elektrik deneyleriyle ünlenmişti. İlk deneylerinde bir Leyden şişesi yardımıyla kuş ya da balık gibi küçük hayvanlara elektrik boşalım yükü uyguladığında hemen öldüklerini görmüştü. Sık sık depolanan yükü artırmak için gitgide artan sayıda Leyden şişesi bir batarya halinde birbirine bağlanmaya başlandı. Nollet, daha sonra insanlı deneylere başladı. Kapısının önünde, "elektriklenmek" isteyen soyluların arabaları uzun kuyruklar oluşturmaktaydı. Nollet, elektriğin uzaklara ve hızlı olarak iletilmesini göstermek üzere, kondansatör kullanarak 1746 yılında Versailles Sarayı'nda Kral XV. Louis'nin (1710-1774) huzurunda ilginç bir gösteri yaptı. Saray muhafızlarından 180 askere, hiçbir şeyden haberleri olmaksızın, Nollet'nin adlandırdığı şekliyle bir Leyden şişesinin boşalım devresi halinde el ele tutuşmalarını ve bırakmamalarını öğütledi; devre kapatıldığında, askerlerin hep birlikte aynı anda havaya sıçradıkları ve başta kral olmak üzere izleyicilerin bunu izlemekten büyük zevk duydukları görüldü. Nollet, kısa bir süre sonra bu deneyi, bir manastırda 200 rahip üzerinden tekrarladı. Bunda her rahip çifti arasında 7,5 m uzunluğunda demir bir tel bulunmakta ve insan zincirinin uzunluğu yaklaşık 1,5 km tutmaktaydı (ŞEKİL 56).⁷⁵ Kral XV. Louis 1753 yılında, Nollet için deneysel fizik bilgilerini öğretebileceği bir okul olarak Navarre Koleji'ni kurdu. Nollet bu okulda 600 öğrenciye ders verdi. Ancak batarya şeklinde birbirine bağlı kondansatörler sistemi ile deney yapmak oldukça tehlikeli olabiliyordu. 1783 yılında Richmann adlı bir profesör, böyle bir bataryayı fırtınalı bir havada doldurmaya çalışırken, başını dikkatsiz bir şekilde bir iletkene çok yaklaştırması sonucu yaşamını yitirmişti.



ŞEKİL 56. Nollet'in, insan zinciri üzerinden elektrik şoklaması deneyinin Japonya'da gerçekleştirilmiş şekli: 18. yüzyıl ortalarının en hayret uyandırıcı elektrik deneylerinden biri olan bu deney, Nollet tarafından kurulmuştur. Deneyler, yüklü bir Leyden şişesinin (ya da Leyden şişeleri bataryasının) iki yüz dolayında asker ve daha çok sayıda rahipten oluşan insan zincirleri üzerinden boşaltılmasıydı. Deşarjın şoku, deneye katılanların anlık sıçramalarıyla sonuçlanmıştır. Nollet'nin deneyinin bir çeşitlemesini veren buradaki resim, 1813 tarihli tıbbî elektrik konulu bir Japon kitabında yer almakta ve Batı biliminin Japonya'ya girişini belgelemektedir.²⁶

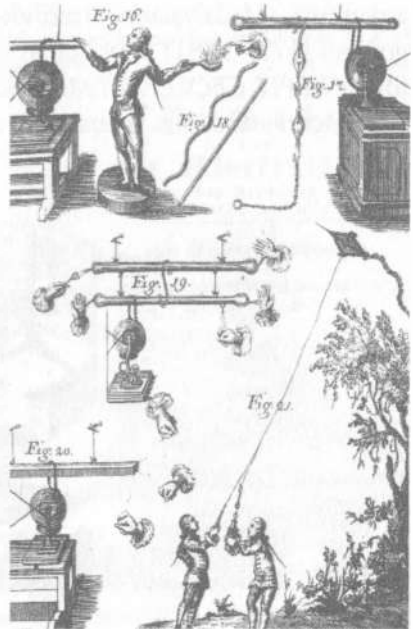
Kısa süre içinde Amerika da elektrikleşti! Aynı zamanda ABD'nin Fransa büyükelçisi olan ve Fransa'da Paris'li kadınlarla çalkantılı aşklar yaşayan ünlü fizikçi, yazar, yayımcı ve politikacı Benjamin Franklin, Philadelphia'da, Leyden şişesinin ender etkilerini iştmişti. 1740'ların sonlarında iki yıl içinde elektrik görüngüleri ile ilgili olarak parlak bir kuram ortaya attı. Her cisimde –elektriklenmemiş halde bile– yalnızca bir tür elektrik vardı; bunların parçacıkları karşılıklı olarak birbirini itiyor ve geri kalan madde tarafından çekiliyordu. Yüklü bir Leyden şişesinde bir uçta bir elektrik “fazlalığı” (bu tarafı “pozitif” yüklü diye adlandırdı) bulunurken diğer uçta bir elektrik “noksanlığı” (bu taraf ise “negatif” yüklü oluyordu) bulunuyordu. Böylelikle elektrik boşalımı, bir denkleşme (eşitlenme) oluyordu ve asla elektriğin yok olması değildi. Ya da tersi söylenecek olursa, elektrik, asla sürtünme yoluyla yeniden üretilmiyor, aksine yalnızca bu zıt yüklü parçacıklar birbirinden ayrılıyordu. Bir kondansatörün bir ucundaki elektrik “fazlalığı”, tamı tamına diğer uçtaki elektrik “noksanlığı” kadardı.⁷⁵

Paratoner ve İlk “Yıldırım Aşkları”

Franklin’in 1747 yılı dolayındaki paratoner konusundaki buluşu Amerika’da hızla benimsenmişse de Avrupa’da kuşkuyla karşılanmış, ünlü Fransız fizikçisi Jean-Antoine Nollet, buna karşı çıkarak Franklin’i amatör olmakla suçlamıştır. Fransa’da ilk paratoner (yıldırımsavar), Nollet’nin ölümünden üç yıl sonra (1773) Dijon’daki Bilimler Akademisi’nin çatısına dikilmiştir. Bir süre sonra Franklin yandaşları ile 1759’da Dufay’ın iki tür elektriğin varlığına ilişkin düşüncelerini benimseyen Robert Symmer’in (1707-1763) yandaşları arasında tartışmalar başladı. Günümüzde biliyoruz ki bu her iki grup da haklıdır. Her ne kadar metalik iletkenlerde yalnızca bir tür hareketli elektrik (negatif elektronlar) varsa da, sıvı iletkenlerde iki tür elektrik [pozitif iyonlar (katyonlar) ve negatif iyonlar (anyonlar)] hareket etmektedir ve nötr cisimler, atom çekirdeğine ve elektronlara sokulmuş halde eşit miktarda pozitif ve negatif elektrik içerirler.⁷⁵

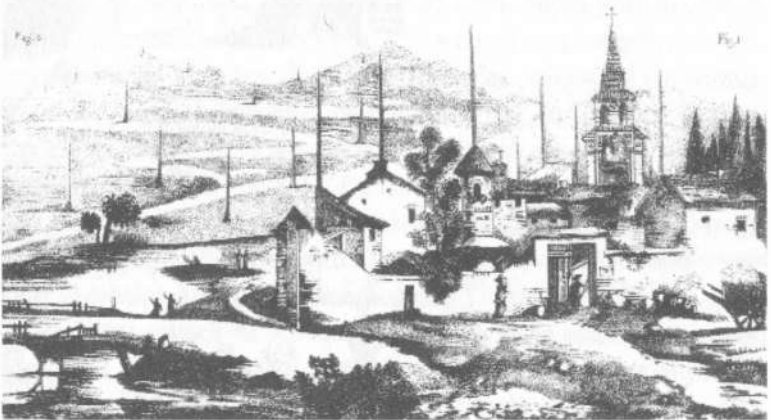
Şimşek ve yıldırım, elektrik enerjisinin sıkça gözlenen olgularındandır ve Eskiçağ insanlarının dikkatini özellikle çekmiştir. Eskiçağ’da şimşek ve yıldırımın, tanrıların özel silahları olduğuna inanılır ve şimşek, güneşin ateş topunun bir akrabası sayılırdı. Çoğu insan bunları, doğaüstü bir olay, tanrıların bir silahı, öncelikle de baş tanrı Zeus’un (Jüpiter) bir silahı olarak yorumlamaktaydı. Buna karşılık Yunan filozofları, başka görüşteydiler. Aristoteles, ilk olarak şimşegin, “*bulutların tutuşmasından ileri gelen bir ateş*” olduğunu söylemiştir. Onlar şimşek ve yıldırımın temel bir kuvvet olduğunu, evrendeki her şeyin harekete ettirici bir kuvvete sahip olduğunu ileri sürüyorlardı. Romalı yazar Titus Lucretius Carus (İÖ 96-55), *De rerum natura* (Nesnelerin Doğası Üzerine) adlı ünlü eserinde, şimşegi şu sözlerle betimlemiştir: “*Şimşek, hareketli ufak parçacıklardan ibaret olan ve maddenin içine girebilen bir tür seyreklik ateştir*”. Lucretius’un keskin gözlemine göre şimşek ve gök gürültüsü aynı anda oluşursa da, gök gürültüsü, şimşegin ışığının görülmesinden daha sonra duyulur. Lucretius, bu durumun açıklamasını ise şöyle yapar: “*Ses, ışıktan daha yavaş hareket eder*”.^{70,79}

1751 yılında, şimşegin elektriksel doğasını kanıtlayan ünlü uçurtma deneyini oğlu ile birlikte yapan Franklin, 1752'de geliştirdiği paratoner önerisiyle ünlenmiştir. Deneyde kullanılan uçurtmanın ön tarafında sivri uçlu bir demir vardı ve demir çubuğa ke-nevirden yapılmış bir ip bağlanmıştı. Yağmurun ıslattığı ip, iyi bir elektrik iletkeni durumuna gelmişti. Franklin'in eliyle tuttuğu ipin alt tarafında metal bir anahtar vardı. Franklin parmağını hafifçe anahtara yaklaştırarak kıvılcım atlamasını sağladı. Franklin bu deneyi ile, şimşegin çıktığı fırtına bulutunun durağan elektrik yüklü olduğunu ortaya koymuştu (ŞEKİL 57).⁸⁰ Uzun zamandan beri ucu sivri iletkenlerin, elektriği, yüklü cisimlerden, uygun bir uzaklıkta karşı karşıya bulunduğunda, fark edilmeksizin sessiz sedasız bir şekilde boşalttığı bilinmekteydi. Buna karşılık ucu küt cisimler ise çok daha yakın durduklarında ve ancak kıvılcım aracılığıyla boşalıyorlardı. Ayrıca pek çok öngörülerde, güçlendirilmiş elektriğin darbe ve kıvılcımlarının bir tür gök gürültüsü ve yıldırım türü sayılıp sayılmayacağı kestirimlerinde bulunuluyordu.⁷⁵



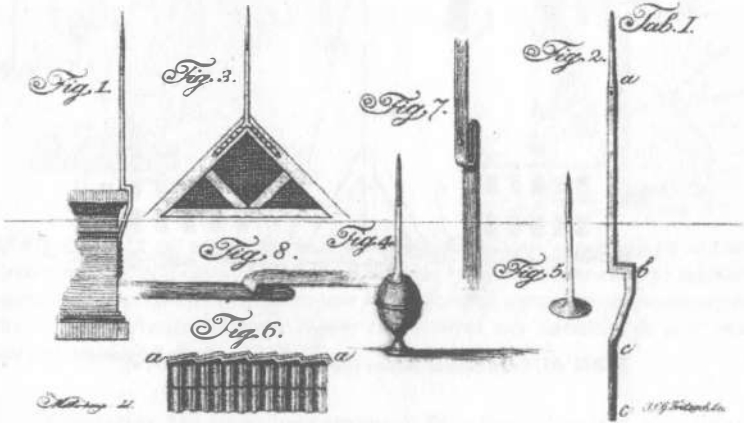
ŞEKİL 57. Elektrikle ilgili çeşitli deneyler (sağ altta, uçurtma aracılığıyla Leyden şişesinin durağan elektrikle doldurulması) [Louis-Sébastien Jacquet du Malzet (1715-1800), *Précis de l'électricité...* (Elektrik Üzerine Kısa Eser) (Vienne, 1775)].⁸¹

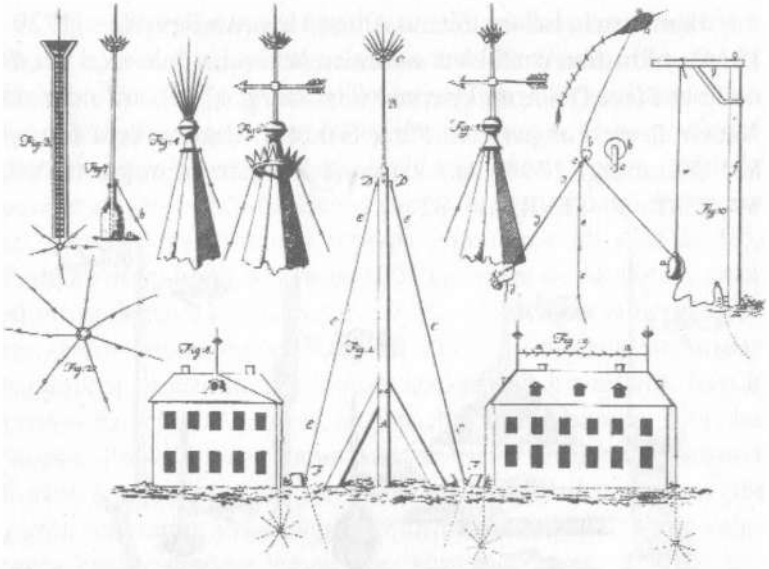
Franklin'in dahiyane düşüncesi, yıldırım karşısında elektriğin iletimi için sivri uçlu iletken kullanımını önermesidir. Bu amaçla binaları, kiliseleri, gemileri ve benzer yapıları yıldırım darbesinden koruyabilmek için yapıyı, düşey yönde, sivri uçlu ve gövdesini paslanmaktan korumak üzere altınla kaplanmış demir çubuklarla donatmayı öngörmüştür. Demir çubuğun alt ucundan itibaren bir tel, binanın dış kısmında toprağa gömülmeli idi (ŞEKİL 58). Franklin'in bu konudaki yazısı 1751 tarihliyse de paratoner, uzun süre uygulamaya konmamıştır. 19. yüzyıla dek paratonerin anlamı, şekli ve donanım sorunları üzerine sert akademik tartışmalar yapılmıştır. Ancak konu, bilimsel açıdan açık bir zaferdi. Büyük Fransız fizikçisi D'Alembert, bağımsızlığını yeni kazanan Amerika Birleşik Devletleri'nin Fransa'daki ilk elçisi Benjamin Franklin'i kutlamış ve paratonerin, "*bir tiranın âsâsının elinden alınması gibi göğün yıldırımını yakaladığını*" belirtmiştir (Franklin, kendi vatanının İngiliz sömürgecilğine karşı yürüttüğü bağımsızlık hareketinde önemli bir rol oynamıştır).⁷⁵ Sanatçı Giovanni-Battista Nini (1717-1786), 1779 yılında Franklin'in anısına bir dizi madalya hazırlamıştır. Madalyaların üzerinde, Anne-Robert Jacques Turgot'un (1727-1781), Franklin'in başarısını öven şu sözleri yazılı idi: "*ERUPIT CEOLO FULMEN SCEPTORUM QUE TIRANNIS*" ("*O, göğün yıldırımını ve tiranların âsâlarını zorla ellerinden aldı*").



ŞEKİL 58. Paratonerlerle donatılmış bir belde (1821).⁷⁵

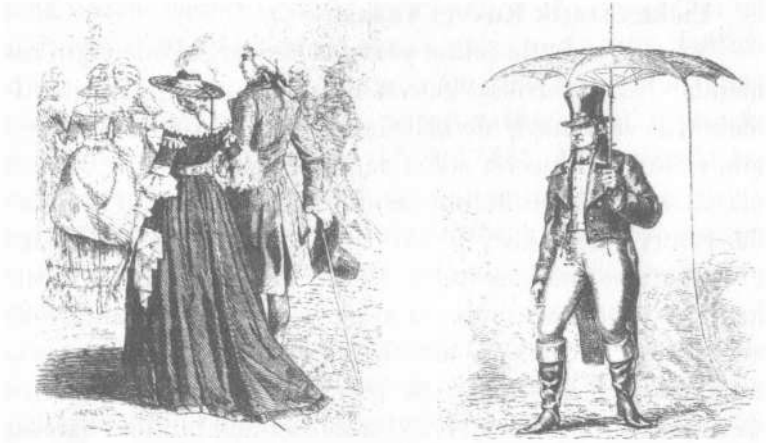
Hamburg'lu hekim Johann Albert Heinrich Remarius (1729-1814), yıldırımın özellikleri ve ondan korunma önlemleri üzerine *Vom Blitze* (Yıldırım Üzerine) (Hamburg, 1778), ardından da *Neuere Bemerkungen vom Blitze* (Yıldırım Üzerine Yeni Görüşler) (Hamburg, 1794) adlı kapsamlı kitaplar yazmıştır (ŞEKİL 59, ŞEKİL 60, ŞEKİL 61). 82





ŞEKİL 61. Çeşitli paratonerler (bakır kazıma resim, 1774).⁷⁹

Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), yalnızca ünlü bir kimyacı değil aynı zamanda barut ve patlayıcı maddeler konusunda karar verici bir yetkili ("*Régisseur des poudres*") ve vergi toplama komisyonu ("*Fermé-Générale*") üyesi idi. Franklin, Lavoisier'ye, onun ikâmetgahının ve o zamanlar dünyanın en iyi donatılmış laboratuvarının da yer aldığı Paris Silahhanesi'ndeki (Paris Arsenali) barut deposunun güvenliği için paratoner taktırmasını önermiştir. 1786 yılında Prusya, Avusturya ve Danimarka'nın tüm barut depoları yıldırıma karşı paratonerlerle güvence altına alınmışlardı. Askerî ilgililerin dışında ticarî şirketler de bu konuya ilgi duymuşlar ve örneğin Amsterdam'daki Doğu Hindistan Kumpanyası ("*East India Company*"), ticaret gemilerini yıldırımdan korumak için paratonerlerle donatmışlardı. Paratonerin binalarda yararlı kullanımı anlaşılmaya başlandıktan sonra, bunun günlük yaşamda da moda şeklindeki tuhaf yansımaları olmuştur (ŞEKİL 62).⁷⁷



ŞEKİL 62. 1778 yılı paratoner modasında şapka paratoneri ve şemsiye paratoneri: Paratonerin çok açık olmayan kullanım tehlikesine karşı kentsoylu kadın ve erkekler, şapkalarından ya da şemsiyelerinden yere kadar uzanarak toprağa değen paratonerlerle donanmışlardı [Louis-Guillaume Figuiet (1819-1894), Les merveilles de la science (Bilimin Harikaları), Paris, ~1870].^{77,79}

Paratoner 18. yüzyılın tartışmalı konularından biri olmuştur. Kilise çevresi, bu “kâfir çubukları” aracılığıyla insanların Tanrı’nın yargısından kaçmaya çalıştıklarını belirtiyordu. Bu durum bir süre bilmecemsi bir halde kaldı, tâ ki “Tanrı’nın hışmı”, tam da kilise kulelerinin üzerine düşene değin. Fırtınaya karşı çan çalmak, yararsız olarak kalmıyor, ayrıca çok da tehlikeli oluyordu: Johann Nepomuck Fischer, fırtına çanı kullanımını eleştirdiği yazısında son 33 yılda çana isabet eden yıldırım nedeniyle 103 kişinin ölümüne kurban gittiğini yazmıştır. Ne var ki düşen yıldırımların yol açtığı yıkımlar, paratonere karşı çıkmayı da güçleştiriyordu. Fırtınaya karşı çan çalma pratiği, 1784’te Bavyera’da, 1786’da ise Avusturya’da yasaklandı. Asker kesimi de bu yeni buluşa dostça yaklaşmamıştır. Brescia kentinin insanları San Nazaro Kilisesi’nin kutsallığına öylesine inanıyorlardı ki, ellerindeki tüm barutu, en güvenilir yer olarak kilisenin mahzenine saklamışlardı. 1769’da buraya yıldırım düşmesi sonucu yaklaşık 100 ton barut infilak etti, 3000 kentli öldü ve kentin altıda biri harap oldu. Sonunda barut depoları, hattâ denizdeki gemiler bile paratonerlerle donatılır oldu.⁸²

Elektrostatik Kuvvet Yasası

Newton'ın kütle çekim yasasına benzer şekilde uzun zamandan beri elektriksel kuvvet etkisi yasasının şekli kestirilmekteydi ve deneyle de belirlendi. Kütle çekiminde olduğu gibi elektriksel kuvvet etkisi de, uzaklığın karesi ile orantılı olarak azalmalıydı. Bunun kanıtı, dolaylı olarak 1771 yılında Henry Cavendish (1731-1810) tarafından verilmiştir (Ters kare kuvvet yasası: $F \propto 1/r^2$). Elektriğin yalnızca iletkenlerin yüzeyi üzerinde yer aldığı gerçeği, 1745 sonrasında anlaşılmıştı ve kimyacı Joseph Priestley (1733-1804), daha önce *Histoire de l'électricité traduite, de l'anglais* (İngilizce Çeviri Elektrik Tarihi) (1769) adlı eserinde bundan hareket ederek doğru kuvvet yasası konusunda sonuçlar çıkarmıştı. Ancak Cavendish, yalnızca kuramsal sonuçlarını yayımlamış ve oldukça doğru olan deneyleri konusunda yayımda bulunmamıştır. Ters kare kuvvet yasası konusunda ilk ayrıntılı bilgi verilen deney, 1769'da John Robinson tarafından bildirilmiştir. Fransız askerî mühendis Charles Augustin de Coulomb (1726-1806) ise en kesin deneyleri 1785'te gerçekleştirmiştir. Sonunda dört başı mamur kuvvet yasası, "*Elektriksel kuvvet, iki nokta yükün çarpımıyla doğru ve onların birbirinden olan uzaklıklarının karesiyle ters orantılıdır*" şeklinde, onun adı verilerek ("Coulomb yasası") şekillenmiştir.⁷⁵ Coulomb yasası, Newton'ın kütle çekim yasasının elektrik bilimindeki karşılığı olup ondan farklı olarak, elektrikte iki yük arasındaki itme kuvvetinin varlığı da göz önüne alınmaktadır.

Galvanik Öğeler:

"Kurbağa Bacağı"ndan (1791)

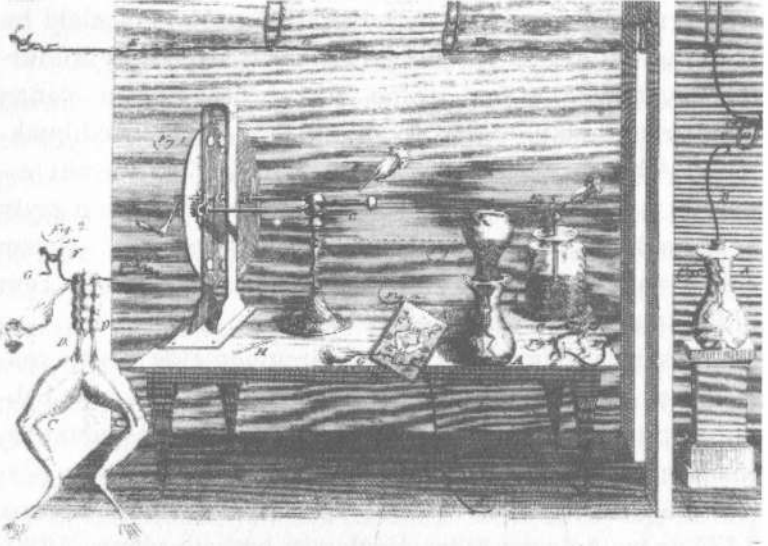
"Volta Pili"ne (1800)

18. yüzyıl ikinci yarısında ısı, ışık, manyetizma ve elektrik görüngüleri, ağırlıksız akışkanların özellikleri sayılıyor ve bunların uzaktan etkileri, Newton'ın çekim yasa-

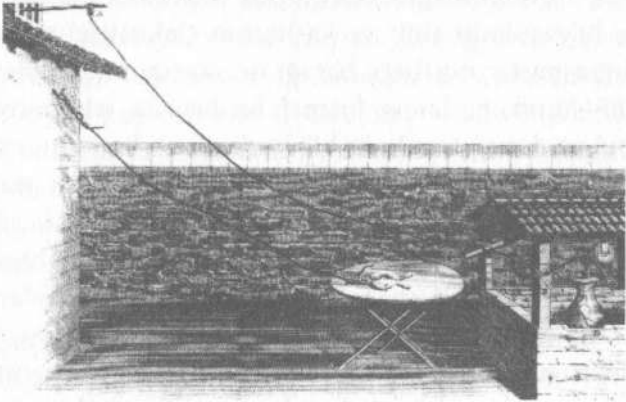
sına benzer yasaya uyduğu kabul ediliyordu. Doğadaki bu görüngülerin ortak nedeni olarak, uzay boşluğunu doldurduğu varsayılan sanal nesne olan “esîr”in (Eski Yunan atomculuğundaki “ether” kavramı) varlığı kabul edilmekteydi. Albrecht von Haller (1708-1777), 1745 yılında esneklik, ışık, ses, ısı, elektrik ve manyetizmayı üreten şeyin aynı madde olduğunu ve buna “*spiritus animalis*” (yaşam ruhu, sinir akışkanı vb.) diye adlandırılan madde ile aynı olduğunu belirtmiştir.⁷⁷

Keskin gözlemciler, Leyden şişesinden elde edilen şoklarla çeşitli elektrikli balıkların, özellikle elektrikli yılan balığının ve torpil balığının neden olduğu şoklar arasındaki yakın benzerliği fark etmişlerdi. Bologna’da fizyolog olan Aloisio Luigi Galvani (1737-1798), 1762’de anatomi profesörü, 1772’de ise Bologna Bilim Akademisi başkanı olmuş; 1780-1790 yılları arasında özellikle derisi yüzülmüş kurbağalarla yaptığı deneylerle elektrik öğretisini güçlü olarak sarsacak keşifler yapmıştır.

Canlılardaki elektriksel olayları incelemeye yönelen Galvani, başta kurbağa olmak üzere anatomik olarak açılmış hayvanların sinir ve kaslarının elektriksel uyarılmasıyla uğraşmıştır. Kurbağa bacağı ile yaptığı ünlü deneylerine 1786 yılında başlamış, fırtınalı bir havada, laboratuvarındaki ölü ve derisi yüzülmüş bir kurbağanın bacağının açıkta kalan uyluk sinirine takılı pirinç kancalara demir makasla dokunduğunda ölü hayvanın kaslarının birdenbire kasıldığını gözlemlemiştir. Galvani bu olayı, önce fırtınalı havadaki elektrik yükünün kurbağa kasına geçmesiyle açıklamıştır (ŞEKİL 63, ŞEKİL 64). Deneyler sonucunda Galvani, durağan elektrikin kurbağa bacağındaki kasları hareket ettirdiğine karar vermiştir. Aslında bu olay, yeni bir gözlem değildi. Şimşegin benzer etkileri, elektromanyetik dalgalar yoluyla yayılan “geri tepme, seğirdim” olarak, yani elektrostatik etki olarak açıklanmaktaydı.



ŞEKİL 63. Galvani'nin birinci deneyi: Galvani'nin, bir kurbaga bedeninden çekilen sıvılarla bir elektrik pili üretmesinde kullandığı elektrik makinesi (masa üzerinde solda), bir Leyden şişesi (en sağda) ve hava elektrigi kullanılarak yapılan elektrik deneyleri. Bunda bir elektrik makinesinin kıvılcım atlaması, uzaktaki kurbaga bacağına seğirmesine yol açıyor [L. Galvani'nin *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius* (kısaca *Commentarius...*) (Kas Hareketlerinde Elektrik Gücünün Yorumlanması Üzerine), 1793, adlı eserinden].^{56,75,79}



ŞEKİL 64. Galvani'nin ikinci deneyi (1786): Fırtınalı havada bulutların elektrik yükü de kurbaga bacağı kaslarının kasılmasına yol açıyordu. Burada bir dizi elektrik yalıtkanı içinden geçirilerek paratoner çubuğuna ve kuyu suyuna bağlanan bakır iletkenler aracılığıyla, kurbaganın bel ve bacak sinirleri, fırtına bulutlarının varlığında ve şimşek çaktığında seğirmektedir (L. Galvani, *De viribus...*, 1793).^{56,75,79}

Galvani, kurbağanın kas liflerine uygulanan elektrostatik dürtülerin etkilerini incelerken bir elektrostatik yük olmaksızın çeşitli metaller ya da bir bistüri ile sinire dokunduğunda kas lifinin seğirebildiğini, birbirine benzemez iki metalin bir ucunu ayak kas lifine diğerini de omurilik sinirine değdirerek kapalı devre oluşturduğunda ise daha büyük bir tepki meydana geldiğini keşfetmiş ve bu olguya “hayvansal elektrik” (İng. “*animal electricity*”) adını vermişti. Ona göre kas yapısı, elektrikli yılan balığınıninkine benzer bir “sinirsel-elektriksel akışkan” içeriyor, canlılarda bulunduğunu ileri sürdüğü bu “hayvansal elektrik akışkanı” beyin tarafından salgılanıyor, sinirler bu akışkanı kaslara ileten iletken görevini görüyordu. Galvani bu deneylerinde, sonuç olarak tıpkı bir Leyden şişesinin içindeki gibi, kurbağanın bedeninin içinde yer alan özgün bir biyoelektriği keşfetmiş olduğuna inanmış ve hayvan kas dokularının, Leyden şişesinin dış ve iç yüzeylerini oluşturan bir elektrik depolayıcısı olduğunu düşünmüştür. Bu bağlamda Galvani, bir kurbağanın bedeninden böyle bir elektrik akışkanını özütlemek (ekstraksiyon) suretiyle bir pil üretmeyi de düşünmüştür. Gerçekten böyle bir fizyolojik elektriğin varlığı, 19. yüzyıldaki deneylerle kanıtlanmıştır.

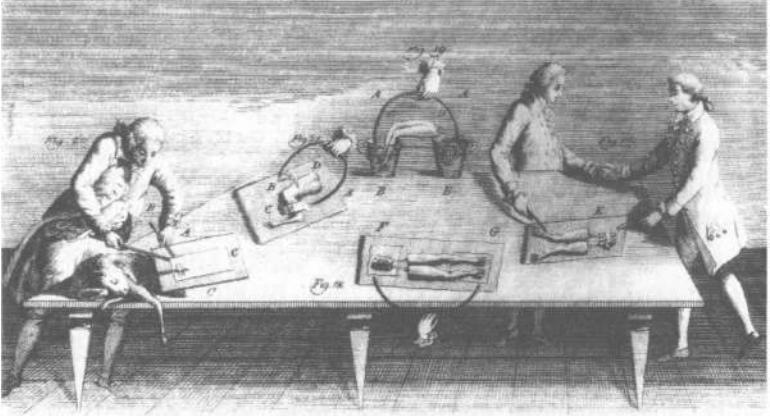
Galvani’nin çalışması, arkadaşı fizikçi ve kimyacı Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta’yı (1745-1827) harekete geçirmiş ve onun elektrik bataryasını üretmesine sevk ederek elektrofizyoloji konusundaki araştırmaları başlatmıştır. Volta, Galvani’nin öncelikle kaslarla Leyden şişesi arasında kurduğu analogi olmak üzere çeşitli görüşlerine karşı çıkarak “hayvansal elektrik”in hayvanın dokularından değil, kasın uyarıldığı farklı türde iki metal arasındaki akımdan kaynaklandığını (“metalik elektrik”) ileri sürmüş ama Galvani, aynı türde iki metal parçasıyla deneyi tekrarladığında kasları yine uyararak Volta’nın bu tezini çürütmüştür. Galvani 1791’de bu konudaki deneylerini *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius* adlı eserinde yayımladığında, fizyoloji ile ilgili fazla bir kayıt yoktu. Bunu, Alessandro Volta, “hayvansal elektrik” üzerine yaptığı ilk özgün deneylerinden kısa bir süre sonra 1792’de kanıtlamıştır.^{75,83}

Volta'ya göre farklı metallerin iki parçasıyla temas ettirildiğinde, ek bir elektrik yüklemesi olmaksızın kurbağa bacağında seğirmeler oluyordu. Tiberio Cavallo'ya (1749-1809) yazdığı bir mektupta Volta, *“omurgasından asılmış bir kurbağanın bacağı-
nın yeni bir tür elektrometre oluşturduğunu”* söylemiş ve bu *“hayvansal elektrometrenin”* o zamana dek olanlar içinde en duyarlısı olduğunu belirtmiştir. Volta, daha önce 1754'te yayımlanan, Johann Georg Sulzer'in (1720-1779) metal çiftleri ile dile temas ettirildiğinde ekşi bir tadın ortaya çıktığı konusundaki deneylerini yinelemiş ve buna ilişkin bulgularını 1792'de yayımlamıştır: *“Açıktır ki, bu elektrik akımının nedeni, bizzat metallerdir; özgün anlamda bunlar (metaller), elektriğin uyarıcısı ve motoru iken, hayvansal organ, yani sinirler, edilgen kalmaktadır”*. Volta'nın bu konuda yaptığı katkı, hayvan bedenine dayalı olarak elektrik etkisinin vitalistik (canlı) yorumu karşı çıkması ve dikkatleri metal değmesinin etkisine yöneltmesi olmuştur.⁸⁴

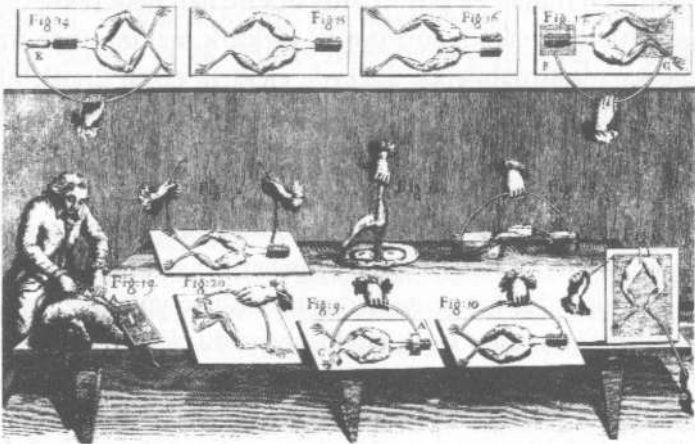
Galvani, birkaç metre uzaktaki bir elektrik makinesi ile kıvılcım oluşturduğu zaman bir kurbağanın bacak kasının sinir ucuna neşterle dokunduğunda ya da önceden hazırlanmış kurbağa bacağına sinir tellerine ve kaslar üzerine bir metal yay yerleştirerek onlara her dokunduğunda seğirmeler olduğunu belirlemiştir (ŞEKİL 65). Galvani ayrıca bu metal yayın farklı iki metal telden (onun deneyinde pirinç ve demir) yapılmış olması durumunda seğirmelerin daha güçlü olduğunu saptamıştır. Galvani'nin kendi tasarımıyla kurbağa, bir Leyden şişesi idi ve onun boşaltılması, basit bir metalden oluşturulan yay üzerinden sağlanıyordu (ŞEKİL 66). Galvani'nin başlangıç varsayımında bu olayın bir “fizyolojik elektrik” olduğu yönündeki kabulü, bu nedenle doğru değildi.

Geriye dönük bir değerlendirme yapılacak olursa, Galvani ve Volta'nın haklı oldukları ve yanlış oldukları noktalar vardı. Galvani, kas seğirmelerinin elektrikselsel bir uyarım olduğu görüşünde haklıydı, ama onu “hayvansal elektrik” ile özdeşleştirmesi yanlıştı; Volta ise elektriğin kökeni olarak “hayvansal elektrik”in varlığını reddetmede haklıydı, ama her elektrofizyolojik etki için akım kaynağı olarak iki farklı metalin gerektiği savında yanılıyor-

du; çünkü Galvani daha sonraları bir kurbağanın açıkta duran kasını bir diğer kurbağanın sinirine dokundurmak suretiyle kas kasılmasını sağlayarak, bu iş için herhangi bir metale gereksinim olmadığını göstermiş ve böylece ilk olarak canlı dokular içinde biyoelektriksel kuvvetlerin varlığını tanıtlamıştı.⁸⁶



ŞEKİL 65. Galvani'nin üçüncü deneyi ve "Galvanik" öğelerin keşfi: Sinirler ve kaslar üzerine yerleştirilen metal yaylar, kurbağa bacağına dokunarak kasılmasına yol açıyor. Galvani'ye göre kurbağa bacağı bir Leyden şişesi idi ve elektrik, kimyasal yolla değil "hayvansal yolla" üretiliyordu (L. Galvani, Commentarius..., 1793).^{86,75,79}



ŞEKİL 66. Galvani'nin "hayvansal elektrik" deneylerinden başka bir görünüm (L. Galvani, Commentarius..., 1791, adlı eserinden).⁸⁵

Bu seğirmelerin kurbağadan kaynaklanan bir “hayvansal elektrik” olmayıp iletken bir sıvı içindeki iki metalin farklılığından kaynaklanan elektrikle meydana geldiğini, metal yayın kimyaca farklı iki değme ucunun elektrokimyasal bir batarya oluşturduğunu, 1792’de Alessandro Volta kanıtlamıştır. Volta, “metalik elektriğin” geleneksel sürtme elektriği ile özdeş olduğunun kanıtlanmasını, bu basit metal öğelerin elektriksel gerilimini elektroskop etkisiyle ve kıvılcım atlamalarıyla güçlendirerek sağladı. Volta’nın bu etkiyi, seri bağlanmış basit bir düzenekle elde etmek için yedi yıl gibi uzun bir süre çalışması, bugün inanılmaz uzun bir süre gibi görülmektedir. Volta kendi deneylerinde “Metal (1) / Elektrolit çözeltisi (Sıvı) / Metal (2)” şeklinde bir sistem yerine, yanlış bir biçimde hep, “Metal (1) / Metal (2)” düzenlemesini tasarlamış ve bu sistemle elektrik üretilmesi için, iki metal arasında, elektriği iletilebilir bir sıvı ortamın (elektrolitin) bulunmasını öngörmemiştir. Volta, seri bağlanmış düzenek şeklinde “Volta sütunu” ya da “Volta pili” diye adlandırılan bataryasını 1799’da keşfetmiş ve 1800’de yayımlamıştır. Bu, ilk kimyasal pil düzeneğidir.^{56,71}

Volta, özellikle aralarında asitle nemlendirilmiş mukavva bağlantılar bulunan ve birbirini ardı sıra dizilen disk şeklindeki metal çiftleri dizisinin, sürtünmeli elektrik makinesinde üretilenle karşılaştırılabilecek düzeyde elektrik etkisi üretilebileceğini keşfetti. “Volta pili” elektrik enerjisinin depolanması anlamına geliyordu.⁷ “Pil” sözcüğü, “üst üste dizme, kümeleme” anlamına İngilizce “*empilement*” sözcüğünden gelmekteydi; çünkü ölçülebilir bir etki yaratabilmesi için sayıları otuz ile altmış arasında değişen disklerin üst üste kümelenmesi gerekiyordu. Küme ne kadar hacimli ve yüksekse verdiği elektrik akımı da o denli güçlü oluyordu. İlke olarak buna benzer çok yalın bir pil sistemi, bir patatese ya da limona bakır ve çinko levhalar batırmakla elde edilebilir ve bununla 1 Volt’luk minik bir ampulü yakacak güçte bir elektrik akımı elde edilebilir.

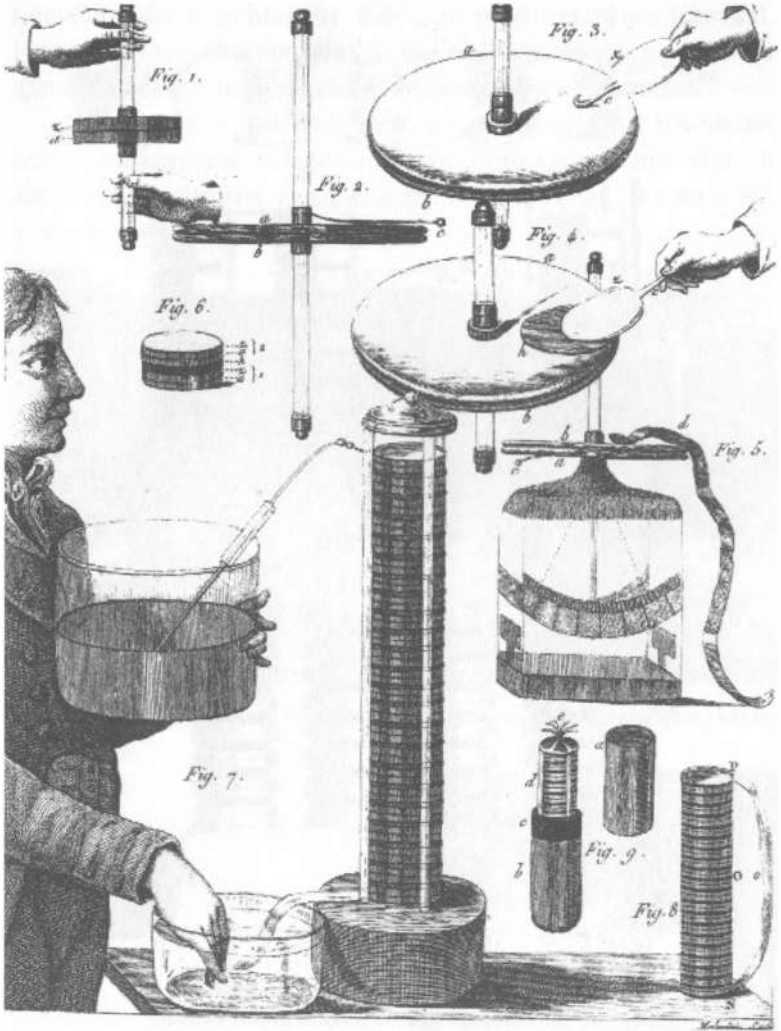
Volta tarafından 1775'te geliştirilen "elektrofor" ("*elettroforo perpetuo*": "sürekli elektrik taşıyıcısı"), yayvan bir teneke kaptan ibaret olup, içine ilkin sıcak bir reçine karışımı akıtılıyordu. Katılaştıktan sonra bu reçine keki, yaklaşık yüz kez, bir kedi kuyruğu ile "kırbacılanmak" suretiyle elektrostatik olarak yükleniyordu. Teneke bir kapak yerleştirilerek indüksiyon yoluyla bir karşı yük oluşturuluyor ve teneke kapak elektrofordan uzaklaştırıldığında, indüklenmiş yük, bir kıvılcım atlaması ile boşalabiliyordu. Volta, elektroforunu ve kendi geliştirdiği pil ile yaptığı deneylerini 1801'de Paris'te, o zamanlar Birinci Konsül olan Napoléon Bonaparte'ın (I. Konsüllük 1799-1804; Imp. 1804-1814) ve Akademi üyelerinin önünde gösterisini yapmış ve sonuçta Napoléon'dan övgü ve ödül almıştır (ŞEKİL 67, ŞEKİL 68). Napoléon'un doğa bilimi konularındaki eğitimi ve onun doğa bilimsel-teknik alanlardaki ilerlemelere olan ilgisi görülmemiş boyuttaydı ve Paris, doğa biliminin "kıblesi (Kâbe'si / Mekke'si)" durumundaydı.⁷⁵ Avusturya İmparatoru ise bu çalışmalarından ötürü Volta'yı Padua Felsefe Fakültesi'nin müdürü yapmıştır. Volta, buluşunu 20 Mart 1800'de Londra Krallık Derneği'nin ("*Royal Society*") başkanı Joseph Banks'e (1743-1820) bildirmiş ve derneğin yayın organı olan "*Philosophical Transactions of the Royal Society*"de yayımlamıştı. "Pil", "sütun" ya da "kaplar zinciri" adı verilen bu ilk batarya, tuzlu suyla nemlendirilmiş mukavva disklerle birbirinden ayrılmış olan ve sayısı otuzu bulan gümüş-çinko ya da bakır-çinko metal çiftlerinden oluşuyordu (ŞEKİL 69). Sürtme ile elektrikleme makinesi, kısa süre boyunca yüksek gerilim ve düşük akım şiddeti sağlarken, Volta pili, yüksek akım şiddetinde ve düşük gerilimdeki sürekli çalışmalara olanak tanıyordu. Henüz elektrik kullanımının yaygın olmadığı dönemlerde bilimsel araştırma laboratuvarlarında çok sayıda Volta pilinden kurulu bataryalar kullanılmaktaydı. Ancak onları çalışır durumda tutabilmek başlı başına bir sorundu. Bunlar elektrolit olarak sülfürik asit ve nitrik asit içerirler, zamanla çinko anodu aşındırıp ağır ve kötü kokular yayarlardı (ŞEKİL 70, ŞEKİL 71).⁷⁸



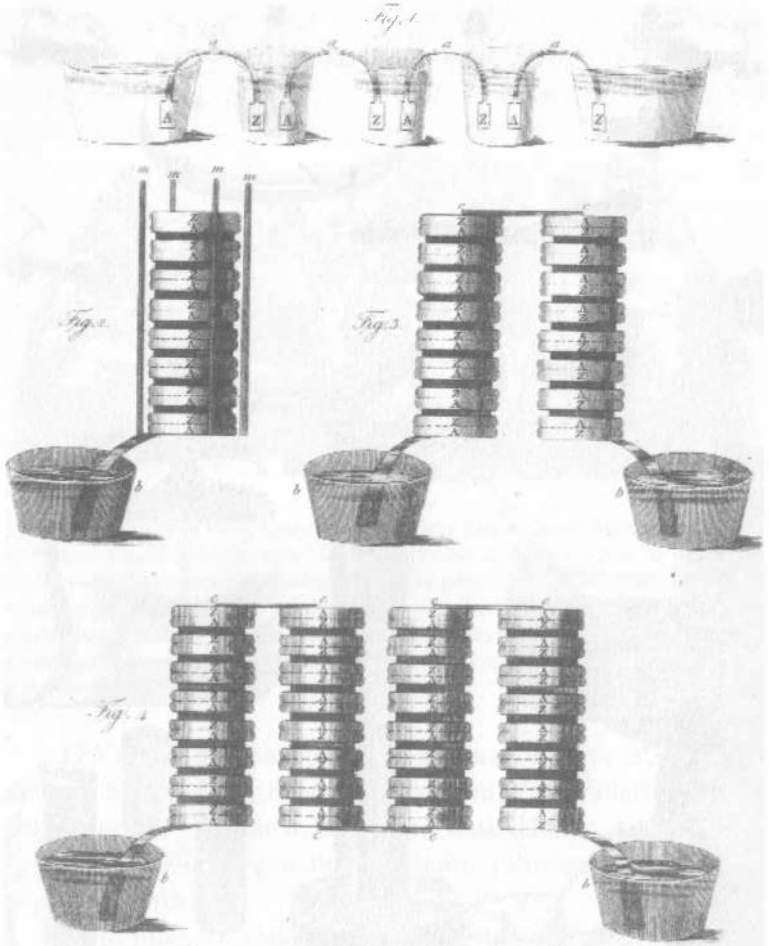
ŞEKİL 67. Alessandro Volta, Kasım 1801'de Paris'te Birinci Konsül Napoléon Bonaparte ve Fransız Ulusal Enstitüsü'nün ("Institut National de France") fizik ve matematik sınıflarının üyelerinin önünde elektroforunun ve pilinin gösterisini yaparken. Resimde Volta'nın sağ elinde, onun tarafından bulunan ve düşük gerilimleri yüksek katlarına çıkarabilen "elektrofor" görülmekte, bununla bir elektrometreye değmekte, böylelikle oluşan gerilimin etkisiyle iki saman çöpü birbirinden ayrılmaktadır (Cianfanelli'nin taşbaskısı).^{75,78,84}

1750'lerde Leyden şişelerinin iyi donatılmış bir laboratuvar-da nasıl mutlaka bulunmaları gerekiyorsa, Volta pilleri (galvanik bataryalar) de kısa zamanda aynı duruma geldiler. Ama önceleri çok pahalıydılar ve büyük boylularını yalnızca çok zenginler yaptırabiliyordu.

Volta pilinden elektriğin kolayca elde edilmesi, onu kimyasal etki yaratacak şekilde kullanmaya yol açtı. 1800 yılında İngiliz William Nicholson (1753-1815) ve Sir Antony Carlisle (1768-1840), Volta pilinin bir kopyasını hazırladıktan sonra suya iki platin tel (elektrot) daldırıp su içinden bu pil yardımıyla elektrik akımı geçirerek suyu elementleri olan hidrojen ve oksijene ayrıştırdılar (elektroliz). Oluşan bu iki gazın karışımı "patlayıcı gaz" diye adlandırılıyordu ve bir kıvılcımla tutuşturulduğunda patlama sesi eşliğinde birleşerek yeniden suyu oluşturuyordu.⁷⁵



ŞEKİL 68. Volta'yı, Paris'teki Fransız Ulusal Enstitüsü'nde ("Académie des Sciences"ın daha sonraki şeklinin adı), aynı zamanda Enstitü'nün bir üyesi olan ilk konsül Bonaparte'in (Napoléon) daha sonra izlediği deneylerini yaparken gösteren resim: Burada çinko-bakır çiftlerinden oluşan plakalar, bunların aralarında da elektrolit (elektrik iletir sıvı) ile nemlendirilmiş bez parçaları bulunmaktadır. Aynı ayrı şekillere bakıldığında farklı iki metalin arasında sıvı evresinin bulunmadığı bu deneylerde galvanik gerilim üretilmesi hedeflenmiştir ve iki metal plaka birbiriyle temastan ayrıldıklarında, elektrometre ibresinde sapma gözlenmiştir (Volta'nın Bulletin des sciences'daki 1801 tarihli bir raporunda yer alan resim).^{71,79}

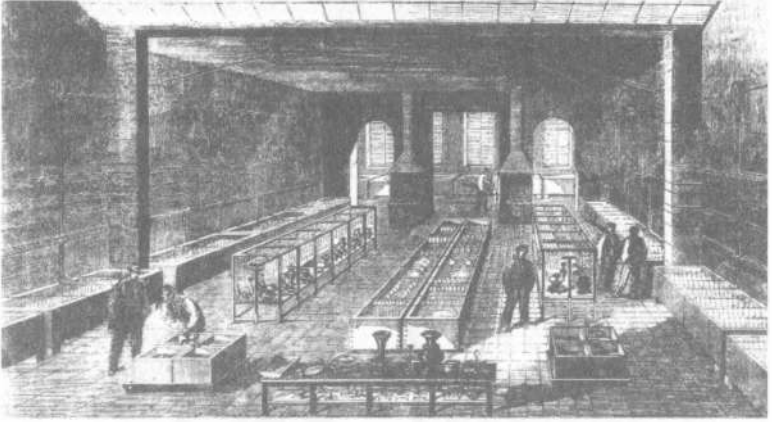


ŞEKİL 69. Volta pilinin özgün kurgusu olarak "kaplar zinciri" (1800): Burada A ("argentum") gümüş'ü, Z ("zinc") ise çinko'yu göstermektedir.⁷⁵

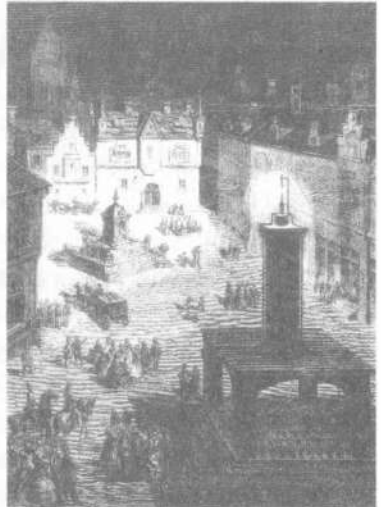
Volta'nın kendi pilini duyurmasından kısa bir süre sonra 1801'de William Cruickshank (1746-1811) kendi deneylerini kolaylaştırmak için benzer bir pil oluşturmuş ve bunda yaklaşık 10 cm² yüzeyli çinko ve gümüş levhalar arasına amonyum klorürle nemlendirilmiş kağıtlar yerleştirmiştir. Bunu ahşap bir kutu içinde yatay olarak düzenlemiş ve 60 metal çiftinin her birini ayrı

hücreler halinde bölmüştür. Böyle bir pil düzeneğinin türevleri, Humphry Davy'ninkiler dahil çeşitli elektrokimyasal incelemeler için standart bir düzenek olarak benimsenip kullanılmıştır.⁶⁹

Galvanometre, galvanizleme, galvanoplasti gibi teknik terimler, bu konudaki çalışmalarının onuruna Galvani'nin adından alınmışken voltmetre / voltametre, volt ve voltaj gibi terimler, Volta'dan ad almışlardır.



ŞEKİL 70. 19. yüzyılda Volta bataryaları yardımıyla galvanik gümüş ve altın kaplama atölyesi.⁷⁵



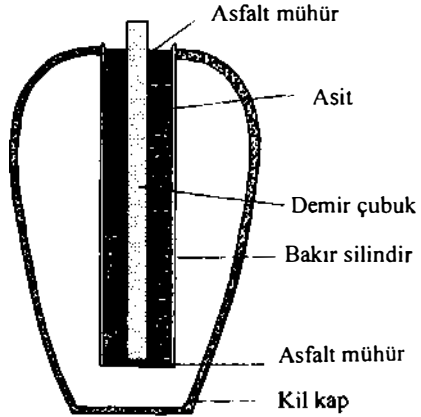
ŞEKİL 71. 19. yüzyılda Volta bataryaları yardımıyla oluşturulan elektrikli ark lambası ile bir pazaryerinin gece aydınlatmasını sergileyen bakır kazıma resim.

[F. Luckenbacher, Das neue Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien (Buluşlar, Meslekler ve Sanayilerin Yeni Kitabı), Leipzig / Berlin, 1885].^{75,79}

“Bağdat Pili”

Eğer 2003 Irak Savaşı'ndaki tahrip ve talandan geriye kalmışsa, Bağdat'taki Irak Müzesi koleksiyonunda, bilim tarihçilerinin son derece ilgisini çeken küçük bir kil kap korunmaktadır. 1936 Haziran'ında Bağdat yakınındaki Kuyut-Rabu bölgesinde yeni bir demiryolu inşasında lāğım döşemekle görevlendirilen iki Alman mühendis, Partlar döneminden (İÖ 248-İS 224) bir yerleşimin kalıntılarına rastlamıştır. Kazı yerinde bulunan bir dizi malzeme arasında, kendine özgü bir dolgusu ile birlikte sözü edilen, uçlarından asfalt mühürle kapatılmış olan bir demir çubuğu saran bakır boru ve birkaç asfalt kırıntısını içeren çömlek kap da yer almaktaydı (ŞEKİL 72).⁷⁰

ŞEKİL 72. “Bağdat pili”nin temsili resmi: Yaklaşık 18 cm boyundaki terakota / çömlek kap, üstten ve alttan asfalt mühürle kapatılmış bakır boru, onun içinde ise demir tel içermektedir. Bakır boru ile demir tel, asfalt tıkaçla birbirinden yalıtılmıştır. Bakır borunun içine temas sıvısı olarak bir elektrolitik çözeltisi (örneğin limon suyu, üzüm suyu, şarap ya da sirke) doldurulacak olursa, demir tel ile bakır boru arasında bir elektrik gerilimi doğar ve dışarı akım verebilir.⁷⁰



Londra Bilim Müzesi'nden fizikçi Walter Winton, bu kabı incelemiş ve ağırlıklı olarak şu sonuç ortaya çıkmıştır: “Bakır boru içine herhangi bir asit doldurulacak olursa –tek başına sirke de olabilir- elektrik gerilimi üreten ve elektrik akımı veren bir hücre ele geçer. Böyle çok sayıda hücre birbirine bağlanacak olursa, örneğin bir zili çalabilecek, bir ampulü yakabilecek ya da küçük bir elektrik motorunu çalıştırabilecek şekilde yeterli akım üretebilen bir batarya elde edilir”. Eğer bu batarya varsayımı ger-

çek kabul edilirse, doğal olarak 2000 yıl kadar önce insanların bu bataryalarla ne yaptıkları sorusu ortaya çıkar. Bu soruya en ilginç yanıt, Irak Müzesi Araştırma Laboratuvarı müdürü, arkeolog Wilhelm König tarafından verilmiştir. König, “Bağdat pili”ni, 1938’de ilk olarak inceleyen kişidir. Vardığı sonuca göre, çok sayıda böyle hücreden oluşacak akımın, metalleri galvanizlemeye (soy metalle kaplama) yeterli olacağı şeklindedir. Bu pilin taklitlerini yapan uzmanlar, “Bağdat pilleri”nin 0,8-2,0 Volt’luk bir elektrik akımı üretebileceğini, pil içinde elektriği ileten sıvı (elektrolit) olarak üzüm suyunun kullanılmış olacağını ve bununla da çeşitli değersiz metal eşya yüzeylerinin altın ve gümüş gibi soy metallerle kaplanabileceğini (galvanizleme) belirtmişlerdir. Eski çağ’ın Iraklı zanaatkarları, pek çok uygarlıkta benzerlerine rastlandığı gibi, teknik bilgileri sır olarak saklamaya özen göstermekteydiler. Babil’in renkli cam üretim reçetelerinin yer aldığı kil tabletler de, anlaşılmaz bir dille kaleme alınmıştır. Galvanizleme konusundaki sır da, böyle bir gizlilik içinde saklı tutulmuş olabilir. Irak’ta hâlâ böyle yüzlerce kazı alanı ve müzelerde çevrilmemiş binlerce kil tablet bulunmaktadır. Gelecekte yapılabilecek arkeolojik araştırmaların (eğer ABD işgal ettiği bu topraklarda buna izin verirse!), bu konuya açıklık getireceği umulmaktadır.⁷⁰

Bu aletle ilgili başka açıklamalar, bunun Mezopotamya’lı din adamı ya da şifacılar tarafından kullanılan ve üretilen elektriğin demir çubuk aracılığıyla hastaya dokundurularak hastanın çarpılması suretiyle elektriksel uyuşukluk sağladığı bir elektro-akupunktur aleti olduğu, dinsel tören amaçlı bir alet olduğu ya da eğlence amaçlı elektrik çarpması uygulamasına yönelik bir alet olduğu şeklindedir.

“Discovery Channel”ın “MythBusters” adlı programında, “Bağdat pili”nin elektro-kaplama ya da elektro-uyartım için Iraklılar tarafından kullanımının akla yatkın olduğu belirlenmişse de böyle yorumlar henüz tam bir kesinlik kazanmamıştır. “MythBusters” programının 23 Mart 2005 tarihli 29. bölümünde “Bağdat pili”, kazılarda belirlenen maddelerden (terakota, bakır, demir ve limon suyu) yeniden yapılandırılarak teste tâbi tutulduğunda 4 Volt’luk elektrik akımı üretilmiştir.

Elektrik ve Kimya

Alman fizikçi Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), 1802 yılında her biri 30 cm² yüzeyli 600'er adet bakır ve çinko levhadan oluşan bir Volta pili yaptı. Bununla 700 Volt'luk bir gerilime ulaşırsa da elektrolit olarak nemli kâğıt dilimleri kullandığından, yüksek iç direnç nedeniyle akım şiddeti düşük kaldı. Bir süre sonra da, akümülatörün öncüsü sayılabilecek, elektrikle yüklenebilecek bir pil düzeneği geliştirdi.

Kimyasal maddelerin elektrik aracılığıyla parçalanmasının (elektroliz) kuramı, 1806'da Theodor von Grotthuss (1785-1822) ve İngiliz bilim adamı Humphry Davy (1778-1829) tarafından ortaya konmuştur. Davy, okutman olarak atandığı Londra'da Krallık Enstitüsü'nün ("*Royal Institution*") kimya bölümünde tuz çözeltileri ve katı bileşiklerin benzer elektrolizleri üzerine bir dizi araştırmalara başladı. 1807'de kostik alkaliyi elektroliz ederek alkali metalleri (erimiş odun külünden potasyumu, erimiş sodadan sodyumu) ve daha sonra da toprak alkali metalleri (kalsiyum, magnezyum, baryum, stronsiyum, seryum ve bor) elde etti ve bunların tümü de yeni elementlerdi.

Bu amaçla bir platin kaşık içinde potas'ı (K₂CO₃) eritmiş ve platin kaşığı, güçlü bir bataryanın pozitif ucuna, potas erintisini de negatif ucuna bağlamıştır. Akım teli ile erintinin birbirine değdiği noktada hemence bir alev sütunu oluşmuş ve Davy, burada yanabilir bir maddenin olduğu sonucuna varmıştır. Bu, potasyum elementi idi. Bu çalışmalarının gösterisini, 1819 yılında Londra'da Krallık Enstitüsü'nde ("*Royal Institution*") sergiledi. Kullandığı güç kaynağı, her biri 100 cm² yüzeyli porselen kalıplar içinde onar adet metal levha çiftinden oluşan toplam 2000 adet bakır-çinko levha çifti şeklindeki Volta pillerinden oluşan bir batarya idi ve izleyicilerin parasal katkılarıyla oluşturulmuştu. Ark oluşturmada odun kömüründen elektrotlar kullanılmıştı. Oluşan ışık, "güneşinkine benzer yeğnlikte" diye nitelenmişti. Böylece elektrokimya dalında büyük adımların atılabilmesi, sürekli elektrik akımı üretebilen bir kaynağın varlığı ile gerçekleş-

meye başlamış oldu.^{7,75,79} Napoléon 1808'de elektrokimyasal keşifleri için Davy'ye Fransa Enstitüsü'nün ("*Institute de France*") "Bonaparte Ödülü"nü verdi. Bunu almak için, yanında genç asistanı ve yardımcısı Michael Faraday olduğu halde Paris'e gitmekten çekinmeyen Davy, ülkesi savaş halinde olduğu gerekçesiyle davranışına karşı çıkanlara aldırış etmeyerek ödülünü aldı.

Elektroliz yasaları tüm zamanların en büyük deneysel fizikçisi olan Michael Faraday (1791-1867) tarafından 1833 yılında bulunmuş ve 1834'teki bir yayınıyla ortaya konmuştur. Taşınabilir ve kullanışlı ilk galvanik pil ("Daniell pili"), 1836'da İngiliz John Frederic Daniell (1790-1845) tarafından geliştirilmiştir. Bu, seyreltik sülfürik asit içine batırılmış çinko çubuk ve onun etrafında yer alan bir bakır silindir içindeki bakır sülfat çözeltisinden ibaretti. Burada teknik açıdan belirleyici olan nokta, çinko çubuğu ve sülfürik asiti içinde bulunduran ve böylece iki farklı sıvının birbiriyle karışmasını önleyen bir öküz gırtlığının, yarı-geçirgen zar (membran) olarak kullanılması idi. Bunun içinde çinko tozu ve sülfürik asit çözeltisi bulunuyordu. Elektrik akımı çekildiği sürece çinko çubuktaki çinko atomları çözeltiye iyon halinde geçiyor ve karşı uçta ise bakır sülfat çözeltisinden ayrılan bakır iyonları bakır silindir üzerinde metalik bakır haline geçerek birikiyordu ("iyon" terimi, "+" ya da "-" elektrikle yüklü atom ya da atom gruplarına verilen ad olup özelde "+" yük taşıyan iyonlara katyon, "-" yük taşıyanlara ise anyon denir). Yarı-geçirgen gözenekli bölme olarak daha sonraları sırsız çömlek kullanılmıştır.⁷⁵ Yüksek iç-direnci nedeniyle sınırlı bir akım veren ve 1,1 Volt'luk potansiyele sahip olan Daniell pili, 1870'lere dek referans (karşılaştırma) standardı olarak kullanılmıştır. Fransız Georges Leclanché (1839-1882) ise 1866'da dayanıklı, ucuz ve fazla korosif (elektrokimyasal yolla metalleri aşındırıcı) olmayan elektrolit içerikli pilinin ön-tipini üretmiştir. "Yaş pil" niteliğindeki bu pilin bileşiminde karbon katot, çinko anot, amonyum klorür (nışadır) çözeltisinden ibaret bir elektrolit ile pozitif elektrot çevresinde kutuplanmayı önleyici bileşen olarak mangan dioksit kullanılmaktaydı.⁶⁹ Otomobillerde yaygın kullanım alanı bulan

yeniden şarj edilebilir kurşun-asit pilleri (akü) 1859'da Fransız Gaston Raymond Planté (1834-1889) tarafından bulunmuştur. Uzun ömürlü ve “kuru / akmayan” pillerin klasik örneği olarak nikel-kadmiyum (Ni-Cd) pili ise 1899'da icat edilmiştir. Nikel-kadmiyum pilleri 1,2 Volt'luk şarj edilebilir küçük piller olarak popülerlik kazanmıştı. Ancak günümüzde 1,5 Volt'luk “nikel-metal hidrit” (Ni-Mh) pilleri daha da popüler olmuş olup kamehalarda, mobil telefonlarda vb. yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yakıt pili 1839'da İngiltere'de Sir William Robert Grove (1811-1896) tarafından icat edilmiş ve ilk başta “gaz halindeki batarya” diye adlandırılmıştır. Bunlarda klasik katı pillerden farklı olarak elektrotlar tükenmez ve elektron verici kimyasal maddeler olarak dışarıdan sürekli olarak beslenen gaz bileşenler kullanılır. Yakıt pilinin öncülerinden olan İngiliz Francis Thomas Bacon (1904-1992), 1959 yılında hidrojen-oksijen yakıt pilinden sağladığı 6 kW'lık (8 BG) bir güçle küçük bir kamyonu çalıştırmış, aynı sistem 1969 yılında Apollo uzay aracının ay yüzeyine inmesi sırasında da kullanılmış ve astronotların içme suyu gereksinimi de pil tepkimesinin ürünü olan sudan karşılanmıştır. Geleceğin enerji kaynağı olarak da nitelenen hidrojen-oksijen yakıt pili, ürün olarak çevreye zararlı olmayan su verdiğinden, çevre açısından da dikkatleri üzerine çekmektedir.

Daha sonraları çözeltilere ilişkin araştırmalar sürüp gitmiş, ayrışma gerilimleri ölçülmüş, elektrotitrasyon (potansiyometrik titrasyon) yöntemleri geliştirilerek iyonlar nicel olarak belirlenir hale gelmiştir. Böylece sonunda modern elektrokimya, şu önemli sanayi dallarında uygulanmaya başlamıştır: Alüminyum üretimi; yemek tuzundan klor gazı ve sodyum hidroksitin elektroliz yoluyla üretimi (klor-alkali sanayii); kloratların, pekloratların ve hidrojen peroksitin üretimi; bakırın elektrolitik saflaştırılması.⁷

Werner von Siemens (1816-1892) tarafından dinamo makinesinin bulunması sonucu elektrik üretiminin yaygınlaşması, elektro-kimyasal yöntemlerin uygulanmasında yaygınlık sağlamıştır. 1830'lardan sonra elektrik ilkin haberleşmede, sonra da “galvanoplasti”de (elektrikle metal kaplamacılığı), aydınlatmada

ve mekanik enerji elde edilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Elektriğin ve katalizörlerin kimyasal üretimde kullanılması, kimya sanayiinde önemli bir gelişme yaratmıştır. 1886'da boksitin (alüminyum oksit minerali) elektrolizinden alüminyum, 1915'de ise benzer yolla magnezyum üretilmiş ve bunun sonucu olarak da uçak sanayii gelişmiştir.⁷

Öte yandan elektriğin matematiksel kuramı Henry Cavendish (1731-1810), Siméon Denis Poisson (1781-1840) (elektrostatikğin potansiyel kuramı, 1811), Leonhard Euler (1707-1783) (impuls-momentum teoremi, kirişin eğilme kuramı), Joseph Louis Lagrange (1736-1813) (hareket denklemleri), Pierre Simon Laplace (1749-1827), Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), George Green (1793-1841), Carl Friedrich Gauss (1777-1855), André-Marie Ampère, Jean-Baptiste Biot (1774-1862) ve Felix Savart (1791-1841), Georg Simon Ohm (1789-1854) (Ohm yasası, 1826) gibi bilim adamları tarafından geliştirilmiştir. Joseph John Thomson tarafından keşfedilen katot ışınları parçacıklarına, 1891'de Georg Johnstone Stoney'in (1826-1911) önerisi ile "elektron" adı verilmiştir.⁷⁵

Elektrik konusunda diğer ilginç satır başları şöyle sıralanabilir.⁷⁵

1842: Elektriğin ısıca eşdeğerinin James Prescott Joule (1818-1889) tarafından deneysel yolla belirlenmesi (1 cal = 4,18 Joule),

1845: Manyetizma ile ışık arasındaki ilişki: Faraday etkisi,

1846: Atomik temeller üzerine Wilhelm Eduard Weber'in (1804-1891) toplam elektrik (elektrodinamik) kuramı,

1853 sonrası: Elektroliz sırasında iyonların farklı göç hızlarının olduğunun Johann Wilhelm Hittorf (1824-1914) tarafından kanıtlanması,

1862 sonrası: Atom karşıtı temeller üzerine, hidrodinamiğe benzetilerek James Clerk Maxwell tarafından toplam elektrik (elektrodinamik) kuramı,

1869: Katot ışınlarının keşfi,

1882: Halkın kullanımı için dünyanın ilk elektrik santralinin

Thomas Alva Edison'un (1847-1931) firması tarafından New York'ta devreye sokularak Manhattan'daki 59 hanenin aydınlanma gereksiniminin 110 Volt'luk doğru akım ile karşılanması,

1887: Svante Arrhenius'un (1859-1927), seyreltik elektrolit çözeltilerinde, moleküllerin kendiliklerinden iyonlarına ayrışması,

1904/1905: Metalik iletkenin ilk elektron kuramı için önceki düşüncelerin Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) tarafından özetlenmesi,

1909: Birim elektrik yükünün (e), Robert Millikan (1868-1953) tarafından kesin olarak ölçülmesi.

Sırp kökenli Hırvatistan doğumlu Amerikan vatandaşı Nikola Tesla (1856-1943), Graz Bilim Akademisi'nde fizik, mekanik ve matematik okumuş, 1884'te ABD'ye göç etmiş ve bir süre Edison'un yanında çalışmıştır. Edison firması adına Niagara Şelaleleri üzerinde ilk hidroelektrik santral projesini hazırlayarak enerjisini Buffalo kentine taşımış, otomobillerde kullanılan ilk takometreyi icat etmiş, bir anlamda bedava enerji sayılabilecek ve yeryüzü çevresindeki iyonosfer ve "esir" tabakalarından elde edilebilecek enerji ile bütün dünyaya kablolu yayın ile telefon ve telgraf hizmeti verecek olan sistemi kurmuştur. İlk alternatif akım motoru 1888'de Tesla tarafından icat edilmiş ve Amerika'da Westinghouse firması tarafından imal edilerek piyasaya sürülmüştür. Bunu izleyen yıllarda, Edison'un doğru akımı (İng. "*direct current, DC*") ile Tesla'nın alternatif akımı (İng. "*alternative current, AC*") arasında "Akımlar Savaşı" diye nitelenen kıyasıya bir rekabet yaşanmış, ancak sonunda üretim ve güç dağıtımı açısından daha üstün özelliklere sahip olan "*AC*", "*DC*"nin yerine geçmiştir. Edison'un çalışmaları telgraf ve onun geliştirilmesi yönünde sürüp giderken Tesla'nın çalışması indüksiyon motorları ve çok-evreli elektrik sistemleri üzerinde etkili olmuştur. İtalyan fizikçi Guglielmo Marchese Marconi'nin (1874-1937) icat ettiği söylenen radyoyu da ondan on yıl önce Tesla tescil ettirerek patentini almıştır. Tesla 1912 yılında kendisine önerilen

Nobel fizik ödülünü reddetmiştir. Birinci Dünya Savaşı sırasında Alman denizaltılarının yerini saptamak için radar dalgalarının kullanımını bulmuşsa da uygulamaya konmamıştır. Tesla'nın 1930'da, 200 km ötedeki bir uçağı düşürebilecek elektromanyetik ışın gönderen bir top da icat ettiği söylenir. Buluşları ve öngörülerıyla elektronik ve iletişim alanında günümüzü şekillendiren, elektriği kitleselleştiren, alternatif akım, floresan ampul, televizyon, faks, cep telefonu, internet ve kablosuz enerji aktarımı gibi konularda modern araçların temel ilkelerini çok önceden ortaya atan, pek çok sayıda elektrikli ve elektronik alet geliştiren ve bu konularda çok sayıda patent almış olan en büyük mucitlerden biri idiye de yokluk içinde ölmüş, değeri çok sonraları anlaşılabilmiştir. Manyetik alan gücü birimlerinden biri, onun adını taşır.⁸⁷

Elektrik ve Manyetizma ile “Tedavi”

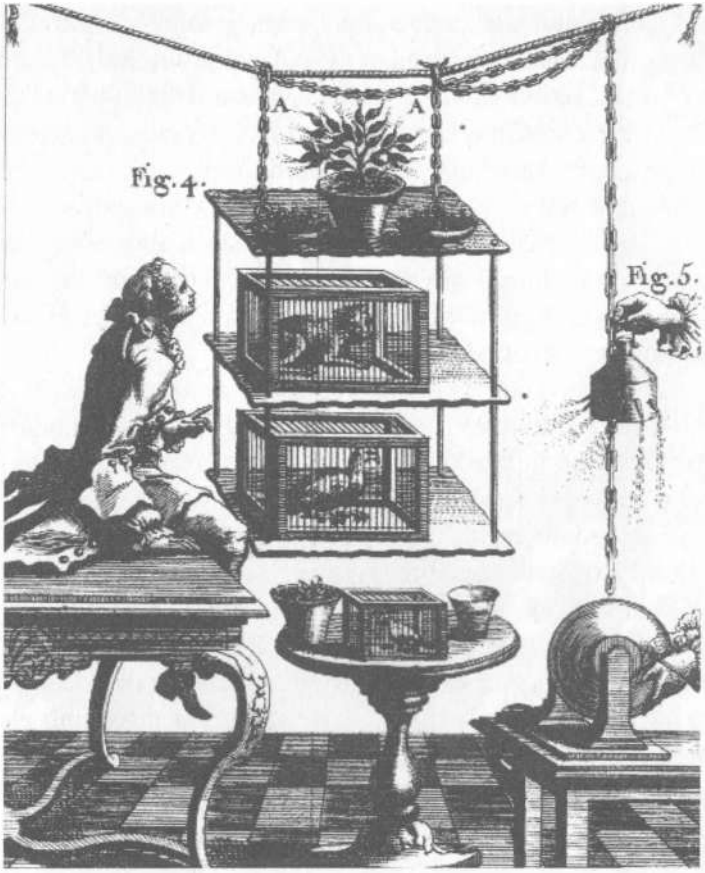
Elektrik gücü ve manyetizmanın esrarlı gücünün organizma üzerinde etkileri olacağı beklentisiyle deneysel olarak birçok tedavi yöntemleri geliştirilmeye çalışılmış, hatta bu konuda insan bedeni hayli zorlanmıştır. William Gilbert, elektrik görüngülerinin taşıyıcısı olarak “*fluidum*” diye adlandırdığı “elektrikli sıvı” ya da “elektrikli akışkan” diye ifade edilen bir ortamı postüle ederken Benjamin Franklin, “elektrikli madde”den söz etmiştir. Toz halinde mıknatıstaşının da yer aldığı çeşitli karışım reçeteleri gündeme gelmiştir.⁵⁶

1745 yılında Almanya'nın Halle kentinde Christian Gottlieb Kratzenstein'in (1723-1795) *Abhandlung von dem Nutzen der Electricität in der Arzneywissenschaft* (İlaç Biliminde Elektrikten Yararlanma Üzerine İnceleme) adlı eseri yayımlanmıştır. Kratzenstein, kendi üzerinde yaptığı bir denemede, başlangıçta 80 olan nabzının, elektrikleme sonucu dakikada 96'ya çıktığını bulmuş, melankolik (içine kapanık) kişilerde flegmatik (öfkeli) karaktere oranla daha belirgin bir şekilde nabız yükselmesini gözlemlediğini belirtmiştir.⁵⁶

Franklin'in öğretisine göre, çevreden yalıtılmış bir hasta, bir elektrikleme makinesine bağlanarak ona "elektrik akışkanı" sevk edilirse, bu, hastanın bedeninin içinde toplanmayıp onu çevreleyen bir atmosfer gibi kuşatırdı. Böylece, bir banyo küvetinde bulunan su gibi bir rol oynardı. Bu nedenle bu tür bir tedavi, "elektrik banyosu" diye adlandırılmıştır ve elektrik banyosunun kan dolaşımını artırdığı, kanı seyrelttiği, zararlı özsu ve buharları bedenden def ettiği söylenmekteydi. Başka bir uygulamada, hastayı sürtmeli elektrik makinesine bağlayarak negatif elektrikle yüklemenin, böbrek ağrılarına ve doğum sancılarına karşı yardımcı olacağı söyleniyordu.⁵⁶

Petrus van Musschenbroek, ilk olarak "*Torpedo*" balığının çarpmasının Leyden şişesinin etkisine benzediğini ifade etmiştir. John Walsh ve John Hunter (1728-1783), elektrikli yılanbalığı ya da torpil balığının elektrik organını incelemiş, bu balıklardan kaynaklanan elektriksel çarpma etkisi konusunda bir elektriksel iletkenin varlığını saptamışlardır. Öte yandan elektriğin fizyolojik etkilerini kavrama yönünde 1750 yılı dolayında Johann Georg Sulzer tarafından çeşitli metallerin dil üzerindeki fizyolojik etkisinin incelenmiş olduğu gün ışığına çıkarılmıştır.⁸⁴

Elektriğin tıbbi kullanımının yanı sıra onu bitkilerin büyümesini de etkileyebileceğine inanılıyordu. 18. yüzyıl ortalarında çok sayıda doğa araştırmacısı, bu konuda uzun süre boyunca deney yaptılar. Parisli fizikçi Nollet, elektriklenmiş suyun elektriklenmemiş suya oranla kılcal borular içinden daha hızlı aktığını bulmuş ve tüm insan organizmasını saç kalınlığında kılcal borulardan oluşma bir yığın olarak gördüğünden, ince kan damarlarında kanın akışını sağlamak için, özellikle felçli hastaların elektrikle tedavi edilmesi gerektiğini öne sürmüştür.⁵⁶ Osmoz (geçişme) olayı, yani yalnızca çözücü moleküllerini geçiren bir yarı-geçirgen zar (membran) aracılığıyla bir çözeltiden bileşenlerin ayrılması da, Nollet tarafından 1748 yılında keşfedilmiştir. Nollet 1749 yılında, elektriklenmenin canlı hayvan ve bitkilerin büyümesi üzerine olası etkilerine yönelik deneylerinin sonucunu yayımlamıştır (ŞEKİL 73). Prokop Divisch (Procopius Diviss) (1696-1765) geniş zaman aralığında periyodik olarak bir elektrik makinesi ile uyarıcı elektrik sevk edilmesinin, bir test bitkisinin gelişimini etkilediğini bildirmiştir.⁷⁷



ŞEKİL 73. Nollet'nin bitki ve hayvanların elektriklenmesi üzerine deneyleri: Bir elektrostatik jeneratörün döner küresine değen bir zincir, birbirine bağlı üç rafı elektriklelemektedir. Nollet, deneylerinden birinde iki kap içine hardal tohumları ekmış, bunlardan birini sekiz gün boyunca bu yolla elektriklemiştir; verdiği rapora göre “elektriklenmiş tohumların tümü bu süre sonunda filiz vermiş ve saplar 30 mm kadar uzamış” iken, “elektriklenmemiş bitkilerden yalnızca iki ya da üçü, toprağın üzerine çıkarak görünebilmiş” ve çok daha kısa saplara sahip olmuşlardır. Ayrıca, elektriklenmiş bir kedinin, elektriklenmemiş olandan azıcık daha fazla ağırlık kaybına uğradığını gözlemiş, ancak bunun, onların “huy (karakter) farklılığından” kaynaklanmış olabileceğini düşünmüştür. Nollet, elektriğin olası tıbbî ya da iyileştirici etkilerini de test etmiş ve bunun olmadığı sonucuna varmıştır. Resimde sağ taraftaki teneke kutunun deliklerinden aşağı damlayan sular bir tarafta yatay jet yapırlarken diğer tarafta düşey doğrultuda akmaktadır; bu durum, “elektrikleme küresinin küresel etkinlik alanının” bağlı konumu ile ilgilidir [J. A. Nollet, *Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques (Elektrik Görüngülerinin Özel Nedenleri Üzerine Araştırmalar)* (1749)].^{26,88}

Elektrik akışkanı, tedavi edici etkilere sahip olabilirdi. Bir elektrik makinesinden sağlanan ya da Leyden şişesinde biriktirilen elektrik, tedavi amacıyla kullanılabilirdi. Hastanın bedenindeki “elektrik ateşi”nin fazlalık ya da noksanlığından kaynaklandığı düşünülen hastalıklar, farklı elektrik reçetelerine dayalı yeni bir “elektrik tıbbı” sistemi oluşturabilirdi. “Nöroelektrik” kuramının destekleyicilerine göre elektrik akışkanı sinirler boyunca yayılmış olup sinirsel duyumları ve kas dokularının hareketini sağlamaktaydı. Buna göre elektrik, “hayvansal ruhlar / canlı ruhlar” için yer değiştirme olanağı sağlıyordu.

18. yüzyıl Fransız, İngiliz ve Alman akademilerindeki hekimler, “elektrik kuvveti” yardımıyla bir hastanın bedeninde var olduğunu düşündükleri çeşitli sanal akışkanların dolaşımının dışarıdan etkilenebileceğine inanıyorlardı. Bu bağlamda da temelde üç tür tedavi uygulanıyordu: Birincisinde, pozitif elektriksel atmosferin organik cisimlerin gelişmesini besleyeceği düşüncesine dayandırılarak “elektrik banyosu” uygulaması düşünülüyordu. Özellikle kısırlıktan endişe edilen kadınlarda bu yöntem uygulanmıştır. İkinci tür tedavinin uygulanmasında, ilgili kişi yalıtkan bir zemin üzerinde duran ve bir zincir aracılığıyla bir elektrik makinesine bağlanmış olan bir tedavi sandalyesine oturtulmakta ve bir destek üzerine bağlanmış ve topraklanmış bir metal çubukla, hastanın bedenindeki hasta kısma dokunulmaktaydı. Burada kapalı bir “akım devresi” (elektrik makinesi – insan – zemin) oluşmakta ve elektrik akışkanı, istenen beden kısımları üzerinden akıtılabilmekteydi. Bu yolla öncelikle sara (epilepsi) gibi sinir hastalıklarını, ayrıca da âdet görme rahatsızlıklarını tedavi etmek denenmiştir. Üçüncü yöntem ise hastalar için kuşkusuz en ağrı vereni olarak, “elektrik güçlendirme şişesi”nin (Leyden şişesi) uygulanması idi. Bunun yardımıyla hastaların bedeninde yapay olarak üretilen elektrik şoklarıyla çok çeşitli hastalıkların tedavisi denenmiştir. Örneğin paralitik (inmeli) hastaların sinir sistemlerindeki ağır bloklanmaların böyle güçlü çarpmalarla çözülebileceğine inanılıyordu. Elektriğin pek çok hastalığın şifası olarak kullanımı, çoğu hastanın umut kapısı olmuştu (ŞEKİL 74).⁷⁷



ŞEKİL 74. Hastaların umut dayanağı olarak elektrik: Bir elektrikleme makinesinin dönme mili üzerine bağlanmış ve bir ışın çelengi ile çevrelenmiş cam küre, elektrigin gücünü simgelemektedir. Sağdaki kişi, elektrigin tedavi ediciliği söylentilerine karşı kuşkuyla bir tutum içinde görünmektedir (18. yüzyıl ikinci yarısı).⁷⁷

Cenevre’li hekim Jean Jallabert (1712-1768), 1747 yılında kaza sonucu balyoz darbesi ile on dört yıldır belden aşağısı tutmayan bir adamı, bir Leyden şişesi aracılığıyla verilen elektrik şoku yardımıyla üç aylık bir süre içinde tedavi etmiş, böyle istem dışı kas kasılması denemelerini kendi sağlam kolunda da denemiştir. Leyden şişesinin icat edildikten sonra onun elektrik şoku, Akdeniz’in “*Torpedo*” balığı ve vatozunun ve tropik bölgelerin elektrikli yılanbalığınıniki ile karşılaştırılmış ve İngiliz John Walsh, 1772 yılında tüm bu durumlarda bir elektriksel boşalmanın söz konusu olduğunu kanıtlamıştır.⁵⁶

1776 yılında Fransa’da Krallık Tıp Akademisi’nde J. C. P. Mau-duyt, elektroterapi araştırmalarının başına getirilmiş, çok özenli bir şekilde, meteorolojik verilerle özel hastalıklar arasında arasındaki bağılaşımları (korelasyon) saptamaya çalışmıştır. Alman hekim Franz Anton Mesmer (1734-1815) 1772 yılında Viyana’da hastaları üzerinde mıknaatılarla tedavi uygulamaya başlamış ve manyetik tedavi uygulamasını 1778’den itibaren Paris’te sürdürmüştür. “Hayvansal manyetizma” konulu tartışmalar, pratisyen hekimlerin bilimsel açıklamalarında kesin olmayan ifadeler halinde yer alıyordu. Mesmer’in manyetik tedavileri, elektroterapiye karşıt olarak bilimsel açıdan kabul edilebilir bir kuramla desteklenemiyordu (ŞEKİL 75).⁷⁷ ŞEKİL 76’daki resim ve ŞEKİL 77’deki karikatür, Mesmer tarafından geliştirilen ve mesmerizm diye adlandırılan tedavi konusunu işlemektedir. Bu amaçla manyetikleştirilmiş sıvılar kullanan Mesmer, “hayvansal manyetizma” kavramını da ortaya atmıştır. Çoğu çağdaşı tarafından alaya alınan Mesmer, sağlıklı kişilerdeki manyetik enerjinin, içi kum, cam kırıkları, demir parçaları, kükürt ve seyreltik sülfürik asitle dolu olan ve “baket” (Fra. “*baquet*”) diye adlandırılan yaklaşık 2 metre çapında masa şeklindeki bir ahşap fıçının çevresine donatılmış eğri demir çubuklar yardımıyla çekip alılabileceğini ve daha sonra bu enerjinin başka kişilerdeki çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılabileceğini açıklamıştır. Buradaki ahşap fıçı ısıtılmakta ve hastalar, teknenin demir kapağının çeşitli yerlerine yerleştirilmiş demir çubuklara hasta organlarını dayayarak tedavi ummaktaydı.⁸⁵ Viyana’da şarlatanlık ve büyücülükle suçlanan



Le Magnétisme dévoilé

ŞEKİL 75. Fransa'da mesmerizmin çağdaş bir karikatürü olarak "Esrar Perdesi Kaldırılmış Manyetizmacılık": Solda, aydınlanmacı Fransızların sözcüsü olarak Benjamin Franklin, krallık uzmanlık komisyonunun, haçın şeytanı def etmesine benzer şekilde mesmerizmin def edileceği yönündeki kararını iletiyor ve Mesmeristler göğün çeşitli yönlerine doğru kaçıyorlar. Bizzat Mesmer'in kendisi eşek başlı ve kuyruklu bir insan şeklinde süpürgesine binmiş cadı suretinde resmedilmiştir (Paris, 1784).⁷⁷

Mesmer orayı terk ederek önce Münih'e, ardından Paris'e yerleşmiş, orada 1779 yılında *Mémoire sur la découverte du magnétisme animal* (Hayvansal Manyetizmanın Keşfi Üzerine Anılar) adlı kitabını yayımlamıştır. Manyetizmanın doğaüstü bir yönünün olmadığını, basit bir fizik olayı olduğunu savunan Mesmer, canlı bedeninde dolaşan evrensel bir sıvının varlığını kanıtlamaya çalışmıştır.⁸⁹



ŞEKİL 76. Mesmer'in, içi seyreltik sülfürik asit dolu olan ve çevresi demir çubuklarla donatılmış ahşap fişisi: Hastalar, demir çubuklara tutunarak "hayvansal manyetizma" ile iyileşmeyi beklemektedirler.⁴⁷

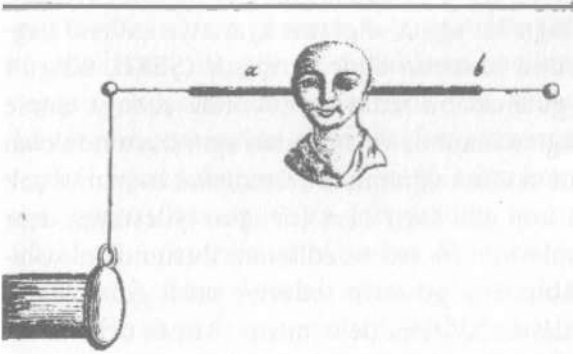


ŞEKİL 77. "Manyetik Dispanser": Karikatürde, manyetik tedaviye ilişkin oldukça acayip karakterler ve değişik sahneler de yer almaktadır (örneğin, sağ alt köşede bir köpek, Mesmer'in acayip tedavi yaklaşımına yönelik tedavi reçetelerinin üzerine işemektedir!) [İngiliz sanatçı Samuel Collings'in (18. yüzyıl ikinci yarısı) çizimine dayalı olarak Inigo Barlow tarafından hazırlanan bakır üzeri gravür, 1789].⁸⁵



ŞEKİL 78. Üstte: Diş ağrısına karşı elektrik. Başarının kuşuklu olduğu ve çok tehlikeli sonuçlar verebileceği, resimden de anlaşılmaktadır.

Altta: Sertleşmiş kulak kiri nedeniyle ağır işitmeye karşı elektrik tedavisi (Abbé Bertholan'ın çizimleri).⁵⁶

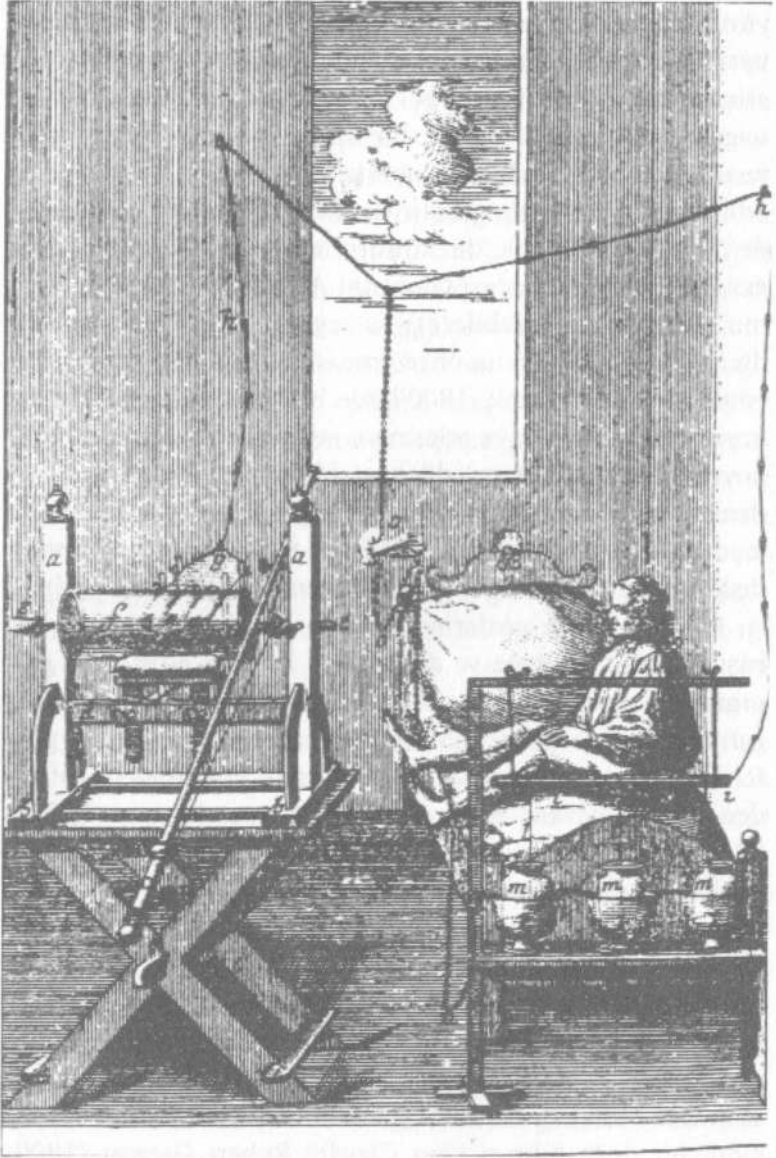


Alessandro Volta, bir gün bir Volta pilinden aldığı akımı kendi kulaklarına sevk etmiştir. Bir anda kafasının sarsıldığını, daha sonra gürültüye benzeyen, tanımlanması güç bir ses duyduğunu, beyin sarsıntısına yol açabileceğinden bunun uygun olmayan ve tehlikeli bir davranış olduğunu kabul etmiş ve bu denemeyi bir daha tekrarlamamıştır. O dönemlerde elektriğin diş ağrılarında (ŞEKİL 78), göz hastalıklarında ve körlük tedavisinde de kullanıldığına ilişkin bilgiler, bugün bile elem verici bir şekilde okunabilmektedir.⁵⁶

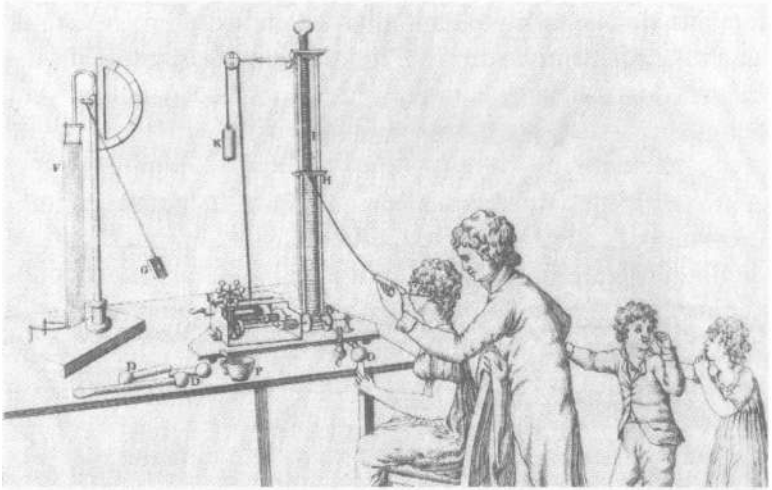
Sürtme elektrikleme gibi, “pil” şeklindeki bu yeni elektrik şekli de hekimler tarafından çeşitli hastalıkların tedavisi amacıyla kullanılmıştır (ŞEKİL 79). İlk olarak 1801 yılında Breslau’da profesör olan Grimm, Volta pilini bir askerî hastanede, gözleri kör olan bir acemi erin tedavisinde kullanmayı düşündü. Jever’li eczacı Justus Anton Sprenger ise aynı yılın Kasım ayı başında, Volta pili kullanılarak bir sağırda işitme gücü sağlandığı yolundaki gazete haberleri üzerine, doğuştan sağır bir çocuğun babasının, kendisinde bir Volta pili bulunduğunu öğrenmesi üzerine başvurarak, çocuğunun sağırılığının bu yolla tedavi edilip edilemeyeceği konusunda deneyler yapmasını istediğini belirtmesi üzerine galvanik tedavi uygulamıştır. Sprenger, 70 adet metal çiftinden oluşan pili önce kendi kulaklarında denemiş, elektrik şoku uyguladığında hiçbir ağrı duymaması ve zarar görmemesi üzerine bunu çocuğa da uygulamaya karar vermiştir. Bu amaçla pilin bir kutbunu hastanın sağır kulağına, diğerini uyarıcıya (şalter) bağlayarak telin ucunu hastanın eline vermiştir (ŞEKİL 80). 14 gün süre ile uygulanan bu tedavi sonucunda çocuğa işitme gücü kazandırdığına inanmış ve ardından aynı durumda olan pek çok hastanın akınına uğramıştır. Kendisine başvuran çok sayıda hastadan küp gibi sağır olan çocuğun iyileştiğini, ağır işitenlerden kimilerinin ise tedavi edilemez durumda olmalarından ya da sabırsızlık gösterip tedaviye artık gelmediklerinden ötürü iyileşmediklerini belirtmiştir. Ancak bekleneneği üzere, sonuç başarısız kalmıştır. Sağır, dilsiz, kör ve kötürümler, akın akın Volta pili ile tedaviye koşmuş ve kendilerini galvanizmin çetin denemesine bırakmışlardır. Hattâ yaşlı erkek ve kadınlar, akılsızca bir davranışla, galvanik uyarım aracılığıyla kurumuş sinir ve kas liflerine gençlik gücü aşılamayı bile ummuşlardır.^{72,78}

Galvanik pilin tıbbî tedavilerde kullanılabileceği yönünde büyük bir umut belirmiş, bu arada yeni idam edilmiş suçluların bedenleri üzerinde elektrik deneyleri de geniş çapta

yürütülmüştür. Galvani'nin, kurbağa bacağının elektriklerle uyarılması deneyi, benzer etkilenebilir başka tür deneyleri de esinletmiştir. Çeşitli yaşamsal kaslara orta güçte elektroşoklar uygulayarak görünürde ölü bir insan bedenini elektroşokla yeniden canlandırma olanağından ilk olarak 1778'de söz edilmiş olup zamanla geliştirilen bu uygulamalar günümüzde de başarılı bir şekilde sürdürülmektedir. Galvani'nin yeğeni ve çalışma arkadaşı Giovanni Aldini (1762-1834), beynin elektriklerle uyarılabileceği varsayımını test eden ilk kişidir. Bu bağlamda daha önce amcası Galvani'nin uyguladığı yöntemleri kullanarak, 1800'lerde başı bedeninden ayrılmış koyun, köpek, inek ve atların ve ardından da bir süre önce boynu vurularak idam edilen mahkûmların kafaları ve bedenleri üzerinde halk önünde yaptığı gösterilerde halkın ve medyanın ilgisini çekmiştir (ŞEKİL 81). Çenenin açılması, dişlerin çatırdaması, göz kapaklarının kırıştırtılarak açılması, yuvaları içinde gözlerin sağa sola çevrilmesi, suratın buruşturulması, dil, göz ve dudakların hareket ettirilmesi gibi organ tepkilerini ortaya çıkarmak için kafanın ve çeşitli organların dış yüzeyine elektriksel uyarımın uygulandığı gösteriler yapmış, bu amaçla da yüzü aşkın sayıda metal çiftinden oluşan devasa Volta pili dizileri hazırlamıştır (ŞEKİL 82). Beynin uyarımı için benzer deneyler yapmak istemişse de kalın kafatası kemiklerinin elektrik akımını bloklaması nedeniyle başarılı olamamıştır. Bu tür deneylerin beklenmedik sonuçlarından biri, 19. yüzyıl başlarında "Frankenstein" türü fantastik romanların kaleme alınması olmuş ve elektriksel uyarım yoluyla her tür hastalığın tedavi edilebileceğinden, hattâ ölünün bile canlandırılabilceği olanağından söz edilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda ünlü evrim kuramcısı ve ciddi bir doğa bilimci olan Charles Robert Darwin (1809-1882) bile, kronik mide rahatsızlığını şarlatan bir hekimin önerisi üzerine elektriksel şok veren bir kemer takmak suretiyle tedavi olmaya yanaşmıştır.^{90,91}



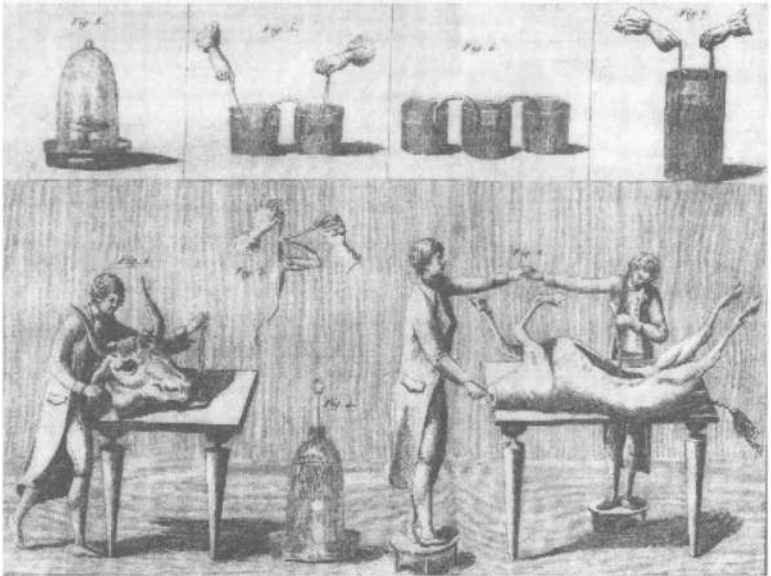
Medicina sine Medicamento



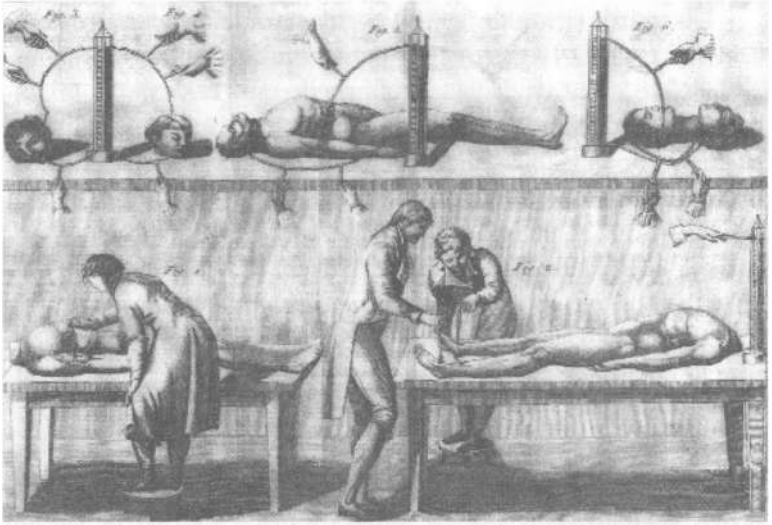
ŞEKİL 80. Bir Volta pilinden sağlanan elektrik akımıyla sağır bir kadının kulaklarına uygulanan tedavi sanatı ("ars voltacustica") (1802): Hekimler, elektrik akımı çarpmaları yoluyla çeşitli hastalıkların tedavi edilebileceğine inanıyorlardı. Buradaki alette, bir Volta pilinin akım darbesi, bir kadın hastanın sağır kulağına iletilmektedir [J. A. Sprenger, *Anwendungsart der Galvani-Voltaischen Metall-Electricität zur Abhelfung der Taubheit und Harthörigkeit (Sağırılık ve İşitme Güçlüğüne Çare Bulmada Galvanik-Voltaik Metal Elektriğinin Uygulanma Türü)*, in: *Annalen der Physik*, Vol. 11, 1802, Halle].^{72,78,79}

Merkezî sinir sistemine elektriksel uyarımın öncüsü olan İtalyan hekim ve anatomist Luigi Rolando (1773-1831), Volta pili yardımıyla uyarımın, beynin işlevlerinin keşfi için değerli bir araç olabileceğini kanıtlamıştır. Beyindeki farklı noktaların uyarılmasının farklı etkiler doğuracağı ise, ancak yeni uyarım tekniklerinin keşfedilmesinden sonra anlaşılabilmiştir. Bu yeni teknikler, elektromanyetizma konusundaki bilgiler temelinde geliştirilmiştir. İtalyan Carlo Mateucci (1811-1868), Alman Emil Heinrich Dubois-Reymond (1818-1896) ve Fransız Claude Bernard (1813-1878) gibi elektrofizyologlar, bu konudaki çalışmaları biçimlendirmişlerdir. Bu gelişmelere dayanarak nöroloji tarihçileri Luigi Galvani'yi nörofizyolojinin babası, Claude Bernard'ı deneysel fizyolojinin babası ve Dubois-Reymond'u deneysel elektrofizyolojinin babası sayarlar. Elektrik bataryası yardımıyla uyarım "galvanik yön-

tem” ya da “voltaik yöntem” diye adlandırılırken, manyetik alanları değiştirmek suretiyle elektrik akımı üretmeyi ilk inceleyen kişi Michael Faraday olduğu için sözü edilen yeni yöntemler, onun onuruna “faradik yöntem” diye adlandırılmıştır. İlginçtir ki, burada geçen “galvanik” nitelemi ilk kez, centilmenlik jesti olarak Galvani ile şiddetli çatışmaya giren Alessandro Volta tarafından kullanılmışken “voltaik” nitelemi de ilk kez, temelde Galvani yandaşı ve Volta karşıtı olan Giovanni Aldini tarafından ileri sürülmüştür.⁹⁰ Dubois-Reymond, sinirlerdeki elektrik akımını kaydetme olanağı veren bir aygıt yapmış, ayrıca da bedensel elektriği ölçmede kullanılmak üzere multiplikatörler, polarlanmayan elektrotlar gibi bir dizi gereç geliştirmiştir. Claude Bernard’ın öğrencilerinde Jacques Arsène d’Arsonval (1851-1940), 1895 yılında yüksek frekanslı elektrik akımıyla tedavi yöntemini (“darsonvalizasyon”) önermiştir.⁹²



ŞEKİL 81. Galvani ile özdeşleşen “hayvansal elektrik” konulu ilginç bir resim [G. Aldini, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme (Galvanizm Üzerine Kuramsal ve DeneySEL Deneme)* (1804)].⁹⁰



ŞEKİL 82. Giovanni Aldini'nin, "hayvansal elektrği" göstermek üzere başları kesilmiş hayvan ve insan baş ve bedenleri üzerinde yaptığı uzun deneyler dizisinden bir kesit olarak, Volta pili kullanarak kadvraların elektriksel uyarımı ile ilgili deneyleri (1802) [G. Aldini, Essai théorique et expérimental sur le galvanisme (Galvanizm Üzerine Kuramsal ve Deneyssel Deneme) (1804)].⁹⁰

Türkiye'de Elektrik

Mühendishane başhocalarından İshak Efendi (ölm. 1836), dört ciltlik *Mecmua-i Ulûm-i Riyaziye* (Matematiksel Bilimler Derlemesi) (1831-34) adlı eserinde elektrikten söz etmiş, *Mecmua-i Fünûn* dergisinde 1863'te yayımlanan "Kuvve-i Elektrikiyye" adlı bir makalede elektrik konusu işlenmiş, ilk elektrik dersi Salih Zeki Bey (1864-1921) tarafından verilmiş ve elektrik dersleri 1900'lü yıllarda Darülfünûn'da "Hikmet-i Tabiiye" (Genel Fizik) dersinin bir bölümü olarak işlenmiştir. Elektrik konulu ilk ders kitabı, yine Salih Zeki Bey tarafından *Hikmet-i Tabiiye-i Umumiyyeden Mebhas-i Elektrik* (Genel Fizik Konularından Elektrik) adıyla 1912'de yayınlanmıştır. Ancak ülkemizde ilk bağımsız elektrik dersinin eğitimini başlatan ve bu dersi veren bilim adamı, aynı zamanda Mühendis Mektebi'nin (devamı bugünkü İTÜ) ilk sivil müdürü olan Mehmed Refik (Fenmen) Bey (1882-1957) olmuştur.⁹³

Ülkemizde elektrikle ilgili ilk uygulamalar telgrafın girişiyle başlamış, ilk telgraf 19 Ağustos 1855'te İstanbul'dan Edirne'ye çekilmiş, 27 Eylül 1855'te Avrupa ile telgraf haberleşmesi başlamıştır. Telgrafın olmadığı dönemde Paris'le İstanbul arasında haberleşme bir aylık bir sürede yapılabilirken, bu süre trenle üç-dört güne, telgrafla ise birkaç dakikaya indirilmiştir.⁹⁴ Ancak 1876'da Alexander Graham Bell (1847-1922) tarafından bulunan telefonun Osmanlı'da yaygınlaşması güçlüklerle karşılaşmıştır. Sultan II. Abdülhamid (yön. 1876-1909), telefonu, "*gizli kapaklı işler görülmesine uygun bir icad*" diye nitelediğinden, kurulu telefon hatlarının çoğu padişahın emri ile kaldırılmıştır. Telefon yasağı 1908'den sonra kalkmış ve halkın pratik olarak telefon kullanımı 1914'de gerçekleşebilmiştir.⁹³

19. yüzyılda İstanbul'da toplumsal yaşama gazyağı / petrol kullanımı girmiş ve İstanbul'daki apartmanlarda kullanılan asansörler, Romanya'dan Odessa kanalıyla gelen gazyağı ile çalışan motorlarla işletilmeye başlanmıştır.⁹⁴

Dünya çapında elektrik gücünün sergilendiği önemli bir etkinlik, 1889 Paris Uluslararası Sergisi olmuştur. Elektrik ampulüne, Almanların "*Glühbirne*" ("kızgın armut") adını vermelerine benzer bir şekilde, Osmanlılar "elma / ışık elması" adını vermişlerdir.

Osmanlı'da tramvaylar, başlangıçta Avrupa'nın pek çok yerinde olduğu gibi atlı tramvay idi. Avrupa'da 1880'lerden itibaren elektrikli tramvaya geçilmiş, Osmanlı'da ise İstanbul'dan önce o sıralar Osmanlı kenti olan Şam'da ilk kez elektrikli tramvay gerçekleştirilmiştir. Ülkemize aydınlatma amaçlı ilk elektrik, 1913 yılında İstanbul'a gelmiş ve kent yaşamının modernleşmesi yönünde ciddi bir dönüşüme yol açmıştır. Ülkemizde geniş çapta ilk elektrik enerjisi üretimi, 14 Şubat 1914 yılında faaliyete geçen Silahtarağa Termik Santrali ile başlamış, İstanbul'da tramvay ulaşımı, aydınlatma ve telefon şebekesi için gerekli enerji, bu santralden sağlanmıştır.⁹⁴ Ülkemizde Cumhuriyet dönemindeki elektrik enerjisi üretimi, Karabük Demir-Çelik, Sümerbank ve Şeker Fabrikaları gibi devlet fabrikalarında üretilen elektrik enerjisinin, kendi çevrelerine verilmesi şeklinde gelişmiştir. Daha sonra belediyeler kendi kurdukları dizel jeneratörleri ile elektrik üreterek kente dağıtma yoluna gitmişlerdir. Yöresel santrallerden bölgesel santrallere geçiş, ilk kez 1949 yılında Çatalağzı Termik Santrali ile gerçekleşmiştir.⁹³

TERMODİNAMİĞİN VE SICAKLIK ÖLÇEN ALETLERİN GELİŞİMİ

Termodinamiğin Kısa Tarihi

Termodinamik bilimi, ısı ile iş ve öteki mekanik enerji türleri arasındaki ilişkileri inceler, Termodinamik adı, Yunanca “sıcak” anlamına gelen "*thermos*" ve “kuvvet / güç” anlamına gelen "*dynamis*" sözcüklerinden türemiştir.

Termodinamik bilimi, başlıca üç temel yasaya dayanır. Birinci ve İkinci Yasa 19. yüzyılın ikinci yarısında, Üçüncü Yasa ise 20. yüzyılda bulunmuştur.

17. yüzyıl bilimcileri ön planda, duyularıyla kavradıkları görüngüleri ölçme isteği duymuşlardır. Galileo Galilei (1564-1642) sıcaklık ölçümünü nicelemek üzere çalışmalar yapmış, “sıcak” ve “soğuk”u, nesnel açıdan deneyelemeye çalışmıştır. Havanın ısıtıldığında genleşmesi Helenistik çağda fark edilmiş ama uygulamada kullanılmamıştı. Galilei, hava genleşmeli bir termometre yaptıysa da tam bir gelişme sağlamamıştır. Cam üfleme tekniği geliştikçe dar kılcal boruların kullanılması, 1630'larda sıvı termometresinin gelişmesine yol açmıştır. İlk kullanılan sıvı, su idi ve alkollü termometrelere geçilene dek on yıl kadar süre geçmiştir. İdeal gaz yasasına dayalı gaz termometreleri ise 1700'lerde kullanılmaya başlanmıştır.⁹⁵

Enerjinin çeşitli biçimleri ısı, ışık, elektrik, magnetizma, kimyasal ve mekanik enerji-arasındaki ilişkilerin bilimi olan termodinamik, sürtme yoluyla mekanik olarak ısı üretimi ve buhar makinesi yardımıyla mekanik enerjinin ısı ("termal") yoldan üretilmesi çalışmalarından ortaya çıkmıştır. 17. ve 18. yüzyıl boyunca başta Francis Bacon, Robert Boyle, Robert Hooke ve Isaac Newton olmak üzere kimi doğa filozofları ısı-nın, cisimlerin küçük parçacıklarının mekanik hareketi olduğunu, bu hareketlerin hızının sıcaklıkla arttığını düşünmüşlerdir. Bir sonraki yüzyılda kimyanın gelişmesi ile ısı, "kalorik" diye adlandırılan ağırlıksız bir madde olarak görülmeye başlanmış ve bir katının erimesi ve bir sıvının buharlaşmasının "ısı maddesi" ile "katı / sıvı maddesi" arasındaki bir tür kimyasal tepkime olduğu düşünülmüştür.⁹⁶

Isı ile sıcaklık arasındaki ilişki 1800'lere değin iyice anlaşılmamıştır. Eski bilimsel yapıtlarda kimi zaman "sıcaklık" terimi yerine yanlış olarak "ısı" sözcüğü kullanılıyordu. Bu hatalı kullanım, kimi yerde hâlâ ülkemizde de sürüp gitmektedir.

Isının doğası üzerine Yunanlı filozoflarca geliştirilen iki kuram, modern çağlara dek birbiriyle çekişmiştir. Bu kuramlardan biri "kalorik kuramı" adıyla bilinir ve ısı-nın maddesel nitelikte olduğunu ileri sürer. Bu kurama göre her cismin içinde, "kalorik" adı verilen bir tür ağırlıksız akışkanın var olduğu, sıcaklığı yüksek olan bir cismin daha fazla nicelikte "kalorik" içerdiği kabul ediliyordu. Öteki kuram ise ısıyı, cismin alışılmış taneciklerinin hareketine bağlayan "mekanik kuram" (ya da "dinamik kuram") idi. Isı-nın maddeden maddeye akan ağırlıksız bir akışkan olduğu şeklinde, hekim ve kimyacı Hermann Boerhaave (1668-1738) tarafından ortaya konan "kalorik kuramı" 18. yüzyıl ortalarına dek geçerliliğini sürdürmüştür. İlk ısıölçerin (kalorimetre) Lavoisier ve Laplace tarafından yapılmasından sonra çeşitli maddelerin özgül ısıları ve gizli ısıları belirlenmiştir. Isı ile sıcaklığın ilk ayrımını, İskoç kimyacı Joseph Black (1728-1799) yapmıştır.⁹⁵

Isı ile öteki enerji biçimleri arasındaki ilişkiyi herhangi bir türden nicel ölçmeyle ilk veren kişi, Count Rumford (asıl adı Benjamin Thompson) (1753-1814) olmuştur. Amerika'da doğmuş ve yaşamının çoğunu Avrupa'da Kutsal Roma-Germen imparatorluğunda kont olarak Münih'te geçirmiş olan Rumford, Bavyera'daki top dökümhanesinde yaptığı deneylerde top namlularının beygir gücü yardımıyla matkapla delinmesi sırasında sürtünme sonucu açığa çıkan ısı niceliklerini ölçmüştür. Bu çalışmaları ile bir süredir gündemden çıkmış bulunan "ısının mekaniksel kuramı"nın yeniden canlandırılmasına önayak olarak, mekanik enerjinin, sınırlama olmaksızın ısı haline dönüştürülebileceğini deneyle gösterdi. Namludan sürtünme sonucu istenildiği kadar fazla niceliklerde ısı elde edilmesi, ısının maddesel doğada olduğunu öne süren kalorik kuramı ile bağdaşmıyordu. Böylece Rumford, kalorik kuramının çöküşünü başlatmış oluyordu. Kalorik kuramına göre, sürtme ile ısı üretimi, birbirine sürtünen iki cismin maddesi ile kimyasal birleşme ya da mekanik birleşme halindeki ısı maddesinin serbest bırakılması yüzündendi. Buna göre de ısı miktarı ve sürtünme niceliği birbiriyle orantılı olmalıydı. Münih'te 1798'de top namlusu delen Count Rumford, üretilen ısı ile delme derinliğinin az ya da çok birbiriyle ters orantılı olduğunu gözlemledi. Ucu kör matkaplar daha çok ısı oluşturuyor ve ucu keskin matkaplara oranla daha az delme sağlıyordu. Oysa bu durum kalorik kuramıyla çelişiyordu. Kalorik kuramına göre ucu keskin matkaplar namlu metalini daha etkin olarak yongalamalı ve metalle bağlantılı olan ısı maddesini daha çok serbest bırakmalıydı. Rumford'a göre çok az yonga (talaş) çıkaran ya da hiç delmeyen ucu kör matkap, yarım saat yada 45 dakika içinde 18 *pound* (yakl. 8 kg) kadar suyu kaynama noktasına kadar ısıtmaya yeterli ısı ürettiyordu. Bu miktarda ısı, yalnız başına mekanik enerji ile üretiliyordu ve buradan Rumford, ısının bizzat mekanik hareketin bir şekli olduğu sonucunu çıkardı.⁹⁵

O zamanlar ısıнын mekanik kuramı yaygın kabul görmedi. Humphry Davy (1778-1829), 1799'da vakum içinde çalışan bir düzenek yardımıyla iki buz parçasını birbirine sürterek bir deney yaptı. Aygıtın tümü donma noktası sıcaklığında tutuluyordu. Mekanik sürtünmenin bir sonucu olarak bir miktar buzun eridiğini gözlemleyerek "ısıнын, cisimlerin parçacıklarının olası bir titreşimi olan garip bir hareketi olduğunu" belirtti. Ancak yine de ısıнын maddesel kuramı olan "kalorik" düşüncesi genelde 1850'lere dek yaygın kabulde kaldı.⁹⁶

Alman Julius Robert Mayer (1814-1878), 1840 yılında hekim olarak bir yelkenli gemi ile Rotterdam'dan Cava adasına yola çıktı. Mayer, Black'in ve Rumford'un çalışmaları konusunda birşey bil-mese de Lavoisier'nin kimya alanındaki çalışmalarını incelemiş ve Lavoisier'nin, yiyeceklerin yavaş içsel yanması ile hayvansal ısı üre-tildiği önerisini büyük bir ilgiyle karşılamıştı. Doğu Hindistan'da Cava'ya ulaşıldığında tayfalardan çoğu ateşli hastalığa yakalanmıştı. Mayer, onların ateşlerini düşürmeye çalışırken kimi zaman onlar-dan kan da alıyordu. Bu sıralarda Mayer, tayfaların toplardamar ka-nının normal koyu kırmızı yerine -hemen hemen atardamar ka-nının kırmızılığında- parlak kırmızı renkte olduğunu gözlemledi. La-voisier'nin buna ilişkin yorumu şöyleydi: "*Beden sıcak bir çevre içinde bulunuyorsa, onu sıcak tutmak için, soğuk bir çevrede bu-lunmasına oranla daha az bir içten yanma gereklidir.*" Bu görüşü desteklemek için de o ve ötekiler, toplardamar kanındaki renk de-ğişimlerine dikkat çekiyorlardı. Mayer, tayfaların toplardamar ka-nının atardamar kanına benzediği, çünkü atardamar kanı gibi onların yüksek bir oksijen içeriğine sahip olduğu sonucunu çıkardı. Buna göre, tropikal Doğu Hindistan'da tayfaların bedeni, daha soğuk ik-lim bölgelerinde olduğu gibi fazla oksijen tüketmiyordu.

Mayer bu noktada Lavoisier'ye göre bir adım daha ileri attı ve besin metabolizması yoluyla bedenin açığa çıkardığı ısıнын, iki zıt etmence denkleştiğini öne sürdü. Bunlardan birincisi bedenin çevreye doğru olan ısı yitimi, ikincisi ise bedeni çalıştıran iş idi. Mayer'in deyişiyle ısı ve iş, enerjinin (Mayer burada enerji yerine "kuvvet" terimini kullanıyordu) farklı görünümleiydi ve bu iki görünüm birbiriyle eşdeğer idi.

Genç fizikçi Mayer, bu bağlantıyı deneysel olarak kanıtlayacak durumda değildi. Parası ve laboratuvar olanakları yoktu. Ancak o, öteki araştırmacıların, havanın özgül ısısı üzerine topladığı verileri inceleyerek ısı ile birim iş arasındaki sayısal bir bağlantıyı hesaplamaya çalıştı. Bu çalışmalarını zamanının en önde gelen bilim dergisi "*Annalen der Physik und Chemie*"ye gönderdiyse de reddedildi. 1842'de bu konuya ilişkin bir açıklaması başka bir dergide yayımlandı ve Termodinamiğin Birinci Yasası, Mayer tarafından biçimsel olarak ortaya atılmış oldu. Onun deyişiyle, "*var olan bir kuvvet (yani enerji) yok edilemez, yalnızca biçim değiştirebilir*"di.

İngiliz James Prescott Joule (1818-1889), Manchester'de John Dalton'la birlikte kimya öğrenimi görmüş ve sonra da elektrik ve elektromagnetizma konusunda deneyler yapmıştı. 1840'larda birim ağırlıktaki suyun sıcaklığını birim derece arttırmak için gerekli mekanik iş miktarını ölçmek üzere dikkatli deneyler yapmıştır. 1843 yılında bu çalışmasını sonuçlandırmış ve ısı ile iş arasındaki eşdeğerlik bağıntısını sunmuştur. Böylece Joule, iş ile ısı arasında, Mayer'in öne sürdüğü bağıntıyı nicelleştirmişti.

Enerjinin korunumu ve farklı biçimlerinin birbirine dönüşümü düşüncesine, önceleri Königsberg'de fizyoloji profesörü, daha sonra da Berlin'de fizik profesörü olan Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) da biyolojik görüş noktasından hareket ederek vardı. Hayvanların enerjilerini yalnızca besinlerden kazandıklarını, besinlerin kimyasal enerjisinin eşdeğer miktarda ısıya ve mekanik işe dönüştüğünü belirtti. 17. ve 18. yüzyıllarda kabul edilmiş olan mekanik enerjinin korunumu yasasından hareketle daha da ileri giderek, ısının ve öteki enerji biçimlerinin toplamının evrende sabit olduğunu söyledi.

Enerjinin korunumu ilkesinin deneysel gerçekleştirimi İngiltere'de Joule tarafından yapılmıştır. Deneylerinde, belirli bir miktarda ısı üretecek olan çeşitli enerji biçimlerinin miktarlarını sistemli bir şekilde ölçmeye çalışmıştır. Joule de ısının, cisimlerdeki parçacıkların hareketleri olduğuna, böylelikle de ısının temel olarak mekanik enerjiyle aynı şey olduğuna inanmıştır.

Joule ilk olarak elektrik akımının ısı etkisini incelemiş ve direnç teli boyunca geçirilen elektrik akımı tarafından verilen ısıyı ölçmüştür. Bu deneylerden, belirli bir zaman içinde açığa çıkan ısı miktarının devrenin direnci ile ve akım şiddetinin karesi ile orantılı olduğunu bulmuştur. Bu bağıntı "Joule Yasası" olarak bilinir. Bu deneylerden Joule, elektrik enerjisinin direnç aracılığıyla ısıya dönüştüğünü görerek ısıнын maddesel bir nesne, "*kalorik*" olduğunu, bunun elektrik akımı yardımıyla elektrik devresinin bir kısmından başka bir kısmına taşınmış olacağını da düşündü. Daha sonra 1843'de su dolu bir kaba bağlı bir dinamoyu mekanik yolla çalıştırarak mekanik işi elektrige, elektrigi de ısıya dönüştürmüş ve bu işlem sonucu kaptaki suyun ısındığını görmüştür. Su içinde mekanik olarak döndürülen çark yardımıyla oluşan ısıyı ölçerek 1 *pound* (454 g) suyun sıcaklığını 1°F yükseltecek ısı miktarının, 772 *foot-pound*'luk mekanik iş karşılığında üretildiği sonucuna vardı. Bu eşdeğerlik, metrik sistemde "4,18 Joule = 1 cal" eşitliğine karşılık gelir.⁹⁶

1847'de genç bir araştırmacı olan Hermann von Helmholtz, Termodinamiğin Birinci Yasası'nın genel geçerli bir yasa olduğunu uluslararası bilim dünyasına duyurdu. Helmholtz Birinci Yasa'nın bu formüllendirimini, yani enerjinin korunumu yasasını "*Berlin Physical Society*"ye (Berlin Fizik Derneği) "*Kuvvetin Korunumu Üzerine*" başlığı altında sundu. Burada Helmholtz, başarıyla çalışan bir sürekli hareket makinesini henüz kimsenin kuramamış olduğunu da belirtmiştir. Buhar makinesinin kuramsal temelleri üzerinde ilk çalışanlardan biri olan Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), ısıнын dinamiğini kapsayan bir dizi önemli vargılara ulaşmıştır. Carnot'nun 1824'deki *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance* (Ateşin Hareket Ettirici Gücü ve Bu Gücü Geliştirmeye Yönelik Makineler Üzerine Düşünceler) adlı çalışması, Termodinamiğin İkinci Yasası'nın temelini oluşturur.

"Carnot İlkesi"ne göre aynı sıcaklıklar arasında çalışan tüm ısı makinelerinin verimi aynıdır; makine hangi çalışma biçeminde çalışırsa çalışsın ve çalışma maddesi ister buhar, ister hava, isterse başka bir madde olsun, makinenin verimi (yani makineden elde edilen işin makineye verilen ısıya oranı) aynı olmalıdır.

Carnot 1830 yılında kalorik kuramını reddederek ısısının cisimlerdeki parçacıkların mekanik hareketlerinden başka birşey olmadığını, ısı ile mekanik enerjinin birbirine dönüştürülebildiğini ve eşdeğer olduğunu kabul etti. Ancak 1832'de koleradan öldü ve bu konulardaki son görüşleri 1878'de yayınlanana dek bilinmez kaldı. Carnot'nın kalorik kuramına dayalı olan ilk çalışması, Paris'te "Köprüler ve Yollar Okulu"nda ("*École des Ponts et Chaussées*") profesör olan Benoît Paul Emile Clapeyron (1799-1864) adlı bir başka Fransız mühendis tarafından geliştirildi.²²

Joule'un araştırmaları hemen dikkat çekmedi. "*Royal Society*" onun iki makalesini yayımlamayı reddetti. Ancak 1847'deki "*British Association*" toplantısında William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907), onun çalışmasının önemine değinmiş ve onun sonuçlarının Fransız mühendislerince işlenen ısı makineleri kuramıyla çeliştiğine dikkat çekmiştir. Joule'un deneyleri, mekanik enerjinin nicel olarak ısıya dönüştüğünü gösterirken, Fransızların kuramı, ters dönüşümün (ısı $\rightarrow$ iş) tam olarak gerçekleşmediğini, ısısının buhar makinesinde mekanik enerjiye tam dönüşmediğini öne sürüyordu.

Kelvin, ilk önce Fransızların görüşünü benimsedi, çünkü onların görüşü daha verimli idi. Kelvin 1848'de kusursuz ısı makinelerine ilişkin Carnot kuramının mutlak bir sıcaklık ölçeğine dayalı olabileceğini gösterdi. O zamana dek sıcaklıklar katı, sıvı ve gazların ısınmalarında hacimce genleşmeleri yoluyla ölçülmüş ve eşit sıcaklık artımlarının hesabı olarak eşit genleşme artımları alınmıştı. Ancak, farklı termometrik maddelere dayalı sıcaklık ölçekleri, birbirleri ile yeterli uygunlukta değildi. Civalı termometre, gaz termometresinden az miktarda farklı idi ve hangi tür termometrik ölçümlerin daha temel olacağı konusunda bir bilgi yoktu. "Carnot kuramı", çalışma maddesinin ne olduğuna bakılmaksızın, aynı sıcaklıklar arasında çalışan tüm ideal ısı makine-

lerinin verimlerinin birbirine eşit olacağını işaret etmekteydi. Buradan hareketle Kelvin, mutlak sıcaklık ölçeği üzerindeki eşit sıcaklık artımlarının, üzerinde ideal bir ısı makinesinin eşit verimlerle çalıştığı sıcaklık aralıkları olarak tanımlanabileceğini önerdi. "Kalorik" kuramının altiltilmesinden sonra 1854'de Kelvin, eşit sıcaklık artımlarının, üzerinde bir ısı makinesinin aynı niceliklerde iş ürettiği sıcaklık aralıkları olarak alındığı başka bir mutlak sıcaklık ölçeği ("Kelvin ölçeği") önerdi ve böyle bir ölçeğin, gaz termometresinin ölçeği ile oldukça yakın bir şekilde birbirine karşılık geldiğini gösterdi.

Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822-1888), "*entropi*" kavramını geliştirerek İkinci Yasa'nın kavranmasına yeni boyutlar getirmiştir. İkinci Yasa, o zamanın bilim dünyasında kuşkuyla karşılanmış ve bu durum yakın zamanlara dek sürmüştür. Ama, pekişmiş ve yaygın deneysel olgular sonucunda, mutlak kesinlikte bir yasa olduğu kabul edilmiştir.

1865'de Rudolf Clausius, Berlin'de sürdürdüğü çalışmaları sonunda, ısıyı işe dönüştürecek bir ısı makinesinde, ısı makinesine verilen ısı miktarının onun sıcaklığına oranının, ısı makinesinden çevreye atılan ısının düşük sıcaklıktaki ısı deposu sıcaklığına oranına eşit olduğunu belirtmiş ve ısıнын sıcaklığa oranını veren kavramı "*entropi*" diye adlandırmıştır. Böylece Termodinamiğin İkinci Yasası'nı şekillendirmiş olan Clausius, İkinci Yasa'nın bir sonucu olarak "*evrenin entropisinin bir maksimuma doğru gitmekte olduğunu*", ama Birinci Yasa gereği, "*evrenin enerjisinin sabit kaldığını*" belirtmiştir.⁹⁶

Bu gelişmeler, yaklaşık 1850'lerde dâhi Clausius'la başlayan, Lord Kelvin, James Clerk Maxwell, Max Planck, Pierre-Maurice-Marie Duhem (1861-1916) ve Jules-Henri Poincaré'nin (1854-1912) önemli katkılarıyla gelişen ve yüzyılın sonlarında Josiah Williard Gibbs'in (1839-1903) ulaştırdığı parlak noktayla süregelen, bir bakıma hızlı bir başarıyla günümüze ulaşmıştır. Termodinamik bilgileri; büyük ölçüde Henri-Louis Le Chatelier (1850-1926) ve Gibbs'in çabalarıyla kimyaya ve hattâ biyolojiye de uygulanmıştır.

“Termoskop”tan “Termometre”ye

Maddeleri değişik sıcaklık derecelerinde ısıtmak amacıyla sıcaklığın denetlenmesi, uzun süre bir sorun olarak gündemde kalmış çeşitli ısıtma türleri ve sıcaklık banyolarıyla (kül banyosu, kum banyosu, su banyosu, tezek banyosu, yanmış ateşten geriye kalmış köz banyosu vb.) sağlanmaya çalışılmış, gerektiğinde zaman zaman bir el körüğü ile ocağa hava üflenip ocak ateşi canlandırılarak sıcaklık yükseltilmeye çalışılmıştır (ŞEKİL 83).⁹⁷

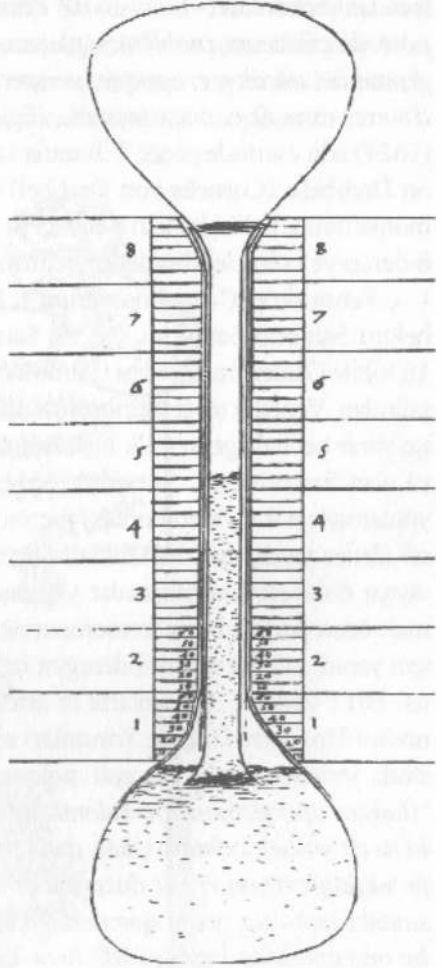


ŞEKİL 83. Geç Ortaçağ'da körükle hava üflenerek “kontrollü” ısıtma eşliğinde damıtma.⁹⁷

Sıcaklık ölçümü konusunda ilk çözüm, bir “termoskop” idi (ŞEKİL 84). Batı’da ilk olarak 1575’te Venedik’te yayımlanan Isken-deriye’li Heron’un (50-120) *Pneumatika* (Basıncılı Hava ile Çalışan Mekanizmalar) adlı eserine dayalı olarak kimi yazarlar havanın genleşmesi ve daralması ile ilgilenmeye başlamışlardı. Ünlü bilgin Galileo Galilei (1564-1642), 1592’de sıcaklık arttıkça havanın genleşmesi ve bir sıvı sütununu iteklemesi özelliğinden, sıcaklık ölçme düzeneği olarak yararlanılabileceğini saptamış, ama yinelenebilir ölçüm olanağı verecek şekilde böyle bir alet geliştirmemiştir. Alette belirgin bir ölçeğin bulunduğundan da söz edilememektedir. Arkadaşı Benedetto Castelli’nin (1577-1643) 1638 yılında yazdığına göre böyle bir alet, 1603 yılı dolayında Galilei’nin ellerinde idi. Buna göre Galilei, *“küçük bir tavuk yumurtası büyüklüğünde haznesi olan, bir saman çöpü çapında ve yaklaşık iki kanş uzunluğunda camdan bir boru yaptı; hazneyi avuçlarının içinde ısıttı ve baş aşağı çevirerek boruyu, içi su dolu bir kabin içine batırdı; hazne soğudukça su, borunun içinde yükseldi; bu, sıcaklığın ve soğukluğun derecelerini araştırmak için kullandığı bir alettir”*.⁷⁴ Bir sıvı deposu içine daldırılan ince bir boru ile ona bağlı, içi hava dolu bir cam balondan ibaret olan bu düzenek “termoskop” (Lat. “*thermoscopium*”) diye adlandırılmıştır. Balonun içindeki hava soğuduğunda boru içindeki sıvı düzeyi yükseliyor, ısındığında ise düşüyor ve su sütununun yüksekliği, dışarısının ne kadar soğuk ya da sıcak olduğunun bir ölçüsünü veriyordu. Buna göre termoskop, ters yönde çalışan bir termometre idi. Sıvı deposu havaya açık olduğundan, bu aygıt, sıcaklık değişimlerinin yanı sıra barometre benzeri bir düzenek olarak atmosfer basıncındaki değişimleri de gösteriyordu. Termoskoplar 1640’larda kısa bir dönem için hasta termometresi olarak da kullanılmıştı.⁹⁸ Bu nedenle Galilei, “termometre”nin bulucusu olarak nitelenebilir.

Ancak Galilei’nin termoskopu ile kesin ve duyarlı sıcaklık ölçümleri yapılamıyordu; çünkü gösterge sıvısının düzeyi, sıcaklık dışında hava basıncı değişimlerinden de etkileniyordu. Çevre sıcaklığı sabit kalıp da açık hava basıncı değiştiğinde gösterge düzeyi de değişiyor (bir bakıma barometre gibi çalışıyor!) ve sanki sıcaklık değişmiş gibi değerlendirilerek yanlış ölçümlere yol açıyordu.¹⁰¹

ŞEKİL 84. Açık hava basıncından bağımsız bir termometrenin bilinen ilk çizimi: Özünde “termoskop” diye adlandırılan bu hava termometresinde yukarıdaki kısımda hava vardır ve sıcaklık arttıkça hava genişleyeceğinden, termometre sıvısı ortadaki borudan aşağı doğru itilecek, sıcaklık düştüğünde ise sıvı yukarı doğru çıkacaktır. Buna göre de alette 1’den 8’e dek işaretlenmiş olan dereceler, “soğukluk dereceleri”dir ve en yüksek sıcaklık 0’, en düşük sıcaklık ise 8’dir. Yine şekilden görüleceği üzere, her bir “derece”, 10-20-30-40-50-60 şeklinde “dakika”lara bölünmüştür. [Bartolomeo Telioux, *Mathematica meravigliosa* (Matematik Üzerine), 1611].^{99,100}

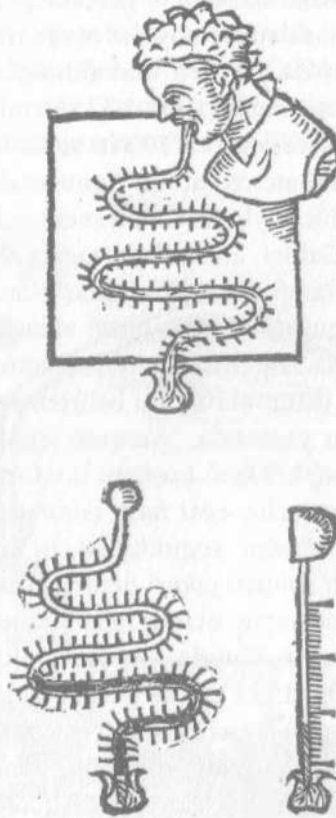


“Termoskop” sözcüğü, literatürde ilk kez, Guiseppe Biancani’nin (1566-1624) *Sphaera mundi, seu cosmographia demonstrativa* (Yerküre ya da Resimli Kozmografya) (Bologna, 1620) adlı eserinde geçer ve kesin sıcaklık ölçümü yapan bir alet olarak değil de daha çok, belirlenen bir orta nokta konumuna göre sıcaklık değişim ve dalgalanmalarını gösteren bir alet için kullanılmakta idi. Sıcaklık öl-

çen alet olarak “termometre” nitelemesi ise ilk olarak, alet yapımcısı Jean Leurechon’un (~1591-1670) *Récréations mathématiques, composé de plusieurs problèmes plaisans et facétieux d’arithmetique, geometrie, astrologie, optique, perspectiue, mechanique; chymie, & d’autres rares & curieux secrets...* (Eğlenceli Matematik Oyunları...) (1624) adlı eserinde geçer.¹⁰⁰ Burada Leurechon, Cornelius Jacobzon Drebbel’e (Cornelis von Drebbel) (1572-1633) yakıştırdığı termometrenin, hekimler için 4 dereceye, “filozoflar” (fizikçiler) için ise 8 dereceye bölmelendirildiğini belirtmektedir.

Termoskop (“*thermoscopium*”), birkaç on yıl içinde Padua’lı hekim Santorio Santorius (ya da Santori veya Sanctorius) (1561-1636) ile Galilei’nin arkadaşı Gianfrancesco Sagredo (1571-1620) tarafından Venedik’te geliştirilmiştir. Büyük olasılıkla, termometreyi işe yarar bir hale getiren ilk kişi, Padua Üniversitesi’nde tıp profesörü olan Santorius’tur. Santorius, 1611-1624 yılları arasında, sarkaç yöntemiyle nabız ölçen bir alet, higrometre ve termometre gibi fiziksel aletler yardımıyla hastalıklarla ilgili olayların çeşitli özelliklerini sayıya dökmek için çalışmalar yapmıştı ve bir hastanın ateşini ölçmek üzere kullanılacak termometrenin, hastalığın teşhis ve tedavisi için yararlı bilgiler sağlayabileceğini fark eden ilk hekimdi.⁷⁶ Santorius, 1612 tarihli *Commentaria in artem medicinalem Galeni* (Galenos’un Tıp Sanatı Üzerine Yorumlar) adlı eserinin 1630 tarihli baskısında termometrenin iki ayar noktasını şöyle belirlediğini anlatır: “(İtalyan tipi) termometre balonu üzerine kar konduğunda borudaki su en yüksek noktaya çıkar, daha sonra küre kısmı bir mum alevi ile ısıtıldığında ise en alt düzeye iner. Bu iki nokta ile bunların arasındaki tam orta nokta işaretlenir. Ölçülecek herhangi bir sıcaklık, bu orta noktadan hangi yönde ve ne kadar uzakta olduğuna göre kabaca belirlenir”. Bunun ardından kaleme aldığı *De statica medicina* (Durağan Tıp Üzerine) (1614) adlı eserinde “*instrumentum temperamentorum*” adını verdiği kendi termometresini ilk olarak betimlemiş, bu termometreler konusunda ayrıntılı bilgi ise 1625 tarihli *Commentaria in primam fen primi libri Canonis Avicennae* (İbn Sina’nın Kanun Adlı Kitabı Üzerine Yorumlar) adlı kitabında yer almıştır. Anılan son kitabın 1646 tarihli baskısında, hastalarda sıcaklık öl-

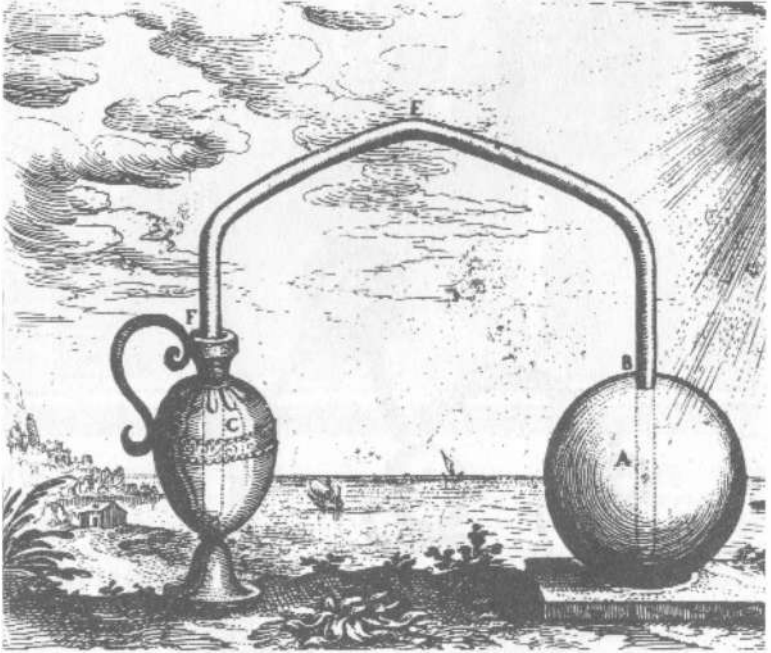
çümü için kullanılan termoskopların bir derlemesini resim eşliğinde vermiştir (ŞEKİL 85).¹⁰⁰ Santorio Santorius'un bu aletinde, yukarı kısmında balon bulunan bir boru, açık bir kabın içine daldırılıyordu. Santorius, termoskopunu, Iskenderiye'li Heron'un başka bir amaçla önerdiği bir kaptan ("güneş fiskeyesi") türettiğini söylemiştir.



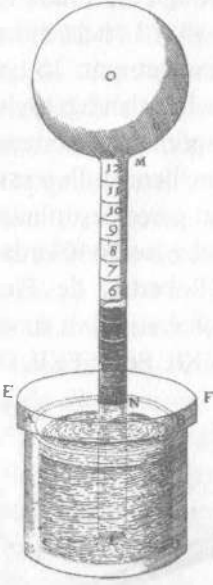
ŞEKİL 85. Santorius'un üzerinde derece çizgileri de bulunan termometreleri: Santorius yalnızca bir termometre icat etmekle kalmamış, ayrıca onu kullanışlı duruma da getirmiştir. Alt sağda, düz borulu ve normal ölçeklenmiş bir termoskop düzeneği, solunda ise yılankavi kıvrılmış ve yine ölçeklenmiş değişik tarzda termoskop-termometre görülmektedir. Üstteki "S" şeklindeki termometrenin ucu, ateşini ölçmek üzere hastanın ağzına sokulmuş olup 10 nabız atışlık süre boyunca ağızda tutulduğu söylenmektedir.^{99,100}

Galilei'nin en son ve en önemli öğrencisi olan Vincenzo Viviani (1622-1713), hocasının ölümünden sonra, Kardinal ve Grandük Leopoldo de' Medici'nin (1617-1675) desteği altında, Galilei'den kalan yazıları değerlendirerek onun bir biyografisi ile bir toplu eser yayımlamayı düşünmüş, biyografisi 1654'te gelişigüzel bir şekilde kaleme almıştır. Ancak çeşitli sorunlar çıktığından derlemeyi gerçekleştirememiş ve belgeleri bir mahzene saklamış, belgeler orada uzun süre unutulmuş ve ancak 1739'da yeniden keşfedilmiştir. Galilei'nin biyografisi Giambattista Nelli (1661-1725) tarafından özenli bir şekilde hazırlanmış ve ancak 1793'te yayımlanabilmiştir. Bu biyografide ilk termometre yapımı konusunda 1612 ve 1615 yıllarından, Venedik soylusu Gianfrancesco Sagredo (1571-1620) ile dostu Galilei arasındaki mektuplaşmalardan söz edilmekte, Galilei tarafından "bulunmuş olan" ve Sagredo tarafından iyileştirilen bir sıcaklık ölçen aletten söz edilmektedir. Bu yazışmalarda Sagredo'nun, termometre sıvısı olarak alkolün sudan daha üstün olduğunu belirten sözleri yer almaktadır. Galilei ise bir yazısında, "*Kürenin içindeki hava soğukta büzülür ve borudaki alkol, boşluğu doldurmak ve onun yerini almak üzere yükselir; eğer hava ısınırsa genişler ve alkol düzeyi aşağı iner; bundan, soğukluğun, ısı yokluğundan başka bir şey olmadığı sonucu çıkar*" demektedir. Galilei, termometrik deneylerinde yapay olarak hazırlanmış soğutucu karışımlar da kullanmıştır. Burada, Galilei tarafından termometrenin bulunuş tarihi, 1593 olarak geçmektedir. Buna göre Viviani ve Sagredo gibi öğrencileri, termometrenin bulucusu olarak hocaları olan büyük üstadı tanırlarken, Galilei'nin başka bir öğrencisi olan Gian (Giovanni) Alfonso Borelli (1608-1679) ise Sagredo'yu görmekteydi. Galilei'nin 1600'lü yılların başında öğrencileriyle birlikte hazırladığı termometre örnekleri ile bir kaidenin üstünde duran yaldızlı camdan bir yumurtanın içinde bulunan sağ elinin orta parmağı, günümüzde Floransa'daki "Bilim Tarihi Enstitüsü ve Müzesi"nde ("*Istituto e Museo di Storia della Scienze*") görülebilir.¹⁰⁰

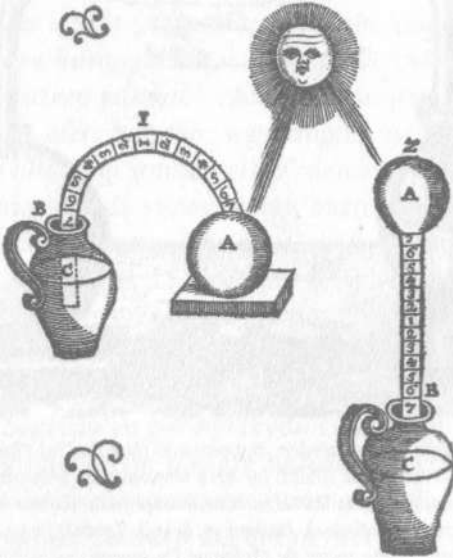
Maddelerin ısı etkisiyle genleşme özelliği, önce hava için, daha sonra da sıvılarda ve ilk olarak da 17. yüzyıl ortalarından itibaren katı cisimlerde gözlenmiştir. İlk termometrenin 16. yüzyılda Floransa'daki "Accademia del Cimento"da hazırlandığı söylenmektedir. Civalı ilk termometre 1620'lerde yapılmış, termometre sıvısı olarak suyun kullanıldığı, günümüzdekine benzer ilk termometre 1632'de Jean Rey (1583-1645) tarafından gerçekleştirilmiş, renklendirilmiş alkollü (ispirtolu) termometreler ise 1640'larda ortaya çıkmıştır. İngiltere'de Robert Fludd (Robertus de Fluctibus) (1574-1637), Otto von Guericke ve başkaları çeşitli modellerde termometre örnekleri tasarlamışlardır (ŞEKİL 86 - ŞEKİL 90).



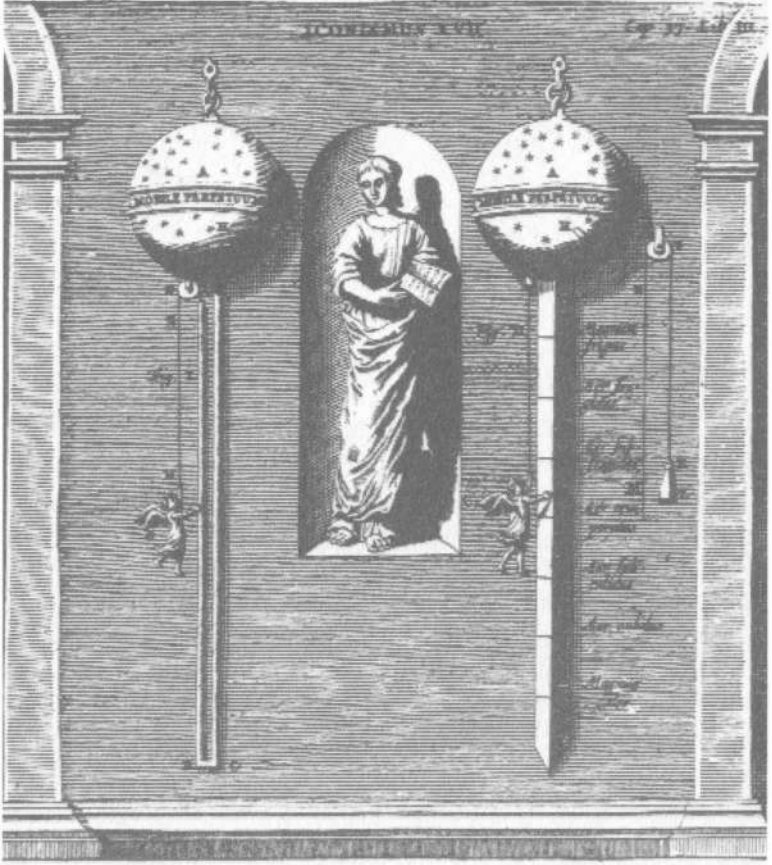
ŞEKİL 86. Robert Fludd'un bir eserinden, Byzantion'lu (İstanbul'lu) Philon'un (İÖ 2. yüzyıl) bir deneyini gösteren çizim: Fludd, bir hava termometresi geliştirmek istiyordu. Fludd'un *Utriusque cosmi, majoris scilicet et minoris, metaphysica, physica atque technica historia* (Her İki Dünyanın Metafiziksel, Fiziksel ve Teknik Tarihi) (Oppenheim, 1617) adlı eserindeki bu konuya ilişkin metni ile Philon'un *De ingeniis spiritualibus* (Buharla Çalışan Hünarlı Düzenekler Üzerine) adlı eserindeki metni arasında bir paralellik saptanmıştır [R. Fludd, *Philosophica moysaica* (Musevilik Felsefesi), Gouda, 1638]^{99,100}



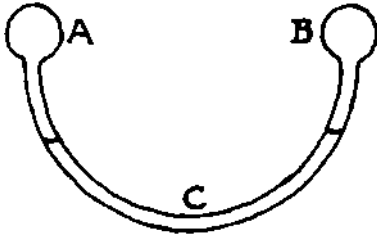
ŞEKİL 87. Fludd'un hava termometresi [R. Fludd, *Philosophia sacra et vera christiana seu meteorologica cosmica* (Kutsal Felsefe ve ... Kozmik Meteoroloji), Frankfurt/M., 1626].^{99,100}



ŞEKİL 88. Fludd'un, Philon'un deneyinden geliştirdiği iki çeşit termometre örneği [R. Fludd, *Philosophica moysaica* (Musevilik Felsefesi), Gouda, 1638].^{99,100}



ŞEKİL 89. Magdeburg Belediye Başkanı Otto von Guericke'nin 1660'lı yıllarda evinin kuzey cephesine yerleştirdiği büyük hava termometresi (termoskop): Sol tarafta görülen yaklaşık 3 m uzunluğundaki bu termometre, alkol içeren uzun bir U-borusunun bir koluna bağlı olan içi hava dolu büyük bir bakır küreden ibarettir ve U-borusunun diğer koluna havaya açıktır. Şekilde görüldüğü üzere, havaya açık kolda alkol üzerinde yüzen şamandıra işlevli bir mantar parçası, iplik ve makara sistemiyle, karşı ağırlık olarak yerleştirilen ve sıcaklığı gösteren oyuncak melek heykelcğine bağlanmıştır. Sıcaklık yükselip de küre içindeki hava genişleyince, U-borusundaki alkol, ucu havaya açık kolda yükselirken, melek figürü aşağı inmekte ve meleğin parmağıyla işaret ettiği, yukarıdan aşağıya "aşırı soğuk"tan "aşırı sıcak"a kadar sıralanmış yedi sıcaklık derecesine ayrılmış gösterge üzerinden sıcaklık okunmakta, meleğin yukarıda ya da aşağıda olduğuna bakılarak, sıcaklık azalış ya da artışı uzaktan da izlenebilmekteydi. Kürelerin üzerinde "MOBILE PERPETUUM" (sürekli hareket makinesi) yazıları okunmaktadır [G. Schott, *Mechanica hydraulio-pneumatica* (Su ve Hava Gücü ile Çalışan Mekanizmalar) (1657); O. v. Guericke, *Experimenta nova* (ut vocantur) *Magdeburgica de vacuo spatio* (Amsterdam, 1672)]^{4,99,100}.



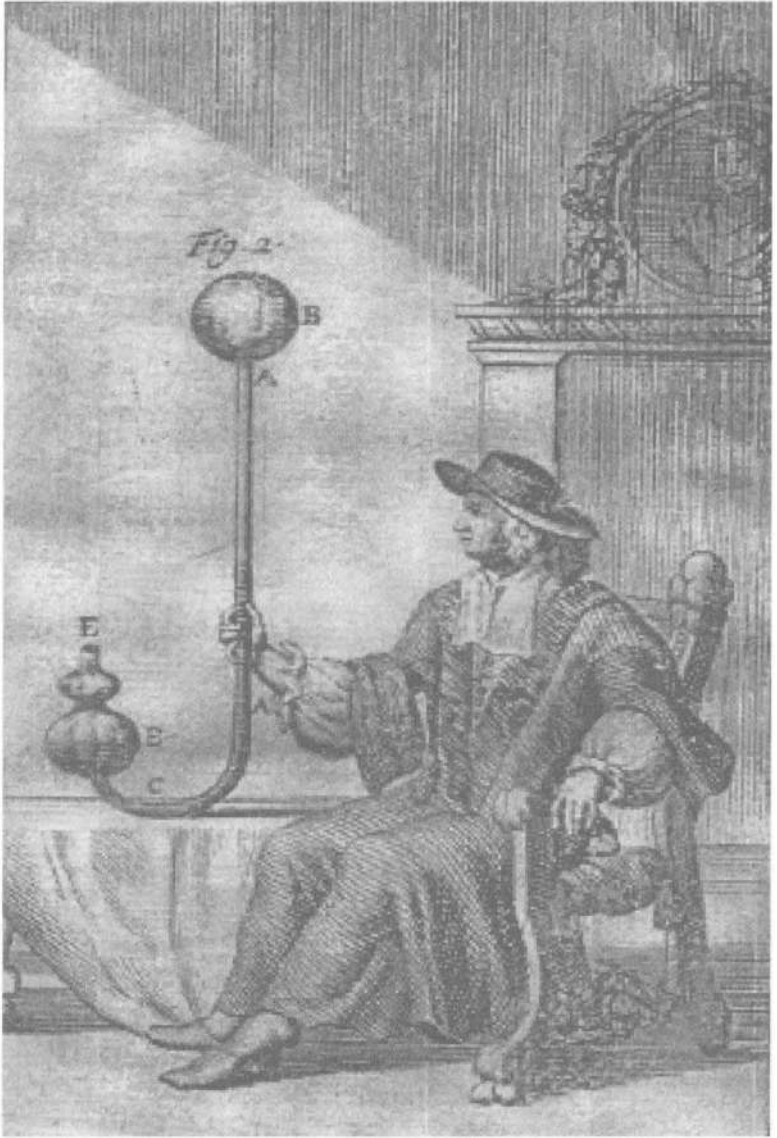
ŞEKİL 90. Samuel Reyher'in (1635-1714) Samuelis Reyheri dissertatio de aere (Samuel Reyher'in Hava Üzerine Çalışması) (Kiel, 1670) adlı eserine göre A ve B noktaları arasındaki sıcaklık farkını ölçen fark (diferansiyel) termometresi. Aynı resim, Johann Christoph Sturm'un (1635-1703) Collegium curiosum experimentale (İlginç Deneyler Koleji) (Nürnberg, 1676) adlı eserinde de yer almaktadır.^{99,100}

1641 yılında Toskana Grandükü II. Ferdinando de' Medici'nin (1610-1670) buyruğu doğrultusunda bir grup Floransa'lı bilim adamı termometre tasarımını önemli ölçüde geliştirmiş, bu alette havanın genişlemesi yerine sıvının genişlemesi özelliğinden yararlanılmış ve termometre haznesinde, renklendirilmiş alkol kullanılmıştır ("Floransa termometresi" / "İtalyan tipi termometre") (ŞEKİL 91). Hollanda'da ise Cornelius Drebbel (1572-1633), bu konuda öncü çalışmalar yapmıştır ("Hollanda tipi termometre") (ŞEKİL 92). Padua Üniversitesi matematikçilerinden Carlo Renaldini (1615-1698) ise 1694'te suyun donma ve kaynama noktalarını temel noktalar olarak alıp bu aralığı on iki eşit parçaya bölmeyi önermiştir.⁷⁶

Burada geçen "İtalyan tipi termometre"nin "Torricelli barometresi"nden tek farkı, termometrede kapalı bölmede hava bulunurken, barometrede boşluk bulunmasıdır. Bu nedenle İtalyan ve Hollanda tipi termometrelerde, hava sıcaklığı sabit olduğunda sıvı düzeyi kimi zaman sabit kalmamakta, açık hava basıncı değiştiğinde ona bağlı olarak sıvı düzeyi de kısa süre içinde değişebilmekte ve doğru sonuç vermemekteydi. Aleti açık hava basıncının etkisinden kurtarmak için aletin her iki ucundaki camın eritilerek kapatılması gündeme gelmiş, bu görüş ilk olarak Grandük II. Ferdinando tarafından ortaya atılarak yalnızca hapsedilmiş havanın ve termometre sıvısının genişleme niceliği, sıcaklık ölçümünde belirleyici kılınmıştır. Çok yer gezmiş bir hekim olan Balthasar de Monconys (1611-1665), 1646 Kasım'ında Floransa'ya gittiğinde, orada Torricelli'den, Grandük II. Ferdinando'nun sıcağı ve soğuğu ölçebilen çeşitli kurgularda termometrelere sahip olduğunu öğrendiğini, gezi günlüğünde belirtmiştir.¹⁰⁰



ŞEKİL 91. İtalyan tipi açık hava termoskopu: “İtalyan tipi termometre” de denilen bu tip termometre, üst tarafta içinde hava bulunan kapalı bir balon ile alt tarafta ağzı havaya açık bir kap içindeki su ya da alkole daldırılmış bir borudan ibarettir [Joachim d’Alencé (Dalancé) (1640-707), *Traitez des baromètres, thermomètres et notiomètres* (Amsterdam, 1695)].¹⁰⁰

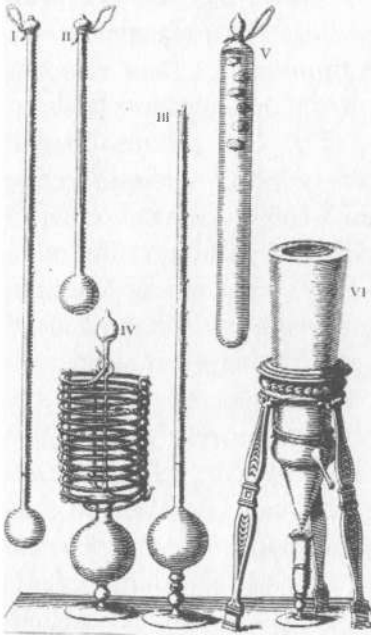


ŞEKİL 92. Hollanda tipi açık hava termoskoku: 1620-25’lerde geliştirilen bu tip termometrede biri yukarıda diğeri a agıda olmak üzere bir J-harfi biçimindeki borunun her iki ucunda da balon bulunmakta olup a agıdaki balonun ağız havaya açıktır. Bu tür “Hollanda tipi termometre”nin kökeni Drebbel’e dek uzanmaktadır [J. d’Alenc , *Traitez des barom tres, thermom tres et notiom tres* (Amsterdam, 1695)].¹⁰⁰

Toskana Grandükü II. Ferdinando de' Medici (1610-1670), Dük II. Cosimo de' Medici (1590-1621) ile Avusturyalı Maria Maddalena de' Medici (1589-1631) sekiz çocuğundan ikincisi idi. Açık fikirli, bilgili, bilim seven ve neşeli bir kişiliğe sahipti. Dönemin bilginleriyle dostluklar kurmuş ve kendi sarayını gitgide bir bilim merkezi haline dönüştürmüştü. II. Ferdinando, 1657 yılında Floransa'da "*Accademia del Cimento*"yu (Deney Akademisi) kurdu. Akademi'nin yönetimi, kardeşi Leopoldo de' Medici'ye (1617-1675) verildi. 1657-1667 yılları arasında faaliyet gösteren bu akademi, kendini doğa araştırmalarına adanmıştı. Akademi'nin parolası "*Provando e riprovando*" ("Dene ve tekrar dene") idi. Akademi'nin, önde gelen bilim adamları olarak on üyesi Vincenzo Viviani (1622-1713), Gian Alfonso Borelli (1608-1679), Francesco Redi (1626-1698), Candido del Bueno (1618-1676), Paolo del Bueno (1625-1659), Alessandro Marsili (1601-1670), Carlo Rinaldini (1615-1698), Antonio Uliva (ölm. 1668), Alessandro Segni (1633-1697) ve Lorenzo Magalotti (1637-1712) idi. 1667'de Akademi dağıldıktan sonra, Akademi sekreteri Magalotti, Akademi'nin on yıllık araştırma sonuçlarını *Saggi di naturali esperienze fatte nell' Accademia del Cimento* (Accademia del Cimento'da Yapılan Doğa Deneyleri Üzerine Makaleler) (Floransa, 1667) başlığı altında ve orada geliştirilen aletlere ilişkin 75 adet tam sayfa gravür eşliğinde yayımladı. Bu eserden, Akademi'de Grandük II. Ferdinando'nun termometresini daha da geliştirmek için olağanüstü çabalar harcadığı anlaşılmaktadır (ŞEKİL 93). II. Ferdinando 1654 yılında meteorolojik ölçümlerde kullanılmak üzere 50 derece bölmesi taşıyan termometresinden çok sayıda yaptırıp çeşitli bölgelere dağıtmıştır.¹⁰⁰

17. yüzyıl ortalarında termometrelerde "sabit noktalar" kavramı henüz geliştirilmemişti. İtalyan / Floransa tipi termometrelerden örneğin 50-bölmeli termometre öyle ayarlanmıştı ki, aşırı kış soğukunda en çok 11-12 dereceye iniyor ve en sıcak yaz mevsiminin öğle güneşinde en çok 40 dereceyi gösteriyordu. Floransa termometrelerinin duyarlılığını araştırmak üzere karşılaştırmalı ölçümler 1828 yılında Guglielmo Libri (1803-1869) tarafından 50-

bölmeli termometre üzerinde yapılmış ve hayret verici uyumlu veriler elde edilmiştir. Çağdaş termometre ile 50-bölmeli Floransa termometresinin karşılaştırılmasında ise, Floransa termometresinin alt ve üst ölçüm sınırlarından 0°Fl değerinin $-18,75^{\circ}\text{C}$ 'a, 50°Fl değerinin ise $+55^{\circ}\text{C}$ 'a karşılık geldiği saptanmıştır. Floransa termometreleri 1657'de Fransa'ya, 1661'de ise İngiltere'ye yayılmıştır. Paris'te astronom Ismael Boulliau (1605-1694), 1658-60 tarihli bir dizi çiziminde bunların resimlerini vermiştir.¹⁰⁰



ŞEKİL 93. Accademia del Cimento'da üretilen beş çeşit Floransa termometresi ve higrometre: Termometrelerden ilk üçü (I, II, III), farklı uzunluklarda dikey kılcal borulu olup sırasıyla 100, 50 ve 300 dereceye bölünmüştür. Diğer termometreler, yüksek duyarlıklı sarmal kılcal borulu (IV) ve yüzen kürecikler içeren (V) termometrelerdir. Bunlardan yüzen kürecikli termometrede (V), sıvı sütunu içinde yüzen, yoğunlukları birbirinden farklı, içleri boş ve renkli olan kürecikler, ortam ısındığında sıvının yoğunluğu düştüğü için aşağılara doğru inerler. Böyle termometreler günümüzde "Galilei termometresi" adı altında piyasada yer almakta ise de bunu geliştirenin Galilei olup olmadığı bilinmemektedir. Bunlarda termometre sıvısı olarak, kılcal boruyu en az kirlettiği düşüncesiyle, renklendirilmemiş alkol kullanılmıştır. Resimdeki son düzenek (VI) ise bir nemölçerdir (higrometre) [L. Magalotti'nin *Saggi di naturali esperienze nell' Accademia del Cimento* (Floransa, 1667) adlı raporundan bir bakır kazıma resim].^{100,102}

Fransız hekim Jean Rey (1583-1645) ile Marin Mersenne (1588-1648) arasında 1632 yılında yapılan mektuplaşmalar 1772 yılında bulunmuştur. Bunlarda, havalı termometrelere göre tam tersi yönde çalışan, günümüzde kullanılanlara benzer şekilde ısındıkça sıvının genleşerek düzeyinin yükseldiği bir termometreden söz edilmektedir. Bu anlatıdan, Rey'in termometresinin, ucu "kapalı" bir termometre olduğu anlaşılmaktadır.¹⁰⁰ Rey, termometreye su doldurduğu için, çok soğuk ortamlarda sı-

caklık ölçülemiyordu. Su, en büyük yoğunluk değerine $+4^{\circ}\text{C}$ 'da sahip olduğundan, bu sıcaklığın altına inerken büzüleceğine genişliyor, üstelik daha da soğuduğunda 0°C 'da donarak hacimsel esnekliğini tümüyle yitiriyordu.¹⁰¹

Vaiz ve makineci Jakob Leupold (1674-1727) *Theatra* (9 cilt; Leipzig, 1724-1739) diye bilinen toplu eserinin *Theatrum staticum universale* (Kaldırma Makinelerinin Gösteri Sahnesi) adlı cildinin *Theatrum aerostaticum* (Havanın Önde Gelen Tüm Özelliklerinin Belirlenmesi ve Gözlemlenmesine Yönelik Makinelerin Gösteri Sahnesi) (1726) adlı alt cildinin 10. bölümünde termometreleri ele almıştır. Burada “Floransa termometresi”, “Roma termometresi” ve “Stuttgart termometresi” gibi yüzen kürecikli termometre türleri sergilemiştir. Arşimed’in yüzmeye ilkesine göre çalışan, genelde “Galilei termometresi” diye adlandırılan ve yukarıda verilen şekillerden birinde de anlatılan bu tür termometrelerin, sıvıların yoğunluğunu ölçmede kullanılan areometrelerle akraba oldukları söylenebilir.¹⁰⁰

Sıcaklık düzeyinin tanımlanması sürecinde değişik değerlendirmeler söz konusu olmuştur. Ünlü Yunan hekim Galenos sıcaklık ve soğukluğu derecelendirerek orta yerde bulunan yansız bir noktadan sıcak ve soğuk yönüne doğru dört farklı derece bulunduğu görüşünü ortaya atmıştır. Onun orta yerdeki yansız noktası, eşit miktarlarda kaynar su ile buz içeren karışıma karşılık geliyordu. Ünlü simyacı Câbir ibn Hayyan (720-813), yüksek sıcaklıklarda üç sıcaklık derecesi bölgesi ayırt etmiştir. Andreas Libavius (1540-1616) ise sıcaklık derecesi bölgelerini aşağıda gibi dörde ayırıyordu:⁷

- 1) Elle tutulduğunda acı vermeyecek denli,
- 2) Elle tutulduğunda acı verecek denli,
- 3) Kızdırılmış demirin sıcaklığına karşılık gelen,
- 4) Bunun yukarısında olan yüksek sıcaklıklar.

Sıcaklıkların bu kaba ayrımı, ancak termometrelerin kullanıma girmeleriyle değişmiştir. Hermann Boerhaave (1668-1738), kimyasal incelemeler için termometre kullanımının zorunluluğunu vurgulamıştır. Termometre dolumunda cıvadan yararlanan Gabriel Daniel Fahrenheit (1686-1736) ise, 1714 yılında altı sıcaklık derecesi bölgesi ayırt etmiştir:

- 1) Bitkilerin dayanabildiği 0°-80°F (-18° ile +27°C) aralığındaki sıcaklıklar,
- 2) Hayvanların dayanabildiği 40°-94°F (5°-35°C) aralığındaki sıcaklıklar,
- 3) Suyun kaynama sıcaklığı olan 212°F'a (100°C) kadar olan sıcaklıklar,
- 4) Vitriyolün ve cıvanın kaynadığı 600°F'a (315°C) kadar olan sıcaklıklar,
- 5) Ateşle elde edilen tüm sıcaklıklar,
- 6) Odaklayıcı ayna ya da merceklerle elde edilebilen sıcaklıklar.

Bunlar o zamanda termometrenin varlığına karşın, sıcaklık derecesi bölgelerinin hâlâ eski türde ayrımı idi.

“Sabit Sıcaklık Noktaları” ve Termometrenin Ölçeklenmesi

Termometrelerde standart olarak kabul edilmiş “sabit sıcaklık noktaları” kavramının henüz geliştirilmediği dönemlerde bir termometre ile ifade edilen değerler başkaları tarafından anlaşılamıyordu. Termometrenin ölçeklenmesi en az iki güvenli ya da sabit noktanın kullanımını gerektirmiştir. Sıcaklığı ölçme düşüncesi ilk kez tıptan gelmiştir. Fransızlar termometre yapımında en yüksek değer olarak tereyağının erime sıcaklığını, en düşük değer olarak ise Paris'teki şarap mahzenlerinin sıcaklığına karşılık gelen ölçekler kullanma eğilimine girmişlerdir.

İngiltere’de “*Royal Society of London*”ın kurulması 1645 yılı dolayında şekillenmiştir. Kurucuları arasında kimyacı ve

fizikçi Robert Boyle, fizikçi Robert Hooke ve mimar Sir Christopher Wren (1632-1723) gibi bilginler yer almıştır. “Londra Krallık Derneği”nin resmî kuruluşu 1662 yılında gerçekleşmiş, kurulduktan sonraki üyeleri arasında Christiaan Huygens, Isaac Newton, Gottfried Wilhelm Leibniz ve Vincenzo Viviani de yer almıştır. Robert Hooke, İngiltere’de kapalı ve alkollü termometreyi ilk yapan kişi olup bundan, ünlü eseri *Micrographia*’da (1665) söz etmiştir. Bu termometrede sabit alt nokta olarak ilk kez suyun donma noktasını kullanmışsa da sabit üst nokta kullanmamıştır. Robert Boyle, 1665’te sabit alt nokta olarak anisol’un (anason yağı) katılma noktasını temel almıştır. Christiaan Huygens ise 1665’te sabit nokta olarak suyun donma ve kaynama noktalarından birinin kullanılmasını önermiş, bu noktaların dünyanın her yerinde ve her mevsimde deneysel olarak elde edilebileceğini belirtmiştir. Suyun donma ve kaynama noktaları olarak iki ayrı sabit nokta kullanma düşüncesi, ilk olarak Sebastiano Bartolo (1635-1679) tarafından yazılan *Thermologia Aragonia, sive historia naturalis thermarum* (Napoli, 1679) adlı kitapta yer almıştır. Carlo Rinaldini (1615-1698), suyun donma ve kaynama noktalarını temel alarak termometrede bu iki nokta arasını 12 bölmeye ayırırken, *Remarques et experiences physiques sur la construction d’une nouvelle clepsydre, sur les baromètres, thermomètres et hygromètres* (Yeni Bir Su Saatinin Kurulması, Barometre, Termometre ve Higrometreler Üzerine Değinmeler ve Fiziksel Deneyler) (1695) adlı önemli eserin yazarı Guillaume Amontons (1663-1705), aynı aralığı 100 bölmeye ayırmıştır.¹⁰⁰

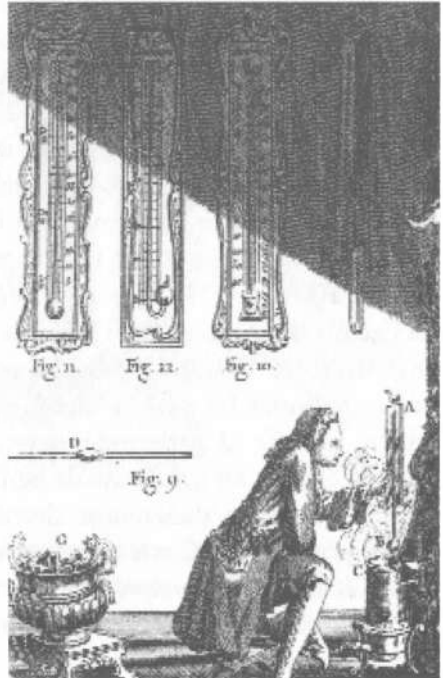
Sıcaklığı bilimsel olarak belirleyici ilk adımı, 1714’te bir civalı termometre yapımını gerçekleştiren Hollanda’nın Amsterdam kentinden Alman kökenli fizikçi G. D. Fahrenheit atmıştır. Fahrenheit, cam üfleme sanatını da bilen biri olarak özellikle barometreler, yükseklik ölçerler ve termometreler yapmaya başlamıştır. Yaptığı ilk termometrede alkol yerine civa kullanmıştır. Termometresinde eksi (negatif) sıcaklık derecesi kullanmaktan

kaçınmaya çalışarak, sıfır noktası (0°F) olarak kendi üretebildiği en düşük sıcaklığı veren “buz + nışadır (NH₄Cl)” karışımının sıcaklığını, üst temel nokta olarak da normal beden sıcaklığını alarak ve bu iki nokta arasının 8 sıcaklık derecesi olarak düşünerek, o zamanlar geçerli olan 12 tabanlı sayı sistemine uygun olarak $8 \times 12 = 96$ eşit bölmeye ayırdı. Bu durumda buz-nışadır karışımının sıcaklığı ($\sim -18^\circ\text{C}$) 0. bölmede, beden sıcaklığı (37°C) ise 96. bölmede bulunuyordu. Buna göre de suyun donma noktası (0°C) 32. bölmede (32°F), kaynama noktası (100°C) ise 212. bölmede (212°F) bulunuyordu ve bu iki nokta arasında $212 - 32 = 180$ bölme yer alıyordu. İngilizlerce benimsenen bu sisteme, “Fahrenheit sıcaklık ölçeği” adı verilir. Fahrenheit’tan birkaç yıl önce ünlü bilgin Newton, yağ doldurulmuş termometrelerle deney yapmış, 12 tabanlı sayı sistemine uygun olarak 12 derecelik bir sıcaklık ölçeği kullanmış ve sabit üst nokta olarak sıcaklığı sabit kaldığı düşünülen insanın beden sıcaklığını temel almıştı. Fahrenheit da bir bakıma Newton’ın 12 derecelik sıcaklık ölçeğini benimsemiş oluyordu, ama basit doğrusal ölçüm yoluyla bu ölçeği, Newton’ın kurduğu sabit noktaların yukarısına ve aşağısına doğru uzandırmıştır. Fahrenheit sıcaklık ölçeği buz ile nışadının rasgele karışımlarınca belirlenen sıfır noktasına dayandığından, sıcaklığın gerçek doğasını yansıtmamıştır. Bu tür “tuz+buz” karışımlarına “kriyohidrat karışım” adı verilir ve bileşenlerin oranına ve şekline bağlı olarak değişen, düşük bir sıcaklık değeri verir. Bire bir oranında “buz + tuz (NaCl)” karışımı, yaklaşık olarak $-8^\circ\text{C}=18^\circ\text{F}$ sıcaklık vermektedir.¹⁰¹

1730 yılında Fransız René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757), civa yerine alkol kullanarak suyun donma noktasını 0°Ré, alkolün kaynama noktasını ise 64°Ré almış, daha sonra ölçeği, suyun kaynama noktasına 80°Ré diyecek şekilde düzenleyerek 80 bölmeli “Réaumur ölçeği”ni tanımlamıştır. Yüksek sıcaklıklarda alkolün kullanımı uygun düşmediğinden, İsveçli Anders Celsius (1701-1744) yeniden civaya dönüş yapmış ve 1736 yılında bu temel noktaları 10 tabanlı sayı sistemine uygun olarak 0°C ve 100°C şeklinde alarak günümüzün yaygın ölçeği şekline

dönüştürmüştür (ŞEKİL 94). Ancak Celsius, suyun kaynama noktasını 0°C , buzun erime noktasını ise 100°C olarak önermiştir. Bu değerleri birbiri ile değiştirerek günümüzde kullanılan duruma getiren kişiler, 1743 yılında alet yapımcı Jean Pierre Christin (1683-1755) ile Celsius'un yurttaşı ünlü botanik bilgini Carolus Linnaeus (Carl von Linné) (1707-1778) olup yine de bu sıcaklık ölçeği "Celsius ölçeği" diye anılmıştır. Termometreler üzerine yapılan bir inceleme, 1778 yılında 27 farklı sıcaklık ölçeğinin kullanımda olduğunu göstermişse de, zaman içinde bunlardan başarı kazanıp kullanımda kalanlar yalnızca Fahrenheit ve Celsius ölçekleri olmuştur. İçinde kırmızı boya ile renklendirilmiş alkol bulunan "doktor termometresi" ise ilk olarak 1866 yılında İngiliz hekim Thomas Clifford Allbutt (1836-1925) tarafından geliştirilerek genel kullanıma girmiştir.^{101,103}

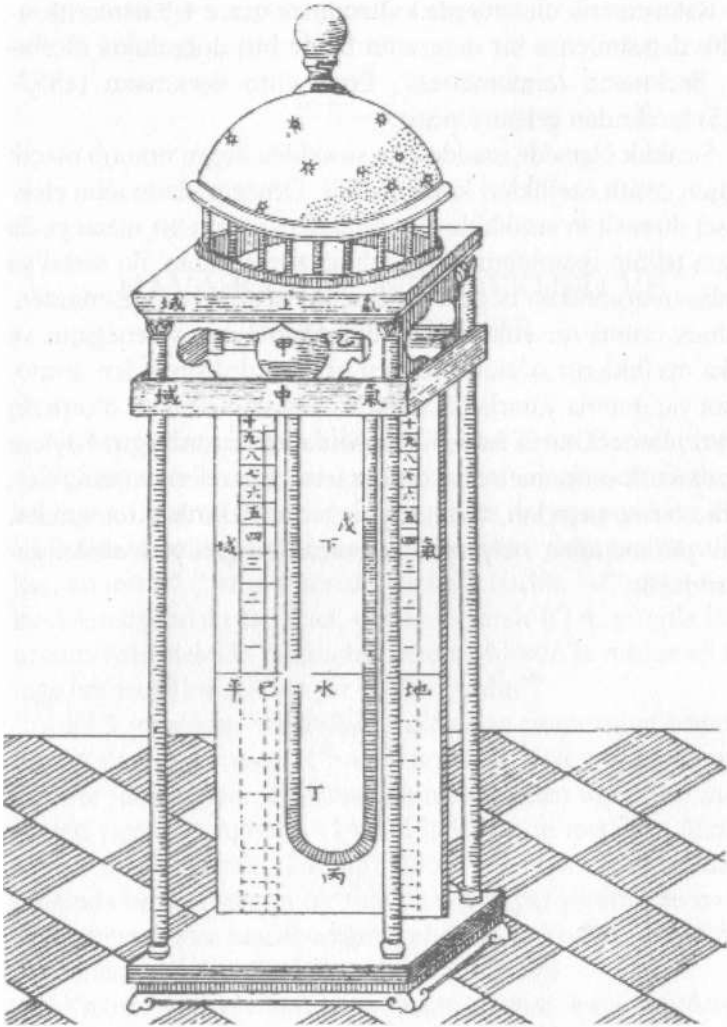
ŞEKİL 94. Jean-Antoine Nollet'ye göre çeşitli termometre örnekleri: Soldan sağa doğru ilk üç termometrenin üzerlerinde "Florence", "Amontons" ve "Drebbel" yazıları bulunmaktadır. Aşağıda ise, yeni imal edilmiş bir termometrede suyun kaynama noktası çizgisinin, kaynar sudan çıkan buhara tutularak işaretlenmesi görülmektedir. Resme eşlik eden yazıda şunlar yer almaktadır: "Bu ünlü ve yararlı aleti, Arkhimedes bundan utanmasın ama, ilk olarak Kuzey Hollanda'da Drebbel adlı bir köylünün ellerinden sağladık". Ancak, bu termometrenin pek çok hatalı yanları vardı ve bu nedenle de tutunmamış ve kullanıma girmemiştir [J.-A. Nollet, *Leçons de physique expérimentale* (Deneysel Fizik Dersleri), 1764].¹⁰⁴



İlginç bir nokta, Alman kökenli Fahrenheit tarafından geliştirilen ölçek Almanya'da tanınmaz ve kullanılmazken ona dört elle sarılanlar İngilizler ve Amerikalılar olmuştur. Yine, Fransız Réaumur'un ölçeği Fransa'da tanınmamakta olup bu ülkede İsveç'li Celsius'un ölçeği kullanılmaktadır. Öte yandan Fransız Réaumur'un ölçeği Birinci Dünya Savaşı'na dek başlıca Almanya'da kullanılmış, Almanlar daha sonra Celsius ölçeğini benimsemişlerdir. Günümüzde Celsius ölçeğinin dünya çapında benimsenmesinin bir nedeni, 10 tabanlı (ondalık) sayı sistemine dayalı olmasıdır.¹⁰¹ Ancak, ABD'de "°C" nitelemesi, 1948 yılına kadar yanlış olarak "*degrees Centigrade*" (santigrat derecesi) şeklinde kullanılmış, nitelemede bu ölçeği bulan kişinin adının kullanılması gerektiğini ileri süren bilim adamları, bunun yerine "*degrees Celsius*"u (Celsius derecesi) kullanmaya başlamışlardır. Bu bağlamda "37°C" ifadesini "37 derece santigrat" şeklinde değil de "37 derece Celsius" şeklinde okumak gerekir; tıpkı "derece Fahrenheit" ve "derece Réaumur" dendiği gibi.³

Termodinamikte kullanılan "mutlak sıcaklık ölçeği" ise asıl adı William Thomson olan Lord Kelvin'in (1824-1907) adını taşır ve mutlak sıfır sıcaklığı olarak $-273,15^{\circ}\text{C}$ değerini temel alır. Buna göre bir ideal gazın hiç basınç uygulamayacağı sıcaklık, inilebilecek en düşük sıcaklık olup, mutlak sıfır olarak bilinir ve $0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$ 'tur. "Kelvin ölçeği"nde suyun 1 atm basıncındaki donma noktası $0^{\circ}\text{C} = +273,15\text{ K}$ değerinde, 1 atm'deki kaynama noktası $100^{\circ}\text{C} = +373,15\text{ K}$ değerinde olup bu iki nokta arasında Celsius ölçeğinde olduğu gibi yine 100 derece bölmesi vardır. "Kelvin ölçeği" bağıl bir ölçek olmayıp en düşük "sıfır" değeri ile başlayan mutlak bir sıcaklık ölçeği olduğundan, bu ölçekte ifade edilen sıcaklık değerlerinde derece (o) işareti kullanılmaz. "Kelvin ölçeği", en çok Rusya'da benimsenmiştir.

Rönesans döneminin derecelendirilmiş termometresi, Çin'de görev yapan Cizvit misyoner bilginlerden Ferdinand Verbiest (1623-1688) tarafından Çin'e sokulmuş olup onun aleti, Galilei'nin hava termometresine benzer ve barometrik basınç etkisiyle çalışmaktadır (ŞEKİL 95).



ŞEKİL 95. Ferdinand Verbiest'in hava termometresi (~1670) (Thu Shu Chi Chhêng adlı eserden).¹⁰⁵

Bir ucu sabit, diğer ucu serbest kalan bir metal çubuğun sıcaklık arttıkça boyca uzamasından yararlanan ilk sıcaklıkölçer, İngiliz saat yapımcısı John Ellicott (~1706-1772) tarafından yapılmıştır.⁴⁹

Kalorimetrik ölçümlerde kullanılmak üzere 4-5 derecelik sıcaklık değişimlerini bir derecenin binde biri doğrulukta ölçebilen “Beckmann termometresi”, Ernst Otto Beckmann (1853-1923) tarafından geliştirilmiştir.

Sıcaklık ölçümede maddelerin sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişen çeşitli özellikleri kullanılabilir. Örneğin platin telin elektriksel direncinin sıcaklıkla değişiminden, uygun bir metal ya da alaşım telinin uzunluğunun sıcaklıkla artmasından, iki metal ya da alaşım arasındaki değme geriliminin sıcaklıkla değişiminden, ısıtılmış cisimlerin yüksek sıcaklıklardaki ısıya yeteneğinin ve başka özelliklerin sıcaklıkla doğru orantılı değişiminden termometre yapımında yararlanılmaktadır. Gelişkin sıcaklık ölçerlerin yapımı, İkinci Dünya Savaşı sonrasında hız kazanmıştır. Böylece manometrik termometreler, uzama termometreleri, termoçiftler, direnç termometreleri, termistorlar, termoelektrik pirometreler, optik pirometreler, radyasyon pirometreleri gibi yeni aletler geliştirilmiştir.¹⁰³

HAVA BASINCININ ÖYKÜSÜ VE BAROMETRELER

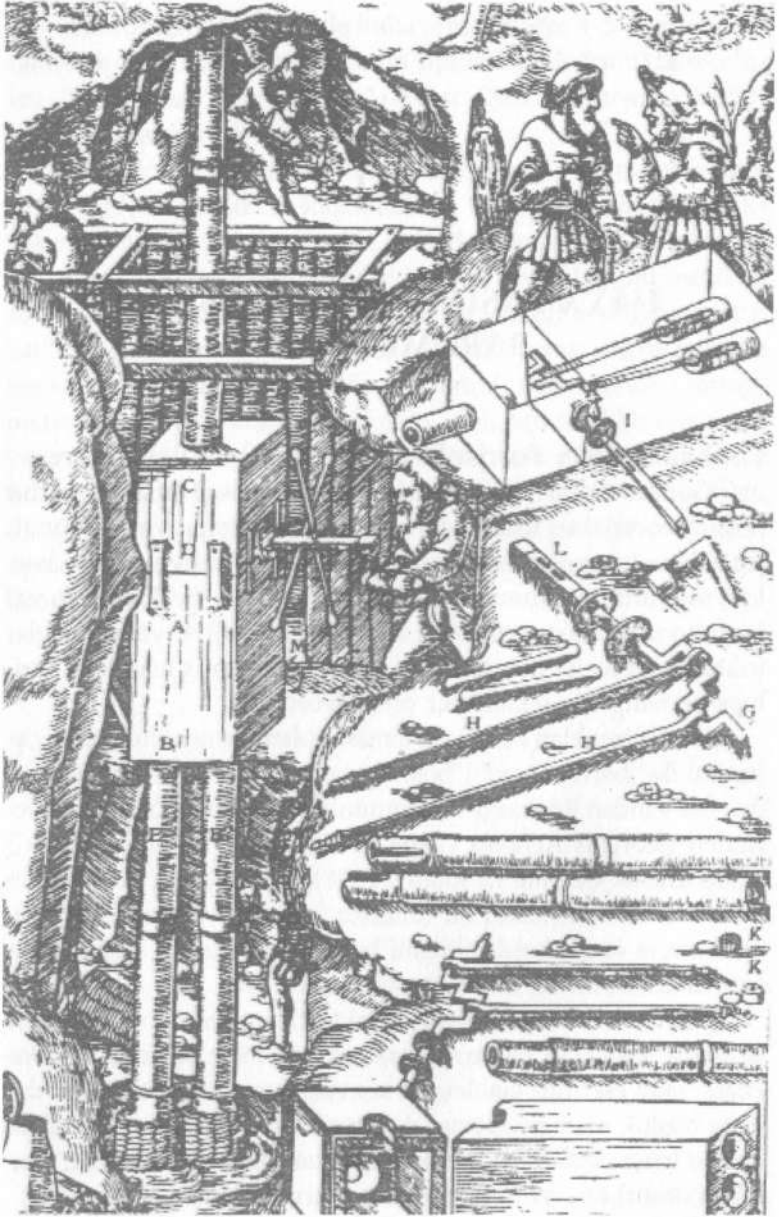
Evangelista Torricelli (1608-1647) ve Barometre

Günümüzden 350 yıl kadar önceleri felsefî nedenlerle, bir boşluğun (vakum) hem doğal varlığı hem de yapay yoldan üretilebilirliği olanaksız görülüyordu. Buna göre “doğa hiçlikten korkar, sakınırdı” (“*natura horrori vacua*”). Hiçlik, boşluk ya da vakum konusundaki tartışma, yaklaşık olarak İÖ 4. yüzyıla kadar uzanır. Aristoteles’in tasarladığı evren tablosunda maddesel boşluğa herhangi bir şekilde yer verilmiyordu.¹⁰⁶

İÖ 3. yüzyıldan beri kullanılmakta olan emme tulumbanın çalışması da “*horror vacui*” (“boşluk korkusu”) ilkesiyle açıklanıyordu. Öte yandan Rönesans döneminin önde gelen maden bilimcilerinden Georgius Agricola (1494-1555), *De re metallica libri XI-I* (Madencilik Üzerine 12 Kitap) (1556) adlı ünlü eserinde, maden ocağında biriken suların bir tulumba (pompa) yardımı ile en çok 10 metreye kadar basılabildiğini belirtmiş ve bunun, doğanın bir sınırlaması olabileceğini belirtmiştir (ŞEKİL 96).

Vakum ve hava basıncına ilişkin düşüncelerin yeniden ele alınması, Galilei’ye dek uzanmaktadır. 1638’de yayımladığı *Discorsi...* adlı eserinde Galilei, ilk kez Aristoteles öğretisindeki “doğada boşluk olamayacağına, doğanın boşluktan nefret ettiği” ilkesine karşı çıkararak, doğanın boşluktan nefret etmediğini, boşluk (vakum) kuvvetinin belirli bir sınırı olduğunu açıklamıştır.

17. yüzyıl başlarında tulumbalar, suyu yaklaşık 10 metrenin yukarısına yükseltemiyor ve bu sınırlama için doyurucu bir açık-

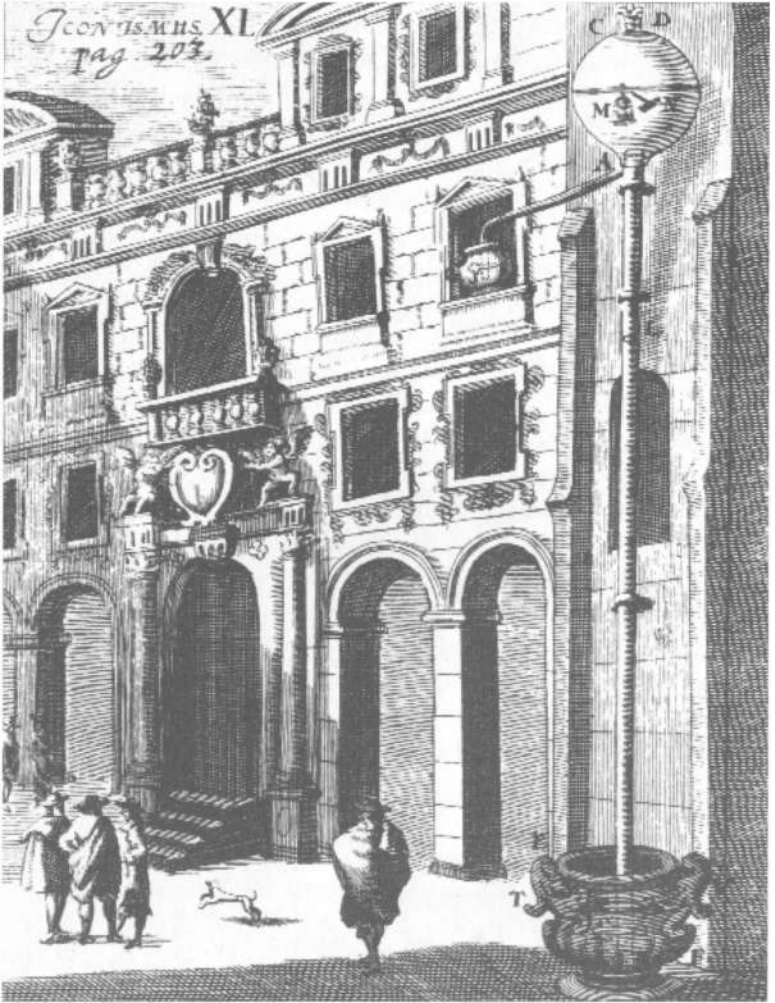


ŞEKİL 96. Maden ocağı suyunu boşaltmak üzere krankla çalıştırılan, 10 m'yi aşan boyu ile bir basma tulumda (Georgius Agricola, *De re metallica...*, Basel, 1556).⁴

lama yapılamıyordu. Fizikçi Giovanni Battista Baliani (1582-1666), pompaların suyu belirli bir yüksekliğe (~10,3 m) kadar çıkarabildiğini, sifonların da aynı yüksekliğin daha yukarısına çalışamadıklarını saptayarak durumu bir mektupla Galilei'ye bildirmiştir. 1630'larda İtalya'da suyla çalışan barometrelerle deneyler yapıldı. Ancak bunlar aşırı derecede hantal düzeneklerdi. Uzun borular evlerin çatısından dışarı uzanıyor ve tepesinde büyük bir küre bulunan sondaj boruları gibi kısımlardan oluşuyordu. Bu tür bir aygıtlı, geçerli ve yinelenebilir gözlemler yapmak çok güçtü; sürekli olarak sızıntı yapıyor, hattâ yıkılıyorlardı.⁹⁸

Athanasius Kircher ve Niccolò Zucchi'nin destekleri ile Gaspare Berti (~1600-1643), 1640 yılı dolayında Roma'da, bina yüksekliğindeki bir sulu barometre ile deney yapmıştır (ŞEKİL 97). Bunda 2,5 cm olan yaklaşık 13 m yüksekliğindeki kurşun borunun üstünde hava sızdırmaz bir cam balon yer almaktadır. Cam balonun içinde, demir bir çekiçe donatılmış çingirak bulunmaktadır. İlk alt tarafı kapatılmış olan boru, üst taraftan suyla doldurulduktan sonra su doldurma deliği bir kalay levha ile lehimlenerek kapatılmış, borunun alt kısmındaki musluk açılarak, suyun inebileceği kadar aşağı inmesine izin verilmiştir. Berti, daha sonra çingirakın çekicini, suyun bulunmadığı bu hacimde bir mıknaş aracılığıyla harekete geçirerek çingiraka çarptırmıştır. Eğer çingirak sesi duyulursa, boru içinde vakum bulunmadığı (ses boşlukta yayılmaz!) ve montaj sırasında bir hata yapılarak sızdırmazlığın iyi sağlanamadığı anlaşıyordu.

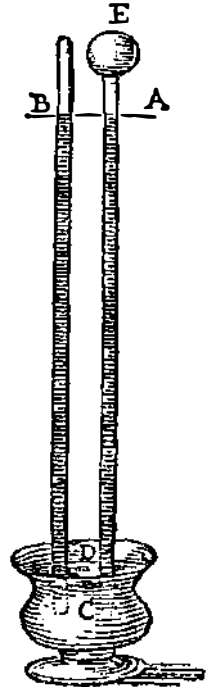
Berti'nin deneyinden yola çıkarak, hava basıncını ve ondaki dalgalanmaları ölçen bir alet olarak barometre şekillenmeye başlamıştı. Galilei'nin bir öğrencisi olan Evangelista Torricelli (1608-1647), 1643 yılında asistanı Vincenzio Viviani (1622-1713) ile birlikte Floransa'da, su yerine civa kullanarak benzer bir deney yapmıştır. Bundaki civa sütunu, civa sudan 13,6 kez daha ağır olduğundan 10,3 m yükseklikteki su sütununun ağırlığına karşılık gelecek şekilde 76 cm yükseklikte idi (ŞEKİL 98, ŞEKİL 99, ŞEKİL 100). Böylece ilk kez civalı barometre geliştirilmiş oluyordu. Bu alet, sulu barometreye göre daha küçük boyutlu ve daha kullanışlı idi. Atmosferi bir tür deniz sayan Torricelli, bu benzeştirmeye dayanarak "hava denizi" dediği varsayımı oluşturmuştur. Buna göre hava da deniz gibi, içindeki cisimler üzerinde basınç etkisine sahiptir.¹⁷



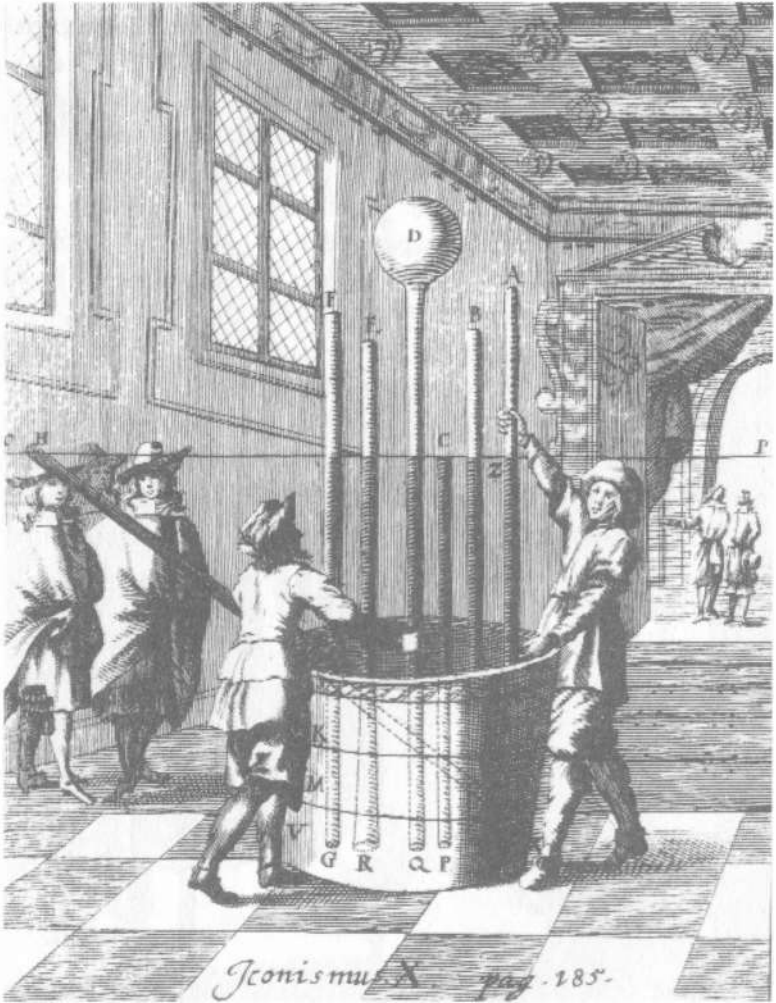
ŞEKİL 97. Gaspare Berti'nin sulu barometresi (~1640) [Gaspar Schott, *Technica curiosa* (İlginç Teknikler), Würzburg, 1664].^{17,59}

O zamanın gözlemlerinden biliniyordu ki bir emme pompası, suyu yaklaşık olarak 10,5 metreden daha yükseğe çıkaramıyordu. Tulumhada su sütunu belli bir düzeyi aşamıyorsa, bunun nedeni, hava basıncının, suyu daha yükseğe çıkarmaya yetmemesinde aranmalıydı. Torricelli şöyle düşünüyordu: “Varsayımım

doğru ise, sudan yaklaşık 14 kez ağır olan civanın, boş tüpteki yüksekliği, ancak 76 cm olmalıdır” ($h = 10,5 \cdot 100 / 14 \approx 76$ cm). Torricelli, barometre sıvısı olarak civa yerine, özgül ağırlığı daha düşük bir sıvı kullanıldığında, sıvının, yoğunluğuyla ters orantılı olarak daha yukarıda duracağını da belirtmiştir.¹³ Torricelli, 1643 yılında Viviani ile birlikte bir deney yapmış, yaklaşık 1 m boyunda, bir ucu eritilerek kapatılmış bir cam boru almış, içine civa doldurmuş, ters çevirerek civa dolu bir çanağa batırmış, civa yaklaşık 75 cm’ye dek düşerek o konumunda asılı kalmış ve ucu kapalı olan borunun üst kısmında bir boşluk (“Torricelli boşluğu”) oluşmuştur. Bu düzenek, ilk barometreyi göstermektedir. Ona göre vakumun kendisi bir kuvvet uygulamamaktadır ve dış atmosferin kuvveti (“*la gravita del aria*”: havanın ağırlığı), boru içindeki civa sütununun ağırlığına denk olan zıt yönde bir dış kuvvet uygulamaktadır. Bu görüş, o çağa göre gerçekten devrimci bir düşünce idi.¹⁰⁶



ŞEKİL 98. Torricelli’nin civalı barometresi.¹³



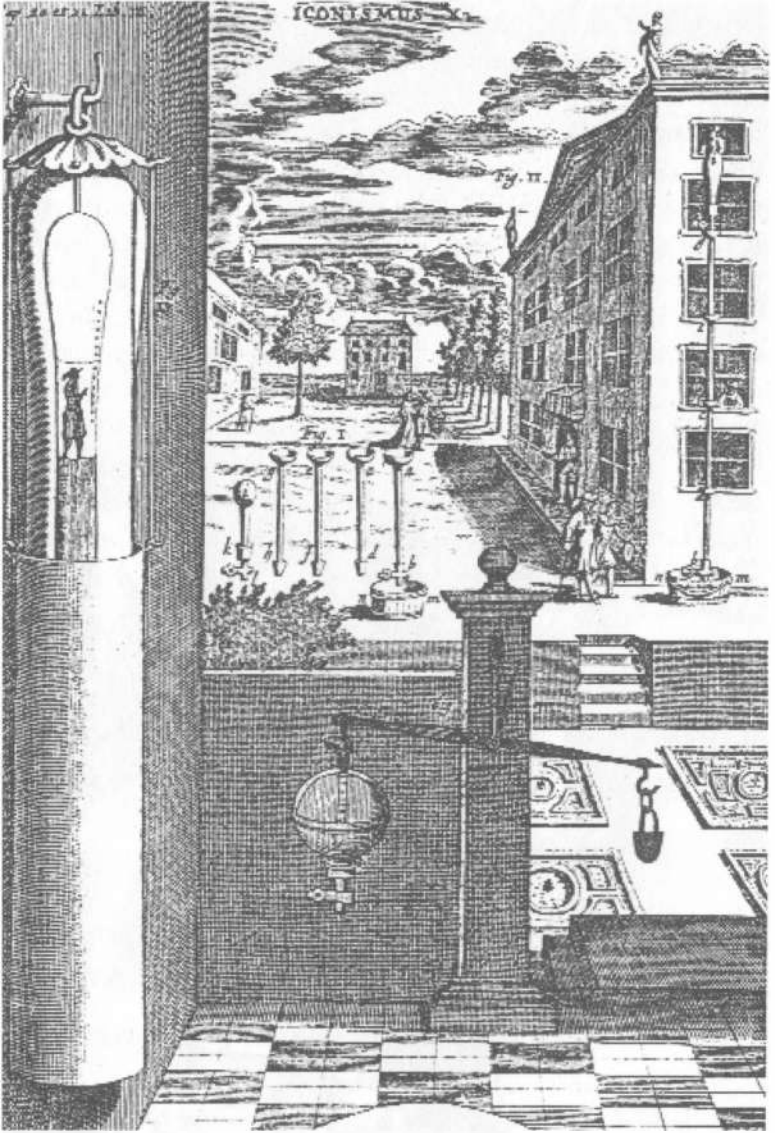
ŞEKİL 99. Torricelli'nin farklı boy ve kesitteki barometrelerle yaptığı deneylerinden biri (Gaspar Schott, Technica curiosa, Würzburg, 1664).⁵⁹

Matematikçi, filozof ve fizikçi Blaise Pascal (1623-1662), olasılıkla tifodan genç yaşta (39 yaşında) aniden ölen Torricelli'nin deneylerini sürdürerek, hava basıncının, ölçüldüğü yerin denizden yüksekliğine bağlı olarak değiştiğini ve yüksekliğe çıkıldıkça düştüğünü kanıtlayan ünlü deneyini yürütmüştür. Pascal 19 Ey-

lül 1648 tarihli ünlü deneyinde, eniştesi ya da kayınbiraderi Florin Périer ile birlikte merkezî Fransa'daki Auvergne'de, biri Puy de Dôme Dağı'nın eteğine, diğeri de 1300 m yükseklikteki tepesine iki barometre koyduğunda, dağın tepesindeki barometredeki civa düzeyi, aşağıdakinden 7,5 cm kadar daha düşük bir düzeyde durmuştur. Pascal bu sonucu, *Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs* (Sıvıların Dengesine İlişkin Büyük Deneyin Anlatısı) başlıklı yazısında alaycı bir yorumla şöyle dile getirmiştir: “Doğa, dağın tepesinde, boşluktan daha mı az korkmaktadır?”. Bu durum, atmosfer basıncının, yükseklik arttıkça azaldığını göstermekteydi. Böylece Pascal, basınç değişimlerini ölçen bir barometrenin, dolaylı olarak deniz düzeyinden yukarılardaki yükseklikleri ölçmede de kullanılabileceğini gösteriyordu.^{13,106} Hava basıncı üzerine değerli çalışmalar yapan Blaise Pascal'ın onuruna Uluslararası Birim Sistemi'nde (SI) basınç birimine onun adı verilmiştir [1 Pascal (Pa) = 1 N m⁻² = 1 kg m⁻¹ s⁻²].



ŞEKİL 100. Barometrik deneylerle ilgili başka bir resim (Gaspar Schott, *Technica curiosa*, Würzburg, 1664).⁹⁹



ŞEKİL 101. Otto von Guericke'nin, Magdeburg'daki evinde kurduğu su barometresi ("anemoskop") ile yaptığı, hava ağırlığını ölçme deneyi (~1654): Yaklaşık 10 m yüksekliğindeki su sütununun üzerinde, gösterge olarak ahşaptan küçük bir insan heykelciği ("meteorologocuk") yüzmekte ve bu heykelcik, parmağı ile bir ölçeği işaret etmektedir [O. v. Guericke, Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio, Amsterdam, 1672].¹⁰⁸

İlk barometrelerden birini, hava pompası ile ün kazanan ve uzun yıllar Magdeburg belediye başkanlığını yapan fizikçi Otto von Guericke (1602-1686) 1650'lerde kurarak ev yüksekliğinde çeşitli çaplardaki borulardan oluşan bir su barometresi ("anemoskop") yapmıştır (ŞEKİL 101). Boruya civa yerine su doldurulmuştu ve sıvının üzerinde, bir eliyle hava basıncı değişimini ölçmek üzerinde işaret eden ve şamandıra gibi yüzen, ahşaptan yapılmış küçük bir meteorolog heykelciği vardı. Yaklaşık 10 m yüksekliğindeki su sütununun üzerindeki bu insan heykelciği, parmağı ile bir ölçeği işaret etmekteydi. Heykelciğin parmağı, fırtınalı havalarda ölçeğin alt bölmelerini işaret ediyordu. Buna göre atmosfer olaylarındaki değişimler, barometredeki su düzeyinde değişimlere yol açıyor ve bu olgu, "hava tahminine" olanak veriyordu.¹⁰⁷

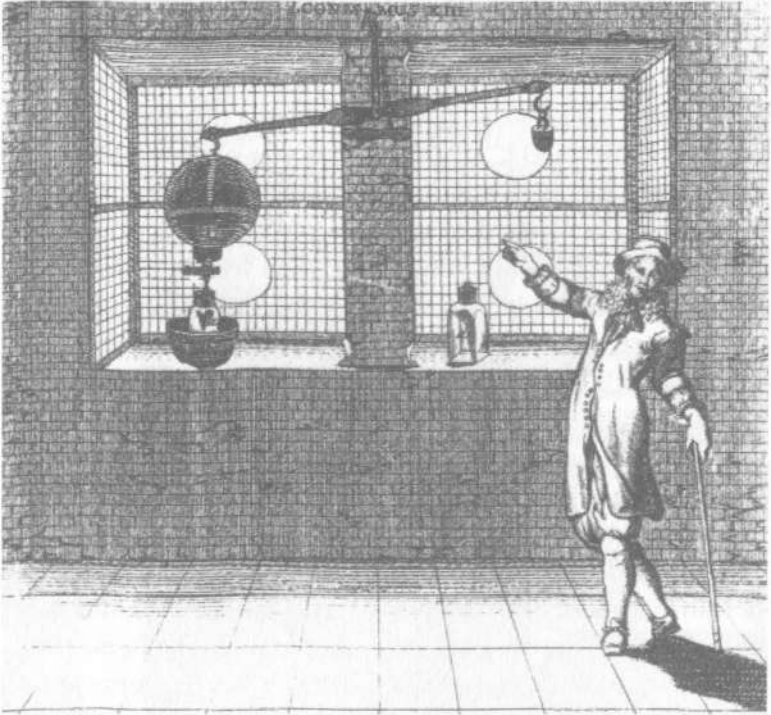
17. yüzyılın parlak bilim adamı olan İrlanda'lı doğa araştırmacısı Robert Boyle (1626-1691), 1665/1666'da Yunanca "*báros*" (ağırlık) ve "*métron*" (ölçü) sözcüklerinden hareketle "hava ağırlığını ölçen alet" anlamına "barometre" terimini kullanıma sokmuştur. Boyle, Torricelli barometresinden ayrı bir kurgulama olarak borunun açık ucunu U-şeklinde büküp yukarı kıvrarak "sifon borusu" denilen ve günümüzde de hâlâ kullanılan bir barometre türü geliştirmişti.

Kap şeklindeki basit barometrenin yanı sıra daha sonraları Jean Nicolas Fortin'in (1750-1831) ve Joseph-Louis Gay-Lussac'ın (1778-1850) şamandıralı barometreleri çok tutulmuştur. Bunda civa dolu kaba, ikinci bir kol bağlanmıştı.

Günümüzde evlerde civalı barometreler yerine, bükülmemeli membran manometreler kullanılmaktadır. Bunlarda basınç verisinin yanı sıra, hava için "Güzel-Kararlı-Yağmurlu-Fırtınalı" gibi yazılar da okunmaktadır. Bu durum bilimsel olmayıp çeşitli yanlışlıklara yol açabilmektedir. Çünkü bir yerde fırtınanın kopacağı, egemen olan hava basıncının dışında başka etmenlere de bağlıdır.¹⁰⁹

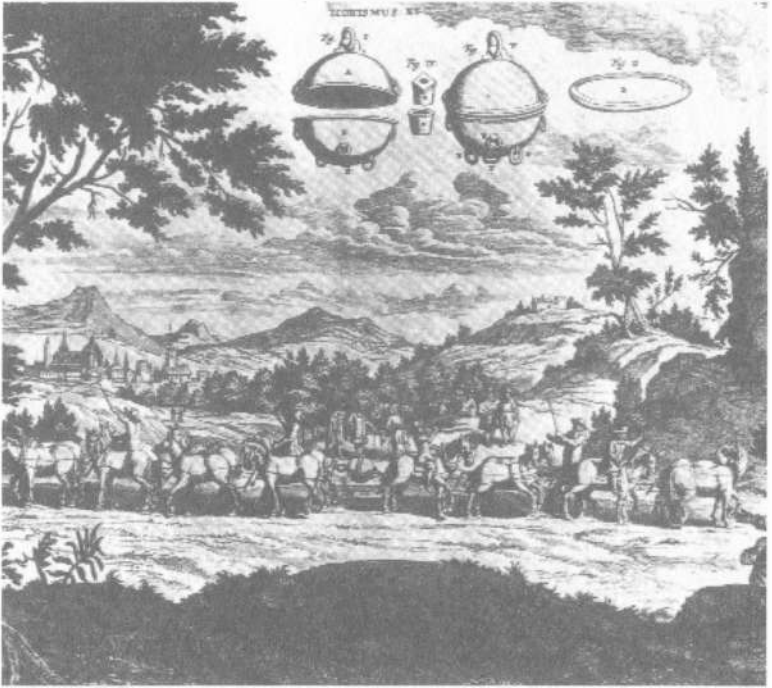
Otto von Guericke (1602-1686) ve Boşluk Üzerine Deneyler

Alman mühendis ve Magdeburg Belediye Başkanı Otto von Guericke, 1654'te ilk kez bir hava pompası yardımıyla boşluk elde etmek üzere deneylere girişmiş, havanın diğer maddeler gibi bir ağırlığı olduğunu ve basınç uyguladığını saptamıştır (ŞEKİL 102). Ünlü “Magdeburg Yarımküreleri”

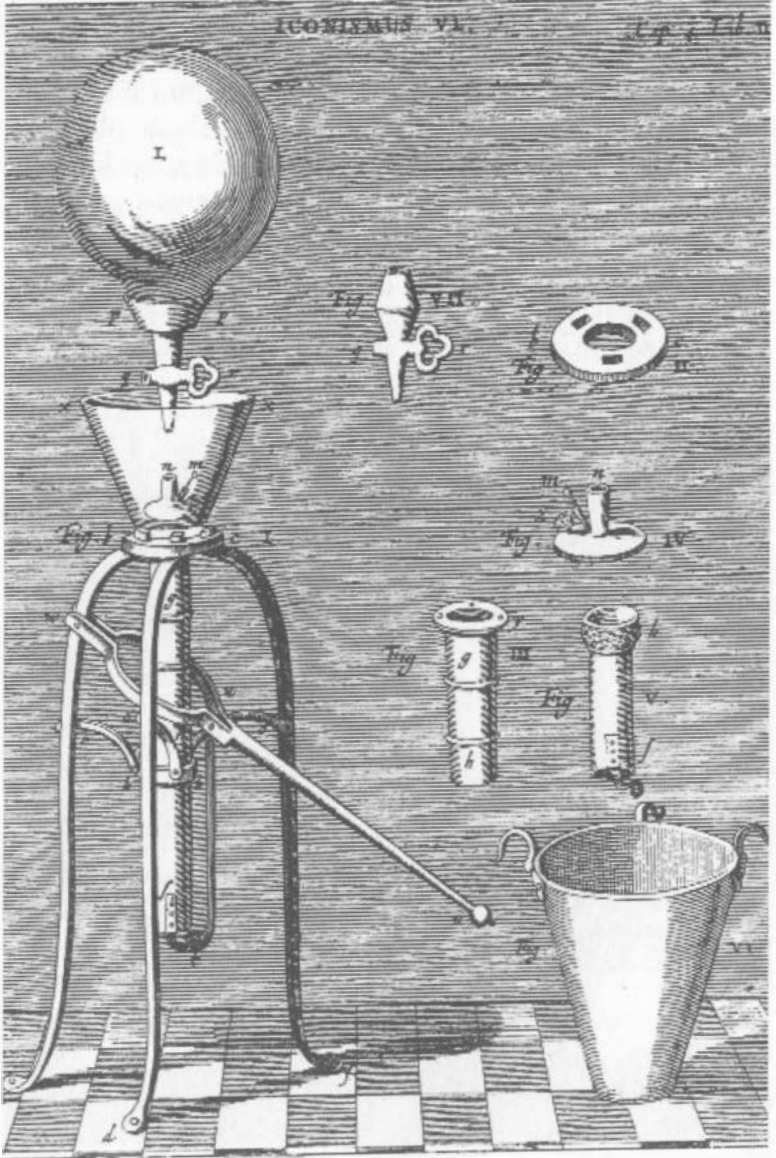


ŞEKİL 102. Hava basıncının kuvveti: Otto von Guericke bu deneyde, öncelikle havanın bir ağırlığı olduğunu göstermiştir. Terazinin sol kefesindeki cam küre, hava ile dolu haldeyken ve boşaltıldıktan sonra tartılarak ağırlıkları arasındaki farktan, kürenin içerdiği havanın ağırlığı bulunmuştur. Bu deneyde hava ile dolu olan dört köşe bir şişe, boşaltılmış cam kürenin dibindeki bir musluğa bağlanmıştır. Musluk açıldığında hava, dört köşe şişeden hızla cam kürenin içine doğru dolar ve şişe kırılır. Şişe dört köşe olduğu için, içerdiği havanın bir kısmını küreye verir vermez kendi çevresini kuşatan dış hava basıncı kuvvetiyle içe doğru kırılır. Oysa küre, içindeki hava boşaltılsa bile dış hava basıncına direnerek kırılmaz, çünkü onun şekli küresel olup her yönden eşit kuvvetlerin etkisi altındadır [O. von Guericke, *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*, Amsterdam, 1672].²⁶

deneyini 1657 yılında Kutsal Roma İmparatoru III. Ferdinand (1608-1657) ve dönemin soyluları önünde sergilemiş, daha sonra 1663'te Berlin'deki sarayda da yinelemiştir (ŞEKİL 103, ŞEKİL 104, ŞEKİL 105). Ünlü deneyi için yaklaşık 50 cm çapında, birbiri üzerine kapatılmış, tunçtan iki yarımkürenin, sızdırmazlığı sağlandıktan sonra, bir hava pompası yardımıyla iç kısımda boşluk oluşturulmuştur. Her iki yanda sekizlerden 16 at koşulmuş olmasına karşın, atlar, dışardan bir musluk yardımıyla içeri hava bırakılıncaya kadar yarımküreleri birbirinden ayıramamışlardır. Bilime yaptığı katkılardan ötürü Magdeburglular, von Guericke'yi 35 yıl süreyle belediye başkanlığı görevinde tutmuşlardır.¹³



ŞEKİL 103. Otto von Guericke'nin ünlü "Magdeburg Yarımküreleri" deneyi (1657): Yarımkürelerin teknik ayrıntıları, doğal sahne içinde grafiksel açıdan "UFO"ları andırmaktadır [O. v. Guericke, *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*, Amsterdam, 1672].



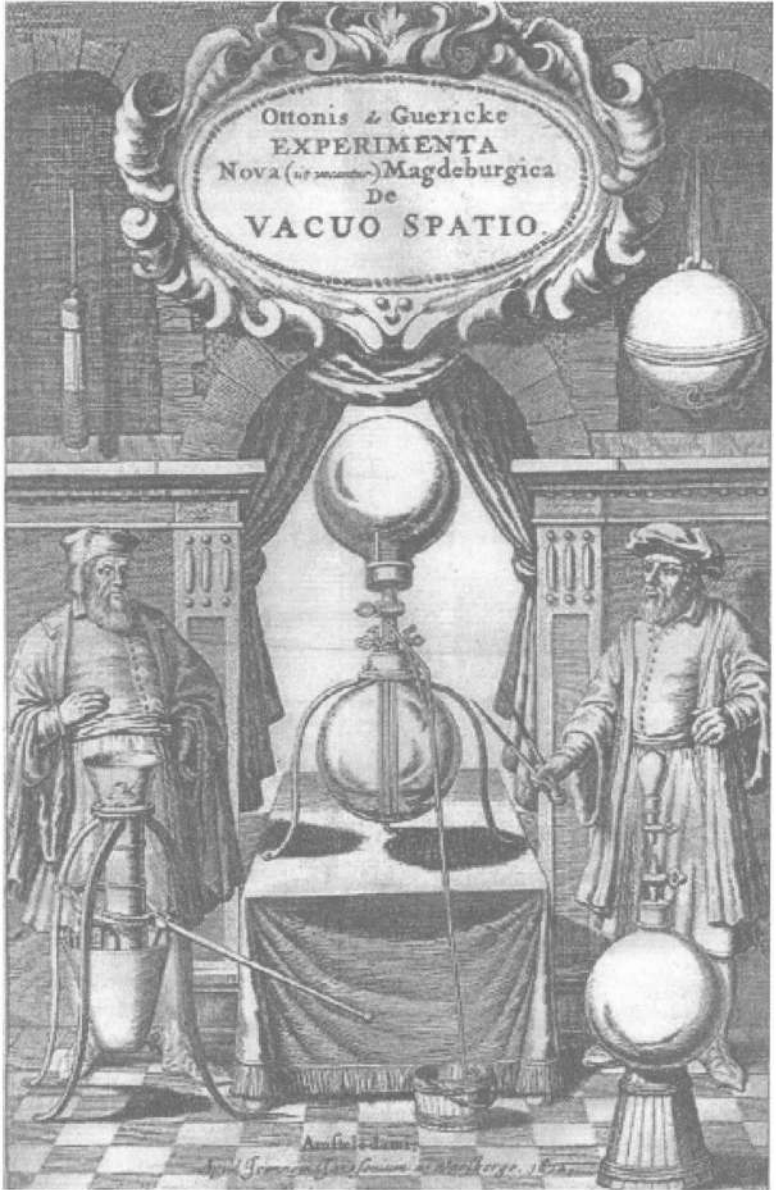
ŞEKİL 104. Magdeburg'da (1657) ve Berlin'de (1663) halka yönelik vakum deneylerinin gösterilmesinde Otto von Guericke tarafından kullanılan "üçüncü türden", taşınabilir bir hava pompasının ayrıntısı [O. von Guericke, Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio, Amsterdam, 1672].^{106,110}

ŞEKİL 105. Otto von Guericke'nin 1663'te yaptığı ve hava basıncının gücünü sergilediği ünlü Magdeburg yarımküreleri ve hava pompasının özgün gereçleri (Deutsches Museum, Münih).



Von Guericke, boşluk konusunda yaptığı bir dizi deneylerini, *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio* (Boş Uzak Üzerine Yeni Magdeburg Deneyleri) adı altında 1663'te kaleme almış ve son derece etkileyici güzellikte ilginç resimler ve açıklamalar eşliğinde 1672'de Amsterdam'da yayımlatmıştı (ŞEKİL 106 - ŞEKİL 110).

Benzer konulara merak saran ve Guericke ile birlikte çalışan Gaspar (Kaspar) Schott'un (1608-1666) *Mechanica hydraulio-pneumatica* (Su ve Hava Gücü ile Çalışan Mekanizmalar) (1657) adlı eserinde, Kircher'in Roma'da kurmuş olduğu müzedeki hidrolik ve pnömatik aletlerin kısa anlatımları yer alır. Ancak, bir müze rehberi niteliğindeki bu eserin önemi, ek kısmıdır. Ek kısımda Gaspar Schott, Guericke'nin deneylerinin en erken yayımlanmış raporu niteliğinde olmak üzere, onun boşluk konusundaki deneyleri üzerine ayrıntılı bilgiler vermiş, ünlü Magdeburg yarımküreleri deneyini anlatmış, ayrıca Guericke'nin izniyle bu deneye ilişkin ünlü dramatik çizimi de buraya koymuş ve bu resim,



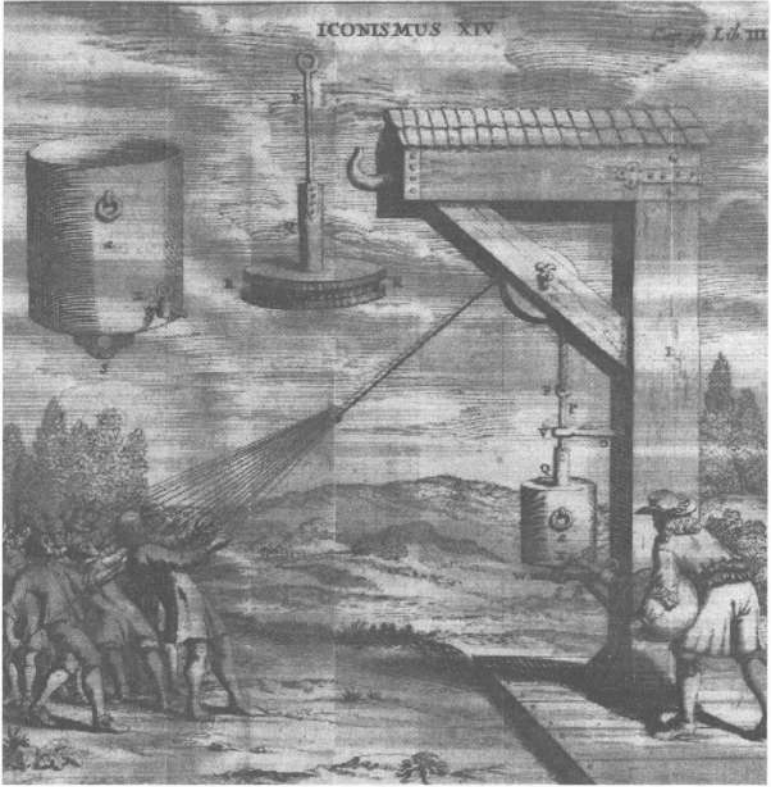
ŞEKİL 106. Otto von Guericke'nin Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio (Vakum Uzayı Üzerine Yeni Magdeburg Deneyleri) (Amsterdam, 1672) adlı eserinin kapak sayfası resminde, boşluk üretimi sahnesi.

yüzyıllar boyu fizik ders kitaplarında kopyalanarak sergilenmiştir. Guericke ile sık sık yazışan Schott, daha sonra onun deneylerini bizzat yinelemiştir. Würzburg ve Mainz Prensliği Piskoposu Johann Philipp von Schönborn, o kentlerdeki bilginlerin inceleyip yararlanabilmeleri düşüncesiyle, Guericke'nin aletlerini satın almıştır. Gaspar Schott'un başka bir eseri, *Technica curiosa* (İlginç Teknikler) (Würzburg, 1664) olup bu eserinde sürekli hareket makineleri ve benzeri düzenekler hakkında bilgiler vermiştir.



ŞEKİL 107. Otto von Guericke'nin 1. türde hava pompası ile en erken deneyleri (1646-1654):

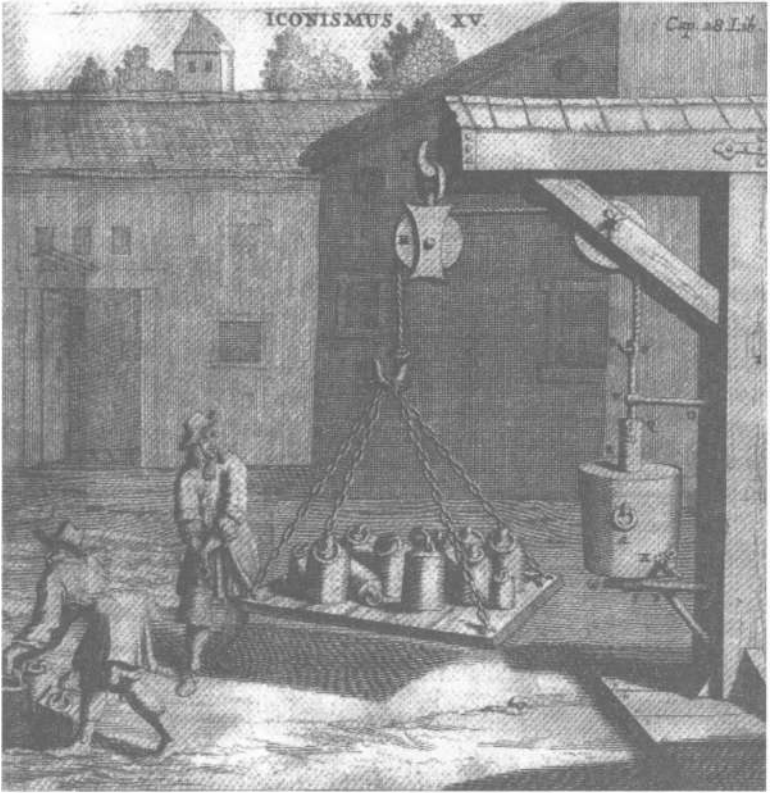
Üste: Suyu, bir bira fiçisinden dışarı pompalama: Von Guericke, ilk denemelerinde ağızına kadar suyla doldurulmuş ve sızdırmazlığı sağlanmış ahşap fiçi kullanmıştır. Burada fiçinin içindeki su, bir piston kolu yardımıyla dışarı çekilmeye çalışılmakta ise de, ahşap fiçinin görünümünden, sızdırmaz olmayacağı kolayca anlaşılabilmektedir. Alta: Havayı, bir bakır küreden ("cacabus") dışarı pompalama: Başansız denemelerden sonra von Guericke, içi boş bir bakır küre kullanmaya başlamıştır. Bu kürenin, içindeki hava boşaltıldığında, içe çökmeyecek denli sağlam çeperli olduğu anlaşılmıştır [G. Schott, *Technica curiosa*, 1664; O. v. Guericke, *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*, Amsterdam, 1672].^{106,110}



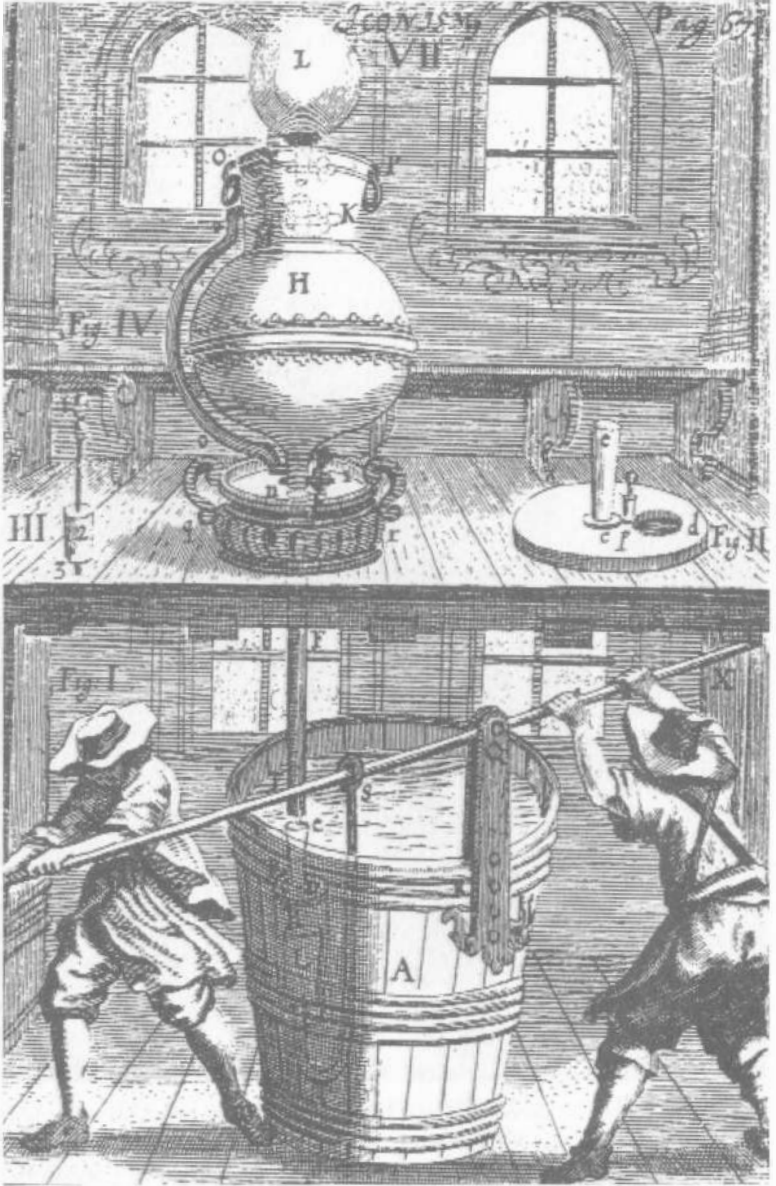
ŞEKİL 108. “Magdeburg Yarımküreleri” deneyinin bir çeşitlemesi olarak Otto von Guericke’nin 1654’te Rattisbon’da yaptığı, atmosferik basınç kuvvetine ilişkin pnömatrik bir deneyi: Sağdaki adam, hava sızdırmaz bir silindiri boşaltarak bunun içindeki hava sızdırmaz pistonu aşağıya doğru çekerken, karşı taraftaki 30-40 adamın ipler aracılığıyla zıt yönde çekmesine karşın, silindir içinde oluşan hava boşluğu, pistonu silindir içine, aşağıya doğru çekmekte ve sonuçta kalabalık grup başarısız kalmaktadır [O. v. Guericke, *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*, Amsterdam, 1672].⁵⁴

Schott’un bu yayınları, Robert Boyle’un çalışmalarını ve bir hava pompasını gerçekleştirmesini güdülemiştir (ŞEKİL 111).¹¹¹ Vakumda damıtma tekniğini de geliştiren Boyle, 1672 yılında yayımlanan *A Collection of Tracts upon the Relation between Flame and Air* (Alev ile Hava Arasındaki İlişki Üzerine Bir Kitapçıklar Derlemesi) adlı kitabında yaşamın ve yanma olayının vakumda gerçekleşmediğini açıklamış, daha son-

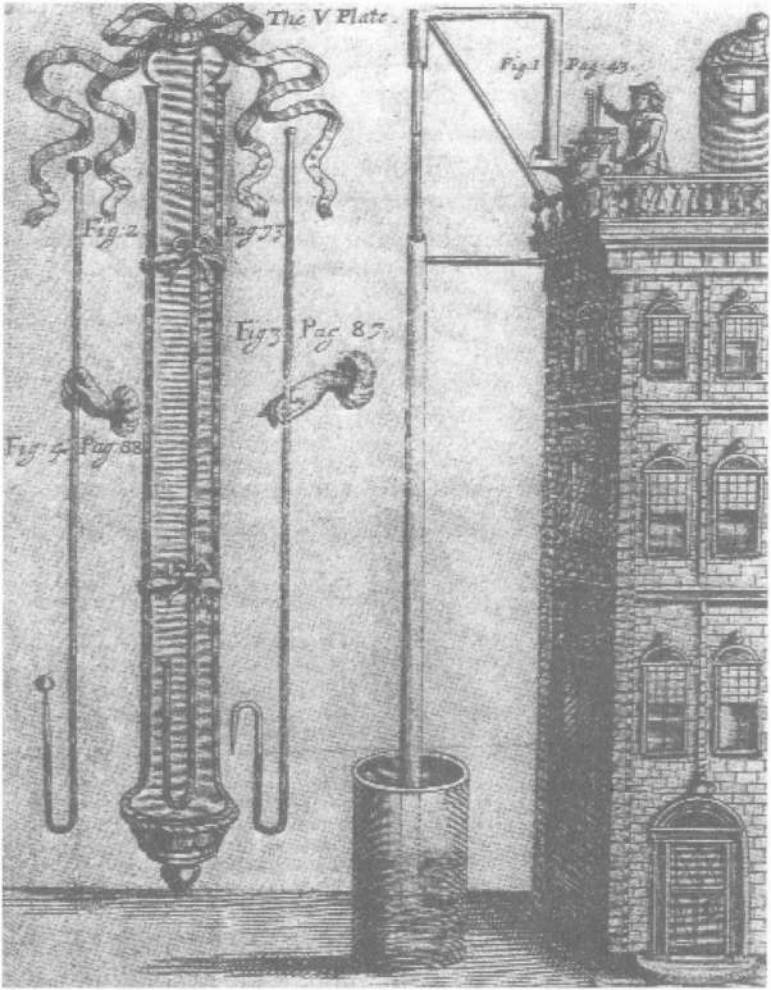
ra gelişmiş bir hava pompası icat etmiş ve bununla pek çok kimya deneyi yapmıştır. Onun asistanlıklarını Denis Papin (1647-1714) ve Robert Hooke (1635-1703) yapmıştır. Papin, kendisinin “*digester*” (sindirici) adını vermiş olduğu buhar basınçlı ve emniyet-supaplı tencereyi (“Papin tenceresi” / “düdüklü tencere” / “hızlı tencere”) (1681) bulan kişidir. Hooke, diğer buluşlarının yanı sıra, esneklik kuvveti yasasını keşfeden büyük bir deneyci bilim adamı idi.



ŞEKİL 109. Bir önceki resmin çeşitlemesi olarak, iş yapan hava basıncı: Von Guericke, 1661'de içi boşaltılan bir silindirin aşağısına doğru çekilen bir pistondan, iş elde etmede yararlanılabileceğini (örneğin ağırlıkların kaldırılabileceğini) göstermiştir. Bu deney, Denis Papin'e buhar silindiri ve atmosferik buhar makinesinde esin vermiş, daha sonra da atmosferik yanma motorlarının yolunu açmıştır [Otto von Guericke'nin *Experimenta nova* (ut vocantur) *Magdeburgica de vacuo spatio* (Amsterdam, 1672) adlı eserinden].⁶⁷



ŞEKİL 110. Otto von Guericke'nin ikinci kata sıvı pompalamaya yetecek, 2. türde hava pompası (1654-1663) (G. Schott, *Technica curiosa*, Würzburg, 1664).¹¹⁰



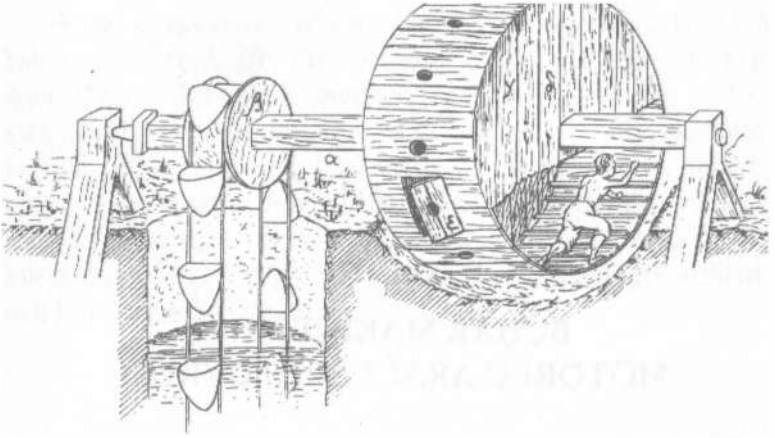
ŞEKİL 111. Robert Boyle'un sifonlu barometresi ve sulu barometresi: Boyle, 1660'lardaki deneylerinden birinde dört katlı bir tuğla evin dışına geniş bir su borusu bağlamıştır. Borunun üst tarafındaki bir bölümü daha dar bir cam boru olup, böylelikle onun içi gözlenebilmektedir. Borunun dip kısmı su dolu bir varilin içine daldırılmış, tepesine ise bir vakum pompası bağlanmıştır. Pompa çalıştırıldığında, su, boru içinde yükselmeye başlar; aşağıda duran bir yardımcı, gerekirse varilin içine su ekler. Ne kadar uzun süre ve güçlü bir şekilde pompa ile vakum yapılırsa yapılsın, su, boru içinde yalnızca 30 feet (~10 m) kadar yükselecektir. Bu deney, bir vakum pompası yardımıyla suyun çekilebileceği yüksekliğin, çevre havasının basıncıyla sınırlı olduğunu göstermektedir [R.Boyle, A Continuation of New Experiments Physichomechanical Touching the Spring and Weight of the Air (Havanın Sıkışabilirliği ve Ağırlığına İlişkin Yeni Fizikomekanik Deneylerin Devamı) (Oxford, 1669)].^{26,108}

Kesin olarak hava sızdırmaz bir düzenek kurarak çok iyi bir vakum üretilmesi, 19. yüzyıla dek güç olmuştur. Bir cam tüp içinde “güçlü” bir vakum üretmek, 1854’te başarılmış ve bu başarı, X-ışınlarının, elektronun ve dolaylı olarak radyoaktifliğin keşfine yol açmıştır. 20. yüzyılın ilk yarısında vakum tüpleri, radyo ve televizyonu, bilgisayarları ve öteki elektronik düzenekleri güçlendirmiş ve transistörler ve elektronik devre öğeleri olarak yongalar (İng. “*chip*”, çip) gibi katı-hal gereçleri geliştirilene dek kullanımda kalmışlardır.³

BUHAR MAKİNESİ VE MOTORLU ARAÇLARIN ÖYKÜSÜ

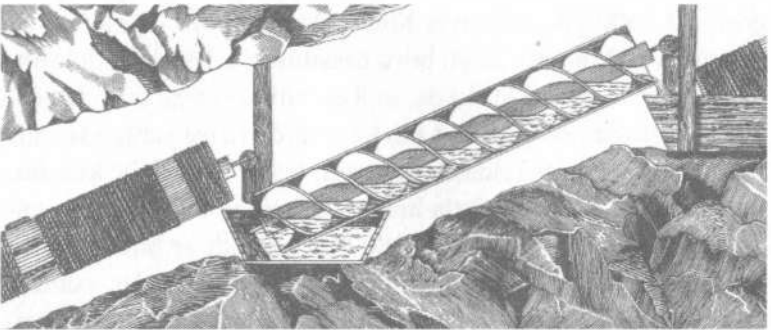
Kas Gücünden Buhar Makinesi, Buharlı Gemi ve Buharlı Lokomotif

Yunan ve Roma Antikçağı ve kısmen de daha geç dönemler, kölelik kurumu ile karakterize edilmektedir. Mezopotamya'da da köle emeği önemli bir rol oynamış, Mısır'da piramitlerin inşasında özgür çiftçilerin bedensel gücünden bile yararlanılmıştır. Piramitlerin inşası, her yılın Nil taşkınları süresince üç ay boyunca sürdürülmüş, işçiler bundan ücret almışlar, yiyecekleri ve tıbbî bakımları ülke yönetimince sağlanmıştır. Halikarnassos'lu (Bodrum'lu) Herodotos'un (Herodot) (~ İÖ 484-426) verdiği bilgilere göre, İÖ 2500 yılı dolayında Khufu (Yun. "Keops") piramidinin inşasında 100 bin işçi 20 yıl boyu çalışmıştır. İÖ 430 yılı dolayında Atina kent devleti Attika'da, toplam nüfusun üçte birinden çoğunu oluşturan yaklaşık 115 bin köle vardı. İtalya yarımadasında İÖ 30 yılı dolayında yaklaşık beş özgür kişiye karşılık üç köle bulunmaktaydı. Roma'da Ostia limanı ile birlikte İÖ 5 yılı dolayında 850 bin nüfusun, yaklaşık 280 bini köle idi ve buna göre de her iki özgür kişi başına bir köle düşüyordu. Köleler yalnızca atölyelerde, imalat işyerlerinde, tarımda kullanılmıyor; taşımacılıkta, kadirgallarda kürek çekmek için ve yük kaldırmada da kölelerden yararlanılıyordu. Su sağlama tesislerinde kovalar zinciri, ayaklı çarklarda köle gücüyle çalıştırılıyordu (ŞEKİL 112). Ayaklı

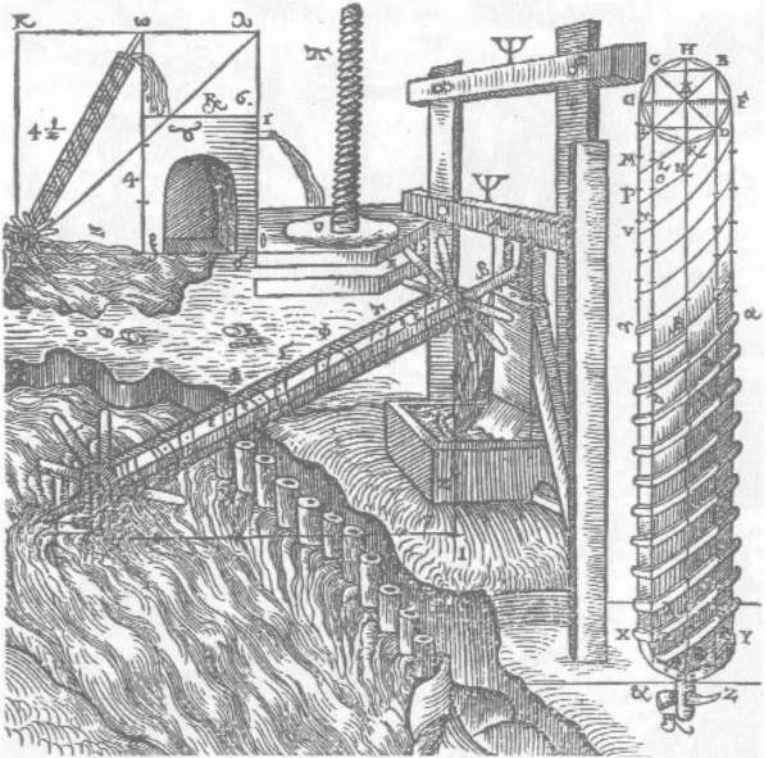


ŞEKİL 112. Kovalar zincirini çalıştırmak üzere ayaklı çark [Baron Bernard Carra de Vaux (1867~1950) tarafından yapılan temsili resim; Le livre des appareils pneumatiques par Philon (Philon'un Pnömatik Aygıtlar Kitabı), Paris, 1902].¹¹²

çarklar, Roma maden ocaklarından suyu uzaklaştırmada da kullanılıyordu (ŞEKİL 113, ŞEKİL 114). Bir erkeğin çalışması, 1/8 Beygir Gücü'ne (BG) (İng. "Horsepower", HP) denktir. Buna göre 100 Beygir Gücü'nde bir arabaya, 800 köle gücü eşdeğer olmaktadır. Bu bağlamda köle kas gücünün varlığının, doğadaki cansız enerji kaynaklarından yararlanmayı ve makinecilik biliminin gelişmesini geciktirdiğinden bile söz edilmektedir.¹¹²



ŞEKİL 113. İS 200 yılı dolayında İspanya'daki bir Roma gümüşlü kurşun madeninde 210 m derinden su çıkaran bir Arkhimesdes burgusu: Yaklaşık 5 m uzunluğundaki burgular, ayaklı çarkla döndürülüyordu (arkeolojik bulgulara göre teknoloji tarihçisi Friedrich Klemm'in çizimi, 1954).¹¹²



ŞEKİL 114. Walter Ryffe göre, Arkhimesdes burgusunun çalışma ilkesinin betimi [Der furnembsten notwendigten der gantzen Architectur angehörigen Mathematischen und Mechanischen künst eygentlicher Bericht und vast klare verständliche Unterrichtung zu rechtem verstandt der lehr Vitruvij... (Vitruvius Kaynaklı En Öncelikli ve Zorunlu Tüm Mimarlığa İlişkin Matematiksel ve Mekanik Sanatların Özgün Raporu...) (Nürnberg, 1547)].²¹

Su çarkı ve rüzgâr çarkı gibi hareket sağlayan makinelerin Ortaçağ'ın ikinci yarısında devreye girmesi, insan ve hayvan kas gücünün yerine tümüyle geçemediyse de en önemli enerji kaynakları oldular.

Bu görünüm, Rönesans'ta fiziğin bir dalı olan dinamik biliminin gelişmesinin uzantısında geç dönemde çok sayıda küçük elektrikli makinelerin devreye girmesiyle kökten değiştiyse de küçük işletmelerde kas gücü, 19. yüzyıla dek en ucuz ve çok yönlü bir uygulama olarak kullanılmayı sürdürdü.¹¹³



ŞEKİL 115. Maden alanında pompa tesisleri (üstte) ve bir su çarkının enerjisini oldukça uzak mesafedeki iki ayrı maden ocağı pompasına iletmeye kullanılan sııklı kuvvet iletim sanatı (altta) [Georg Engelhardt von Löhneyss, Bericht vom Bergkwerck (Madencilik Üzerine Rapor), Zellerfeld, 1617].^{13,114,115}

17. yüzyıla gelindiğinde madencilikte kuyu suları ile savaşımında uygulanan ilginç bir yöntem, “sııklı manivela sistemi” idi (ŞEKİL 115). Bu amaçla birkaç kilometreye varacak kadar uzunlukta, sııklardan oluşan bir manivela sistemi kuruluyor, su çarkının dönme hareketi, bir sıığın ileri-geri hareketine dönüştürülüyor ve yukarıdaki pompa istasyonuna kadar iletiliyordu. Bu tür düzenekler hem kurgu bakımından pahalı idi, hem de büyük enerji kayıplarına neden olduğundan verimi düşüktü.¹³

Kömürden ve buhar gücünden yararlanarak insan gücü yerine “ateşten köle” de denilen buhar makinesi gücünün geçirilmesi uğraşında Batı dünyasında yaşanan gelişme ve uygulamalarının zaman çizelgesi şöyle sergilenebilir.¹¹⁶

- İS 80 dolay: Iskenderiye’li Heron’un, buhar makinesinin ilkel bir modeli olarak buharla çalışan döner bir küre olan eolipil’i (“*aeolipile*”) betimlemesi.

- 100 yılı dolay: Yatay düzende su çarklarının Güneybatı Avrupa’da yayılması.

- 900 yılı dolay: Alttan çevirmeli düşey su çarklarının Alp-lerin kuzeyinde yayılması.

- 1000 yılı dolay: İleri-geri hareket için su çarklarında eksantrik milin devreye konulması.

- 1200 yılı dolay: Avrupa’da yel değirmeninin yayılması.

- 1350 yılı dolay: Orta Avrupa’da üstten çevirmeli su çarklarının ortaya çıkışı.

- 1629: Giovanni Branca’nın (1571-1645) “buhar üflemleri” çarkı.

- 1657: Otto von Guericke’nin “Magdeburg yarımküreleri” ile ünlü deneyi.

- 1661: O. v. Guericke’nin bir silindir içindeki piston yardımıyla açık hava basıncının iş yapabilme yeteneğini göstermesi.

- 1673: Christiaan Huygens’in atmosferik barut-motoru ile denemeler yapması.

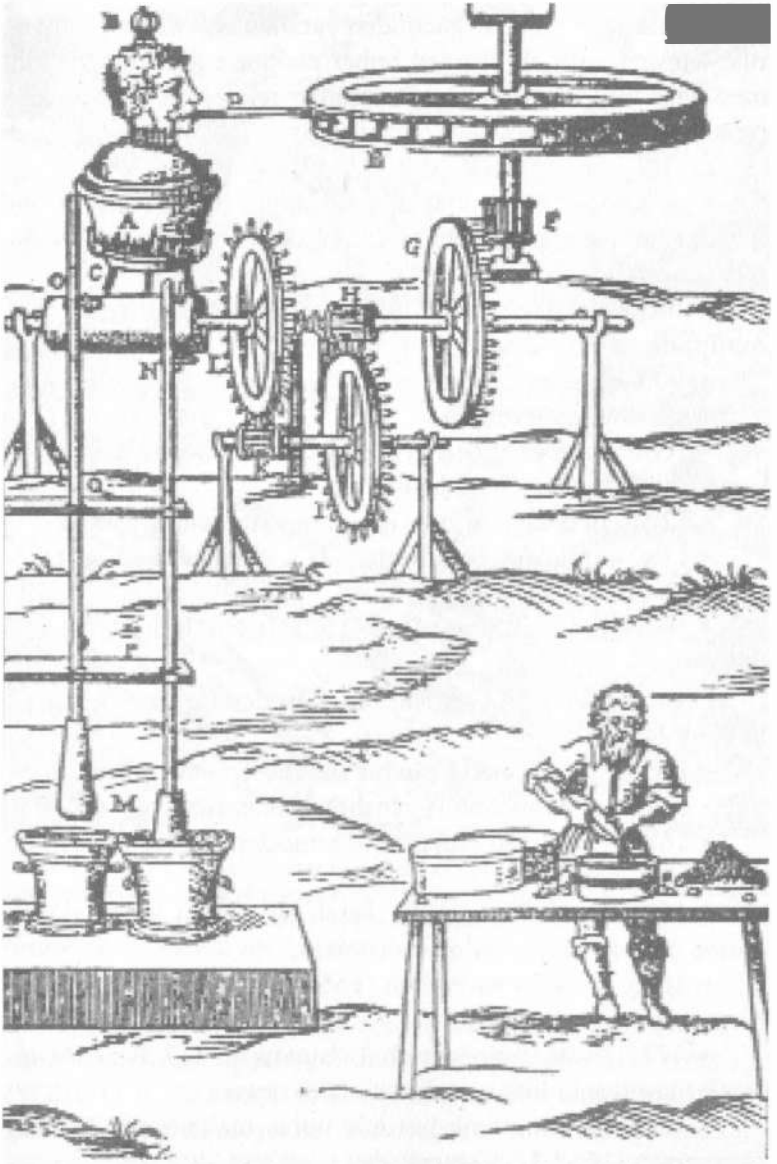
- 1690: Denis Papin’in ilk olarak bir silindir içinde düşük basınç üretmek üzere buhar kullanması.

- 1698: Thomas Savery’nin (1650-1715) pistonsuz bir buhar pompasını icat etmesi.

- 1711: Iwan Iwanowitsch Polsunow’un (1728-1766) atmosferik-pistonlu buhar makinesini önermesi.

- 1712: İlk atmosferik pistonlu buhar makinesinin Thomas Newcomen (1663-1729) tarafından işletmeye alınması.

- 1765: James Watt’ın (1736-1819) 1765’te doğrudan ayrı yoğuşturuculu ve doğrudan etkili (“tek-etkili”) düşük basınçlı buhar makinesini geliştirmesi.



ŞEKİL 116. Bilinen en eski, buhar gücüyle çalışan bir cevher tokmaklama makinesi önerisi: Burada buhar, sol tarafta ateş üzerine konulmuş heykel biçimli su dolu kabın ağzından çıkmaktadır [Giovanni Branca, *Le machine...* (Makineler Kitabı), 1629; Conservatoire des Arts et Métiers, Paris].

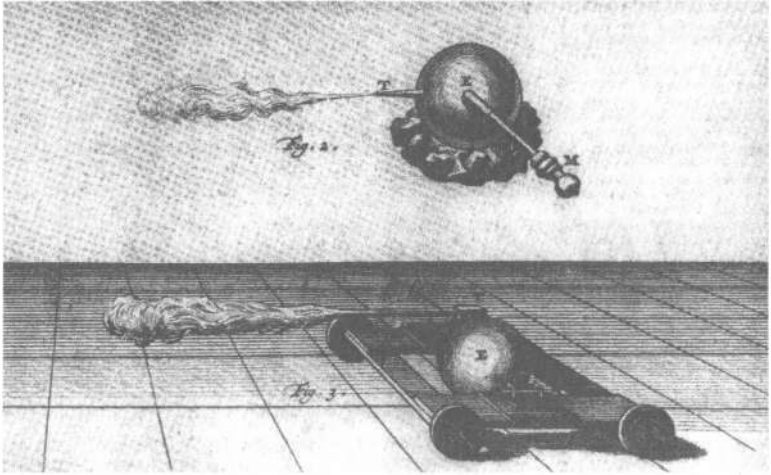
- 1770: Nicolas-Joseph Cugnot'nun (1725-1804) üç tekerli buharlı araba denemesi.
- 1782: James Watt'ın "çift-etkili" ve sürekli dönme hareketli buhar makinesini geliştirmesi.
- 1803: Richard Trevithick'in (1771-1833) buharlı arabayı sergilemesi.
- 1804: Oliver C. Evans'ın (1755-1819) yüzme yetenekli buharlı arabayı sergilemesi.
- 1807: Amerikalı mühendis Robert Fulton'un (1765-1815) bir buhar makinesinin yer aldığı "*Clermont*" buharlı gemisini inşası.
- 1829: George Stephenson (1781-1848) tarafından, ilk buharlı yolcu treni (Liverpool-Manchester arasında).

17. ve 18. yüzyılda su ve rüzgâr enerjisinden bağımsız, ekonomik açıdan kullanışlı ve yüksek verimli ısı makineleri arayışına girilmiştir. Bu amaçla bir makine içinde genişleyen su buharı gücünü yapay olarak üretmek ve bundan yararlanmak, bir teknik devrime yol açmıştır. Endüstri çağı öncesinin enerji kaynakları kas gücü, su gücü ve rüzgâr gücü idi. Köle gücü İngiltere'de 1807'de, ABD'de 1865'te yasaklanmıştır.¹¹⁶

Giovanni Branca'nın (1571-1645), *Le machine...* (1629) adlı eserinde yer alan fantastik kurgulu düzeneklerden birinde, ısıtılan kazandan oluşan buhar gücünün kanatlı çarkı döndürme gücünün dişlilerle iletimi yoluyla çalışan bir cevher ezme makinesi görülmektedir (ŞEKİL 116).

18. yüzyılda Hollanda'da Leiden Üniversitesi fizik profesörü ve Newton fiziği yandaşı olan Willem Jacob's (Gulielmus Jacobus) Gravesande'nin (1688-1742) üniversitedeki dersleri için geliştirdiği deneyler önem taşımaktadır. Gravesande, alet yapımcısı Jan Musschenbroek (1687-1748) ile birlikte zengin ve öğretici, çok sayıda önemli fizik aletleri geliştirmiştir. Gravesande, 1724 yılında Rus Çarı Büyük (I.) Petro (yön. 1682-1725) tarafından St. Petersburg Akademisi'ne davet edilmişse de kabul etmemiştir. Onun geliştirdiği alet ve gereçlerden zengin bir grup, gü-

nümüzde Leiden’de “Krallık Doğa-Bilimleri Tarihi Müzesi”nde korunmaktadır. Gravesande’nin fiziğe temel katkısı, yumuşak bir kil zemin üzerine farklı hızlarla düşürülen pirinç bilyalarla yaptığı deneyden kaynaklanmaktadır. Bir bilya, ilkinde göre iki katı hızla düşürüldüğünde, dört katı derinlikte bir oyuk, üç katı hızla düşürüldüğünde ise dokuz katı derin bir oyuk oluşturuyordu. Bu sonuçları Gabrielle-Emilie du Châtelet ile paylaşmış ve Châtelet, Newton’ın “E (kinetik enerji) = m (kütle) . v (hız)” şeklindeki formülünü “E = m v²” şeklinde düzeltmiştir. Günümüzde denklemin sağ tarafına eklenen 1/2 katsayısı ile birlikte “E = 1/2 mv²” şekli, kinetik enerji formülü olarak kullanılmaktadır. ŞEKİL 117’de Gravesande’nin buhar jetli arabası görülmektedir.¹⁷



ŞEKİL 117. Gravesande’nin buhar jetli arabası: Kürenin içindeki su kaynatılır, bir arabanın üzerindeki kazağa yerleştirilir ve buharın, arabanın gideceği yönün ters tarafından dışarı çıkmasına izin verilir (bakır kazıma resim) [W. J. Gravesande, *Physices elementa mathematica experimentis confirmata sive introductio ad philosophiam Newtonianam* (Doğa Felsefesinin Deneylerle Kanıtlanmış Matematiksel İlkeleri; ya da Newton Felsefesine Giriş), Leiden, 1721].¹⁷

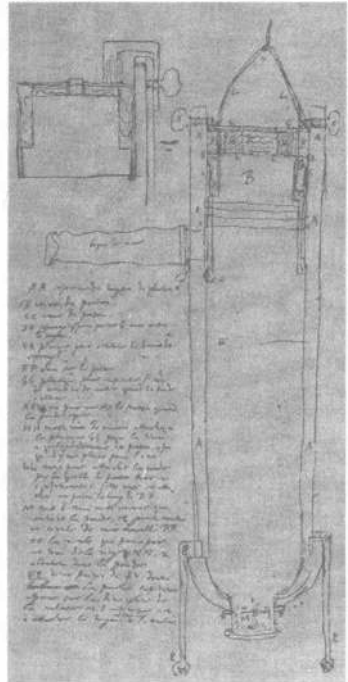
Eski tür enerji sistemleri yerine yeni tür enerji sistemlerinin geçirilmesi modern sanayileşmenin temeli olarak kabul edilmiş, insan emeği yerine makineler geçmiş, bitkisel ya da hayvansal hammadde ve yakıtların yerini ise mineraller ve fosil yakıtlar almıştır.¹³

Atmosferik buhar makinesi, boşluğun (vakum) bilimsel incelenmesinden ve buharın piston altında yoğunlaşmasıyla oluşan alçak basınç ile atmosfer basıncı arasındaki farktan yararlanarak pistonu hareket ettirme düşüncesinden geliştirilmiştir. Pistonun bir yöne doğru olan hareketinin bir gaz ya da buhar basıncı ile ve karşıt yöndeki hareketinin de açık hava basıncı ile sağlandığı makinelere “atmosferik makine” adı verilir.

Atmosferik buhar makinesinin öncüleri, Leonardo da Vinci’nin 1508 tarihli ve Christiaan Huygens’in 1673 tarihli barutlu makineleri idi. Leonardo, ağır cisimleri ateşin gücüyle yukarı kaldırmaya yönelik bir tasarımda bulunmuştur (ŞEKİL 118). Huygens ise, vakum elde ederek bir pistonu hareket ettirmek için, barut patlatmalı bir yöntem araştırmıştır. Huygens 1673 yılında, içten yanmalı motorların erken bir biçiminde küçük bir deney makinesi inşa etmiş, bunun silindiri içinde barut patlatarak vakum üretmiştir. Bunda barutun ateşlenmesi sonucu oluşan yanma gazları tarafından yukarı itilen pistonun, silindirin soğutulması sonucu açık hava basıncının etkisiyle tekrar aşağıya inmesi amaçlanıyordu (ŞEKİL 119). Bunun üzerine Huygens, bu işlemin ardı arkasına gerçekleştirilmesi durumunda bundan, araba ve gemilerin çalıştırılmasında, hattâ uçan araçlarda da yararlanılabileceği öngörüsünde bulunmuştur. Huygens ve öğrencisi Denis Papin, barut patlatmalı buhar makinelerinin deneysel sergilemesini, “Güneş Kral” (“*Roi Soleil*”) XIV. Louis (yön. 1643-1715) döneminin ünlü ekonomi bakanı Jean-Baptiste Colbert’in (1619-1683) huzurunda yapmışlardır. Otto von Guericke’nin vakum deneylerine ve onların sonuçlarına dayanarak Huygens ve daha sonra da Papin, 1690 yılında, tehlikeli bir madde olan baruttan vazgeçerek, bir silindir içindeki bir pistonu, su buharının yoğunlaştırılmasıyla oluşan vakum yoluyla harekete geçirmek düşüncesine vardılar ve bundan hareketle atmosferik buhar makinesini buldular.



ŞEKİL 118. Leonardo da Vinci'nin barutlu atmosferik makinesi (1508 dolayı). Resme eşlik eden yazıda, söz konusu makine için "Per levare un grave col foco" ("Ağır bir cismi, ateş yardımıyla kaldırmak için") denmektedir.³⁷



ŞEKİL 119. Christiaan Huygens'in Fransa Kralı XIV. Louis için Versailles Sarayı'nın bahçelerindeki fışkiyelere su sağlamak amacıyla geliştirdiği barutlu buhar makinesi (Huygens'in çizimi, 1673).

Papin, az yakıtla daha çabuk yemek pişirebilecek bir tencere yapmayı tasarlayarak sonunda buharlı / düdüklü tencereyi bulmuştur. Düdüklü tencerenin yararı, hava basıncının daha düşük olduğu dağlık yerlerde kendini daha iyi belli ediyordu. Dağlık yerde su daha kolay kaynıyor, ama yemeği daha geç pişiriyordu [Marco Polo (1254-1324), ünlü gezi kitabında Pamir Yaylası'nda ateşin yakıcı olmadığını, alışılmış renginden farklı olduğunu ve etleri iyi pişirmedeğini yazmıştır]. Düdüklü pencere içinde biriken su buharı, yüksek basıncı nedeniyle kaynama sıcaklığını ve dolayısıyla oluşan buharın sıcaklığını artırdığından, bu olumsuzluğu gidererek çabuk pişme sağlıyordu.

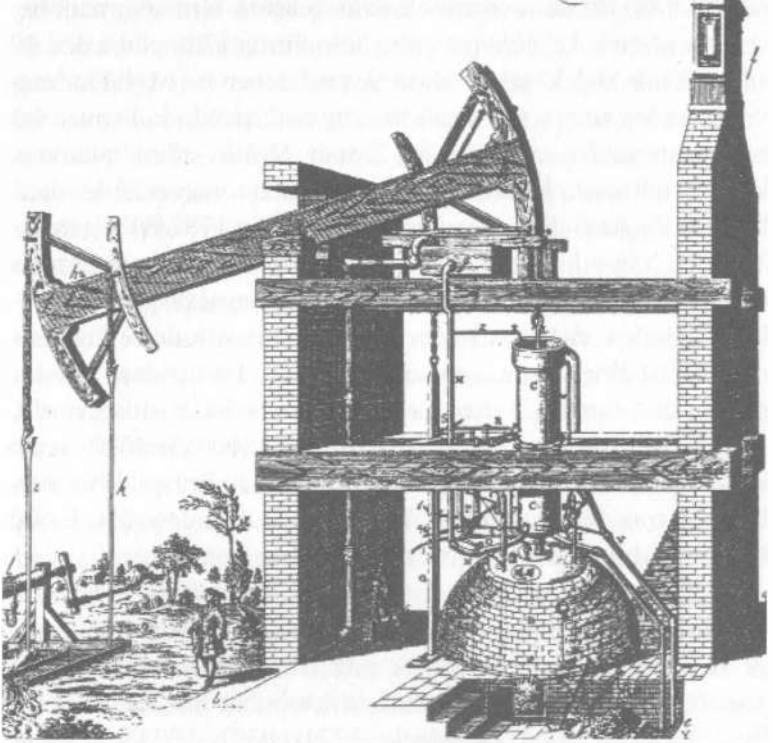
1698-1706 yılları arasında Papin, kazanı silindirden ayrı olan, doğrudan etkili bir buhar pompasının inşası ile uğraştı ve bunu 1706'da işler hale getirdi. Ama sızdırmazlığın iyi olmaması nedeniyle Papin, bu çalışmayı fazla sürdürmemiştir. Papin geliştirdiği buhar pompasını 1707 yılında bir geminin yürütülmesine uygulamaya kalkmışsa da bu ilk buharlı gemi, böyle bir makinenin rekabetinden ürken kayıkçılar tarafından parçalanmıştır. Ünlü bilgin Leibniz de buhar makinesi konusu ile ilgilenmiştir. Bu çabaları, Thomas Savery (1650-1715) gibilerinin buhar pompası ilkesinin iyileştirilmesine yönelik daha başka denemeleri izlemiştir. Savery, 1698 yılında, yine kazanı ile silindiri birbirinden ayrı olan bir buhar pompası icat etti. Bu pompa, su buharının doğrudan etkisi ve üretilen vakumun dolaylı etkisinin karşılıklı olarak gerçekleşmesiyle çalışıyordu. Maden kuyularında biriken suyu dışarı pompalaması düşünülerek "*The Miner's Friend*" ("Madencinin Dostu") diye adlandırılan bu pompa da, orada burada su sağlama işlemi dışında beklentileri pek karşılamadı.

1690 yılında İngiliz demirci Thomas Newcomen (1663-1729) tarafından atmosferik basınç dengeleyicili buhar makinesi geliştirilerek etkili bir buhar pompasının temel modeli, 1712 yılında uygulamaya konmuştur (ŞEKİL 120). Newcomen tarafından geliştirilen bu hantal ve düşük verimli nitelikteki atmosferik buhar makinesi, yine de 1722'de Kassel ve Viyana'daki saray bahçelerindeki fiskiyelere su sağlamada, daha

sonra da Chemnitz yakınındaki Königsberg'deki maden galerilerinde biriken suların boşaltılmasında kullanılmıştır. 18. yüzyıl başlarında kimi maden ocaklarında suyu yukarı çıkartmak için 500 kadar at kullanılıyordu. Newcomen makinesi 1711'de İngiltere'nin Cornwall madenlerindeki kömür ocaklarında kullanılmaya başlayınca, ilk adımda 50 at "işsiz" kaldı. Buradan, kuvvet makinelerinin gücünün ölçüsünü ifade etmede "beygir gücü" (BG) (İng. "*Horsepower*", HP) birimi ortaya çıktı [1 Beygir Gücü (BG): 75 kg'lık yükü 1 saniyede 1 m yükseğe çıkaran güç olup, bir beygirin gücünün, 7-10 insan gücüne bedel olduğu saptanmıştır]. Newcomen makinesi yaklaşık 50 yıl süreyle rakipsiz kaldı. Bu durum, Newcomen'in hantal makinesinin niçin kullanıma girdiğini açıklamaya yeter. Bu makinenin, silindirden ayrı bir kazanı ve büyük bir basınç dengeleyicisi vardı. Bir uçta piston asılı, öteki uçta karşı ağırlık sabitleştirilmiş ve buna pompa kolu bağlanmıştı. İş görse de hantaldı ve enerji verimi (ısıdan iş elde etme oranı) % 1 dolayında idi. Makinenin yüksekliği 18 m, makine çapı 1,8 m, piston kalınlığı 3,2 m idi. Ancak insan ve hayvan gücü kullanmanın yerine, iyi sayılabilir alternatif bir makine idi. Newcomen makinesini öven ünlü bilgin John Dalton (1766-1844), "*ateş, su, hava, sıcak ve soğuğu, bir arada uyumlu hale getiren bu makine yanında Roma akuadüklerinin zayıf kaldığını*" belirtmiştir.^{38,82,116}

Isaac Potter, Macaristan'daki Königsberg'de 1722 yılında "ateş makinesi" adını verdiği sistemi geliştirmiş ve Jakob Leupold (1674-1727), *Theatra* diye bilinen toplu eserinin *Theatrum machinarum hydraulicarum* (Hidrolik Makineler Sahnesi) (Leipzig, 1725) adlı kitabında bu makinenin resmi eşliğinde bundan övgü ile söz etmişken, ne Johann Georg Krünitz (1728-1796), ne de Diderot, ansiklopedilerinde bu buluşun teknik ilerleme açısından büyük önemini fark etmemişlerdir. John Smeaton (1724-1792) tarafından 1765 yılında bu makine üzerinde yapılan iyileştirmeler, makinenin kömür tüketimini oldukça aşağılara düşürmüştür.

The ENGINE for Raising Water (with a power made) by Fire.



ŞEKİL 120. Thomas Newcomen'in atmosferik buhar makinesi (1712).³⁸

James Watt (1736-1819), önce bir Newcomen makinesini incelemiş ve bu makinenin gerçekte “bir buhar yiyici makine” olduğunu görmüştü. 1765'te doğrudan ayrı yoğunlaştırıcılığı ve doğrudan etkili (“tek-etkili”) düşük basınçlı ilk buhar makinesini geliştirerek patentini 1769'da aldı. Buna göre eğer buhar ayrı bir kapta (kondansör) yoğunlaştırılırsa, silindirin bir ısıtılıp bir soğutulması gerekmeyecek ve böylece yakıttan büyük bir tasarruf sağlanabilecekti. Tek-etkili makine, yalnızca pistonu ileri-geri hareket ettiriyor ve örneğin madendeki suyu yukarıya pompalama işini gerçekleştiriyordu. Tek-etkili ilk buhar makinesi 1765'te bir maden ocağında devreye kondu. James Watt daha sonra ma-

kine fabrikatörü Matthew Boulton'la (1728-1809) birlikte "Boulton & Watt" firmasını kurdu ve daha gelişmiş bir buhar makinesini geliştirerek 1776'da patentini aldı. Firma 1780 yılına dek 40 adet "Demir Melek" ya da "Kara Şeytan" denen bu tür buhar makinelerinden üretti. Cornwall maden ocaklarında kullanılan bu buhar makinelerine patronlar "Demir Melek" adını takarken, kendilerini işsizlikle karşı karşıya bırakan bu makinelerden işçiler "Kara Şeytan" diye söz ediyorlardı. Watt'ın 1782/84'te gerçekleştirdiği "çift-etkili" atmosferik buhar makinesi ise, hem pistonu ileri-geri itecek hem de dönme hareketi sağlayacak şekilde hareket ettiğinden, değirmenlerde, tekstil makinelerinde ve diğer sanayi uğraşlarında hızla uygulamaya kondu. Bu makine, Newcomen makinesinin dörtte biri oranında kömür tüketiyordu. ABD'de 1838'de en azından 1400, 1850'da 8600, 1880'de ise 56 bin sabit buhar makinesi, sanai kullanımında idi. Prusya'da ise başlangıç olarak 1840 yılında 11 bin Beygir Gücü'nde yaklaşık 600 buhar makinesi, çeşitli fabrikalarda devreye konmuştu.

Buhar makinesinin devrim yaratan kullanım alanlarından biri de tarım olmuştur. Yeni taşıma aracı olarak buharlı lokomotif ve buharlı otomobil, büyük miktarlarda mal taşımacılığına olanak sağladı. 1798'de yüksek basınçlı buhar makinesini geliştiren İngiliz Richard Trevithick (1771-1833), 1803'te "*Catch-Me-Who-Can*" ("Beni Yakalayın da Görelim") adını verdiği ilk buharlı lokomotifi yürütmüş ve 1811 yılında kendi torna makinesini çalıştırmak amacıyla durağan bir buharlı pulluk niteliğindeki "lokomobil"i inşa etmiştir. Maden ocaklarında kullanılan lokomotifler için başlangıçta kullanılan ahşap rayların yerini zamanla demir ve çelik raylar almıştır. Buharlı lokomotif geliştirilmeden önce vagonlar atlarla çekiliyordu ve buharlı lokomotif geliştirildiğinde, çıkarlarının tehlikeye girdiğini sezen posta arabacıları, buharlı demiryolu taşımacılığına karşı çıkmışlardır. Çelik raylar üzerinde çelik tekerleği döndürerek hareket sağlamada John Blenkinsop (1783-1831) dişli çark sistemini uygularken, George Stephenson (1781-1848), sürtünme-çekişli hareketi seçmiştir. Çalışmaları sırasında Watt'ın çekememesi yüzünden sü-

rekli olarak onun hışmına uğrayan Trevithick'in 1808'de Londra yakınlarında inşa ettiği demiryolunda lokomotif raydan çıkıp devrilerek bozulmuş, onarımı için gereken paraya sahip olmadığından İngiltere'yi terk etmiş ve bu konudaki çalışmalarda öncülük şansı Georg Stephenson'a kalmıştır. Peru gümüş madenlerinin sahipleri Trevithick'i ve makinesini Peru'ya götürmüş, Trevithick orada başarılı çalışmalar yapmış, ancak çıkan karışıklıklar yüzünden Peru'yu terk ederek ülkesine geri dönmüş, daha sonra da sefalet içinde ölmüştür.

Georg Stephenson, 1814'te İngiltere'de maden ocağı yollarında raylar üzerinde lokomotif ve demiryolları inşasına başlamıştır. Montreal'deki St. Lorenz Irmağı üzerindeki 2740 m uzunluğundaki çelik köprü de onun yapıtıdır. Oğlu Robert Stephenson (1803-1859) ile birlikte 1824 yılında dünyanın ilk lokomotif fabrikasını kurmuştur. 27 Eylül 1825 tarihinde onların "*Locomotion No.1*" adlı 8,5 tonluk buharlı lokomotifi, Stockton-Darlington arası 39 km'lik mesafeyi, saatte 15-17 km hızla katederek kimileri malla dolu olan ve 450 kişinin oturmakta olduğu 34.vagonlu bir treni çekmiştir. Stephenson'lar, geliştirilmeye açık bir buharlı lokomotif olan "*Rocket*"i 1829'da geliştirerek demiryolu çağını başlattılar. Liverpool-Manchester arasını 30 yolcu ile saatte 40-50 km hızla kateden bu lokomotif, 7 Eylül 1829 tarihinde Rainhill'deki lokomotif yarışında birinci oldu. "Demiryolu" (İng. "*railway*": "raylı yol", Alm. "*Eisenbahn*": "demiryolu", Fra. "*chemin de fer*": "demiryolu" → Türk. "*şimendifer*": "demiryolu") terimi, 1800 yılı dolayına dek İngiltere'de kullanılmakta olan ahşap raylardan farklılığı vurgulamaktaydı.^{13,116} İlk "istimbot"u (< İng. "*steam*": buhar + "*boat*": gemi) Amerikalılar 1797'de Delaware Nehri'nde sefere koymuştur.

"*May Flower*" ("Mayıs Çiçeği") adlı yelkenli gemi, 1620'de Atlas Okyanusu'nu 67 günde aşarak Amerika'ya ulaşmıştı. Amerika'da ilk buharlı gemi, 1786 yılında John Fitch (1743-1789) tarafından bir çifte, 12 kanatlı-çarklı olarak Delaware Nehri'nde test edilmiştir. Amerikalı mucit Robert Fulton (1765-1815), 1794 yılından beri buhar gücüyle çalışacak ge-

millerle uğraşıyordu. 1800'de "Nautilus" adını verdiği bir denizaltı yapmış ve bu çalışması, ünlü bilim-kurgu yazarı Jules Gabriel Verne'in (1828-1905) *Vingt mille lieues sous les mers* (Denizler Altında Yirmi Bin Fersah) (Paris, 1870) adlı eserine esin kaynağı olmuştur. 1803 yılında Fransa'da Seine nehri üzerindeki buharlı gemisi ile nehir kıyısındaki halk için tehlikeli olabilecek seyrüsefer denemeleri yapan Fulton, Napoléon Bonaparte tarafından azarlanınca küserek ülkesi Amerika'ya döndü, 11-12 Ağustos 1807 tarihinde geliştirdiği 45,7 m uzunluğunda ve çift-etkili düşük basınçlı bir Watt buhar makinesi (20 BG) ile donatılmış olan "*Clermont*" adlı ilk buharlı gemi, Hudson nehri üzerinde bir yukarı bir de aşağı yönde seyretti ve 150 mil'lik (~240 km) New York-Albany yolunu 32 saatte katetti. 1812 yılında Amerikalılar 50'yi aşkın sayıda buharlı gemiyi hizmete koydular. Fulton, 1815 yılında "*Demologus*" adlı ilk buharlı savaş gemisini inşa etti. 19. yüzyıl başlarında Atlas Okyanusu'nun buharlı gemi ile geçilemeyeceği inancı yaygındı. O dönemde devasa büyüklükteki yelkenli gemilerin, yelken açmadan, yalnızca ambarlarında taşıyabilecekleri kömürden sağlayacakları buhar gücü ile Atlas Okyanusu'nu aşamayacağı düşünülüyordu. Bu nedenle ilkin, hem buhar makineli hem de yelkenli, karma gemiler kullanıma girdi. Bunlarda geminin temel yürütücü gücü, yelkenlerdi ve rüzgârın durgun olduğu anlarda buhar makinesi devreye girecekti. Bu bağlamda 1819 yılında yelkenin yanı sıra yardımcı motor olarak buhar makinesi ve ona bağlı olarak çalıştırılan kanatlı dolaplı ("yandan çarklı") "*Savannah*" gemisi, New York limanından kalktı ve buharlı gemi olarak Atlantik'i aşarak İngiltere'de Liverpool'a ulaşan (24 Mayıs-20 Temmuz arasını kapsayan 26 günde) ilk gemi oldu. Yaklaşık 36 m uzunluk ve 8 m genişlikteki "*Savannah*" bu uzaklığı, yelkenli gemilerden altı gün daha fazla bir sürede gerçekleştirmişti; ancak burada, buhar gücüyle donatılmış bir yelkenli gemi söz konusu idi ve bu yolculuk sırasında yelkenlerin kullanılmadığı anlarda buhar makinesi aralıklı olarak, yalnızca toplam yaklaşık 85 saat süre ile çalıştırıl-

dı.¹¹⁶ 1821’de İngiliz teknesi “*Enterprise*” (“Atılım”), İngiltere-Hindistan yolculuğunu 45 günde tamamladı, 1842’de ise “*Dre-ver*” adlı İngiliz buharlı gemisi ilk dünya turunu gerçekleştirdi. Gemi mühendisi Marc Isambard Brunel’in (1769-1849) “*Great Western*” (“Büyük Batı”) adlı gemisi, yalnızca buhar gücü kullanılarak 8 Nisan 1838 tarihinde yolcu ve mürettebattan oluşan 240 kişi ile birlikte İngiltere’nin Bristol limanından yola çıkıp ortalama 16,3 km/saat hızla 15 gün 5 saat süren yolculukla Atlas Okyanusu’nu aşarak New York’a ulaşmış, ardından 1843’te “*Great Britain*” (“Büyük Britanya”) adlı gemi denize indirilmiş, Brunel’in daha sonra inşa ettiği “*Archimedes*” adlı gemide ise, yandan çarklar yerine ilk olarak, daha verimli sonuç veren pervane (uskur) kullanılmıştır.^{41.117} 1840’larda Amerikan gemi yapımcıları boyu eninin altı katı olan “*Clipper*” adı verilen hızlı bir yelkenli gemi türünün inşasını gerçekleştirdiler. “*Clipper*”lar sömürge ülkelerinin mallarını İngiltere’ye ve Kuzey Amerika’ya taşıdı. 19. yüzyıl sonlarında İngilizlerin “*Cunard Line*” ve “*White Star Line*”, Amerikalıların “*America Line*”, Almanların ise “*Hapag*” ve “*Norddeutsche Loyd*” adlı şirketlerine ait gemiler, Atlas Okyanusu’nda düzenli ulaşım seferleri düzenlemeye başlamışlardır. Atlas Okyanusu’nu aşma süresi, 1860’larda 8 güne kadar inmiştir. Ancak 15 Nisan 1912 tarihinde ünlü “*Titanic*” adlı transatlantik, bir buzdağına çarpma sonucu sulara gömülmüş ve 1500 kişi yaşamını yitirmiştir. 1930’larda Atlas Okyanusu üzerinden yolcu taşıyacak hızlı ve konforlu gemi üretimi konusunda İngiltere, Fransa ve Almanya arasında ateşli bir yarış başlamıştır. Bu ülkelerin her biri de Atlantik’i 4 günde aşabilecek “*Normandie*”, “*Queen Elizabeth*” ve “*Queen Mary*” gibi dev gemiler inşa ettiler.³

Gemi yolculuğunun rüzgâra bağımlılıktan kurtarılması henüz gerçekleşmemiştir. Geminin, buhar gücü yardımıyla çalıştırılan kanatlı dolaplarla (“yandan çarklı”) harekete geçirilmesi, bu konuda ilerleme sağladı ve daha sonra da uskur sistemine geçildi. Başlangıçta gemilerin ek olarak yelkenle donatılmasının nedenleri şunlardı:¹¹⁶

- Buhar tekniği henüz tam yerine oturmamış ve buhar makinesine tam olarak egemen olunamamıştı (buhar kazanı patlamaları),

- Buhar makineleri hâlâ ekonomik değildi,

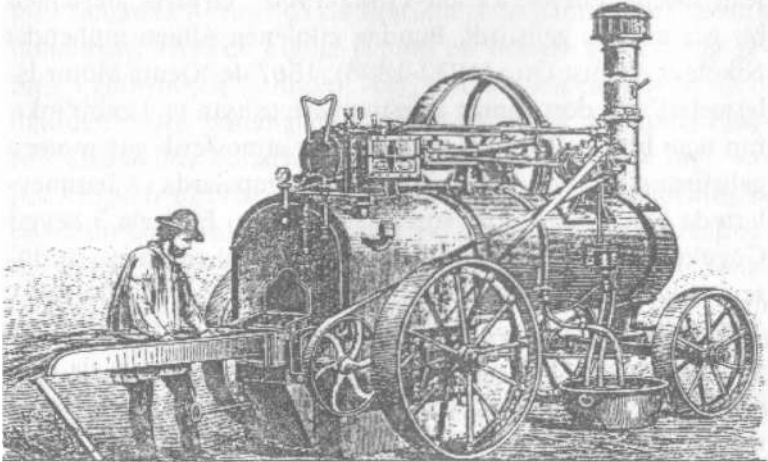
- Uzun sürecek geziler için gerekli olacak aşırı miktardaki kömürün gemide depolanması, en büyük yük sınırı nedeniyle sorun yaratmaktaydı.

Buhar makinesinin uzantısında geliştirilen ve traktörün atası sayılabilecek bir araç, “lokomobil”di. “Lokomobil”, kendi başına yerinden devinemeyen, gerektiğinde bir çekici tarafından yürütülmek üzere tekerleklerle donatılmış olan durağan buhar makinesi niteliğinde çarklı bir araçtı (ŞEKİL 121). Lokomobiller genellikle tarlada kullanılırdı ve bunların yakıtı odun, kuru ot ya da bitkisel artıklardı. Altındaki tekerlekleri yardımıyla tarlaya öküzlerle çekilerek götürülür ve tarla sürme işinde genellikle iki lokomobil kullanılırdı. Biri tarlanın bir ucuna öbürü de diğer ucuna konur, bunların arasına çelik bir halat çekilir ve çelik halata da pulluk bağlanırdı. Bir yandaki lokomobil çalıştırılarak çelik halat çekilir ve halatın ucuna bağlı pulluk tarlayı bir yöne doğru sürer, sonra çelik halat diğer lokomobile bağlanarak pulluk diğer yöne doğru çekilir, bu git-gel işi ardışık olarak sürdürülerek tarlanın tamamı sürülürdü. Bu sistem ülkemizde 20. yüzyıl başlarında özellikle Adana yöresinde kullanılmıştır. Ülkemizde lokomobilden sonra traktöre biraz daha yakın özellikte “oto şarü” (< Fransızca “*auto-charrue*”: otomatik saban) adı verilen başka bir alet kullanılmış, 1918’den sonra ise traktör devreye girmiş, 1920’lerin sonlarında Türkiye’deki traktör sayısı 1500 dolayına ulaşmıştır.⁹⁴

İlk olarak 1769 yılı sonbaharında Fransız askerî mühendis Nicolas-Joseph Cugnot (1725-1804), Fransa kralının buyruğu üzerine, 4 kişi taşıyan ve en yüksek hızı 3,6 km/saat olan küçük bir buharlı araba inşa etti (ilk gerçek otomobil). Üretilen buhar ancak 12 dakikalık bir geziye yetmişti. Bunun üzerine Cugnot 1770 yılında, “*fardier à feu*” ya da “*cabriolet*” diye adlandırılan, üç tekerli ve daha büyük bir ikincisini inşa etti (ŞEKİL 122). Bu arabayı askerî amaçlar için (topların ve ağır yüklerin taşınması için) düşündüğünden, araba 4-5

ton yükü çekebilmeliydi. Ön tarafta tek bir teker ve kocaman bir buhar kazanı, arkada iki teker vardı. Ancak bu da umulan başarıyı getirmedi. Çift-etkili silindir yardımıyla ön tekerden çekişli ve en yüksek hızı 6,4 km/saat olan bu araba, direksiyondaki güçlükler yüzünden yolda düzgün bir seyir gösteremedi ve yapılan bir denemede duruvara tosladı. Bu araba, günümüzde Paris'teki "Sanatlar ve Meslekler Konservatuarı"nda sergilenmektedir. Bunun üzerine bu projeyi finanse eden Fransız savaş bakanı Etienne François Duc de Choiseul (1719-1785), projeyi daha fazla desteklemekten vazgeçti. Buharlı araba üzerinde kısa sürede başkaca bir gelişme sağlanamadı; daha sonra benzin motorunun bulunuşu, bu konuya damgasını vurdu.¹¹⁶

İngilizlerin buhar makinelerinin aynı miktarda yakıtla Fransızlarınkinden daha çok iş görmesi ve daha etkili olması, Fransız genç bilimci Sadi Carnot'yu (1796-1832) üzüyordu. Fransa açısından bu küçük düşürücü ve tehlikeli eşitsizliğe bir çare bulmayı hedefleyen Carnot, yaşamını bu harika makineleri incelemeye adanarak 1824'te "*Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*" ("Ateşin Hareket Ettirici Gücü ve Bu Gücü Geliştirmeye Yönelik Makineler Üzerine") başlıklı önemli makalesini yayımladı.



ŞEKİL 121. "Lokomobil".¹³



ŞEKİL 122. N.-J. Cugnot'nun, günümüzde Paris'teki "Conservatoire des Arts et Métiers"de (Sanatlar ve Meslekler Konservatuvan) sergilenen, ikinci buharlı arabası (1770-71).¹¹⁶

Gaz, Benzin ve Diesel Motorları

1860'da Belçika kökenli Fransız vatandaşı olan mühendis Jean Joseph Étienne Lenoir (1822-1900), elektrik ateşlemeli bir gaz motoru geliştirdi. Bundan etkilenen Alman mühendis Nikolaus August Otto (1832-1898), 1867'de "Deutz Motor İşletmeleri"nde dört zaman ilkesine göre çalışan ve Lenoir'inkinin üçte biri kadar yakıt harcayan bir atmosferik gaz motoru geliştirdi. Otto makinesi, başlangıçta pompalarda ve basımevlerinde olmak üzere kısa sürede yaygınlaştı. En fazla 3 Beygir Gücü'nde olup çok gürültülü çalışıyordu. Çalışmalarını sürdüren Nikolaus August Otto ve Eugen Langen (1833-1895), 1876 yılında, o dönemlerde cadde aydınlatmasında kullanılan ve kömürün koklaştırılması yoluyla üretilen havagazı ile çalışan ilk içten yanmalı dört zamanlı motoru geliştirmeyi başardı. Motorda yakıt olarak benzin (gazolin) kullanımı için gerekli değişiklikleri gerçekleştirmeyi ise 1883 yılında Gottlieb Da-

imler (1834-1900) ile K. Wilhelm Maybach (1846-1929) başardı. Otto'nun dört zamanlı gaz motoru dakikada 150-180 devir yaparken, Daimler'in benzin motoru 900 devir yapıyordu ve bu nedenle taşıtlarda kullanım için uygundu. Benzin motorlu dört tekerli ilk taşıt aracı, hemen hemen aynı zamanda ve birbirinden bağımsız olarak 1885'te Gottlieb Daimler ile Karl Benz (1844-1929) tarafından gerçekleştirildi. Daha sonra Fransa'da Armand Peugeot (1849-1915), çalışır bir araç imal etti ve böylece 1890'larda Avrupa'da otomobil sanayi-i başladı. Daimler-Benz ortaklığı kurulunca, ürünleri pazarlayacak olan Avusturyalı pazarlamacı, onlara bir koşul öne sürmüştü: *"Bu arabalara, kızımın adı ("Mercedes") verilsin"*. "Mercedes" marka ilk otomobil 1902 yılında satışa sunulmuştur. 19. yüzyıl sonlarında ise yakma havasını sıkıştıran ve yakıtı aynı yüksek basınçta kendi kendine tutuşturarak yakan yağ motoru, Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913) tarafından bulundu. Diesel motoru başlangıçta gemi, tramvay ve trenlerde, 1928'den sonra ise uçaklarda bile kullanılmaya başlanmıştır.¹³

Türkiye'de Buharlı Gemi ve Demiryolu

Yapımı ilk kez 1807'de gerçekleştirilen buharlı gemiler, kısa zamanda Avrupa'da da üretilmeye başlanmış ve Osmanlı donanması 1828'de İngiliz yapımı bir buharlı gemi (*"buğ gemisi"*) getirtmiştir (aslında *"buğ"*, duman demektir ve benzerliğinden ötürü başlangıçta *"buhar"* anlamına da kullanılmıştır). Osmanlıda buharlı gemilere genelde *"vapur"* (< İng. *"vapor / vapour"*: buhar, buğu), buhar gücüyle çalışan kuruluşlara ve bunların buhar dairelerine ise *"vapurhane"* adı verilmiştir. Sultan II. Mahmud'un (yön. 1808-1839) saltanat döneminde 1828 yılının 20 Mayıs günü limana gelen *"Swift"* adlı vapur yavrusu, yıllar önce İngiltere'de ahşap bir yelkenli gemi olarak inşa edilmişti. Bu gemi sonradan buhar makinesi takılarak küçük bir vapur haline getirilmiş, beyaza boyanarak adı *"Sûrat"* olarak değiştirilmiş ve padişaha armağan edilmişti. Geminin kaptanı Kelly de mürettebatı ile birlikte padişahın

hizmetine girmişti. Osmanlının bu ilk buharlı gemisine halk, “Buğ Gemisi” adını takmıştı. Padişah II. Mahmud, 1829 yılında bu gemi ile Tekfurdağı (Tekirdağ) gezisine çıkmış, geziden İstanbul’a dönerken gemi lodosa yakalanmış, “*Sûrat*”ın arkasına bağlı olan saltanat kayığı dalgalara karşı koyamayarak batmış, bu arada sultanın elmaslarla süslü şemsiyesi de Marmara Denizi’nin dibini boylamıştır. Ancak kaptan, soğukkanlı ve hünerli bir şekilde geziyi tamamlamış ve madalya ile ödüllendirilmiştir. “*Sûrat*”, önceleri sultanın özel kullanımına ayrılmışken, yararı görüldüğü için daha sonra yıllarca donanmanın gemilerini kötü havalarda Boğaz’dan Karadeniz’e çekmede kullanılmıştır. 1829’da “*Hilton Joliffe*” adlı ikinci bir İngiliz buharlı gemisi satın alınmış ve buna “*Sagir*” adı verilmiştir. Osmanlı tersanelerinde yapılan ilk buharlı gemiler ise, 1837’de “*Eser-i Hayır*”, 1838’de “*Mesir-i Bahri*” ve 1839’da “*Tahir-i Bahri*” dir.^{118,119,120,121} 1850’li yıllarda buhar makineleri, başta değirmencilik olmak üzere sivil alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. İstanbul’un kent içi deniz ulaşımında “Şirket-i Hayriye” vapurları, 1849 yılından sonra etkin rol oynamıştır. Denizcilik tarihinin ilk araba vapurunu, her iki yanında çark bulunur şekilde, 1866 yılında Şirket-i Hayriye’nin müdürlüğüne getirilen Girit’li Hüseyin Haki Efendi ile Mimarbaşı Mehmed Usta tasarlamış, Londra’da yapılarak 1871’de suya indirilen bu araba vapuru, Şirket-i Hayriye’de “*Suhulet*” adı altında kullanıma girmiştir.

Uluslararası sergi geleneğinin başlangıcı olan 1851 Londra Sergisi’ne özenilerek Osmanlı teknolojisinin sergilendiği ilk sergi, 1863’te İstanbul’da açılan “Sergi-i Umumi-i Osmani” (Osmanlı Genel Sergisi) olmuş; başta tarım aletleri olmak üzere buharla çalışan çeşitli aletlerin Osmanlıda ilk kez sergilendiği bu sergiye, buhar makinesinin nasıl işlediğini görmek için çevre yörelerden insanlar akın akın İstanbul’a gelmişlerdir.⁹⁴

19. yüzyılın ikinci yarısında İstanbul’daki tersanede buharlı gemiler ve bu gemiler için buhar makineleri yapılmaya başlanmıştır. Yapım işleri önceleri İngiliz mühendislerce yönetilirken

yüzyılın son çeyreğinden başlayarak bunların yanında yetişen Türkler tarafından yürütölmeye başlanmıştır. Bunlar arasında en önde gelen kişi Bahriye Feriki (Koramiral) Ahmed Besim Paşa'dır (1850-1928). Ahmed Besim Paşa 1873'te Tersane-i Âmire'ye başmühendis olmuş, tersane ve doklarda imal edilecek buhar makinelerinin teknik resimlerini çizerek imalatlarını gerçekleştirmiş ve emekli olduğı 1909 yılına dek bu görevini sürdürmüştür.¹²²

Osmanlı İmparatorluğu döneminde döşenen ilk demiryolu, yapımı 1856-1866 yılları arasında bir İngiliz şirketi tarafından gerçekleştirilen 130 km uzunluğundaki İzmir-Aydın demiryoludur. Bu hat, nüfus bakımından kalabalık olan yörenin ticaret potansiyelinin yüksek olmasının yanı sıra, bölgenin İngiliz pazarı olmaya elverişli olması ve İngiliz sanayiinin gereksinim duyduğu hammaddeye kolay ulaşılabilceğı bir konumda bulunması nedeniyle seçilmişti. İstanbul'a ilk tren 1888'de ulaşmıştır. Almanların Orta Doğıu petrollerine ulaşma planları çerçevesinde onların güdümünde "Bağdat Demiryolu" yapımına başlanmıştır. 1900 yılında başlanan ve 1908'de Medine'ye ulaşan 456 km'lik "Hicaz Demiryolu" ise, Osmanlı teknik olanakları ve parasal kaynakları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Osmanlı döneminde 1856-1922 yılları arasındaki 66 yıl içinde toplam 8434 km demiryolu döşenmiş, ancak Cumhuriyet'in ilanından sonra ulusal sınırlar içinde kalan kısmı bunun yarısı kadar olmuştur. Osmanlı döneminde demiryolu yapım hızı, yıl başına 127 km idi. Cumhuriyet döneminin ilk 15 yılında yıl başına 200 km olmak üzere toplam 3187 km demiryolu döşenmiştir.¹²²

FİZİĞİN İLGİNÇ CEPHELERİNDEN KESİTLER

Nazi Döneminde Fizik; Atom ve Hidrojen Bombaları

Radyoaktif ışınlar vücutta yanık olaylarına yol açıyordu. Biri fizik, diğeri kimya dalında olmak üzere iki kez Nobel ödülü (1903-Nobel fizik ve 1911-Nobel kimya ödülleri) kazanmış olan Marie Sklodowska Curie (1867-1934), uzun yıllar kendi yaramaz çocuğu olan “radyum”la içli dışlı çalışma sonucu aldığı yoğun radyasyonun ürünü olan kansızlıktan ölmüştü. Aynı konularda çalışan ve 1935-Nobel kimya ödülü sahibi olan kızı Irène-Joliot Curie (1897-1956) de aynı kaderi paylaşarak kan kanserinden öldü.

Almanya’da 1933’te başa geçen Naziler, Alman ırkının geleceğini güvenceye almak düşüncesiyle anti-semitizmi (Yahudi düşmanlığı) hortlattılar. 7 Nisan 1933’de çıkarılan "Devlet Memurluğunu Yeniden Düzenleme Yasası" sonucunda komünistler ve Yahudiler işten uzaklaştırıldılar. En az üç kuşak öncesinden beri Yahudi olan ya da iki kuşak öncesinden beri Yahudi olup kendisi de Musevi dinini benimsemiş ya da böyle biriyle evlenmiş olan melez bir kişi, Yahudi kabul ediliyordu. Nazi döneminde fizik, Almanya’daki en nitelikli bilim adamları da dâhil, 1932-1933 dönemindeki kadrosunun en az % 25’ini kaybederek en fazla yara alan bilim dalı oldu. O dönem fiziğinin dünyaca önemli merkezi Göttingen Üniversitesi idi. Göttingen’de izlenmeye alınan ve vatandaşlıktan çıkarılan Yahudi bilim adamları arasında

Nobel ödüllü James Franck (1882-1964), Max Born (1882-1970), Wolfgang Pauli (1900-1958), Paul Dirac (1902-1984), Enrico Fermi (1901-1954) ve “hidrojen bombasının babası” Edward Teller (1908-2003) gibi fizikçiler ve Hermann Weyl (1885-1955) ve Richard Courant (1888-1972) gibi ünlü matematikçiler de bulunuyordu. Çok sayıda Yahudi bilim adamı Amerika’nın yolunu tutarken, yaklaşık 100 kadar Alman teknisyeni, hekimi, ekonomisti ve diğer kimi Alman bilim adamları, Mustafa Kemal Atatürk’ün (1881-1938) yeni oluşturduğu üniversitede yer buldukları İstanbul’a gitmek üzere yola çıktılar. 1930’ların ortalarında Adolf Hitler (1889-1945) şunları söylüyordu: “*Eğer Yahudi bilim adamlarının işten atılması çağdaş Alman biliminin yok olması anlamına gelecekse, o halde biz de birkaç yıl bilimsiz yapacağız demektir!*”¹²³

Göttingen Üniversitesi’ndeki bir kutlama yemeğinde Nazi Kültür Bakanı Bernhard Rust (1883-1945), Doğu Prusya kökenli ünlü matematikçi David Hilbert’e (1862-1943), “Arî Bilim Yasası” sonucu dünyaca ünlü matematik enstitüsünün düştüğü durum konusunda gerçekten üzgün olup olmadığını sorar. Yaşlı profesör, “*Üzgün olmak mı? Bay Bakan, artık geriye hiçbir şey kalmadı ki!*” diye yanıt verir.

Nazi Almanyası’nda “arî fizik” ya da “Alman fiziği” akımının en önde gelen temsilcileri 1905 Nobel fizik ödülü sahibi Alman fizikçi Philipp Eduard Anton Lenard (1862-1947) ile 1919 Nobel fizik ödülü sahibi Johannes Stark (1874-1957) idi. Lenard şoven duygularla yazdığı *Deutsche Physik* (Alman Fiziği) (Münih, 1936), Stark ise *Die gegenwärtige Krisis in der deutscher Physik* (Alman Fiziğinin Bugünkü Bunalımı) (1922) adlı kitabında bilimin evrenselliğini inkâr ederek fizik bilimini de ulusa ya da ırka dayamaya çalışmışlardır. Johannes Stark, ırkçılık çalışmalarından ötürü, İkinci Dünya Savaşı sonrası kurulan ünlü Nürnberg Mahkemeleri’nde dört yıl hapis cezasına çarptırılmıştır.

Atom bombasına yönelik temel parçalanma süreci, uranyum atomunun nötronlarla bombardımanını gerektirir. Nötron emen uranyum atomu, iki küçük elemente parçalanır (“fisyon”), ama

ürünlerin toplam kütlesi, özgün uranyumunkinden az miktarda küçüktür. Aradaki fark kadar kütle yok olumu, akıl almaz büyüklükte bir enerji olarak açığa çıkar. Parçalanma sürecinin öne mi, bir zincir tepkimesini başlatmasındadır ve serbest bırakılan nötronlar, daha başka bölünme tepkimelerini tetikler.

1938'de Otto Hahn (1879-1968) ve Fritz Strassmann (1902-1980) uranyum elementini nötron bombardımanına tutarak onu daha küçük iki elemente parçaladılar ("fisyon"). Atom bombasının tasarlanması ve üretilmesi çalışmaları ABD'de Chicago Üniversitesi tarafından üstlenilmiş olup araştırmalar 1941'de Enrico Fermi (1901-1954) başkanlığında "Manhattan Projesi" kod adıyla sürdürülerek New Mexico'daki Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'nda ve Tennessee eyaletindeki Oak Ridge'da yürütülmüştür. Sonunda savaş, acımasız ağırlığını terazinin kefesine, denetimsiz zincir tepkimelerinin patlaması yönünde koydu. Bu projede önemli bir yeri olan Niels Bohr (1885-1962), ABD ve İngiltere devlet başkanlarıyla görüşerek atom bombasının o sıralarda yenik durumda olan Almanlara ve Japonlara karşı kullanılmasının yarar sağlamayacağını, aksine çok sakıncaları olacağını anlattı. 16 Temmuz 1945'te Amerika'da New-Mexico çölünde bu korkunç etkinin ilk başarılı denemesi yapıldı. Almanya'nın atom bombasını yapabilme olasılığına karşı ABD Başkanı Franklin D. Roosevelt'i (1882-1945) uyarın Albert Einstein (1879-1955), daha sonra atom bombasının atılmaması ve hidrojen bombası yapımının durdurulması için çalıştı. Bu çabalarında yalnız değildi. Niels Bohr, J. Robert Oppenheimer (1904-1967) gibi çekirdek fizikçileri, Nazi'lerin atom bombası yapmaması için, eğer yaparlarsa dünyada yalnız kalmamaları için, ABD'nin de elinde atom bombası olmasını istediler ama hiçbiri bu bombanın patlatılmasını istemiyordu. Bombanın yapımı ve kullanılması yönünde çalışmalara katılıp bu karara imza atan bilim adamları arasında Robert Oppenheimer, Enrico Fermi, Arthur Holly Compton (1892-1962), Ernest Orlando Lawrence (1901-1958), Vannevar Bush (1890-1974), "Massachusetts

Institute of Technology" (MIT) Rektörü Karl T. Compton ve Harvard Üniversitesi Rektörü James B. Conant gibiler yer alıyordu. Öte yandan Chicago Üniversitesi'nde yedi bilim adamından oluşan başka bir komite, tarihe "Franck Raporu" adıyla geçecek olan bomba karşıtı bir rapor hazırladı. Önde gelen 57 bilim adamının imzaladığı bu raporu hazırlayan yedi bilim adamı ise James Franck (1882-1964), Donald J. Hughes, Leo Szilard (1898-1964), J. C. Stearns, Eugene Rabinowitch, Glenn Theodore Seaborg (1912-1999) ve J. J. Nickson idi.¹²⁴ Bunlar yalnızca bir karşı-tehdit oluşturulmasını düşünüyorlardı. Dünyanın deneme amaçlı ilk atom bombası, 1945 yılında New Mexico'da Alamogordo yakınındaki Trinity'de patlatıldı. Ardından, yeni silahın askerî amaçla ilk kullanımı Ağustos 1945'te gerçekleşti. Amerikalılar tarafından Japonya'da 6 Ağustos günü Hiroshima'ya atılan Uranyum-235 tipi atom bombası o gün 70 bin, sonraki ölümlerle birlikte 200 bin kişinin ölümüne; 9 Ağustos günü Nagasaki'ye atılan Plutonyum-238 tipi ikinci atom bombası ise 140 bin kişinin ölümüne yol açtı; böylece her iki bombanın kurban sayısı 340 bini buldu. Bunun yanı sıra bombalar büyük bir yıkıma da yol açınca, Amerikalılar büyük bir sorumluluğun altına girmiş olduklarını kavradılar.

İlk atom bombasının geliştirilmesinde katkısı olan Oppenheimer, hidrojen bombasını geliştirmeyi reddetti, güvenlik soruşturmasına uğradı, yetki ve görevleri elinden alındı. "Oppenheimer olayı", bilim insanlarının ahlâki kaygıları nedeniyle yapmaya yanaşmadıkları şeylerden, başlarına neler gelebileceğini gösteren bir örnek olay oldu. Bu çekirdek fizikçileri büyük bir sınavdan geçerek, "bilimsel meraklarının itkisi" ile "sosyal sorumlulukları" arasında nasıl kalındığını gösteren örnekler oluşturdu. Atom bombasının öyküsü de bu olayın önemli bir alanı oldu. SSCB ilk atom bombasını 1949'da patlattı. Daha sonra, nükleer silahları yetkinleştirmenin bir ileri adımı ve insan tekniğinin yarattığı en korkunç silah olarak "füzyon" tekniğine dayalı hidrojen bombasına gelindi. Amerikalılar hidrojen bombası (termo-

nükleer bomba) denemesini ilkin 1 Kasım 1952 tarihinde Pasifik'te Eniwetok mercan adasında gerçekleştirdi ve patlama mercan adasını yok etti. Hidrojen bombası bunun hemen ardından 12 Ağustos 1953'te Ruslar tarafından, 1 Mart 1954'te ise Marshall adasında ("Bravo" kod adı ile) yine Amerikalılar tarafından patlatılmıştır. Bir hidrojen bombası patlarken 1000 tane Hiroşima bombasıninkine karşılık gelen bir enerji salar. Açığa çıkan bu enerji, 100 milyon ton TNT'ye (TNT: dinamitin etken maddesi olan trinitro-toluen), 200 milyon adet 100 kiloluk bombaya ya da 2 milyar adet 10 kiloluk top mermisine eşdeğerdir. Bu miktar, İkinci Dünya Savaşı boyunca kullanılan patlayıcı maddenin toplam miktarının kat be kat fazlasıdır.¹²⁵

Atomun çekirdek enerjisinin İkinci Dünya Savaşı'nda ilk kez kullanılmasıyla yeni bir teknik çağa girildi. Savaştan sonra nükleer enerjinin barışçıl amaçlarla kullanımına başlandı. Sanayi ölçeğinde elektrik enerjisi üretimine yönelik olarak inşa edilen ilk nükleer enerji santrali 1956'da İngiltere'de Calder Hall'de işletmeye alındı ve 184 000 kW gücünde idi. Bunu başka ülkelere izledi. 1954 yılında ABD'de nükleer enerjiyle çalışan ilk denizaltı ("*Nautilus*") suya indirildi ve 1955'ten sonra nükleer enerjinin denizaltı ve denizüstü araçlarında kullanımına yaygınlaştı. Kuşkusuz nükleer enerjinin, kömür ve petrolden elde edilen enerjiyle olan ekonomik yarışı, belirli bir süreyi gerektirdi. Ancak 26 Nisan 1986 tarihinde Sovyetler Birliği'nin Kiev kenti yakınındaki Chernobyl (Çernobil) nükleer reaktöründe yaşanan kaza sonucu, çevre ülkelere de bulutlar aracılığıyla taşınan radyoaktif tehlike, nükleer enerjinin sınır tanımazlığını gözler önüne sererek nükleer enerji yanlılarını hayal kırıklığına uğratmış ve bu yöndeki hevesleri söndürerek büyük soru işaretlerine yol açmıştır.

Günümüzde "kitle iletişim araçlarının tekelleşmesi" ve "biyoteknolojinin çıkar amacıyla kullanılması" gibi konular, yeni "bilimsel ahlâk", "bilimsel araştırmaların vicdanî yönü" tartışmalarını gündeme getirmiştir.

Niels Bohr ve Gökdelenin Yüksekliği

Bir gün Kopenhag Üniversitesi Fizik Bölümü'nün sınavında öğrencilere, “*Bir gökdelenin yüksekliğini barometre ile nasıl bulursunuz?*” diye bir soru sorulur. Buna verilen ilginç bir cevap, “*Barometrenin ucuna bir ip bağlarsınız; sonra gökdelenin tepesinden asıp aşağı salarsınız; barometre yere düştüğünde ipin boyu ile barometre boyunun toplamı, gökdelenin yüksekliğini verecektir*”. Bu cevap karşısında öğrenci dersten kalır ve öğrenci sonra itiraz eder. Sorunu çözmek için görevlendirilen yeni bir hocaya, verilen cevabın doğru olduğunu, ama fizik bilgisinin varlığını göstermediğine karar vererek soruya fiziksel temellere dayalı bir cevap vermesi için çocuğa altı dakika süre verir. Süre sonunda öğrenci şu cevapları verir:

“*İlk olarak, barometreyi gökdelenin tepesine çıkartıp kenarından aşağı bırakıp yere düşene kadar geçen süreyiölçersiniz. Binanın yüksekliği ($h = \frac{1}{2} g t^2$) formülü uygulanarak hesaplanabilir. Fakat bu yöntem, barometre için kötü bir seçimdir!*”.

“*Veya güneş parlıyorsa, barometrenin yüksekliğiniölçersiniz; sonra onu bir yere dikip gölge uzunluğunu ve sonra da gökdelenin gölge uzunluğunuölçebilirsiniz. Bundan sonrası basit bir orantıyı (Thales bağıntısı) çözmek olacaktır*”.

“*Fakat bu konuda çok bilimsel bir cevap istiyorsanız, barometrenin ucuna bir sicim bağlayıp onu bir sarkaç gibi sallandırabilirsiniz; önce yer seviyesinde, daha sonra da gökdelenin tepesinde. Yüksekliği, $T = 2\pi \sqrt{L/g}$ formülündeki farktan yararlanarak bulabilirsiniz*”.

“*Yahut da gökdelenin dışarısında bir yangın çıkış merdiveni varsa, barometreyi bir cetvel gibi kullanarak yukarıya çıkarken gökdelenin boyunu barometre aletinin yüksekliği biriminden sayıp bunları toplayabilirsiniz*”.

“*Eğer ille de sıkıcı ve gelenekçi olmak istiyorsanız, tabii ki barometre ile gökdelenin tepesindeki ve yer seviyesindeki basıncıölçer, milibar cinsinden çıkan farkı ‘feet’e çevirebilir ve yüksekliği bulursunuz*”.

“Ancak bizler daima zihnin bağımsızlığı ve bilimsel yöntemler kullanma konusunda teşvik edildiğimiz içindir ki en iyi yol, şüphesiz hademenin kapısını çalmak ve yeni bir barometre isteyip istemediğini sorarak, gökdelenin yüksekliğini söylemesi durumunda ona bu barometreyi vereceğimizi söylemek olurdu”.

Bu cevapları veren öğrencinin adı, 1922 yılında fizik dalında Nobel Ödülü kazanacak olan Danimarkalı Niels Bohr (1885-1962) idi.

Ultrasonik

Titanic'in 1912'de batmasından sonra, ses dalgalarıyla buz dağlarını saptamak için çalışmalar yapıldı. Bu çalışmalar, karanlıkta ya da sisli havalarda görülemeyen büyük nesnelerin varlığını ortaya çıkarmak için, sesin bir yere çarpıp geri dönme özelliğinden yararlanıyordu. Patlama sesleri ve başka yüksek sesler kullanılarak yapılan ilk deneylerde pek başarı elde edilemedi. Bunun ana nedeni, yansıyan sesin çok zayıf olması ve bir gemide epey yüksek olan sürekli gürültüden kolayca ayırt edilememesiydi. 1917 yılında Fransız fizikçi Paul Langevin (1872-1946), frekansı işitme eşiğinin üzerinde olan bir ses kullanmanın daha iyi olacağını fark etti. Böyle bir ses, geminin motorlarından kaynaklanan parazitlerden ve denizdeki çeşitli gürültülerden etkilenmeyecekti. Kullandığı ses kaynağı, bir kuvars parçasıydı. Uygun şekilde kesilmiş bir kuvars parçası, piezoelektrik özelliği gösterir; yani kristale belli bir doğrultuda basınç uygulandığında, buna dik doğrultuda bir elektrik sinyali oluşur. Bunun tersi de geçerlidir; kristale alternatif bir gerilim uygulandığında kristal titreşmeye başlar. Kristalin büyüklüğü, doğal titreşim frekansı uygulanan elektrik sinyalinin frekansına eşit olacak şekilde ayarlanırsa, titreşimler çok büyük olabilir ve yoğun bir ses dalgası ya da ultrasonik dalga üretir. Böyle bir kristal, ultrasonik bir ses dalgası ile bombardıman edildiğinde, bir elektrik sinyali üreten duyarlı bir mikrofön olarak da kullanılabilir. Bu bağlamda ultrasonik ses dal-

gaları, ilk olarak denizaltıların yerlerinin saptanmasında askerî amaçla kullanılmıştır. Ultrasonik ses dalgalarının, insan kulağının işitme frekans aralığının yukarısında ve genelde 20 kHz - 500 MHz frekans aralığında uzandığı kabul edilir.

Ultrasonik ses uygulamalarının pek çoğu, iki olgudan yararlanır. İlki, ultrasonik bir ses dalgasının, iki maddeyi birbirinden ayıran yüzeye ulaşır ulaşmaz geri yansımadır. Bu etki, hem mühendislikte hem de tıpta kullanılan kusur detektörünün temelini oluşturur. Bir kuvars kristali osilatöründen (alternatif akım üretici), kalın bir metal levhaya uygulanan ultrasonik bir sinyal, normalde levhanın içinden dosdoğru geçer. Ancak, metal levhanın içinde bir çatlak, bir hava kabarcığı, bir cüruf (maden posası) ya da başka bir kusur varsa, ultrasonik sinyalin bir kısmı geri yansır ve vericinin yanına yerleştirilen uygun bir alıcı tarafından saptanabilir.

İkinci yararlı uygulaması ise, bir sıvıya negatif basınç (vakum) uygulandığında sıvı içinde mikro-baloncukların oluşması anlamına gelen “kavitasyon” işlemidir. Bu işlem, bir piezoelektrik malzeme eşliğinde elektrik enerjisinin ses enerjisine (sono-enerji) dönüştürülmesine dayanır. Bir ses dalgası, art arda meydana gelen sıkışma ve genişlemelerden oluşur. Bir sıvı, sıkışmalara kolaylıkla dayanabilir, ama genişleme, yani basıncın şiddetli bir biçimde düşmesi (yüksek bir negatif basınç), sıvının içinde bir boşluk meydana gelmesine neden olur. Boşluk, buharla ya da sıvıdaki çözünmüş gazın ortaya çıkışıyla hemen doldurularak küçük bir kabarcığa dönüşür. Bu kabarcık dağıldığında, şiddetli bir şok dalgası meydana gelir ve açık etkilere yol açabilir. İster büyük isterse küçük olsun, mühendislikte kullanılan malzemeler, içinden ultrasonik bir ses dalgasının geçtiği bir sıvı banyosuna batırılarak çok iyi temizlenebilir. Kavitasyon işleminden kaynaklanan sarsıntılar, metal yüzeylerdeki kirleri ovarak temizler ve başka herhangi bir biçimde kolaylıkla sağlanamayacak bir temizlik sağlar. Bu tür ultrasonik temizleme banyoları, çeşitli ıslak analiz laboratuvarlarında kullanıma girmiştir.⁷⁶

Deniz Suyundan Tatlı Su Elde Edilmesi

Birazcık deniz suyu içmek, sağlığa zarar vermeyebilir; ancak sürekli deniz suyu içen biri, kısa sürede su kaybından ölür. Böbrekler böyle yoğun bir çözelti ile baş edemez. İdrarı seyrelterek vücuttan atılabilecek duruma getirmek için, vücudun diğer organlarından su alınması gerekir. Deniz suyunu arıtmanın yollarından biri damıtmak, yani kaynatmak ve yabancı maddelerden arınan buharı yoğunlaştırarak saf su elde etmektir. Suyu buharlaştırmak için büyük miktarda enerji gerekir ve büyük çaplı kullanım için damıtma işleminin pahalı olduğu söylenebilir. Ancak, deniz suyunu buharlaştırmada harcanan ısının büyük bölümü, buhar yoğunlaşırken geri alındığından, dolayısıyla daha az enerji tüketen bir damıtma aygıtı tasarlamak mümkündür. Böyle bir aygıt, gram su başına en çok 50 kalorilik bir enerji tüketimi ile deniz suyundan damıtık su üretebilir.

Başka bir yöntem, kaynatmak yerine basınç uygulayarak tuzu ayırmaktır. Uygun bir maddeden (örneğin bir hayvanın idrar kesesinden) yapılma bir yarı-geçirgen zar (membran), bir kabin içine gerilir ve zarın bir tarafı tuzlu suyla diğer tarafı da tatlı suyla doldurulursa, sistem kendi haline bırakıldığında, tatlı suyun bir kısmı, zarın içinden geçerek tuzlu suya karışır (“osmoz” / “geçişme”). Ancak ters yönde bir basınç uygulanırsa tuzlu suyun içindeki su, tatlı su tarafına geçirilebilir (“ters osmoz”). Bu yöntemdeki enerji tüketimi, yaklaşık olarak gram su başına 6 kaloridir. Ancak bu enerjinin, pratik olarak oldukça düşük bir verimle elde edilen elektrik enerjisi biçiminde alınması gerektiğinden, enerji tüketimi daha fazladır ve damıtmadakinden daha ekonomik olmayabilir.

Kuramsal olarak, deniz suyunu dondurarak tuzu sudan ayırmak, kaynatarak ayırmak kadar kolay olmalıdır. Buna dayalı bir yöntemde tuzlu su, hava basıncının çok düşük tutulduğu bir tankın içine püskürtülür. Suyun bir bölümü, düşük basınç nedeniyle buharlaşırken, püskürtülen suyun geri kalanından ısı alır ve böylece, ısı veren su, kısmen buza dönüşür. Bu yolla oluşan buz kristalleri herhangi bir çözünmüş tuz içermez ve tatlı su ile “yı-kandıktan” sonra, saf su elde etmek için eritilebilir.

Istenmeyen tuzların elektroliz yoluyla sudan ayrıştırıldığı elektrodializ yöntemi ile de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bir tuz çözeltisi, bir elektrik kaynağının zıt uçlarına bağlı iki elektrotun bulunduğu bir kaba konursa, artı yüklü iyonlar eksi elektrotta, eksi yüklü iyonlar da artı elektrotta doğru hareket eder. Eksi elektrotun önüne artı yüklü iyonlar için yarı-geçirgen olan bir zar, artı elektrotun önüne de eksi yüklü iyonlar için yarı-geçirgen olan bir zar yerleştirilir. İyonlar zarlardan karşıya geçer ve iki zarrın arasında, hiç tuz içermeyen saf su kalır.⁷⁶

Camın Kıvamlılığı

Camın X-ışını ile incelenmesi, cam atomlarının beklendiği üzere kristal yapıdaki bir katının atomları gibi düzenli değil, bir sıvının atomları gibi düzensiz bir biçimde sıralandığını ortaya koyar. Cam aslında kıvamlılığı (viskozluğu) çok yüksek bir sıvıdır. Çoğu sıvı, donma noktasının birkaç derece altına kadar soğutulduğunda kristalleşir. Cam, az bulunur yükseklikteki kıvamlılığı nedeniyle o kadar ağır hareket eder ki, moleküller kendilerini, kristalleşme için gereken düzenli modelde düzenleyemezler. Bu nedenle, eriyen cam soğuduğunda, bir katı gibi görünmesine ve bu duyguyu yaratmasına karşın, sıvı halin bütün özelliklerini korur.

Erimiş şeker, biraz hızlı bir biçimde soğutulduğunda, katılaşarak, deneysel amaçlar açısından çok yararlı bir çeşit cama, bildiğimiz karamelaya dönüşür. Karamelayı dikkatli bir biçimde, yavaş yavaş eğerek ikiye katlayabiliriz, ancak bir çekiçe vurduğumuzda ya da bir masanın kenarına çarptığımızda, birdenbire kırılır. Zift de benzer şekilde tepki verir.⁷⁶

ÖLÇÜLER VE BİRİMLER TARİHİ ÜZERİNE

“İnsan her şeyin ölçüsüdür”

Platon, *Protagoras* (Sofistler Üzerine)

*“Söylediğiniz şeyi ölçebiliyor ve onu bir sayı ile
ifade edebiliyorsanız,
konu hakkında bir şeyler biliyorsunuz demektir;
ama onu ölçemiyorsanız, bilginiz yetersiz kalacaktır”*
Sir William Thomson (Lord Kelvin)

Modern Çağ’a Dek Ölçü ve Birimler Üzerine

Ölçüler tarihi üzerine, Eskiçağ’ın Eski Mısır ve Mezopotamya uygarlıklarında kimi ilginç ipuçlarına rastlanmaktadır. Zamanadansel olarak sıralanacak olursa, İÖ 5000’lerde Eski Mısır’da kollu terazinin bulunduğu, İÖ 3500’lerde Mezopotamya’da uzunluk birimi olarak “Krallık kol uzunluğu”nun kabul edildiğı ve Mısır’da 365 günlük takvimin kullanıldığı, İÖ 2650 yılı dolayında Mezopotamya’da bir çubuğun zamanla değışen gölge uzunluğu yardımıyla (güneş saati) zaman ölçümü yapıldığı anlaşılmaktadır. En basit takvim, Nil nehrinde kullanılan, yıllık su düzeyini okumaya yarayan ve düşey bir ölçek olan nilometre idi. Nil taşkınları, tarla sınırlarını sildiğı için, sınırları yeniden belirlemek gerekmektedir ve Mısır’da tarla ölçüm sanatı, yüksek bir düzeye ulaşmıştı. Mezopotamya uygarlıklarından Babil ve Sümerlerde genel olarak 60-tabanlı (“sexagesimal”) sayı sistemi kul-

lanıldığından, ağırlık ve ölçüler de buna dayandırılmıştı ve 180 tahlil tanesi 1 “*şekel*”e, 60 “*şekel*” 1 “*mina*”ya (~50 g), 60 “*mina*” ise 1 “*talent*”e eşit sayılıyordu. Mezopotamya’da yaklaşık İÖ 2500’lerde Ur kentinin Tanrı-Kralı I. Dungi, uzun dönem boyunca örnek olarak kalacak uzunluk ve ağırlık sistemi ortaya koymuştur. Bu sistemde çift-arşının (dirsekten itibaren iki adet kol uzunluğu toplamı) onda biri uzunlukta bir ayrıtı (kenarı) olan bir kübün içindeki suyun kütlesi (982,4 g), “1 Babil ‘ağır *mina*’sı” olarak ağırlık birimi şeklinde saptanmıştı. Babil’in çift-arşını, yaklaşık 990-996 mm tutuyordu. “1 ayak” (~270 mm) ise 16 eşit parçaya ayrılıyordu. Tanrı-kral olarak Mısır firavunları da, doğru yoldan olmasa da kendi beden ölçülerini uzunluk standardı olarak kullanıma koymuşlardır. “Krallık arışı” (“*kūbit*”; dirsekten orta parmak ucuna kadar kol uzunluğu; yaklaşık 463 mm uzunluk, arşın), el genişliği (7,5 cm dolayında, bitişik beş parmak kalınlığı) ve ayak uzunluğu, standart uzunluklar olarak benimsenmişti. Latince’de “*palma*” (el ayası) şeklinde yer alan “*palm*”, sıkılmış yumruk yüksekliği kadar olan ve genellikle atın boyunu saptamada kullanılan bir uzunluk ölçüsü birimi idi. Mısır’da inşa edilen piramitlerden Yunanca adlarıyla (özgün adları ayraç içinde verilmiştir) Keops (Khufu) (İÖ 2500’ler), Kefren (Khafre) (İÖ 2572-2546) ve Mikerinos (Menkaure) (İÖ 2578-2553) piramitlerinin tepelerinin, inşaat sırasında kuzey-güney doğrultusu (meridyen) üzerinde aynı hizada yerleştirildiği saptanmıştır. Eski Mısır’da gökyüzü ve yeryüzü ölçümleri için uygun aletler bulunmasaydı, bu inşaatlar sırasında istendiği üzere bunların tepelerinin bu doğrultuda dizilmesinin sağlanamayacağı söylenmektedir.¹⁰⁴

Uzunluk birimleri olarak ilkin kol, el ya da parmak ölçüleri temel alınmış; zaman birimi olarak güneşin, ayın ya da başka bir gök cisminin dolanım ya da dönme süreleri temel alınmış; şişe ya da testi gibi kapların hacimleri karşılaştırılmak istendiğinde, boş iken bunların içine bitki tohumları doldurulup sonra bunların sayımına gidilmiş; tartma işlemi ile bir nesnenin ağırlığı ise taşlar ya da tohumlar yardımıyla

ölçülmüştür. Bu bağlamda, günümüze dek değerli taşların ağırlık birimi olarak kullanılan karat ya da kırat, keçiboynunun Latincesi olan “*Ceratonia siliqua*” (İng. “*St. John’s brot*”, Alm. “*Johannisbrot*”: “Aziz Yahya’nın ekmeği”) sözcüğünden gelir ve keçiboynuzu çekirdeğinin (Lat. “*ceration*”) ağırlığı olarak alınmıştır (1 karat = 0,2 g).

Eskiçağ’ın çeşitli dönem ve uygarlıklarda değişkenlik göstermekle birlikte uzunluk ölçüsü olarak kol (“*cubit*”; ~53 cm), el (“*palm*”; ~7,5 cm), ayak (“*foot*”; ~30 cm), karış (“*span*”; ~23 cm), parmak (“*daktıl*” ya da “*dijit*”; ~2 cm) gibi bedensel ölçüler, ağırlık ölçüsü olarak da “*talent*” (~26 kg), “*mina*” (~600 g), “*libra*” (~327 g), “*unsia*” (~27 g), “*şekel*” (~8 g) ve “*drahma*” (~4 g) gibi ölçüler kullanılmıştır.¹²⁶

İÖ 1600 yılından itibaren Girit ve Mısır ile yakın temasta olan Yunanistan da Mısır ölçü sistemini pratik bulup benimsemiştir. Eski Yunanlılar, uzunluk birimleri olarak “ayak” (“*foot*”) (= 29,7 cm; çağdaş değeri ise 30,48 cm); “el” (“*palm*”) (= 1/4 ayak = 1/6 kol = 7,4 cm); “parmak” (“*digit*”) (= 1,85 cm); “kol” (“*cubit*”) (= 1,5 ayak = 44,4 cm); “kulaç” (“*fathom*”) (= 6 ayak = 4 kol = 177,6 cm) gibi birimler kullanıyordu. Daha sonra bunlara bir “*sportif birim*” olarak “*stadion*”u (stadyum) eklemişlerdir. 1 “*stadion*”, yere ve zamana göre değişkenlik gösterse de 149-213 m arası (~180 m) bir uzunluktu. 1 “*stadion*”, 600 “olimpik ayak”a (1 ayak = ~29,7 cm) ayrılmaktaydı. 1 “*plethron*” ise 100 ayak uzunluğunda, yani yaklaşık 30 metre idi. Bundan hareketle Eski Mısır’da 60 “*stadion*” (= 10,656 km) değerinde “*skenes*” ve Eski İran’da 30 “*stadion*” değerinde “*ferseng*” [Osm. “*fersah*”; bir saatlik normal yürüyüş uzaklığı; 5,685 km] adlı uzunluk birimleri bulunmaktaydı. Eski Yunan ağırlık birimlerinden yaklaşık 4 g ağırlığındaki 1 “*drahmi*”, 6 “*obolion*”a; 1 “*mina*”, 100 “*drahmi*”ye; 1 “*talanton*”, 60 “*mina*”ya; 1 “*stater*” 200 “*drahmi*”ye karşılık geliyordu. Ayrıca “*katule*” (= 0,27 litre), “*amphora*” (= 1,27 litre), “*khonix*” (= 1,08 litre) ve “*medimnos*” (= 51,84 litre) gibi hacim ölçüleri kullanılıyordu.

İngiliz sömürgecilerin Amerika'ya getirdiği uzunluk ölçüsü “*mile*” (mil), adını Romalı lejyonierlerin 1000 (“*mille*”: bin) adet çift uzun adımından almıştır ve 1 çift uzun adım, yaklaşık 5 ayak (= ~150 cm) hesabı ile 1,5 km tutmaktadır.¹¹

İÖ 1500 yılı dolayına gelindiğinde Mezopotamya ve Mısır'da zaman ölçümünde su saatleri kullanılmış ve Mezopotamya'da gökyüzünde koordinat sistemi olarak burçlar kuşağı ortaya konmuştur. Eski Mısır'da yaklaşık İÖ 1400'lerde Kral III. Amenophis (yön. İÖ 1390-1353) zamanında saksıya benzer, kesik koni şeklinde alt kısmı delik su saatleri kullanılıyor ve geçen zaman, suyun dışarı boşalmasıyla zamanla gitgide düşen su seviyesinden okunuyordu (ilkece buna benzer su saatleri 1600 yılı dolayında ünlü bilgin Galilei tarafından da kullanılmıştır). İÖ 380 yılı dolayında Tarentum'lu Arkhytas ilk kez dünya çevresini hesaplama girişiminde bulunmuş, İÖ 300 yılı dolayında Eukleides düzlem geometrinin kuramsal temellerini formüllendirmiştir. İÖ 250 yılı dolayında Siracusa'lı Arkhimedes kaldırma yasasını keşfetmiştir. İskenderiye'de eğitim gördükten sonra Siracusa'ya dönen Arkhimedes, ortaya koyduğu kaldırma yasası ile, binlerce yıldan beri kullanılmakta olan kollu terazinin kuramsal temelini atmıştır. Çin'de, asıl adı Zheng Ying olan İmparator Qin Shi Huangdi (İÖ 259-210; yön. İÖ 221-210), acımasızlıklarının yanı sıra ülkenin çeşitli imar etkinlikleriyle de anılan ilginç bir kişilikti. Yaptığı olumlu işlerden biri, ağırlık ve ölçülerle para sistemini standartlaştırmasıydı. Yunan astronomu Nikaia'lı (İznik'li) Hipparkhos'un (~İÖ 190-120), bilezikli küre (İng. “*armillary sphere*”) denilen aleti geliştirdiği söylenir. Yunan bilginler, olasılıkla “*astrolabium planisphaerum*”u (düzlemküresel usturlap) da buldular. Böylesi çok yönlü astronomik ölçüm aletleri, daha sonra Araplar tarafından geliştirilmiş ve Ortaçağ'da İspanya üzerinden Avrupa'ya geçmiştir. Başka bir astronomi aleti, Claudius Ptolemaios (Batlamyus) (~100-160) tarafından aktarılmış olan “*Triquetrum*”dur (cetveli alet). Batlamyus, ayrıca bir duvar kadranı da betimlemiştir. Yunan bilgini Eratosthenes (~İÖ 284-192), İskenderiye ile Syene (bugünkü Assuan) kentleri arasındaki uzaklığı

ÇİZELGE 1. Roma temel ağırlık birimi “*libra*” ve azkatları¹²⁷

<i>Libra</i>		Gram
1	<i>libra</i> (= 12 <i>unciae</i>)	327,45
11/12	<i>deunx</i> (= 11 <i>unciae</i>)	300,16
10/12 = 5/6	<i>dextrans</i> (= 10 <i>unciae</i>)	272,88
9/12 = 3/4	<i>dodrans</i> (= 9 <i>unciae</i>)	245,59
8/12 = 2/3	<i>bes</i> (= 8 <i>unciae</i>)	218,30
7/12	<i>septunx</i> (= 7 <i>unciae</i>)	191,02
6/12 = 1/2	<i>semis</i> (= 6 <i>unciae</i>)	163,73
5/12	<i>quincunx</i> (= 5 <i>unciae</i>)	136,44
4/12 = 1/3	<i>triens</i> (= 4 <i>unciae</i>)	109,15
3/12 = 1/4	<i>quadrans</i> (= 3 <i>unciae</i>)	81,86
2/12 = 1/6	<i>sextans</i> (= 2 <i>unciae</i>)	54,58
1,5/12 = 1/8	<i>sesuncia</i> (= 1 1/2 <i>unciae</i>)	40,93
1/12	<i>uncia</i> (= 1 <i>uncia</i>)	27,28

ölçerek yeryüzü çevresini büyük bir yaklaşıklıkla ilk kez bulmuş; daha sonra İÖ 100 yılı dolayında Rodos’lu Poseidonios (~İÖ 135-51) da Iskenderiye ile Rodos arası uzaklığı ölçerek dünya çevresini yaklaşık % 10 doğrulukla hesaplamıştır. Roma’da imparatorluk döneminde tek tip Roma ölçüleri kabul edilmiştir. İÖ 25 yılı dolayında Vitruvius, zaman ve uzunluk ölçme yöntemlerini betimlemiş ve 150 yılı dolayında Claudios Ptolemaios, hazırladığı dünya haritalarında ilk kez enlem ve boylam derecelerini kullanmıştır.¹⁰⁴

Romalılarda ağırlık birimleri, temel ağırlık birimi olan “*libra*”ya (“Roma Pfundu”) dayalı idi ve bundan daha büyük başka bir ağırlık birimi bulunmuyordu (ÇİZELGE 1, ÇİZELGE 2).

Bu çizelgelerden görüleceği üzere Romalılarda ağırlık birimlerinde 12-tabanlı (“*duodecimal*”) sayı sistemi geçerli idi. Genelde kullanılan uzunluk ölçüsü sistemi de, ağırlık ölçüsünde olduğu gibi “*duodecimal*” sisteme dayalı olup bunda 1 ayak (“*pes*”), 12 “*uncia*”ya bölünüyor, o da kendi içinde yeniden azkatlarına ayrılıyordu (ÇİZELGE 3). İngilizce’deki “*inch*” (inç) ve “*ounce*” (onz) terimleri-

ÇİZELGE 2. Roma ağırlık birimi “uncia” ve azkatları¹²⁷

Libra		Gram
1/12	<i>uncia</i> = 1 x 12	27,28
1/24	<i>semuncia</i> = 2 x 12	13,64
1/48	<i>sicilicus</i> = 4 x 12	6,82
1/72	<i>sextula</i> = 6 x 12	4,55
1/96	<i>drachma</i> = 8 x 12	3,41
1/144	<i>dimidiasextula</i> = 12 x 12 = 12 ²	2,27
1/288	<i>scripulum</i> = 24 x 12	1,14
1/576	<i>obolus</i> = 48 x 12	0,57
1/1728	<i>siliqua</i> = 144 x 12 = 12 ³	0,19

nin her ikisi de Romalılarda “*pes*”in (ayak) on ikide biri olan “*uncia*”dan türemiştir. 12-tabanlı sistem daha sonraki dönemlere de uzanarak örneğin İngilizlerde 1 “*foot*” (ayak), 12 “*inch*”e bölünmüştür. Ancak Romalılarda biri mimarlıkta olmak üzere her ikisi de “*ayak*” (“*pes*”) temeline dayalı iki çeşit uzunluk ölçü sistemi kullanılıyordu. Mimarlık ve inşaatçılıkta kullanılan ikinci uzunluk ölçüsü sisteminde ise “teknik ayak” da denilen “mimarî ayak” (“*pes*”) 16 “parmak”a (“*digiti*”) ayrılıyor, 4 “*digiti*” 1 “*palmus*”a (“el ayası”), 4 “*palmus*” ise 1 “*pes*”e eşit oluyordu. Buna göre de örneğin taş duvarcı (“*lapidarii*”) inşaat sırasında basit ölçümleri elleriyle doğrudan yapabiliyor, başparmak dışındaki dört parmak (4 “*digiti*”) 1 “el ayası”na (1 “*palmus*”), dört el ayası (4 “*palmus*”) uzunluğu ise 1 “ayak”a (1 “*pes*”) denk oluyordu (ÇİZELGE 4).¹²⁷

Bilinen en eski ölçü birimlerinden biri, Yunanca “bir ölçü” anlamına gelecek şekilde tahıl ölçümünde kullanılmış olan “*metron*” olup günümüzün yaygın Batı dillerinden İngilizce, Fransızca ve Almanca’daki ölçme işi (“*-metry*”, “*-mètrie*”, “*-metrie*”) ve ölçü aleti (“*-meter*”, “*-mètrie*”, “*-meter*”) ekleri ile aynı kökü paylaşmaktadır.¹²⁸

En eski terazi, yaklaşık olarak İÖ 1500'lere tarihlenecek şekilde Mısır'da bulunmuştur (ŞEKİL 123). Terazinin önemi ve etkisi, burçlar kuşağından anlaşılmaktadır. İÖ 1600'lerde burçlar kuşağı, Mezopotamya'da gökyüzü koordinat sistemi olarak dü-

ÇİZELGE 3. On ikide birlik sisteme göre Romalılarda “pes”in (ayak) az- ve çokkatları¹²⁷

Pes (ayak)	Azkatı / Çokkatı	Milimetre
1/48	<i>sicilicus</i>	6,2
1/24	<i>semuncia</i>	12,3
1/12	<i>uncia</i>	24,6
1/8	<i>sesuncia</i>	36,9
1/6	<i>sextans</i>	49,3
1/4	<i>quadrans</i>	73,9
1/3	<i>triens</i>	98,6
5/12	<i>quincunx</i>	123,2
1/2	<i>semis, semi-pes</i>	147,9
7/12	<i>septunx</i>	172,5
2/3	<i>bes</i>	197,1
3/4	<i>dodrans</i>	221,8
5/6	<i>dextrans</i>	246,4
11/12	<i>deunx</i>	271,1
1	<i>pes (as)</i>	295,7
2	<i>dupondius</i>	591,4
2 1/2	<i>pes sestertius</i>	739,3

şünülmüş ve bundaki burçlar arasında on bir adet çeşitli canlı yaratığa ek olarak teraziye yer verilmiştir.¹⁰⁴

Ortaçağ'ın ünlü kişiliği İmparator Charlemagne (Büyük Karl, Şarلمان) (yön. 800-814), karşılıklı gönderilen elçilerle birlikte dostluk ilişkileri içinde bulunduğu Abbasi Halifesi Harun el-Reşid'den (yön. 786-809) esinlenerek, 807 yılında Fransa'da birörnek ölçü sistemini (örnek olarak “ayak” uzunluğu birimi olarak kendi ayakkabı büyüklüğünü) uygulamaya koymuştur. O dönemlerde İslâm dünyasında genelde doğal tanımlı uzunluk ve ağırlık ölçüleri kullanılıyordu. Örneğin tane iriliği konusunda “ceviz” (20-25 mm), “badem” (10-15 mm), “fındık” (8-10 mm), “nohut” (5-7 mm) ve “darı” (1-2 mm) gibi ölçüler kullanılmaktaydı. Harun el-Reşid'in oğlu Halife el-Me'mun'un 827 yılındaki bir buyruğu üzerine dönemin bilginleri, ölçü ipleri kullanarak bir derecelik yeryüzü yayını ölçmüşlerdir. Dö-

ÇİZELGE 4. Romalılarda mimarlık ölçüleri¹²⁷

Digiti (parmak)		Milimetre
1	= 1/16 <i>pes</i>	18,48
2		36,96
3		55,4
4	= 1 <i>palmus</i> (el ayası)	73,9
5		92,4
6		110,9
7		129,4
8	= 2 <i>palmi</i>	147,9
9		166,3
10		184,8
11		203,3
12	= 3 <i>palmi</i>	221,8
13		240,2
14		258,7
15		277,2
16	= 4 <i>palmi</i> = 1 <i>pes</i> (ayak)	295,7
20	= 1 <i>palmipes</i>	369,6
24	= 1 <i>cubitus</i>	443,6

nemin Avrupa'sına bakıldığında ölçülerle ilgili gelişmelerin İngiltere'de yaşandığı anlaşılmaktadır. 1101 yılında İngiltere Kralı I. Henry (yön. 1100-1135), gümrük uygulaması ile birlikte “*foot*” (ayak) (= 30,48 cm) ve “*yard*” (yarda) (= 3 *feet* = 91,44 cm) ölçülerinin kullanımını başlatmış, Kral III. Henry (yön. 1216-1272), 1266 yılında tahıl taneleri temeline dayalı ağırlık ölçüsü sisteminin düzenlenmesini sağlamış ve nihayet 1494 yılında yine İngiltere'de Kral VII. Henry (yön. 1485-1509), tek tip ölçü sistemi yasasını yürürlüğe koymuştur.¹⁰⁴ Doğal bir uzunluk ölçüsü olarak yarda'nın izi Saxon krallarına dek geri uzanmaktadır. Onlar bel çevresine sardıkları kuşak ya da kemeri çözerek uygun bir ölçü aleti olarak kullanabilmekteydiler. Buna göre “*yard*” sözcüğü, “bir kişinin bel kısmının çevre uzunluğu” anlamına, Saxon dilindeki “*gird*” sözcüğünden türemedir. Öte yandan “yarda”nın tanımı, geleneksel olarak, İngiltere Kralı I. Henry'nin

1101 tarihli bir buyruğu eşliğinde, kendi bumunun ucundan başparmağının ucuna kadar olan uzunluk olarak ölçülendirilmiş, başparmağının kalınlığı ise “inç” olarak kabul edilmiştir.



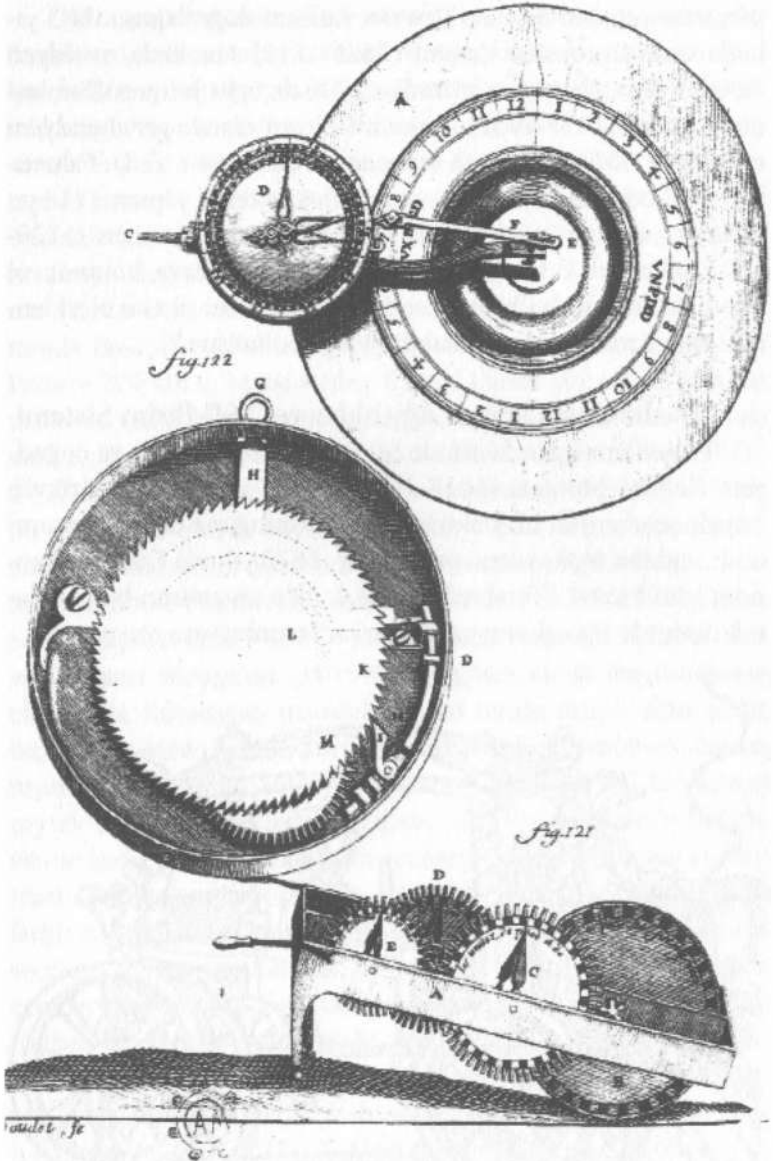
ŞEKİL 123. Eski Mısır ölüm (mezar) mahkemesinde günah-sevap terazisi: Eski Mısır inanışına göre çakal başlı olarak resmedilen ölüler kültü ve mumyacılık tanrısı Anubis ölüyü mezar mahkemesinin huzuruna getirerek ölünün yüreğini “hakikat tüyü” ile tartar, bu sırada yanında timsah başlı, aslan yeleli, çita ayaklı ve arka kısmı bir su aygırninkine (hipopotam) benzeyen korkunç canavar Ammit bulunur, tanrıların yazmanı olan turna başlı Thot ise (sağda) kayıtları tutup sonucu yazarak karar verecek olan ölüler ülkesi tanrısı ve ölüm yargıç Osiris’e bildirirdi. Osiris, taht biçimindeki gökyüzünde mahkemeyi yönetirdi. Yüreğin ağırlığı tüye eşit ya da hafif gelirse ölen kişi günahsız sayılır, yargılanmaktan kurtulur ve Osiris’in huzuruna, sonsuz mutluluk diyarına sevk edilirdi. Karar olumsuz yönde olursa, ölünün ruhu, terazinin yanı başında yemini sinsice bekleyen “ölü yiyici” Ammit tarafından yutulurdu. Günah ve sevapların tartım yoluyla karşılaştırılması, başta Hristiyanlık olmak üzere çeşitli dinlerce de üstlenilmiştir. Batı kültürü ikonografisinde, bir elinde terazi, diğerinde kılıçla temsil edilen ve adaleti simgeleyen dünyalı kadın Justitia’nın kökeni de yine Eski Mısır dinine geri uzanmaktadır (İÖ 13. yüzyıla tarihlenen bir papirüsten; British Museum, Londra).¹⁰⁴

İngilizler, “İngiliz ölçü sistemi” diye bilinen birimlerinin metrik sisteme göre daha “doğal” birimler olduğunu söylerler. Ağırlık birimleri olarak “libre” ya da “pound” 453,6 grama; ons (“ounce”) ise çarşı libre’sinin 16’da biri olarak 31,1 grama ya da kuyumcu libresinin 12’de biri olarak 28,3 grama eşittir. Uzunluk birimleri olarak inç (“inch”), “parmak” anlamına gelir ve başparmak genişliğini ifade eder şekilde 2,54 cm’dir; “ayak” anlamına “foot”un çoğulu olan fit (“feet”) 12 inç’e ya da 30,48 cm’ye karşılık gelir; mil (“mile”) terimi ise “kara mili” olarak 5280 fit ya da

1609,34 metreye ve “deniz mili” olarak da 1852 metreye karşılıktır; yüzey birimi olan akr (“acre”), 4046,9 m²’ye denktir. Hacım birimi olarak “galon” ise İngiltere’de 4,546 litre’ye, Amerika’da ise 3,785 litre’ye eşittir.

“Podometre” (“adımölçer” < Yun. “*podion*”: “adım” + “*metron*”: “ölçü”) Avrupa’da 16. yüzyıl başından beri biliniyordu. Jean Errard de Bar-le-Duc (1554-1610) tarafından 1584’te “*atın eyerine bağlanan ve onun adımlarıyla alınan yolun uzunluğunu gösteren*” ya da “*insan adımıyla alınan yolun uzunluğunu tam olarak ölçmeye yarayan yeni alet*” diye tanımlanan bu türde bilinen en eski alet, 1525 tarihli olup Fransız hekim ve zanaatkar Jean Fernel’e (~1497-1558) aittir. Kol saati biçimindeki bu küçük sayısal (dijital) mekanik aletler, bir insanın ya da atın attığı adımları sayarak yolun hesaplamasını sağlıyordu. Örneğin bir yaya, bu aleti kemerinin sol yanına takıyor, aletin kolunu da bir iple sağ dizine bağlıyordu. Atılan her iki adımda kadranın dili bir diş atıyordu (ŞEKİL 124). Daha sonra, motorlu bir aracın tekerleklerine bağlı olarak çalışan kilometre saatine (“*taximetre*”) benzeyen odometre (“*hodomètre*”: uzaklıkölçer, yolölçer) adı verilen sayısal aletler de geliştirilmiştir.¹²⁹ Leonardo da Vinci de bir odometre tasarlamıştır. El arabasına benzeyen bu odometre, birbirine bağlı dişli tekerleklerden oluşuyor, son tekerlek bir tur attığında bir kabın içine bir boncuk düşüyor, yolun sonunda düşen boncuklar sayılarak gidilen yol hesaplanıyordu. ŞEKİL 125, ŞEKİL 126 ve ŞEKİL 127’de konu ile ilgili çeşitli kesitleri yansıtan resimler yer almaktadır.

Yeniçağ’da Rönesans ruhunun verdiği canlılıkla ölçme konusuna önem verilerek çeşitli matematiksel ve fiziksel ölçüm aletlerinin geliştirildiği ve özellikle coğrafi ölçümlerin gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu bağlamda zamandizinsel olarak 1528 yılında Jean Fernel (~1497-1558) temel uzunluk ölçü sisteminin dayanağı olarak meridyenin kullanılmasını önermiş, 1643’te Torricelli barometreyi keşfetmiş, 1656 yılında Huygens sarkaçlı saati geliştirmiş, 1660’larda Floransa’da alkollü termometre kullanıma girmiş, 1670’de Jean Picard (1620-1682) Fransa’da bir meridyen



ŞEKİL 124. Üste dize bağlanan bir adımölçer (podometre) ve mekanizması, altta ise el arabası şeklinde bir uzaklıkölçer (odometre) [Gaspard Grollier de Servière (1677-1745), Recueil d'ouvrages curieux de mathématique et mécanique... (Matematik ve Mekanik Konulu İlginç Yapılar Derlemesi) (Lyon, 1719)].¹³⁰

parçasını yeniden ölçerek Newton yasasını doğrulamış, 1683 yılında Gian-Domenico Cassini (1625-1712) Fransa'da meridyen ölçümünü yenilemiş ve ardından 1730'da oğlu Jacques-Dominique Cassini (1677-1756), uzunluk birimi olarak yer meridyeni çeyreğinin 60 binde birinin kullanımını önermiştir. G. D. Fahrenheit tarafından kullanışlı ilk civalı termometrenin yapımı 1714 yılında gerçekleştirilmiş, 1760'ta Johann Heinrich Lambert (1728-1772) tarafından fotometrinin temel yasası ortaya konmuş ve 1760 yılı dolayında ilk kez cetvel ve açölçerlerin (iletke) ölçeklendirilmesi için bölmeleme makinesi inşa edilmiştir.¹⁰⁴

Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar ve “SI” Birim Sistemi

Fransa'nın Lyon kentinde St. Paul Kilisesi papazı ve coğrafyacı Gabriel Mouton (1618-1694), 1670 yılında, yeryüzünün büyük çemberinin bir dakikalık yay uzunluğuna dayalı kapsamlı bir ondalık ölçü sistemi önermiştir. 1670 yılında Fransız astronom Jean Picard, 10 tabanlı uzunluk ölçü sisteminin birimi olarak saniyede bir salınım yapan sarkaç uzunluğunu önermiştir.



ŞEKİL 125. Jean Fernel'in (~1497-1558) “yölölçerli arabası”: Fernel, böyle bir araba ile 1528 yılında Paris-Amiens arası uzaklığı belirlemiştir.¹⁰⁴

Yakınçağı başlatan 1789 Büyük Fransız Devrimi, sosyal, bilimsel ve teknik alanlarda ivmelenmeye yol açmış, ünlü kimyacı Lavoisier'nin büyük çabalarıyla Fransa'da metrik sistem kabul edilmiş, bunun sonucu olarak da ölçü ve birim sistemleri konusunda Fransa, öncü ülke konumuna geçmiştir. O dönemde yalnızca Fransa'da 250 000 farklı ölçü birimi kullanımda idi. Devrim öncesi Fransa'da bir ölçü birliği yoktu ve belirli birimler, değişik kentlerde değişik ölçülere karşılık geliyordu. Devrim yanlıları, metrik sistemin amacını, insanların eşitliği ve özgürlüğü bağlamında hesapları daha kolay yapabilmede görüyorlardı. Örneğin Paris'in 100 cm'si, Marsilya'da 98 cm, Lille'de 102 cm ve Bordeaux'da 96 cm'yi buluyordu. Sarkaç konusunda çalışmalar yapmış olan deniz astronomu Şövalye Jean Charles de Borda'nın (1733-1799) önerisi üzerine Paris Bilimler Akademisi, 16 Şubat 1791'de bu soruna bir çözüm bulmak ve metreyi daha doğru tanımlamak amacıyla, Borda'nın yanı sıra dönemin ünlü bilginlerinden Jean Marie Antoine Nicolas de Caritas Condorcet (1743-1794), Pierre Simon Laplace (1749-1827), Joseph-Louis Lagrange (1736-1813) ve Gaspard Monge'un (1746-1818) görev aldığı bir komisyon oluşturdu. Komisyon, uzunluk ölçüsü birimi olarak olası şu üç seçenekten birini seçme durumuna geldi: (i) 45° enlemde bir saniyelik hızla salınan basit bir sarkacın uzunluğu; (ii) Ekvatorun çeyrek uzunluğunun temel alınması; (iii) Kuzey Kutbu'ndan ekvatora kadar, yani bir meridyen çemberinin çeyreğinin temel alınması. Komisyon, raporunu o yıl içinde hazırladı. Yeryüzünün farklı noktalarındaki sarkaç salınımları farklı olduğundan birinci seçenek uygun bulunmadı. 26 Mart 1791'de, yersel meridyen çemberi çeyreğinin ("Paris'ten geçen boylamın üzerindeki, Kuzey Kutbu ile ekvator arasındaki uzaklığın") on milyonda biri, "*mètre*"nin doğal standardı olarak kabul edildi. Ancak meridyenin kesin uzunluğu henüz bulunmamıştı. Bu amaçla Fransa Kralı XVI. Louis (yön. 1774-1793) tarafından 1792 yılında yerölçümcü Pierre-François André Méchain (1744-1804) ile astronom Jean-Baptiste Joseph Delambre (1749-1822), bir boylam çemberinin uzunluğunu ölçmekle görevlendirildi.¹³² Delambre ve

Méchain, dünyanın tam çevresini ölçmeyi hedeflemedi. Bunlar, yaklaşık 45° paraleline yakın bölgede Fransa üzerinde uzanarak Paris'ten geçen ve Fransa'nın kuzey ucundaki Dunkirk ile güney ucundaki Barcelona kentleri arasında uzanan meridyen parçasının uzunluğunu ölçtüler. Üçgenleme yöntemiyle yapılan ölçümlerden hareketle sonuçta, dünya çevresinin dörtte biri (çeyreği) olarak Kuzey Kutbu'ndan ekvatora kadar olan meridyen yayının uzunluğu belirlendi. Üçgenleme yöntemi (Fars. / Osm. "nirengi", İng. "triangulation"), coğrafya ve astronomide trigonometri ilkelelerine dayalı olarak bir yerin konumunu belirlemek üzere uygulanan ve bir üçgenin bilinen bir kenar uzunluğu ile iki açısının değerinden hareketle diğer kenar uzunluklarını ölçme yöntemidir. Bu bağlamda, üçgenin kenarları (BC, AC, AB) ve bu kenarların karşısındaki açıları (A, B, C) olmak üzere, temel olarak $[BC / \sin A = AC / \sin B = AB / \sin C]$ denkleminde yararlanılır.

"Çağdaş kimyanın babası" sayılan Lavoisier, bu keşif gezisinin planlayıcılarından biri olarak, güneyde (Barcelona'ya yakın bölgede) ölçümler yapacak olan Méchain'e bir mektup yazarak şunları belirtmişti: "*Unutmamalısınız ki, bir insanın yüklenebileceği çok önemli bir görev üstlenmiş durumdasınız; dünyanın tüm ulusları adına çalışıyorsunuz, Fransız Bilimler Akademisi'ni ve evrenin tüm bilgilerini temsil ediyorsunuz*". Delambre ve Méchain, bu konu üzerinde yedi yıl çalıştılar. 1799'da birlikte Paris'e dönerek verilerini dünyanın önde gelen bilimcilerinden oluşan uluslararası bir komiteye sundular. Dünyanın "birinci uluslararası bilim konferansı" sayılan bu toplantıda komite üyeleri arasında Laplace, Lagrange ve Legendre (1752-1833) gibi ünlü astronom ve matematikçiler de bulunuyordu. Komite üyeleri, verileri çok titiz bir şekilde inceleyip değerlendirdiler. Bu çalışma, Delambre tarafından *Base du système métrique décimal, ou mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, execute en 1792 et années suivantes, par MM. Méchain et Delambre* (Ondalık Metrik Sistemin Temeli...) (Paris, 1806-10) adlı eserde sergilenmiştir.¹³³



ŞEKİL 126. Yolölçerli araba [ahşap oyma; Vitruvius, De architectura libri X (Mimarlık Üzerine On Kitap) (İÖ 25), Rivius baskısı, 1547].¹³¹

Uzunluk biriminin ardından ağırlık / kütle birimini belirlemek için komisyon civa ya da altın gibi başka herhangi bir maddeyi değil de “elde edilmesi ve damıtılması kolay olduğu...” gibi nedenlerle dayanak maddesi olarak suyu yeğledi. Böylece daha sonra çıkan bir yasayla da, suyun maksimum yoğunlukta olduğu +4°C’da 1 m³ suyun ağırlığı 1 kilogram (ya da 1 cm³ suyun ağırlığı 1 gram) olarak tanımlandı. 1795 yılında “mètre”nin pirinç alaşımından bir prototipi üretilmişti. 1799 yılında ise “mètre” örneğinin bir platin çubuk modeli (“Mètre des Archives”) yardımıyla, “kilogram” örneğinin ise bir platin kilogram modeli (“Kilogramme des Archives”) yardımıyla gerçekleştirilmiş, bu standartlar Sèvres’deki “Ağırlıklar Müzesi”nde sergilenmiş ve 22 Haziran 1799’da bütün dünyaya duyurulmuştur. Ağırlık ve uzunluk gibi çeşitli ölçüler için kabul edilen böyle yasal ölçü modellerine “*étalon*” adı verilmektedir. 1800 yılı sonrasında “metre” ve “kilogram” ölçüleri Avrupa’nın diğer ülkelerinde de gitgide benimsenmiş ve “Metre Anlaşması” (“*Mètre Convention*”), ancak 20 Mayıs 1875 tarihinde yapılan diplomatik bir konferans so-

nunda katılımcı 17 ülke tarafından imzalanmıştı. Bu anlaşma uyarınca kalıcı bir laboratuvar ("*Bureau International des Poids et Mesures*", *BIPM*) kurulması ve yeni önerilerin periyodik olarak toplanacak uluslararası bir konferans ("*Conférence Générale des Poids et Mesures*", *CGPM*) çerçevesinde değerlendirilmesi kararlaştırıldı. Nihayet ölçü ve birimler tarihinin önemli bir olayı olarak 1889 yılında Paris'te gerçekleştirilen "1. Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Genel Konferansı"nda uluslararası metre ve kilogram modelleri tanımlanmıştır. Bu konuda yaşanan önemli dönüm noktalarından sonuncusu, "metre sistemi"nin ardılı olarak, 1960 yılında düzenlenen "11. Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Genel Konferansı"nda ("*Conférence Générale des Poids et Mesures*") "Uluslararası Birim Sistemi" ("*Système International d'Unités*") (SI) için kurallarda uzlaşılması olmuştur.^{107,134} 1954 yılında oluşturulan "SI" sistemi de "Metre-Kilogram-Saniye" (MKS) ya da azkatları olarak "Santimetre-Gram-Saniye" (CGS) sistemine dayalıdır ama ayrıca sıcaklık, elektrik akım şiddeti, ışık şiddeti ve madde miktarı için de temel birimler içermektedir.

1790'lı yıllarda Fransız Bilimler Akademisi, yalnızca ölçü birimleri üzerinde değil kullanılan sayı sistemi üzerinde de temel yenilikler yapmak istiyordu. İlk başta 12-tabanlı (12'lik) bir sayı sistemi düşünüldü. 12'lik sistem, aslında 10'luk (ondalık, desimal) sisteme göre daha kullanışlıydı; çünkü 10 sayısı 1 ve kendisinden başka yalnızca 2 ve 5 ile tam olarak bölünebilirken 12 sayısı 2, 3, 4 ve 6 ile tam olarak bölünebiliyordu. Ancak halkın bu yeni sisteme yanaşmayacağı düşünülerek uygulamaya konmadı. Nitekim 12'lik sistemde azkat ve çokkatlara birim çevirmelerinde uzun uzadıya çarpma ya da bölme işlemleri yapmak gerekiyordu; oysa 10'luk sistemde bu çevirmeler, ondalık basmağın (yani virgölün) sağa ya da sola kaydırılması ile kolayca yapılabiliriyordu. Akademi bir ara diğer 10'luk birim sistemleriyle uyum sağlaması için zaman ölçümünde kullanılan sistemin de 10'luk sistem olmasını, buna göre de 1 haftanın 10 gün, 1 günün 10 saat, bir saatin 100 dakika ve bir dakikanın da 100 saniye sayılmasını önermeyi düşündü, sonunda bundan da vazgeçildi.



ŞEKİL 127. Jakob Köbel'e (1460-1533) göre "ortalama ayak uzunluğunun belirlenmesi yoluyla bir ölçüm çubuğunun üretilmesi" işlemi (1584): Olasılıkla kilisedeki törenden ilk çıkan on altı adam, sol ayaklarını uç uca yerleştirmekte; toplam uzunluk, on altıya bölünerek ortalama "ayak" uzunluğu saptanmaktadır [J. Köbel, Geometrey. Von künstlichem Feldmessen und absehen (Geometri: Yayıp Saha Ölçüm ve Kestirimi Üzerine), Frankfurt/M., 1608].¹⁰⁴

Fransa'da ondalık metrik sistem 7 Nisan 1795'de yasayla kabul edildiyse de halkın zorlanması sonucu 1812'de Napoléon Bonaparte tarafından yeniden eski ölçü birimlerinin kullanımına geçildi. Fransız milli eğitiminde birim sisteminin kullanılmasını zorunlu kılan 4 Nisan 1837 tarihli yasa, 1 Ocak 1840 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Metrik sistemin kullanımı Hollanda'da 1820'de, Yunanistan'da 1836'da, İspanya'da 1849'da, ABD'de (isteğe bağlı olarak) 1866'da, İsviçre'de 1874'te, Türkiye'de 1926'da, İngiltere'de ise 1978'de kabul edilmiştir. 1900 yılına varıldığında metrik sisteme imza veren ülke sayısı, çoğu Kuzey ve Güney Amerika devletlerinin de katılımıyla 35'e ulaşmıştı. Günümüz dünya ülkelerinin çoğunda benimsenerek yaygın kullanıma giren birim sistemine

“SI” [*Système International (d’Unités)*] (Uluslararası Birimler Sistemi) adının verilmesi, 1960 yılında 11. Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Genel Konferansı’nda kabul edilmiştir. Türkiye dahil 140’ye yakın devlet, gerektiğinde alışılmış eski birimleri kullanmakla birlikte bu yeni birimleri kullanmayı taahhüt etmiştir.^{104,126} İngiltere metrik sisteme geçiş için yasal adımı atmışsa da geçiş süreci halen sürmektedir. İrlanda 2005 yılında metrik sisteme geçmiştir. Küreselleşme hareketinin önderliğini üstlenen ABD, 1970’li yıllarda metrik sisteme geçme konusunda ciddi atılımda bulunmuştur. Günümüzde metrik sistemi kabul etmeyen üç ülke kalmıştır: Amerika Birleşik Devletleri, Afrika ülkesi Liberya ve Uzakdoğu ülkesi Burma (yeni adı Myanmar).

Temel SI birimleri ve bunlardan türetilen alt birimler ÇİZELGE 5’te verilmektedir.

Birimlerin azkatları ve çokkatları ile ilgili ön ekler, ÇİZELGE 6’da belirtilmiştir.¹⁰⁴

ÇİZELGE 5. SI birimleri ve onlardan türetilen alt birimler

SI temel birimleri		
Nicelik	Ad	Simge
Uzunluk	Metre	m
Kütle	kilogram	kg
Zaman	saniye	s
Sıcaklık	(derece) Kelvin	(°)K
Elektrik yükü	Coulomb	C
Madde miktarı	mol	mol
Işık şiddeti	mum (<i>candela</i>)	cd
SI alt birimleri		
Frekans	Hertz	Hz (= s ⁻¹)
Kuvvet	Newton	N (= kg m s ⁻²)
Basınç/Gerilme	Pascal	Pa (= N m ⁻² = kg m ⁻¹ s ⁻²)
Iş/Enerji	Joule	J (= N m ⁻¹ = kg m ² s ⁻²)
Güç	Watt	W (= J s ⁻¹ = kg m ² s ⁻³)

ÇİZELGE 6. Birimlerin katları ile ilgili ön ekler

Ön ek	Simge	Çarpan
<i>exa</i>	E	10^{18} (kentilyon katı)
<i>peta</i>	P	10^{15} (katrilyon katı)
<i>tera</i>	T	10^{12} (trilyon katı)
<i>giga</i>	G	10^9 [milyar (bilyon) katı]
<i>mega</i>	M	10^6 (milyon katı)
<i>kilo</i>	k	10^3 (bin katı)
<i>hecto</i>	H	10^2 (yüz katı)
<i>deca</i>	da	10 (on katı)
<i>deci</i>	d	10^{-1} (onda biri)
<i>centi</i>	c	10^{-2} (yüzde biri)
<i>milli</i>	m	10^{-3} (binde biri)
<i>micro</i>	m	10^{-6} (milyonda biri)
<i>nano</i>	n	10^{-9} [milyarda (bilyonda) biri]
<i>pico</i>	p	10^{-12} (trilyonda biri)
<i>femto</i>	f	10^{-15} (katrilyonda biri)
<i>atto</i>	a	10^{-18} (kentilyonda biri)

Paris’li alet yapımcısı Jean Nicolas Fortin (1750-1831), 1799 yılında, çekiçlenmiş platin süngerinden, metre örneği (“*mètre des archives*”) ve kilogram örneği (“*kilogramme des archives*”) hazırlamıştır. Bu örnekler, Paris yakınlarındaki Sèvres’de Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu’nda (*Bureau International des Poids et Mesures, BIPM*) saklanmaktadır. “*Le grand K*” (Büyük Kilo) adı verilen; $21,5 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğundaki % 90 platin - % 10 iridyum alaşımından yapılma silindir şeklindeki temel kilogram örneği ile “X” harfi şeklinde kesite sahip çubuk şeklindeki metre örneği, 1889 yılında Londra’lı altın ustası Johnson Matthey tarafından kalıba dökülüp cilalandıktan sonra Paris’e götürülmüş, orada gerçekleştirilen Ölçü ve Ağırlıklar Genel Konferansı ile onaylanmıştır. Sèvres’de saklanan metre örneğinin üzerindeki işaretli iki çizgi arasındaki uzaklığın 0°C ’daki ölçüsü “metre” olarak kabul edilmişti ve sıcaklık 20°C ’a getirildiğinde 1 m’lik ölçü

0,3 mm uzuyordu. Sözü edilen bu alaşım düşük ısı genleşme özelliğine sahip ve kimyasal değişimlere karşı hemen hemen koursuz korunmalı idi. Bunun 30 kopyası hazırlanarak kura ile diğer devletlere dağıtılmıştır. Adında bir ön ek (“kilo-” şeklinde) bulunan biricik temel ölçü olan kilogram, aynı zamanda insan yapımı bir nesneye dayandırılan tek ölçü birimidir.^{104,126,134}

1936 yılında Sèvres’de Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu’na yönetici olan Charles-Edouard Guillaume (1861-1938), 1889 yılında gerçekleştirilen “Genel Konferans”a imza atarak onay veren ülkelere ulusal metre standartlarını dağıtma işine koyulmuştur. Standartların boyları üzerinde ısı genleşmenin önemli etkisi olabildiğinden, platin alaşımlarına göre daha ucuza mal olacak alternatif malzemeler araştırmaya girişti. Nikel çeliklerini incelerken, beklenmedik bir şekilde belirli bileşimdeki alaşımların ısı genleşmesinin, onu oluşturan metallerinkinden daha küçük olduğunu keşfetti. Sonunda 9 kısım demir ve 5 kısım nikel (% 64 Fe + % 36 Ni) içeren çelik alaşımının çok düşük ısı genleşme katsayısına sahip olduğunu buldu. Bunun üzerine bu alaşıma, “*invariable*” (“değişmez”) sözcüğünün ilk beş harfi kullanılarak “*invar*” adı verildi. C.-E. Guillaume’a 1920 Nobel Fizik Ödülü’nü kazandıran bu alaşım, oda sıcaklığı ile 230°C arasında bilinen en düşük genleşme katsayısına sahipti. Sıcaklık değiştiğinde bu alaşımdan yapılmış malzemenin boyca genleşmesi yoksayılacak düzeyde gerçekleştiğinden, özellikle saat sarkacı ve di-yapazon gibi boyutlarının sıcaklık değişiminden etkilenmemesi gereken ölçü alet ve parçalarının yapımında uygun bir kullanım alanı buldu. Guillaume daha sonra başka bir karmaşık nikel alaşımı olan “*elinvar*”ı (< *elasticity* + *invariable*) geliştirdi. Bunda sıcaklık değiştiğinde esneklik hemen hemen aynı kaldığından, özellikle terazi yaylarının yapımında kullanıldı.⁶⁹

1960 yılına dek metre standardı, ekvatorla Kuzey Kutbu arasındaki meridyen boyunun on milyonda biri uzunluğunda, Paris’te korunan bir Pt-Ir (platin-iridyum) çubuğa eşitti. Ancak yer ölçümcülerin yaptıkları küçük bir hata sonucu bu standart daha sonra terk edildi. CGPM’nin 14 Ağustos 1960 tarihinde toplanan

11. Genel Konferans'ı, metreyi, Kripton-86 izotopunun elektromanyetik tayfındaki (spektrum) $2p_{10}$ ile $5d_5$ kuantum düzeyleri arasında yer alan geçişine karşılık gelen turuncu-kırmızı ışınım çizgisinin $6,05780210 \times 10^{-7}$ m uzunluğundaki dalgaboyunun $1\,650\,763,73$ katı olarak yeniden tanımladı. Bu tanım, fiziksel bir görüngenüye dayanıyor ve doğaya dönüşü ve yinelenebilir, kalıcı ve değişmez bir standardı işaret ediyordu. 1983 yılındaki konferans-ta ise metrenin tanımı, “ışığın boşlukta $1 / 299\,792\,458$ saniyelik zaman aralığında katettiği yolun uzunluğu” olarak tanımlandı. Zaman birimi olan saniyenin “ortalama tropik yılın $86\,400$ 'de biri” şeklinde tanımı ise, 1967 yılında toplanan 13. CGPM konferansında “Sezyum-133 atomunun temel enerji durumunun hiper-ince düzeyleri arasındaki geçişe karşılık gelen ışınımın $9\,192\,631\,770$ periyotluk süresi” olarak değiştirilmiş olup buna dayalı olarak çalışan atom saatleriyle bir yıllık süre, yalnızca bir saniyelik hata ile ölçülebilmektedir. Böylece metrenin ve saniyenin tanımları sağlam temeller üzerine oturtulmuş oldu. Kütle birimi, uzunluk ve zaman biriminden farklı olarak, sürekli yenilenebilir bir doğal standarda bağlanamamaktadır ve Matthey'in yukarıda sözü edilen kilogram örnekleri de birbirine özdeş değillerdir. Günümüzde benimsenen kuvvet birimi olan “Newton”, yaklaşık olarak bir elmanın ağırlığına (~ 100 g) karşılık gelir ve bunun, yerçekimi yasasını bulmada Newton'ın kafasına düştüğü söylenen elma ile de uygun düştüğü görülmektedir.^{126,134}

Matbaacılıkta kullanılan basım harflerinin boyutu bağlamında tipografik birimlerin ölçüsü olarak “punto” (İng. / Fra. “point”, Alm. “Punkt”) kavramı, basımcı Pierre Simon Fournier (1712-1768) tarafından 1737 yılında kullanıma sokulmuş ve 1755 yılında François Ambroise Didot (1730-1804) ve Pierre François Didot (1732-1795) kardeşler tarafından daha da geliştirilmiştir. 1886 yılında ABD'de linotip-satır dökme makinesinin keşfinden beri 1 Punto, kesin olarak $1 / 72,27$ inch ya da $0,3514598$ mm olarak saptanmıştır. Öneri olarak DIN 16507-2 normunda yer alan metrik ölçüde “Punto” eşdeğeri büyüklük $0,25$ mm olarak tanımlanmıştır ve yazı / harf büyüklüğü olarak, “ölçülebilir büyük harf (majüskül) büyüklüğü” kullanılmaktadır.

Türkiye’de Ölçü ve Birimler

Ortaçağ İslâm dünyasında ve Osmanlılarda “dirhem” (< Yun. “*drachma*”) ve “ritl” (< Ita. “*rotolo*”) gibi bölgeye ve zamana göre değişen değerli birimler kullanılmaktaydı. Örneğin başlangıçta 66 “*grain*”e ya da 4,276 grama denk düşen dirhem, 15.-18. yüzyıllarda 3,15 gram, 19.-20. yüzyıllarda ise 3,207 gram eşdeğeri olarak kullanılmıştır. Osmanlılarda okka, dirhem, arşın, endaze vb. gibi, ondalık sisteme uymayan, belirli bir standartı bulunmayan, imparatorluğun farklı eyaletlerinde farklı değerlere sahip olan çok çeşitli tartı ve ölçüler kullanılmaktaydı. Osmanlılarda kullanılan tartı ve ölçülerden örnekler ve bunların ondalık metrik sistemdeki karşılıkları ÇİZELGE 7’de yer almaktadır.¹³⁵

Osmanlıda Sultan III. Selim (yön. 1789-1807) döneminde, yeni kurulmuş olan Mühendishane’de abanozdan bir standart “zira” (arşın) yapılmış ve “parmak” ve “hattı”lara derecelenmiştir. “Zira-i mimarî”yi standartlaştırmak için 1840 yılında “Mühendis” Emin Paşa (ölm. 1851) pirinç alaşımından bir “ortalama zira” hazırlamış ve bunu 1841’de Paris’teki standart metre ile karşılaştırmıştır. “Zira-i mimarî” 0,757 738 m’ye eşit bulunmuş ve bu zira, birkaç yıl sonra devletin resmî uzunluk birimi olarak kabul edilmiştir. Aynı yıl benzer bir standart, “okka” için hazırlanmış ve gelecekte karşılaştırma yapmak üzere korunmuştur. Zira’nın (0,757 738 m) ve okka’nın (1,282 945 kg) metrik standartları, 1869 yılında Osmanlı hükümetince yeni ölçü sisteminin kabulünden sonra resmî metrik eşdeğerler olarak benimsenmiş ve birim çevirme çizelgelerinde kullanılmıştır. Sultan Abdülaziz (yön. 1861-1876) döneminde 27 Eylül 1869 (20 Cemaziyelahir H 1286) tarihinde çıkarılan “*Mesahat ve Evzan ve Ekyal-ı Cedideye Dair Kanunnâme*” (Yeni Ölçüler, Ağırlıklar ve Ölçeklere İlişkin Yasa) ile ondalık metrik sistem (“*usul-i aşarî*”), devletin resmî tartı ve ölçü sistemi olarak kabul edilerek metre, gram ve litre, resmî uzunluk, ağırlık ve hacim ölçüsü birimleri olarak benimsenmiş, standart metre (“*zira-i a’şarî*”) cetveli ile standart kilogram tartı örnekleri (etalon), platinden yaptırılarak İmparatorluk Hazine Dairesi’nde koruma altına alınmıştır.^{135,136,137}

ÇİZELGE 7. Osmanlı tartı ve ölçülerinin ondalık metrik sistemdeki eşdeğerleri (19. yüzyıl ikinci yarısı)

Ağırlık ölçüleri:

- 1 çeki = 225,800 kg
 1 balya = 205 kg
 1 kantar = 56,450 kg
 1 batman = 7,697 67 kg
 1 okka (kıyye, ukiyye) = 400 dirhem = 1,282 90 kg
 1 lodra = 0,564 kg
 1 miskal = 4,811 g
 1 dirhem = 3,207 g
 1 denk / danık / çekirdek / harnube-i şamiye = ? dirhem = 0,801 g
 1 kirat = 1/16 dirhem = 0,2 g
 1 tuc = 1/24 dirhem = 0,13 g
 1 buğday / arpa = 1/64 dirhem = 0,05 g
 1 fitil = 1/256 dirhem = 0,0125 g
 1 nakir = 1/512 dirhem = 0,00625 g
 1 kıtmir = 1/1024 dirhem = 0,003125 g
 1 zerre / habbe = 1/2048 dirhem = 0,0015625 g

Uzunluk ölçüleri:

- 1 merhale = 2 berid = 45,480 km
 1 berid = 1 menzil = 4 fersah-i adi = 22,740 km
 1 fersah-i adi = 3 mil-i adi = 7500 zira-i mimarî = 5,685 km
 1 mil-i adi = 2500 zira-i mimarî = 1,895 km
 1 kulaç = 2,5 zira-i mimarî = 1,895 m
 1 zira (arşın, çarşı arşını, arş) = 68 cm
 1 zira-i mimarî (bina arşını, mimar arşını) = 75,8 cm
 1 endaze = 65 cm
 1 kadem = 37,9 cm
 1 parmak = 1/24 zira-i mimarî = 3,158 cm
 1 hatt = 1/288 zira-i mimarî = 0,263 cm
 1 nokta = 1/3456 zira-i mimarî = 0,0219 cm

Alan ölçüleri:

- 1 dönüm = 919,3025 m²
 1 evlek = 229,8 m²

Hacim ölçüleri:

- 1 kile-i İstanbulî = 4 şinik = 37 litre
 1 şinik = 2 kutu = 9,25 litre
 1 kutu = 4,63 litre

Bu arada birimleri gösteren ön ekler de değişmiş, örneğin Batılıların “desi-“ (onda bir), “santi-“ (yüzde bir) ve “mili-“ (binde bir) ön ekleri için sırasıyla “*uşr*”, “*uşeyr*” ve “*mişar*” terimleri kullanılmıştır. Eski uzunluk ölçülerinden “zira”, dirsekten orta parmağın ucuna kadar olan uzaklık olup Türkçe’de “arşın”a karşılık gelir ve yaklaşık 68 cm’dir. 1869 Ölçü Reformu’nda eski ölçüler arasında, değeri metreye en yakın olan uzunluk ölçüsü “zira” alınarak ve bilinen bir terimi anımsatmak suretiyle halkın tepkisini daha az çekmek amacıyla buna “a’şarî” (ondalık) sıfatı eklenerek “metre” için “*zira-i a’şarî*” terimi ortaya konmuş; desimetre, santimetre ve milimetre için, sırasıyla “*uşr-ı zira*”, “*uşeyr-i zira*” ve “*mişar-ı zira*” terimleri kabul edilmiştir. Benzer şekilde “litre” için “*uşr-ı zira küp*” (desimetre küp), “gram” için “*dirhem-i a’şarî*” (ondalık dirhem) terimleri konmuştur. Başlangıçta bilimsel ilkelere göre saptanan bu ön-ek terminolojisinin halk tarafından anlaşılması ve kullanılması güç olmuş, bunlar sıkça birbirleriyle karıştırılmış, bunların benimsenmemesi nedeniyle de, 1881 yılında çıkarılan bir kararname ile bu bilimsel terminoloji terk edilerek metrik sistem birimleri için eski ölçü ve tartı birimlerinin adları aynen alınmıştır (örneğin santimetre için “parmak”, milimetre için “hatt”). Metrik sistemin Osmanlılar tarafından benimsenmesini geciktiren etmenler arasında, sistemin ondalık (on tabanlı) oluşu ve yeni ölçü ve tartı birimleri için konan ön ek terimlerine kolay alışılabilmesi sayılabilir. Bu sistemin doğduğu ülke olan Fransa’da da aynı güçlüklerle karşılaşmış, halk “*deca-*” (on katı), “*deci-*” (onda bir), “*centi-*” (yüzde bir) ve “*milli-*” (binde bir) gibi ön ekleri birbiriyle karıştırmış ve metrik sistemin Fransa’da yerleşmesi elli yıl kadar zaman almıştır.

19. yüzyıl başlarından itibaren Avrupa’da yazılan bilim ve teknoloji kitaplarında metrik birimler kullanılmaya başlanmış ve Osmanlı mühendislerinin Avrupa kaynaklarından yaptıkları derlemlerde bunlardan söz edilerek Osmanlı ağırlık ve ölçü birimlerinin metrik eşdeğerleri verilmeye başlanmıştır. Başhoca İshak Efendi’nin (ölm. 1836) *Usul-i İstihkâmat* (İstihkâm Yöntemleri) (1834) adlı kitabı ve mühendis ve matematikçi İbrahim Edhem Paşa’nın (1785-1865) Adrien-Marie Legendre’in (1752-1833) *Éléments de géométrie*

(Geometrinin Öğeleri) (1794) adlı eserinin çevirisi olan *Usul-i Hendese* (Geometri Yöntemleri), bunun ilk örneklerini taşır.

Yeni sisteme “metrik” nitelemesinin verilmesi, 18. yüzyıl sonunda Paris Bilimler Akademisi’nin uzunluk birimi olarak “metre”yi kabul etmesi nedeniyle. Metrik sistemin ülkede yaygınlaştırılması ve okullarda okutulması için Eğitim Bakanlığı tarafından bir kitapçık derlenmiştir. Metrik sistemin hazırlık çalışmaları, Paris örnek alınarak oluşturulan “*Evzan-ı Cedide Komisyonu*” (Yeni Ağırlık ve Ölçüler Komisyonu) tarafından yapılmış ve komisyon, tanıtıcı posterler ve birim çevirme çizelgeleri bastırarak dağıtmıştır. Osmanlı yöneticilerini metrik sistemi benimseyip uygulamaya sevk eden en önemli iki etmen, ülkede tek bir ölçü sistemi kurmak ve Batı ile gitgide artan ticarete kolaylık sağlamak olmuştur.

Osmanlı bilim literatüründe metrik sistemden ilk söz eden ve Osmanlı tartı ve ölçülerinin metrik sistemdeki karşılıklarını ilk dile getiren, 1836 yılında İbrahim Edhem Paşa (1785-1865) olmuş; Sakız’lı İbrahim Edhem Paşa (1818-1893) ise Nafia Nazırı iken, ölçüler tüzüğü (“*Mesahat, Ekyal ve Evzan-ı Âşariyye Nizamnâmesi*”) çıkarmıştır. Metrik sistemi getiren kanundan yaklaşık 10-12 yıl önce İstanbul’daki hastanelerde ve eğitim kurumlarındaki görevli doktor, kimyager ve eczacıların çalışma ve analizlerinde metrik ölçü ve tartıları kullandıkları görülür. Ayrıca resmî makamlara sunulan kimi raporlardaki analiz sonuçları, Osmanlı ölçü sistemi ile değil, metrik ölçü birimleri ile verilmiştir. Sakız’lı İbrahim Edhem Paşa’nın oğullarından İsmail Gâlib Edhem Bey (1847-1895) ise *Yeni Mikyaslara Dair Risale* (1870) adlı bir kitap yazmıştır.^{135,136,137}

Kullanılan okka, dirhem, arşın, endaze ve kulaç gibi ölçülerin belirli bir standarda bağlı olmamaları, özellikle ticarî işlemlerde büyük karışıklığa yol açıyordu. Bu durumu gidermek için Cumhuriyet döneminde ülkemizde 26 Mart 1931’de TBMM tarafından yasalaştırılan “Ağırlıklar ve Ölçüler Kanunu” ile uluslararası uzunluk ve ağırlık sistemi kabul edildi. Bu sistem değişikliğinin benimsenmesini kolaylaştırmak için milat (yeni sisteme dönüş takvimi) olarak 31 Aralık 1933 tarihi benimsendi ve 1 Ocak 1934’ten itibaren uygulanmaya başlandı.

KAYNAKÇA

- 1) H. G. Topdemir, “Fatih Döneminde Fizik Çalışmaları”, *Bilim ve Ütopya*, 96, 34-37 (2002).
- 2) M. J. Gorman, “Between the Demonic and the Miraculous: Athanasius Kircher and the Baroque Culture of Machines”: <http://shl.stanford.edu/Eyes/machines/>
- 3) B. Bunch, A. Hellemans, *The History of Science and Technology*, Houghton Mifflin Co., Boston / New York (2004).
- 4) A. O. Gürel, *Doğa Bilimleri Tarihi*, İmge Kitabevi, Ankara (2001).
- 5) M. Sencer, *Bilim Tarihinde Dönüm Noktaları*, Say Yay., İstanbul (1998).
- 6) *Meydan Larousse Ansiklopedisi*.
- 7) Z. Tez, *Bilimde ve Sanayide Kimya Tarihi*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara (2000).
- 8) J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, Macmillan, Londra (1965).
- 9) A. A. Adivar, *Bilim ve Din (İlim ve Din)*, Remzi Kitabevi, İstanbul (1980).
- 10) D. J. Boorstin, *Keşifler ve Buluşlar* (Çev: F. Dilber), T. İş Bankası Kültür Yay., Ankara (1994).
- 11) B. Atalay, *Matematik ve Mona Lisa – Leonardo da Vinci’nin Sanatı ve Bilimi* (Çev.: Ö. Özgür, K. Sarıoğlu), Albatros Yay., İstanbul (2006).
- 12) D. M. Burton, *The History of Mathematics: An Introduction* (6. Baskı), McGraw-Hill, New York (2007): <http://www.mhhe.com/primis/online>
- 13) Z. Tez, *Tekniğin Evrimi*, Paragraf Yay., Ankara (2005).
- 14) J. G. Landels, *Eski Yunan ve Roma’da Mühendislik* (Çev: B. Bıçakçı), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (1996).
- 15) İ. Yusubov, “Doğanın Kalite Mührü ‘Simetri’ Üzerine”, *Bilim ve Gelecek*, 1, 28-34 (2004).
- 16) S. Sertöz, *Matematiğin Aydınlik Dünyası*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (1996).
- 17) F. Klemm, J. Teichmann, J. Varchmin, “Dokumenta-3”, *Kultur und Technik*, 1/1978: 52-59.

- 18) Ö. Acar, "Eureka! Arşimed'in Parşömene Yazılı Kitabı Bulundu", *Cumhuriyet-Bilim Teknik*, 621, 18-19 (1999).
- 19) <http://www.mcs.drexel.edu/~crrorres/Archimedes/...>
- 20) <http://www.faculty.fairfield.edu/faculty/jmac/sj/scientists/kircher.htm>
- 21) I. Schneider, "Archimedes: Wissenschaft und Technik im Spannungsfeld der Politik", *Kultur und Technik*, 3/1979: 4-11.
- 22) O. Hançerlioğlu, *Felsefe Ansiklopedisi*, Remzi Kitabevi, İstanbul (1976-1978).
- 23) J. D. Bernal, *Materyalist Bilimler Tarihi-1* (Çev: E. Marla), Sosyal Yayınlar, İstanbul (1976).
- 24) Z. Tez, *Bilim ve Teknikte Ortaçağ Müslümanları*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara (2001).
- 25) Ş. Döğen, *İslâm ve Kimya*, Gençlik Yay., Ankara (1993).
- 26) I. B. Cohen, *Album of Science from Leonardo to Lavoisier*, Charles Scribner's Sons, New York (1980).
- 27) *Mass, Zahl und Gewicht: Mathematik als Schlüssel zu Weltverständnis und Weltbeherrschung* (M. Folkerts, E. Knobloch, K. Reich), Harrassowitz Verlag, Wiesbaden in Kommission, Herzog August Bibliothek, Wolfenbüttel (2001).
- 28) H. G. Topdemir, "İbnü'l Heysem'in Optik Araştırmaları", *Bilim Felsefe Tarih*, 1, 174-194 (1991).
- 29) A. Kazancıgil, *Osmanlılarda Bilim ve Teknoloji*, Gazeteciler ve Yazarlar Vakfı Yay., İstanbul (1999).
- 30) M. Kunt, S. Faroqhi, H. G. Yurdaydın, A. Ödekan, (Ed.: S. Akşin), *Türkiye Tarihi-2: Osmanlı Devleti, 1300-1600*, Cem Yayınevi, İstanbul (1997).
- 31) E. Dölen, "Tanzimat'tan Cumhuriyet'e Bilim", *Tanzimat'tan Cumhuriyet'e Türkiye Ansiklopedisi*, Cilt 1, İletişim Yay., İstanbul (1985), s.153-196.
- 32) E. Dölen, "Ottoman Scientific Literature during the 18 th and 19 th Centuries", *The Introduction of Modern Science and Technology to Turkey and Japan*, International Symposium 1996, p. 159-186.
- 33) E. İhsanoğlu, *Açıklamalı Türk Kimya Eserleri Bibliyografyası (Basmalar/1830-1928) ve Modern Kimya Biliminin Türkiye Cumhuriyeti'nin Kuruluşuna Kadar Olan Durumu ve Gelişmesi*, Beta Matbaası, İstanbul (1985).
- 34) Esad Feyzi, *Röntgen Şu'â'atı ve Tatbîkât-ı Tıbbiye ve Cerrâhiyesi / Röntgen Işınlarnın Tıp ve Cerrahi Uygulaması* (Ed.: A. Besim; çev. ve haz.: M. Ünsal, B. Koç; sponsor.: Kurt & Kurt A.Ş.), Ses Reklam Ltd. Şti., Ankara (2006).
- 35) M. Akbaş, "Türk Fizik Derneği Yayını Çağdaş Fizik: Popüler Bir Bilim Dergisi", *Osmanlı Bilimi Araştırmaları* (Emre Dölen Armağanı), (Haz.: F. Günergun), I. Ü. Yay.No: 4581, İstanbul (2005), s: 247-263.

- 36) G. Harig, *Physik und Renaissance*, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften: 260, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K. -G., Leipzig (1981).
- 37) F. Klemm, "Die Rolle der Technik in der italienischer Renaissance", *Technikgeschichte*, 32, 221-243 (1965).
- 38) F. Klemm, J. Varchmin, "Dokumenta-8", *Kultur und Technik*, 3/1979: 48-54.
- 39) S. Michal, *Das Perpetuum mobile gestern und heute*, 2. Aufl., VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, und SNTL Verlag technischer Literatur, Prag (1981).
- 40) H. Rumpf, "Über die geschichtliche Entwicklung und den Sinn technischen Handels", *Friderician*, Zeitschrift der Universität Karlsruhe, Heft 15, 23-73.
- 41) E. E. Levis, *Teknolojinin Başyapıtları – Yaratıcı Mühendisliğin, Mimarlığın ve Tasarımın Tarihi* (Çev.: B. Çölgeçen), Güncel Yayıncılık, İstanbul (2005).
- 42) K. E. Haeblerle, *100 Jahre Bizerba Werke*, Bd. 2: 10 000 Jahre Waage, Bizerba-Werken (1967).
- 43) C. Allègre, *Herkese Biraz Bilim* (Çev.: A. H. Durukal), Yapı Kredi Yay., İstanbul (2007).
- 44) J. Teichmann, *Wandel des Weltbildes* (4. Aufl.), Deutsches Museum, B. G. Teubner, Stuttgart/Leipzig (1999).
- 45) F. Klemm, J. Teichmann, J. Varchmin, "Dokumenta-2", *Kultur und Technik*, 2/1977: 44-51.
- 46) A. Roob, *Das Hermetische Museum - Alchemie und Mystik*, Taschen, Köln (1996).
- 47) C. A. Ronan, *Bilim Tarihi: Dünya Kültürlerinde Bilimin Tarihi ve Gelişimi* (Çev.: E. İhsanoğlu, F. Günergun), TÜBİTAK Yayınları, Akademik Dizi: 1, Ankara (2003).
- 48) G. Bugge, *Das Buch der grossen Chemiker I-II*, Verlag Chemie, Berlin (1930).
- 49) F. Klemm, J. Teichmann, J. Varchmin, "Dokumenta-4", *Kultur und Technik*, 3/1978: 52-59.
- 50) <http://www.geocities.com/~eweil/durerus/dde/...>
- 51) J. Hasebrink, *Drucklufttechnik*, Deutsches Museum, Münih (1984).
- 52) E. Hrabalek, *Laterna Magica: Zauberwelt und Faszination des optischen Spielzeugs*, Keyser Verlag, Münih (1985).
- 53) O. Krätz, *Historische chemische Versuche*, Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln (1987).
- 54) C. -A. Reichen, *A History of Physics*, Hawthorn, New York (1963).
- 55) O. Krätz, *7000 Jahre Chemie*, Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg (1990).
- 56) F. Fraunberger, J. Teichman, *Das Experiment in der Physik*, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiesbaden (1984).

- 57) F. Günergun, "Doktor Kimyager Mehmed Ziya Ülken: Sir William Ramsay'ın Türk Öğrencisi", *Osmanlı Bilimi Araştırmaları* (Emre Dölen Armağanı), (Haz.: F. Günergun), I. Ü. Yay.No: 4581, İstanbul (2005), s: 79-116.
- 58) <http://www.luc.edu/libraries/science/jesuits/...>
- 59) C. Schott, *Technica curiosa*, Georg Olms Verlag, Hildesheim/New York (1977).
- 60) R. Demir, *Türk Aydınlanması ve Voltaire*, Doruk Yay., Ankara (1999).
- 61) B. J. T. Dobbs, M. C. Jacob, *Newton ve Newtonculuk Kültürü* (Çev. G. Ezber), İzdüşüm Yayınları, İstanbul (2000).
- 62) Z. Tez, "Newton ve Goethe'nin Renk Kuramları", *Bilim ve Sanat*, 9, 45-48 (1981).
- 63) A. Inam, "Goethe'nin Renkli Dünyasından Işıyan Renk Öğretisi", *Bilim ve Teknik*, Eylül 1993, s. 667-671.
- 64) D. Burton, D. Grandy, *Büyü, Gizem ve Bilim – Batı Uygarlığında Okült* (Çev.: Y. Tokatlı), Varlık Yay., İstanbul (2005).
- 65) A. Inam, "Edebiyatın Bilime Bir Başkaldırısı", *Bilim ve Teknik*, Nisan 1993, s. 269-273.
- 66) G. Buchheim, R. Sonnemann (Hrg.), *Geschichte der Technikwissenschaften*, Birkhäuser Verlag, Basel/Boston/Berlin (1990).
- 67) F. Klemm, J. Varchmin, E. Berninger, "Die alte Technik in Bilddokumenten aus Druckwerken der Bibliothek des Deutschen Museums", *Kultur und Technik*, Sonderheft, 1977.
- 68) O. Krätz, "Dokumenta-7", *Kultur und Technik*, 2/1979: 50-56.
- 69) *Bibliographical Dictionary of the History of Technology* (Eds. L. Day, I. McNeil, Routledge, London-New York (1996).
- 70) P. James, N. Thorpe, *Keilschrift, Kompass, Kaugummi*, 2. Aufl., Sanssouci Verlag, Zürich (1998).
- 71) F. Klemm, J. Teichmann, J. Varchmin, "Dokumenta-5", *Kultur und Technik*, 4/1978: 50-55.
- 72) F. Fraunberger, *Illustrierte Geschichte der Elektrizität*, Aulis Verlag Deubner & Co. KG., Köln; Prisma-Verlag GmbH, Gütersloh (1985).
- 73) S. Tanilli, *Yüzyılların Gerçeği ve Mirası-İnsanlık Tarihine Giriş-III: XVI ve XVII. Yüzyıllar*, Say Kitap Pazarlama, İstanbul (1987).
- 74) M. Heidelberger, S. Thiessen, *Natur und Erfahrung*, rororo (Deutsches Museum), Hamburg (1985).
- 75) J. Teichmann, *Vom Bernstein zum Elektron*, Deutsches Museum, Museumpädagogisches Zentrum München, 2. Aufl., Münih (1992).
- 76) J. Lenihan, *Bilim İş Başında* (Çev.: B. Bıçakçı), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (1999).

- 77) J. Meya, H. O. Sibus, *Das fünfte Element*, Deutsches Museum, Rowohlt-rororo, Reinbeck bei Hamburg (1988).
- 78) H. Lindler, *Strom: Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität*, Deutsches Museum, Rowohlt-rororo, Reinbeck bei Hamburg (1988).
- 79) J. Teichmann, *Elektrizität*, Deutsches Museum, Münih (1996).
- 80) R. Aşçıoğlu, *Düyun-u Fünun-u Umumiye (ya da) Fen'den Borçlu Batıya Geçmek*, İstanbul (1985).
- 81) <http://cnum.cnam.fr/ILL/8SAR18.html>
- 82) <http://www.deutsches-museum.de/bib/entdeckt/>
- 83) http://www.cinemedia.net/SFCV-RMIT-Annex/maughton/GALVANI_BIO.html
- 84) L. Dunsch, *Geschichte der Elektrochemie*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1985).
- 85) <http://www.acc.org/about/past/art/portraits/...>
- 86) <http://www.geocities.com/bioelectrochemistry/galvani.htm>
- 87) A. Külebi, "Tesla Silahları", *Cumhuriyet Strateji*, 2: 82, 14-15 (2006).
- 88) I. Jahn (Hrg.), *Geschichte der Biologie*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin (2000).
- 89) Ö. Tecimer, *Gül Haç – Batı Uygarlığının Yeraltı Kaynakları*, Plan B Yay., İstanbul (2004).
- 90) http://www.cerebromente.org.br/n18/history/stimulation_i.htm
- 91) A. Elsenaar, R. Scha, "Electric Manipulation as Performance Art: A Historical Perspective", *LEONARDO MUSIC JOURNAL*, Vol. 12, pp. 17-28 (2002).
- 92) J. Théodoridès, *Biyoloji Tarihi* (Çev.: T. Tunçdoğan), Cep Üniversitesi, İletişim Yay., İstanbul (1998).
- 93) O. Bahadır, "İstanbul'a Hoş geldin Elektrik!" *Cumhuriyet -Bilim Teknik*, 725, 10 (2001).
- 94) Kent, *Toplum, Müze: Deneyimler-Katkılar* (Ed.: B. Madran), Toplumsal Tarih Müzesi Kuruluş Sorunları Sempozyumu 27-29 Mayıs 1993; Kent ve Toplumsal Tarih Müzeleri Atölyesi 28-30 Haziran 1995; Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı, İstanbul (2001): Z. Toprak, "19. ve 20. Yüzyıllarda Kültür Tarihimizin Müzeciliğe Yansıtılması", s: 176-181.
- 95) Z. Tez, "Termodinamik Üzerine", *Doğa ve Bilim*, 5, 73-88 (1981).
- 96) S. F. Mason, *A History of the Sciences*, Collier Books, Macmillan, New York (1962).
- 97) C. Canavas, "Geschichte der Regelung und Automatisierung in der Verfahrenstechnik", *Chem. -Ing.-Tech.*, 67, 709-717 (1995).
- 98) J. Marks, *Science and the Making of the Modern World*, Heinemann, London (1985).
- 99) W. E. K. Middleton, *A History of the Thermometer and its Use in Meteorology*, Johns Hopkins University Press, Baltimore/ Maryland (1966).

- 100) <http://www.freunde=alter-wetterinstrumente.de/22theges.htm>
- 101) <http://www.greiner-glasinstrumente.de/thermometer/thermometrie/tp-geschichte.html>
- 102) B. Jaschke, *Glasherstellung*, Deutsches Museum, Münih (1997).
- 103) Z. Tez, "Sıcaklık ve Ölçümü Üzerine", *Bilim ve Teknik*, 16:193, 34-46 (1983).
- 104) A. Brachner, *Von Ellen und Füßen zur Atomuhr*, Deutsches Museum, Münih (1996).
- 105) J. Needham and Wang Ling, *Science and Civilisation in China*, Cambridge (1959).
- 106) A. Brachner, "Geheimnisvolles Vakuum", *Kultur und Technik*, 2/1979: 18-26.
- 107) R. Palla, Falkner, Köhler, *Kupferstecher-Ein Kompendium der untergegangenen Berufe*, btb, Frankfurt a. M. (1997).
- 108) W. E. K. Middleton, *A History of the Barometer*, Johns Hopkins University Press, Baltimore (1968).
- 109) Z. Tez, "Hava Basıncının Öyküsü", *Kimya Mühendisliği*, 121, 9-12 (1987).
- 110) W. Klever (Hrg.), *Die Schwere der Luft in der Diskussion des 17. Jahrhunderts*, Harrassowitz Verlag, In Kommission, Wiesbaden (1997).
- 111) <http://www.faculty.fairfield.edu/faculty/jmac/sj/scientists/schott.htm>
- 112) F. Klemm, J. Varchmin, "Quellen der Energie", *Kultur und Technik*, 2/1977: 36-43.
- 113) J. Varchmin, J. Radkau, *Kraft, Energie und Arbeit*, Deutsches Museum, Rowohlt-rororo, Reinbeck bei Hamburg (1988).
- 114) U. Lindgren (Hrg.), *Bayreuther Historische Kolloquien: Naturwissenschaft und Technik im Barock*, Böhlau Verlag, Köln/Weimar/Viyana (1997).
- 115) T. K. Derry, T. I. Williams, *A Short History of Technology – From the Earliest Times to A. D. 1900*, Dover Publ., New York (1960).
- 116) N. Hauner, R. Kreuzer, *Die Dampfmaschine verändert die Welt: Eine geschichtliche Exkursion im Deutschen Museum*, Museum Pädagogisches Zentrum, Deutsches Museum, Münih (1993).
- 117) M. Rehm, "Information und Kommunikation in Geschichte und Gegenwart": <http://www.ib.hu-berlin.de/%7Ewumsta/infopub/textbook/umfeld/rehmvor.html>
- 118) E. Tutel, "Bizans'tan Osmanlı'ya İstanbul Limanı", *Cumhuriyet-Kitap*, 461, 12-13 (1998).
- 119) R. Önsoy, *Tanzimat Dönemi Osmanlı Sanayii ve Sanayileşme Politikası*, T. İş Bankası Kültür Yay., Ankara (1988).

- 120) F. Emecan ... vö., *Osmanlı Devleti ve Medeniyeti Tarihi*, Cilt: 1 (Ed.: E. İhsanoğlu), İslam Tarih, Sanat ve Kültür Araşt. Merkezi (IRCICA), İstanbul (1994).
- 121) V. Ş. Ediger, *Enerji Ekonomi-Politigi Perspektifinden Osmanlı'da Neft ve Petrol*, ODTÜ Yayıncılık, Ankara (2006).
- 122) E. Dölen, *Resimlerle Teknoloji Tarihi: Buhar Makinesinin Gelişimi*, İTÜ Fen-Edebiyat Fakültesi İnsan ve Toplum Bilimleri Bölümü, İstanbul (2005).
- 123) A. D. Beyerchen, *Nazi Döneminde Bilim – 3. Reich'da Üniversite* (Çev.: H. Tosun), Alan Yayıncılık, İstanbul (1985).
- 124) G. Gönenç, “Geçmiş Olsun Niigata!”, *Cumhuriyet-Bilim Teknik*, 926, 10-11 (2004).
- 125) R. Havemann, *Yarın - Sanayi Topumu Yol Ayrımında - Eleştiri ve Gerçek Ütopya* (Çev: E. Özbek), Ayrıntı Yay., İstanbul (1990).
- 126) B. Cotterell, J. Kamminga, *Endüstri Öncesi Teknolojilerin Mekanığı* (Çev.: A. Bir), Literatür Yay., İstanbul (2002).
- 127) A. Mutz, *Römische Waagen und Gewichte aus Augst und Kaiseraugst*, Augster Museumhefte 6, Amt für Museen und Archäologia des Kantons Basel-Landschaft (1983).
- 128) J. D. Bernal, *Modern Çağ Öncesi Fizik* (Çev: D.Yurtören), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (1995).
- 129) G. İbrahim, *Rakamların Evrensel Tarihi-VIII: Hesabın Destanı* (Çev.: K. Dinçer), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara (2000).
- 130) <http://cnum.cnam.fr/ILL/4PO3.html>
- 131) H. Vocke (Hrg.), *Geschichte der Handwerksberufe*, Bd. 2, Vocke-Verlag, Waldshut/Baden (1960).
- 132) S. F. Mason, *A History of the Science*, Collier Books, Macmillan Publ., New York (1962).
- 133) K. Alder, “*The Measure of the World*”, Dibner Library Lecture, 5 Nov. 2003, Smithsonian Institution Libraries.
- 134) “Ölçmek” (Haz.: V. Altın), *Bilim ve Teknik*, Şubat 2006 sayısının eki, s: 2-4.
- 135) F. Günergun, “*Introduction of the Metric System to the Ottoman State*”, in: *Transfer of Modern Science and Technology to the Muslim World* (ed.: E. İhsanoğlu), IRCICA, İstanbul (1992).
- 136) E. İhsanoğlu, “*Tanzimat Öncesi ve Tanzimat Dönemi Osmanlı Bilim ve Eğitim Anlayışı*”, 150. Yılında Tanzimat, TTK Basımevi, Ankara (1992).
- 137) F. Günergun, “*Metrology: From Traditional Weights and Measures to the Metric System*”, in: *Ottoman Civilization-I* (Eds.: H. İnalcık, G. Renda), Republic of Turkey Ministry of Culture, Mas Basımevi, İstanbul (2003); p: 403-417.

KİŞİ ADLARI DİZİNİ

- Abdülaziz** (Osmanlı Sultanı) (yön. 1861-1876): 274
Abdülhamid, II. (Osmanlı Sultanı) (yön. 1876-1909): 168
Agricola, Georgius (1494-1555): 199, 200
Ahmed Besim Paşa (1850-1928): 241
Ahmed Cevdet Paşa (1823-1895): 51
Ahmed Tevfik Bey (1845-1936): 51, 52
Aldini, Giovanni (1762-1834): 163, 166, 167
Alencé (Dalancé), Joachim d' (1640-1707): 187, 188
Ali Paşa: 49
Ali Rıza Bey (1867-1904): 51
Ali Sedad Bey (1857-1900): 51
el-Allâf, Ebu'l-Huzeyl (ölm. 841): 35
Allamand, Jean Nicolas Sebastien (1713-1787): 124
Allbutt, Thomas Clifford (1836-1925): 195
Amenophis, III. (Firavun) (İÖ 1390-1353): 256
Amontons, Guillaume (1663-1705): 193, 195
Ampère, André-Marie (1775-1836): 16, 100, 101, 151
Anaksagoras, Klazomenai'li (Urla'lı) (İÖ 500-428): 19, 20
Anaksimandros (Anaksimander), Miletos'lu (İÖ 610-547): 19, 20
Anaksimenes, Miletos'lu (İÖ 580-525): 20
Apollonius, Perge'li (Perga'lı) (İÖ 262-180): 30
Aristoteles (Aristo) (İÖ 384-322): 12, 15, 19, 20, 24, 25, 31, 33, 45, 49, 53-55, 57, 107, 128, 199
Arkhimedes (Arşimed) (İÖ 287-212): 12, 25-32, 44, 47, 48, 63, 64, 195, 220, 221, 256
Arkhytas, Tarentum'lu (Taranto'lu) (İÖ 428-347): 13, 256

- Arrhenius, Svante (1859-1927): 152
 Arsonval, Jacques Arsène d' (1851-1940): 166
 Asimov, Isaac (1920-1992): 18
 Aşçıoğlu, Reşit (doğ. 1931): 18
 Atatürk, Mustafa Kemal (1881-1938): 244
 Aziz İdris Bey, Kırım'lı (1840-1878): 50
- Bacon**, Francis Thomas (1904-1992): 150, 170
 Bacon, Roger (1214-1294): 39, 41, 55, 67, 75, 96
 el-Bağdadî, Ebu'l-Berekât (1076-1166): 44
 Baliani, Giovanni Battista (1582-1666): 201
 Banks, Joseph (1743-1820): 141
 Barlow, Inigo (etk. ~1790): 160
 Bartholin (Bartholinus / Berthelsen), Erasmus (1625-1698): 83
 Bartolò, Sebastiano (1635-1679): 193
 Bayezid, II. (Osmanlı Sultanı) (yön. 1481-1512): 47
 Beckmann, Ernst Otto (1853-1923): 198
 Becquerel, Alexandre-Edmond (1820-1891): 17
 Becquerel, Antoine-César (1788-1878): 17
 Becquerel, Antoine-Henri (1852-1908): 17
 Bell, Alexander Graham (1847-1922): 168
 Benedetti, Giovanni Battista (1530-1590): 64
 Bennet, Abraham (1750-1799): 98
 Benû Musa Kardeşler (Muhammed-Ahmed-Hasan) (9. yüzyıl): 43
 Benz, Karl (1844-1929): 239
 Bernal, John Desmond (1901-1971): 18
 Bernard, Claude (1813-1878): 165, 166
 Bernoulli, Daniel (1700-1782): 16, 61
 Bertholan, Abbé: 161
 Berti, Gaspare (~1600-1643): 201, 202
 Biancani, Guiseppe (1566-1624): 179
 el-Bîrûnî (el-Beyrûnî), Ebu'l-Reyhan ("Aliboron") (973-1048): 15, 39, 43, 44
 Biot, Jean-Baptiste (1774-1862): 151
 Black, Joseph (1728-1799): 170, 172
 Blake, William (1757-1827): 88
 Blenkinsop, John (1783-1831): 232
 Boerhaave, Hermann (1668-1738): 170, 192
 Bohr, Niels (1885-1962): 17, 245, 248, 249
 Boltzmann, Ludwig (1844-1906): 17

- Borda, Jean Charles de (1733-1799): 265
 Borelli, Gian (Giovanni) Alfonso (1608-1679): 182, 189
 Born, Max (1882-1970): 244
 Boscovich, Ruggiero Giuseppe (1711-1787): 83
 Boulliau, Ismael (1605-1694): 190
 Boulton, Matthew (1728-1809): 232
 Boyle, Robert (1626-1691): 16, 110, 170, 193, 207, 214, 217
 Bradley, James (1692-1762): 38
 Bradwardine, Thomas (1290-1349): 55, 57
 Branca, Giovanni (1571-1645): 223-225
 Brisson, Mathurin-Jacques (1723-1806): 93
 Broglie, Louis-Victor de (1892-1987): 17
 Brunel, Marc Isambard (1769-1849): 235
 Bueno, Candido del (1618-1676): 189
 Bueno, Paolo del (1625-1659): 189
 Buridanus, Johannes (Jean Buridan) (~1300-1358): 55
 Bush, Vannevar (1890-1974): 245
- Cabeo**, Nicolo (Nicolaus Cabeus) (1585-1650): 109
 Cābir ibn Hayyan (720-813): 36, 191
 Cadet de Vaux, Antoine-Alexis (1743-1828): 93
 Cardano, Geronimo (Hieronymus Cardanus) (1501-1576): 15, 99, 108
 Carlisle, Antony (Sir) (1768-1840): 142
 Carnot, Nicolas Léonard Sadi (1796-1832): 16, 174, 175, 237
 Cassini, Gian-Domenico (1625-1712): 264
 Cassini, Jacques-Dominique (1677-1756): 264
 Castelli, Benedetto (1577-1643): 178
 Cauchy, Augustin Louis (1789-1857): 61
 Caus, Salomon de (1576-1626): 90-92
 Cavallo, Tiberio (1749-1809): 138
 Cavendish, Henry (1731-1810): 134, 151
 Celsius, Anders (1701-1744): 194-196
 el-Cezerî, Ebu'l-Izz Ismail ibn el-Rezzâz (1136-1206): 42
 Chadwick, James (1920-1998): 17
 Charlemagne (Büyük Karl, Şarlman) (Kutsal Roma İmp.) (yön. 800-814): 259
 Châtelet, Gabrielle-Emilie Le Tonelie de Breteuil Marquise du (1706-1749): 84, 87, 226
 Chladni, Ernst Florens Friedrich (1756-1827): 68
 Choiseul, Etienne François Duc de (Bakan) (1719-1785): 237

Christin, Jean Pierre (1683-1755): 195
 Cianfanelli: 142
 Cicero, Marcus Tullius (İÖ 106-43): 30
 Clais, J. B.: 63
 Clapeyron, Benoît Paul Emile (1799-1864): 175
 Clausius, Rudolf Julius Emmanuel (1822-1888): 17, 176
 Cleomedes (1. yüzyıl): 25
 Colbert, Jean-Baptiste (1619-1683): 90, 227
 Collings, Samuel (18. yüzyıl ikinci yarısı): 160
 Commandino, Federigo (1509-1575): 63
 Compton, Arthur Holly (1892-1962): 245
 Compton, Karl T.: 246
 Conant, James B.: 246
 Condorcet, Jean Marie Antoine Nicolas de Caritas (1743-1794): 265
 Coulomb, Charles Augustin de (1726-1806): 16, 61, 134
 Courant, Richard (1888-1972): 244
 Courtois, Gustave (1853-1923): 32
 Cruickshank, William (1746-1811): 144
 Cugnot, Nicolas-Joseph (1725-1804): 225, 236, 238
 Cunaeus, Andreas (1712-1788): 123, 124, 126
 Curie, Irène-Joliot (1897-1956): 243
 Curie, Jacques (1856-1941): 17, 104
 Curie, Marie Skłodowska (1867-1934): 17, 243
 Curie, Pierre (1859-1906): 17, 104

Daimler, Gottlieb (1834-1900): 239
 D'Alembert, Jean le Rond (1717-1783): 73, 130
 Dalton, John (1766-1844): 16, 89, 90, 173, 230
 Damat Ibrahim Paşa, Nevşehir'li (1660-1730): 49
 Daniell, John Frederic (1790-1845): 149
 Darwin, Charles Robert (1809-1882): 163
 Davy, Humphry (1778-1829): 145, 148, 149, 172
 Delambre, Jean-Baptiste Joseph (1749-1822): 265, 266
 Demokritos, Abdera'lı (İÖ 470-361): 12, 13, 19-23, 35
 Derviş Paşa, Kimyager Mehmed Emin (1817-1878): 50, 51
 Desaguliers, Jean Théophile (1683-1744): 112, 113
 Descartes, René (Renatus Cartesius) (1596-1650): 16, 41, 69, 88
 Dharmakirti (7. yüzyıl): 25
 el-Dihlevî, Hasan: 47

- Diderot, Denis (1713-1784): 73, 230
 Didot, François Ambroise (1730-1804): 273
 Didot, Pierre François (1732-1795): 273
 Diesel, Rudolf Christian Karl (1858-1913): 238, 239
 Dignaga (5. yüzyıl): 25
 Dioskorides, Pedanios (Anavarza'lı) (~20-79): 95
 Dirac, Paul Adrian Maurice (1902-1984): 244
 Drebbel, Cornelius Jacobzoon (Cornelis von Drebbel) (1572-1633): 180, 186, 188, 195
 Dubois-Reymond, Emil Heinrich (1818-1896): 165, 166
 Dufay, Charles François de Cisternay (1698-1739): 113, 115, 116, 128
 Duhem, Pierre-Maurice-Marie (1861-1916): 176
 Dumas, Jean-Baptiste André (1800-1884): 93
 Dungi, I. (Ur Kralı) (İÖ 2500'ler): 254
 Dürer, Albrecht (1471-1528): 15, 68, 69

Ebubekir Bakıllânî: 36

- Ebu Hâşim: 35
 Ebu ibn Fırmâs (ölm. 887): 42
 Edhem Paşa, İbrahim (1785-1865): 276, 277
 Edhem Paşa, İbrahim (Sakız'lı) (1818-1893): 277
 Edison, Thomas Alva (1847-1931): 152
 Einstein, Albert (1879-1955): 17, 18, 254
 Elizabeth, I. (İngiltere Kraliçesi) (1533-1603): 97
 Ellicott, John (~1706-1772): 197
 Emin Mehmed Paşa, "Mühendis" (ölm. 1851): 50
 Emîr Eugene, Sicilya'lı: 38
 Empedokles, Agrigentum'lu (İÖ 485-425): 12, 19, 21, 24
 Epiküros, Samos'lu (Sisam'lı) (İÖ 341-270): 19, 23
 Eratosthenes (~İÖ 284-192): 256
 Errard de Bar-le-Duc, Jean (1554-1610): 262
 Esad bin Ali bin Osman Efendi, Yanya'lı (ölm. 1730): 49
 Esad Feyzi (1878-1902): 52
 el-Eş'ari, Ebu'l-Hasan (873-936): 36
 Eudoksos, Knidos'lu (~İÖ 408-355): 30
 Eukleides (Öklid), İskenderiye'li (~İÖ 316-250): 23, 26, 30, 38, 63, 256
 Euler, Leonhard (1707-1783): 61, 151
 Evans, Oliver C. (1755-1819): 225

Fahreddin Râzî (1149-1209): 35, 45
 Fahrenheit, Gabriel Daniel (1686-1736): 192-196, 264
 el-Fârâbî, Ebu Nasr Muhammed ("Alpharabius") (870-950): 33, 43
 Faraday, Michael (1791-1867): 16, 101-102, 149, 151, 166
 Fatih Sultan Mehmed (yön. 1444-1446; 1451-1481): 47
 Ferdinand, III. (Kutsal Roma İmparatoru) (1608-1657): 209
 Fermat, Pierre de (1601-1665): 39
 Fermi, Enrico (1901-1954): 17, 244, 245
 Fernel, Jean (~1497-1558): 262, 264
 Figuier, Louis-Guillaume (1819-1894): 133
 Fischer, Johann Nepomuck (1749-1805): 131, 133
 Fitch, John (1743-1789): 233
 Fizeau, Armand Hippolyte Louis (1819-1896): 38
 Fludd, Robert (Robertus de Fluctibus) (1574-1637): 183, 184
 Fontana, Giovanni de (~1395-1455): 75, 77
 Fortin, Jean Nicolas (1750-1831): 207, 271
 Foucaucourt, Siger de (13. yüzyıl): 96
 Foucault, Jean-Bernard Léon (1819-1868): 38
 Fourier, Jean Baptiste Joseph (1768-1830): 151
 Fournier, Pierre Simon (1712-1768): 273
 Franck, James (1882-1964): 244, 246
 Franklin, Benjamin (1706-1790): 16, 116, 117, 123, 127-130, 132, 153, 154, 159
 Fresnel, Augustin (1788-1827): 101
 Fulton, Robert (1765-1815): 225, 233, 234

Galenos, Claudius (Bergama'lı) (129-199): 23, 180, 191
 Galilei, Galileo (1546-1642): 15, 45, 59, 61-65, 98, 169, 178, 180, 182, 190, 191, 196, 199, 201, 256
 Galvani, Aloisio Luigi (1737-1798): 16, 134-139, 145, 163, 165, 166
 Ganot, Adolphe (1804-1887): 51
 Gassendi, Pierre (1592-1655): 68
 Gauss, Carl Friedrich (1777-1855): 151
 Gay-Lussac, Joseph-Louis (1778-1850): 207
 el-Gazzâlî, Ebu Hâmid ibn Muhammed ("Algazel") (1058-1111): 33, 36
 Gerard (Gherardo), Cremona'lı (1114-1187): 37
 Gerger, Haluk: 18
 Gibbs, Josiah Williard (1839-1903): 17
 Gilbert, William (1544-1603): 15, 97-99, 102, 107, 108, 153

Goethe, Johann Wolfgang von (1749-1832): 87, 88
 Gossen, Hermann (1810-1858): 51
 Gönenc, Güney: 18
 Gravesande, Willem Jacob's (Gulielmus Jacobus) (1688-1742): 225, 226
 Gray, Stephen (1666-1736): 16, 110, 112, 113, 116
 Green, George (1793-1841): 151
 Grimaux, Edouard (1835-1900): 93
 Grimm: 162
 Grollier de Servière, Gaspard (1677-1745): 263
 Grosseteste, Robert (1168-1253): 55, 65, 67
 Grotthuss, Theodor von (1785-1822): 148
 Grove, William Robert (Sir) (1811-1896): 150
 Guericke, Otto von (1602-1686): 16, 109-111, 115, 122, 183, 185, 206-216, 223, 227
 Guillaume, Charles-Edouard (1861-1938): 272

Hahn, Otto (1879-1968): 245
 Haller, Albrecht von (1708-1777): 135
 Harun el-Reşid (Abbasi Halifesi) (yön. 786-809): 259
 Hauksbee, Francis (1670-1713): 112, 113
 Hausen, Christian August (1693-1743): 118
 Hayyam, Ömer (1048-1131): 48
 el-Hâzinî, Ebu'l-Feth Abdurrahman el-Mansur (12. yüzyıl): 43, 44, 48
 Heiberg, Johan Ludvig (1854-1928): 30
 Heisenberg, Werner (1901-1976): 17
 Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand von (1821-1894): 93, 173, 174
 Henry, I. (İngiltere Kralı) (yön. 1100-1135): 260
 Henry, III. (İngiltere Kralı) (yön. 11216-1272): 260
 Henry, VII. (İngiltere Kralı) (yön. 1485-1509): 260
 Henry, Joseph (1797-1878): 102
 Herakleitos, Ephesos'lu ("Karanlık Filozof") (filozof) (İÖ 550-480): 20
 Herodotos (Herodot), Halikarnassos'lu (Bodrum'lu) (~ İÖ 484-426): 219
 Heron, Iskenderiye'li (50-120): 13, 14, 178, 181, 223 -
 Hertz, Heinrich Rudolf (1857-1894): 17, 104
 Hieron, II. (Sicilya Kralı) (İÖ 275-215): 25-28
 Hilbert, David (1862-1943): 244
 Hipparkhos, Nikaia'lı (İznik'li) (~İÖ 190-120): 256
 Hitler, Adolf (1889-1945): 244
 Hittorf, Johann Wilhelm (1824-1914): 151

Hoca Tahsin Efendi, Yanya'lı (1812-1880): 50
Hooke, Robert (1635-1703): 16, 61, 85, 170, 193, 215
Hughes, Donald J.: 246
Hume, David (1711-1776): 36
Hunter, John (1728-1783): 154
Huygens, Christiaan (1629-1695): 16, 65, 81, 193, 223, 227, 228, 262
Hüsameddin Tokadî: 48
Hüseyin Haki Efendi, Girit'li: 240
Hypatia (370-415): 15

İbn Bâcce ("Avempace") (1108-1138): 45
İbn el-Heysem, Ebu Ali Hasan ("Alhazen") (965-1040): 11, 15, 34, 37-42, 44, 45, 48
İbn Rüşd ("Averroes") (1128-1198): 33, 36, 45
İbn Sina ("Avicenna") (980-1037): 33, 34, 39, 45, 180
İbrahim Müteferrika (1670-1745): 49
Infeld, Leopold (1898-1968): 18
Ishak Efendi, Başhoca (ölm. 1836): 167, 276
İsmail Gâlib Edhem Bey (1847-1895): 277

Jacquet du Malzet, Louis-Sébastien (1715-1800): 129
Jallabert, Jean (1712-1768): 158
Janssen, Hans (Johannes) (ölm. ~1590): 62
Janssen, Zacharias (1580-1638): 63
Joule, James Prescott (1818-1889): 151, 173-175

Kamerlingh-Onnes, Heike (1853-1926): 17
Kelly, Kaptan: 239
Kelvin ("Lord Kelvin") (asıl adı William Thomson) (Sir) (1824-1907): 175, 176, 196, 253
Kemâleddin el-Fârîsî (ölm. 1320): 42
Kepler, Johannes (1571-1630): 41, 62
Kırkçıyan, Antranik (Paşa) (1819-1894): 51
Kircher, Athanasius (1602-1680): 14, 29, 66, 68, 70, 71, 76-78, 80, 81, 83, 90, 99, 103, 201, 211
el-Kindî, Yakub ibn Ishak ("Alkindus") (803-873): 15, 33, 34, 36
el-Kirmânî, Alâuddin: 47
Kitaigorodsky, Alexander (doğ. 1914): 18
Kleist, Ewald Jürgen Georg von (~1700-1748): 16, 123, 124
Klemm, Friedrich (20. yüzyıl): 220

Kolomb, Kristof (Christoph Kolumbus) (1451-1506): 96
 Konstantinos VII. Porphyrogenetos (Bizans İmparatoru) (yön. 913-959): 30
 Kopernikus, Nikolaus (1473-1543): 83
 Köbel, Jakob (1460-1533): 269
 König, Wilhelm: 147
 Kratzenstein, Christian Gottlieb (1723-1795): 153
 Krünitz, Johann Georg (1728-1796): 74, 230
 Ksenophanes, Kolophon'lu (Örenşehir'li) (İÖ 569-477): 20
 Kyrillos (Kyril) (Patrik) (yön. 412-444): 15

Lagrange, Joseph Louis (1736-1813): 151, 265, 266
 Lambert, Johann Heinrich (1728-1772): 264
 Langen, Eugen (1833-1895): 238
 Langenbucher, Jacob (ölm. 1791): 122
 Langevin, Paul (1872-1946): 249
 Laplace, Pierre Simon (1749-1827): 86, 151, 170, 265, 266
 Laue, Max Felix Theodor von (1879-1960): 17
 Lavoisier, Antoine Laurent (1743-1794): 92, 93, 132, 170, 265, 266
 Lawrence, Ernest Orlando (1901-1958): 17, 245
 Le Chatelier, Henri-Louis (1850-1926): 176
 Leclanché, Georges (1839-1882): 149
 Legendre, Adrien-Marie (1752-1833): 266, 276
 Leibniz, Gottfried Wilhelm (1646-1716): 61, 87, 110, 193, 229
 Lejeune: 79
 Lenard, Philipp Eduard Anton (1862-1947): 244
 Lenoir, Jean Joseph Étienne (1822-1900): 238
 Lenz, Heinrich Friedrich Emil (1804-1865): 104
 Leopold, I. (Alman İmparatoru) (1668-1705): 109
 Leukippos, Miletos'lu (~İÖ 480-420): 12, 20, 21
 Leupold, Jakob (1674-1727): 191, 230
 Leurechon, Jean (~1591-1670): 180
 Libavius, Andreas (1540-1616): 90, 191
 Libri, Guglielmo (1803-1869): 189
 Linnaeus, Carolus (Carl von Linné) (1707-1778): 195
 Livius, Titus (İÖ 59-İS 17): 31
 Lorentz, Hendrik Antoon (1853-1928): 152
 Louis, XIV. ("Güneş Kral": "Roi Soleil") (Fransa Kralı) (yön. 1643-1715): 227, 228
 Louis, XV. (Fransa Kralı) (1710-1774): 126

- Louis, XVI. (Fransa Kralı) (yön. 1774-1793): 265
 Löhneyss, Georg Engelhardt von (16. / 17. yüzyıl): 222
 Lucretius Carus, Titus (İÖ 96-55): 13, 128
 Ludolff, Christian Friedrich (1701-1763): 118
 Lumière, Auguste (1862-1954): 81
 Lumière, Louis (1864-1948): 81
- Macquer**, Pierre Joseph (1718-1784): 93
 Magalotti, Lorenzo (1637-1712): 189, 190
 Mahmud, II. (Osmanlı Sultanı) (yön. 1808-1839): 239, 240
 Marcellus (General) (İÖ 3. yüzyıl): 25, 29-32
 Marco Polo (1254-1324): 229
 Marconi, Guglielmo Marchese (1874-1937): 152
 Maricourt, Pierre Pélerin de (Petrus Peregrinus) (13. yüzyıl): 96
 Mariotte, Edme (1620-1684): 61
 Marsili, Alessandro (1601-1670): 189
 Mateucci, Carlo (1811-1868): 165
 Matthey, Johnson: 271, 273
 Mauduyt, J. C. P.: 158
 Maxwell, James Clerk (1831-1879): 17, 101, 104, 151, 176
 Maybach, K. Wilhelm (1846-1929): 239
 Mayer, Julius Robert (1814-1878): 172, 173
 Méchain, Pierre-François André (1744-1804): 265, 266
 Medici, II. Cosimo de' (Dük) (1590-1621): 189
 Medici, II. Ferdinando de' (Grandük) (1610-1670): 186, 189
 Medici, Leopoldo de' (Kardinal ve Grandük) (1617-1675): 182, 189
 Medici, Maria Maddalena de' (1589-1631): 189
 Mehmed Niyazi: 52
 Mehmed Refik (Fenmen) Bey (1882-1957): 167
 Mehmed Salih Paşa (ölm. 1889): 49
 Mehmed Usta, Mimarbaşı: 240
 el-Me'mun (Abbasi Halifesi) (yön. 813-833): 44, 259
 Mersenne, Marin (1588-1648): 68, 190
 Mesmer, Franz Anton (1734-1815): 158-160
 Mevlâna Celâleddin Rûmî (1207-1273): 37
 Millikan, Robert (1868-1953): 152
 Mo Ching (İÖ 4./3. yüzyıl): 25
 Monconys, Balthasar de (1611-1665): 186
 Monge, Gaspard ("Pélouze Kontu") (1746-1818): 265

Monte, Guidobaldo del (1545-1607): 63
 Montigny, J. C. P. Trudaine de (1733-1777): 93
 Moseley, Henry Gwyn Jeffreys (1887-1915): 17
 Mouton, Gabriel (1618-1694): 264
 Musschenbroek, Jan (1687-1748): 225
 Musschenbroek, Petrus (Pieter) van (1692-1761): 16, 123-126, 154
 Muslihiddin bin Sinan: 47, 48
 Münif Paşa, Mehmed Tahir (1828-1910): 49
 Namık Paşa: 50

Napoléon I. Bonaparte (Fransa İmp.) (İmp. 1804-1814): 86, 141-143, 149, 234, 269
 Navier, Claude Louis Marie Henri (1785-1836): 61
 el-Nazzâm, Ebu İşhak İbrahim ibn Seyyar (ölm. 845): 35
 Neckham, Alexander (1157-1217): 108
 Nelli, Giambattista (1661-1725): 182
 Newcomen, Thomas (1663-1729): 223, 229-232
 Newton, Isaac (1642-1726): 11, 16, 25, 39, 83-88, 98, 101, 110, 134, 170, 193, 194, 226, 264, 273
 Nicholson, William (1753-1815): 142
 Nickson, J. J.: 246
 Nini, Giovanni-Battista (1717-1786): 130
 Nollet, Jean-Antoine (1700-1770): 119, 120, 124-128, 154, 155, 195

Ockham'lı William (William of Ockham) (1288-1349): 55
 Oersted, Hans Christian (1777-1851): 16, 100, 102
 Ohm, Georg Simon (1789-1854): 151
 Oppenheimer, Robert (1904-1967): 245, 246
 Oresmius, Nicolaus (Nicolo d'Oresme) (1320-1382): 55
 Otto, Nikolaus August (1832-1898): 238, 239

Papin, Denis (1647-1714): 16, 215, 223, 227, 229
 Pappus, İskenderiye'li (3. yüzyıl ilk yarısı): 28
 Parent, Antoine (1666-1716): 61
 Parigi, Giulio (1571-1635): 29
 Parmenides, Elea'lı (İÖ ~520-445): 19
 Pařal, Blaise (1623-1662): 16, 59, 63, 204, 205
 Pauli, Wolfgang (1900-1958): 244
 Peltier, Jean Charles Athanase (1785-1845): 101

Périer, Florin: 205

Perrin, Jean (1870-1942): 17

Petro, I. ("Büyük") (Piyotr Alekseyevich Romanov) (Rus Çarı) (yön. 1682-1725): 225

Peugeot, Armand (1849-1915): 239

Phidias (astronom): 25

Philon, Byzantion'lu (İstanbul'lu) (İÖ 2. yüzyıl): 13, 183, 184, 220

Philoponos, Johannes Grammatikos (490-566): 54

Picard, Jean (1620-1682): 262, 264

Pixii, Antoine Hippolyte (1808-1835): 102

Planck, Max Karl Ernst Ludwig (1858-1947): 17, 176

Planté, Gaston Raymond (1834-1889): 150

Platon (İÖ 427-348): 12, 19, 20, 23, 24, 48, 106, 253

Plinius, "Yaşlı" (Gaius Plinius Secundus) (23-79): 106, 107

Plutarkhos (~46-120): 25, 31, 32

Poggendorff, Johann Christian (1796-1877): 101

Poincaré, Jules-Henri (1854-1912): 176

Poisson, Siméon Denis (1781-1840): 151

Polsunow, Iwan Iwanowitsch (1728-1766): 223

Polybios (İÖ 210-128): 26, 31

Porta, Giambattista della (1538-1615): 69, 75, 76, 90, 99

Poseidonios, Rodos'lu (~İÖ 135-51): 257

Potter, Isaac: 230

Priestley, Joseph (1733-1804): 134

Proklos, Diodakos (Konstantinopolis'li) (411-485): 30

Prokop Divisch (Procopius Diviss) (1696-1765): 154

Ptolemaios, Claudius (Batlamyus) (108-168): 38, 256, 257

Pythagoras, Samos'lu (Sisam'lı) (Pisagor) (İÖ 570-480): 23

Qin Shi Huangdi (Çin İmparatoru) (İÖ 259-210; yön. İÖ 221-210): 256

Rabinowitch, Eugene: 246

Réaumur, René Antoine Ferchault de (1683-1757): 194, 196

Redi, Francesco (1626-1698): 189

Remarius, Johann Albert Heinrich (1729-1814): 131

Renaldini, Carlo (1615-1698): 186

Rey, Jean (1583-1645): 183, 190

Reyher, Samuel (1635-1714): 186

Riccioli, Giambattista (1598-1671): 64

- Richmann: 126
- Rinaldini, Carlo (1615-1698): 189, 193
- Ritter, Johann Wilhelm (1776-1810): 148
- Robertson, Étienne-Gaspard (1763-1837): 79, 121
- Robinson, John: 134
- Rolando, Luigi (1773-1831): 165
- Roosevelt, Franklin D. (1882-1945): 245
- Rowland, Henry Augustus (1848-1901): 116
- Rømer, Ole Christensen (1644-1710): 38
- Röntgen, Wilhelm Conrad (1845-1923): 51, 52
- Rumford, Count (Kont) (Benjamin Thompson) (1753-1814): 171, 172
- Rust, Bernhard (1883-1945): 244
- Rutherford, Ernest (1871-1937): 17
- Ryff (Rivius), Walter Hermann (1500-1548): 25, 56-58, 221
- Sâbit** ibn Kurra (836-901): 43
- Sagredo, Gianfrancesco (1571-1620): 180, 182
- Salih Zeki Bey (1864-1921): 50, 167
- Santbech, Daniel (ölm. 1561): 54
- Santorio Santori (ya da Santorius veya Sanctorius) (1561-1636): 180, 181
- Sarton, George Alfred Léon (1884-1956): 48
- Sauveur, Joseph (1653-1716): 68
- Savart, Felix (1791-1841): 151
- Savery, Thomas (1650-1715): 223, 229
- Schickard, Wilhelm (1592-1635): 63
- Schott, Gaspar (Kaspar) (1608-1666): 13, 14, 185, 202, 204, 205, 211, 213, 214, 216
- Schönborn, Johann Philipp von (Prenslük Piskoposu): 213
- Seaborg, Glenn Theodore (1912-1999): 246
- Seebeck, Thomas Johann (1770-1831): 101
- Segni, Alessandro (1633-1697): 189
- Segré, Emilio Gino (1905-1989): 18
- Selim, III. (Osmanlı Sultanı) (yön. 1789-1807): 274
- Seneca, Lucius Annaeus ("Genç") (İÖ 4-İS 65): 76
- Sforza, Ludovico (Dük) (1452-1508): 58
- Sguaro, E.: 121
- Shakespeare, William (1564-1616): 97
- Siemens, Werner von (1816-1892): 150
- Sirieux, Marie Louis: 30

- Smeaton, John (1724-1792): 230
Snell (Snellius), Willebrord van Roijen (1580-1626): 41
Sprenger, Justus Anton: 162, 165
Stark, Johannes (1874-1957): 244
Stearns, J. C.: 246
Stephenson, George (1781-1848): 225, 232, 233
Stephenson, Robert (1803-1859): 233
Stevin, Simon (1548-1620): 15, 59, 60
Stoney, Georg Johnstone (1826-1911): 151
Strassmann, Fritz (1902-1980): 245
Sturm, Johann Christoph (1635-1703): 186
Sulzer, Johann Georg (1720-1779): 138, 154
Symmer, Robert (1707-1763): 128
Szilard, Leo (1898-1964): 246
Şehrezûrî (ölm. 1298): 49
el-Şirâzî, Kutbeddin (1236-1311): 34
- Tâmân**, Hüseyin Rifkî (Kırım'lı) (ölm. 1816): 49
Tartaglia, Niccolò (Niccolò Fontana) (1499-1557): 15, 57, 58
Telioux, Bartolomeo: 179
Teller, Edward (1908-2003): 244
Tesla, Nikola (1856-1943): 152, 153
Thales, Miletos'lu (İÖ 624-545): 20, 95, 248
Theodorik, Freiburg'lu (1250-1311): 42
Theon (4. yüzyıl): 15
Theophrastos, Eresos'lu ("Tyrtamos") (İÖ 372-287): 106
Thomson, Joseph John (1856-1940): 17, 116, 151
Torricelli, Evangelista (1608-1647): 16, 186, 199, 201-204, 207, 262
Trevithick, Richard (1771-1833): 225, 232, 233
Turgot, Anne Robert Jacques (1727-1781): 130
- Uliva**, Antonio (ölm. 1668): 189
Urbanus, VIII. (Papa) (yön. 1623-1644): 61
- Vaux**, Bernard Carra de (Baron) (1867-~1950): 220
Verbiest, Ferdinand (1623-1688): 196, 197
Verne, Jules Gabriel (1828-1905): 234
Villard de Honnecourt (~1200-13. yüzyıl ortası): 96
Vinci, Leonardo da (1452-1519): 15, 41, 42, 58, 75, 227, 228, 262

Vitellio (Witelo), Erazm Ciolek (1225-1290): 41
 Vitruvius Pollio, Marcus (~İÖ 80-25): 27, 28, 221, 257, 267
 Viviani, Vincenzo (1622-1713): 182, 189, 193, 201, 203
 Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio (1745-1827): 16, 134, 137, 138, 140-145, 148, 161-163, 165-167
 Voltaire, François-Marie Arouet (1694-1778): 87

Walgenstein, Thomas (1622-1701): 81
 Walsh, John: 154, 158
 Watson, William (1715-1787): 117
 Watt, James (1736-1819): 16, 223, 225, 231, 232, 234
 Weber, Wilhelm Eduard (1804-1891): 151
 Weyl, Hermann (1885-1955): 244
 Wheler, Granville (1702-1770): 110
 Whiston, William (1667-1752): 49
 Winkler, Johann Heinrich (1703-1770): 126
 Winton, Walter: 146
 Wren, Christopher (Sir) (1632-1723): 193

Yahya ibn Pîr Ali Nevî, Malkara'lı (ölm. 1598): 37
 Yirmisekiz Çelebi Mehmed Efendi (ölm. 1732): 49
 Young, Thomas (1773-1829): 16

Zucchi, Niccolò (Nicolaus Zucchius) (1586-1670): 83, 201

Fiziğin Kültürel Tarihi

Zeki Tez

Eskiçağ'dan günümüze fiziğin evrimi, keşifler ve buluşlarla alınan yol; fizik biliminin gelişmesine katkıda bulunan bilim insanlarının yaşamöyküleri ve deneyimlerinin oluşma seyri bu kitabın ana eksenini oluşturuyor. "Cisimlerin iç yapılarında bir değişiklik yaratmaksızın onların özellik, durum ya da hareketlerini inceleyen" bir bilim olan fiziğin öyküsünü tarihsel bir seyir içinde okurken, doğa felsefesinin uzandığı alanları ve birbirini etkileyen, biçimleyen yanları da görebiliyoruz. Zeki Tez, fiziğin hayatın akışının temel tözü olma özelliğini öyküleştiren gözler önüne seriyor. *Fiziğin Kültürel Tarihi* her okurun fizikle ilgili bilgi dağarcığını zenginleştirecek bir birikim sunuyor. Fiziğin hayatımızdaki yerini öğrenebilmek için tarihsel serüvenini takip etmeliyiz. Prof. Dr. Zeki Tez, *Fiziğin Kültürel Tarihi* ile bizleri işte böylesi bir bilme yolculuğuna çıkarıyor.



dorukyayinlari.com
@dorukyayinlari

