J. D. Bernal

Modern Çağ Öncesi Fizik



J. D. Bernal • Modern Çağ Öncesi Fizik

TUBİTAK



illüstrasyon, selin sobacı

MODERN ÇAĞ ÖNCESİ FİZİK

J. D. Bernal

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları • 14

Modern Çağ Öncesi Fizik
J. D. Bernal
The Extension of Man
Çeviri: Deniz Yurtören

ISBN975-403-025-1
© Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 1994

Birinci Basım, (2500 adet) Mayıs 1995

Yayın Koordinatörü: Cemil Koçak
Yayın Yönetmeni: Zafer Karaca
Yayına Hazırlayan: Sedat Sezgen
Tasarım-Uygulama: Selin Sobacı
Teknik Yönetmen: Duran Akca
Dizgi: Yılmaz Özben

TÜBİTAK
Atatürk Bulvarı No:221 Kavaklıdere 06100 Ankara

Nurol Matbacılık A.Ş. - Ankara

J D. Bernal

Modern Çağ Öncesi Fizik

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları

İçindekiler

İçindekiler

Çevirmenin Notu

Teşekkür

Önsöz

Giriş: Fizik Nedir? 1
Bilimlerin Ayrılması
Fiziğin Doğası
Görme Duyusu
Kas Duyusu
Kuvvet
İşitme Duyusu
Dokunma Duyusu
Sıcaklık Duyusu
Fiziğin Toplumsal Yönleri
Dört Doğal Element
Gökyüzü Gözlemleri

Ölçü Kavramı
Deney
Teori
Çağdaş Fizik

Antik Çağda Bilim ***31***
İnsan Topluluğunun Kökenleri
Silahlar
Ateş
Tarımın Doğuşu
Tartılar
Tekerlek
Akışkanlar Fiziği

Klasik Bilimin Kökenleri ***65***
Takvim
Yunanlılar
Güneş ve Ay Tutulmaları
Matematik
Yunanistan'da Bilim
Filozoflar
Pythagoras
Elementler

Eski Yunanistan'da Fizik ***85***
Atomlar
Tiranlar
Academia
Aristoteles
Museum
Archimedes
Yuvarlak Bir Dünya
Klasik Çağın Mirası

Ortaçağda Fizik ***111***
Helenizmin Yayılışı
İslam Bilimi
Kimya
Optik

Ortaçağda Teknik
Yeni At Koşumu
Manyetizm

Güneşmerkezli Fizik ***143***
Avrupa'daki Değişim
Tarımda Devrim
Astronomide Devrim
Denizcilik
Copernicus Devrimi

Bilim ve Din ***177***
Tycho Brahe
Johannes Kepler
Galileo Galilei
Dinamiğin Temelleri
Düşen Cisimlere İlişkin Yasalar
Galileo ve Engizisyon

Dinamiğin Doğuşu ***211***
Isaac Newton
Bilimsel Kuruluşlar
Kalkülüs
Eylemsizlik
Güneş Sisteminin Dinamiği
Principia

Işık ve Renkler ***243***
Prizma Olguları
Işığın Hızı
Christiaan Huygens
Newton'un Halkaları
Kırınım
Newton'un Felsefesi

Buhar Makinesinin Gelişimi ve Isı Teorisi ***271***
Vakum Pompası
Hava Yayı
Denis Papin

Thomas Savery
Thomas Newcomen
Joseph Black: Gizil Isı
James Watt: Ayrı Bir Yoğunlaştırıcı
Matthew Boulton
Lokomotif

Elektrik ve Manyetizm ***307***
Robert Norman
Willian Gilbert
Elektrik ve Vakum
Stephen Gray
Leyden Kavanozu
Benjamin Franklin
Paratoner
Coulomb ve Çekim Yasası
Galvani: Hayvansal Elektrik
Volta: Elektrik Bataryası
Kraliyet Bilim Enstitüsü
Michael Faraday
Elektriğin Gelişimindeki Duraklama

Sonuçlar ***333***
Doğal Kuvvetler Arasındaki Etkileşim
Enerjinin Korunumu
Çağdaş Fiziğin Kökenleri

Çevirenin Notu

Önsözde de belirtildiği gibi bu kitap İngiltere'deki Birkbeck Üniversitesi fizik bölümü öğrencileri için düzenlenen ve bir yarıyıl sürmüş olan "Fiziğe Giriş" niteliğindeki bir seminer çerçevesinde yazar tarafından verilen konferanslara ait bant kayıtlarının kağıda dökülmesi ile ortaya çıkmış ve fazla ayrıntıya girmediği yazarın kendisince de kabul edilen bir redaksiyon sonrasında bu biçimi ile yayınlanmıştır. Kitabı dilimize çevirirken karşılaşmış olduğum bazı sorunlara kısaca değinmek ve bu yolla (çok büyük bir bölümünü giderdiğime inandığım) olası birtakım aksaklıklara bir açıklama getirmek istiyorum.

Bu sorunların en belirgin olanı yazarın bizzat söylediği gibi "sözlü ifadenin olduğu gibi ya da ona yakın biçimde yazılıya dönüştürülmesinden" doğan genel bir dağınıklık ve bunun anlatımın akıcılığı üzerindeki olumsuz etkisiydi. Çeviri sırasında özellikle tarihsel örgüde kendini gösteren bu dağınıklığı olduğu gibi yansıtmamaya özen gösterdim. Yazar çağlar boyunca başta fizik olmak üzere bilimlerin gelişimini ele almakta ve bu olgu ile tarihsel olaylar arasında bağlantılar kurmaktadır. Tarihsel öyküyü sözlü anlatım sırasında

belki önemli bir sakınca oluşturmayacak olan, ama yazılı bir belgede çevirmen (ve okur) olarak beni fazlasıyla rahatsız eden bu dağınıklıktan kurtarıp daha düzenli bir akışa kavuşturabilmek amacıyla bazı cümle ya da paragrafları kronolojik açıdan ait oldukları yere taşımak, paragrafları bölmek ya da birleştirmek gibi bilinen çeviri cambazlıklarının yanısıra tarihsel olaylara netlik kazandırmak üzere yaşadıkları ya da cereyan ettikleri tarihler belirtilmemiş olan kişi ve olayları "tarihlendirmek" yoluna da gittim.

Karşılaştığım diğer bir sorun ise büyük bir olasılıkla Taş Devrinden başlayıp yirminci yüzyılın başına dek süren bir öykünün bir okul yılının yarısına sığdırılması zorunluğundan kaynaklanmış olan birtakım eksikliklerdi ki sanırım redaksiyon sırasında rahatsızlanıp bu işi başkalarına devretmek zorunda kalmamış olsaydı yazarın kendisi de bunları gidermek gereğini duyacaktı. Kimilerince ayrıntı sayılabilecek olan ama kanımca bilimsel bir eserde bulunmaması gereken bu eksiklikleri çeviri sırasında çeşitli kaynaklardan yararlanarak elimden geldiğince gidermeye çalıştım. Gönüllü olarak üstlendiğim bu ek çalışmanın aslında çevirmenin görevi olmadığını bilmeme karşın gerçekten çok ilginç ve aydınlatıcı olduğunu gördüğüm bu esere (ve onu okuyacak olanlara) böylelikle küçük de olsa bir katkıda bulunmaktan keyif almamış olduğumu da söyleyemem.

Yukarda değindiğim eksikliklere ilişkin olarak şu anda aklımda kalan iki örnek vermek istiyorum. Bunların ilki çok sık karşılaştığım bir durumu yansıtıyor: Şu ya da bu dönemde bilimsel bir konuya yeni ve önemli bir yorum getirmiş olan bir bilim adamının sadece adı verilmekte ve sözkonusu görüşü "bir eserinde" öne sürdüğü belirtilmekteydi. Kimi zaman yazarın hangi yıllar arasında yaşamış olduğunun, kimi zaman eserin adının, kimi zaman da her ikisinin birden açıkta kalmasının herşeyden önce bir referans kitabı niteliğini taşıyan bir eserde okura haksızlık olacağını düşündüm. Dolayısıyla da, gerek çevirinin sağlığı açısından olayları kendi kafamın içinde netliğe kavuşturmak zorunda oluşum, gerekse aynı netliği okura da sağlamak isteyişim nedeniyle bu türden çok sayıdaki ayrıntının peşine düşerek bulabildiklerimi orjinal metne ekledim. İkinci bir türdeki eklemelerime de şu örneği verebilirim: 1086 yılında İngiltere'deki su

değirmenleri ve benzeri mekanik araçların ülke çapında sayılması ve kayda geçirilmesinden ortaya çıkmış olan *Kıyamet Günü Kitabı*'na ilişkin bölümü çevirirken su değirmenleri ile "kıyamet günü" arasındaki bağlantıyı merak ettiğim için konuyu araştırdım ve bu deyimin o dönem İngilteresi'nde yargı ve ekonomi bağlamında özel bir anlam taşıdığını gördüm. Böylelikle kurabildiğim bağlantıyı okurlar arasında da merak edenler çıkabilir düşüncesiyle bu bilgi kırıntısını ve buna benzer diğer birtakım açıklayıcı bilgileri de metne kattım.

Bu biçimde çevirinin arasına serpiştirdiğim oldukça çok sayıdaki tarih, ad ya da açıklamanın her biri için ayrı bir "çevirmen notu" kullanarak öykünün akışını bozmak istemediğim için bunun yerine bu tür bir genel açıklama yapmayı seçmiş bulunuyorum. Yaptığım düzeltme ve eklemelerin bir bölümünün gerçekten gerekli olmasına karşılık diğer bir bölümü "olsa da olur, olmasa da olur" diyerek geçiştirebileceğim ayrıntılardı ama "olsa daha iyi olur" duygusunu engelleyemediğim için onlar da "oldular" Öyle sanıyorum ki bugün hayatta olsaydı bu ilginç eserin yazarı da sonuçtan hoşnut kalabilirdi.

Deniz YURTÖREN

Teşekkür

Yazar ve yayıncılar bu kitapta kullanılan resim ve çizimler için aşağıdaki kişi ve kuruluşlara teşekkür ederler:

6, 13, 28, 34, 35, 37, 42, 43, 51, 55, 57, 60, 78, 80-86, 88-95, 99, 100 ve 105 numaralı resim ve çizimler için British Museum'a;

9, 20, 44, 45, 47, 50, 52, 53, 56, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 99, 103, 104 ve 110 numaralı resim ve çizimler için Science Museum of London'a; 2 numaralı çizim için *Scientific American* dergisine; 29, 30, 31, 38, 63, 66, 79, 96, 98, 106 ve 109 numaralı resim ve çizimler için Londra Üniversitesi Kütüphanesi'ne; 48, 58, 59, 97, 108 ve 111 numaralı resimler için Ronan Resim Müzesine; 68 ve 74 numaralı resimler için Kraliyet Bilim Derneği'ne; 49 ve 66 numaralı resimler için Cambridge Üniversitesi Kütüphanesi'ne; 58 numaralı resim için Kraliyet Astronomi Derneği'ne, 10 numaralı resim için Birchington-Kent'deki Powell Cotton Müzesi'ne; 36 numaralı çizim için Cambridge Üniversitesi Yayınevi ve Profesör J. Needham'a; 32 ve 33 numaralı çizimler için Hauptamt für Hochbauwesen Nürnberg'e; ve F. Klemm'in *Batı Teknolojisinin Tarihçesi* adlı eserinden alınan 61 numaralı resim için Verlag Karl Alber GmbH'ya. 9,73,99,104 ve 110 numaralı resimlerin yayın hakkı İngiltere Krallığı'na aittir.

Yazar ayrıca bu kitabın temellerini oluşturan bir dizi konferansa ait teyp kayıtlarını daktilo eden Mrs. Nina Middle'a, çeşitli konularda bilgi sağlayan ve Mr. Stan Ward ile birlikte sözkonusu konferanslar sırasında kullanılan dialar arasından seçim yapan Dr. Peter Trent'e, yazarın rahatsızlanması üzerine daktilo metninin baskıya hazırlanması işini üstlenen Miss Anita Rimel'e, ve son aşamalardaki yardımları ile bu kitabın basımını olanaklı kılan Mr. Francis Aprahamian'a teşekkürlerini belirtir.

Önsöz

Bu kitap Birkbeck Üniversitesi fizik bölümü birinci sınıf öğrencilerine bir dönem boyunca fiziğin genel özellikleri ve geçmişi konusunda vermiş olduğum derslere ait teyp kayıtlarının bazı değişikliklerle kağıda aktarılmasından ortaya çıkmıştır. Kitabın amacı fizik bilimini doğuşundan itibaren ele alarak klasik fiziğin son dönemi olan ondokuzuncu yüzyıl sonuna dek anahatlarıyla tanıtmaktır. Bunu izleyen ve atom ile görecelilik teorilerinin ortaya çıkmasına tanık olan son yüzyıl, konumuzun dışında kalmakla birlikte bu teorilerin bilim alanında en az Rönesans döneminde gerçekleşmiş olan ve bugün ilk Bilimsel Devrim olarak tanımladığımız büyük buluşlar denli köklü bir değişime yol açtığını da belirtmek isterim.

Bir yandan yeni buluşların kazandığı önem ve saygınlığın karşısında daha önceki çağlarda sağlanmış olan gelişmelerin büyük bir bölümünün unutulacağından duyduğum kaygı, diğer yandan eski fizikçilerin denizcilik ve silah yapımının gereksinimlerini karşılamak ve bunun yanısıra felsefe ve teolojinin gelişimine ayak uydurmak amacıyla yaptıkları çalışmaların ve bu çalışmalardan elde ettikleri sonuçların genç fizikçilerin zihinlerinde canlı tutulması gerektiği yo-

lundaki inancım bu kitabın ortaya çıkmasını hazırlayan başlıca etkenler olmuştur.

Çağdaş fiziğin çok büyük bir bölümünün teorik nitelikte oluşu deneysel çalışmayı ister istemez geri plana iten karmaşık matematiksel yöntemlerin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bunun yanısıra deneysel yöntemin geçmişe kıyasla bugün çok daha fazla çaba ve masrafı gerektirdiği de yadsınamaz. Üniversitede vermiş olduğum dersleri ve dolayısıyla da bu kitabı çağdaş fiziğin başladığı noktada bitirmeyi uygun buluşum çağdaş fizikle ilgilenmediğimden değil, bu konunun Birkbeck ve tüm diğer üniversitelerin fizik bölümlerinde görevli meslektaşlarım tarafından tüm ayrıntılarıyla işlendiğinin bilincinde olmamdan kaynaklanmaktadır.

Konunun tarihsel yanına ağırlık verişimin başlıca nedeni, fizik alanında yirminci yüzyılda sağlanan büyük başarılara damgasını vurmuş olan Rutherford, Bohr, Planck ve Einstein gibi bilim adamlarının çok yakın bir geçmişe ait olmaları ve bu nedenle çalışmalarının belleklerden silinmesi gibi bir olasılığın (en azından çok uzun bir süre için) bulunmamasıdır.

Daha önce bir üniversite kürsüsünden verilmiş olan dersleri olduğu gibi ya da ona yakın bir biçimde kağıda dökmek ile doğrudan doğruya bir kitap yazmanın çok farklı şeyler olduğunun bilincindeyim. Sözlü anlatımı yazılıya dönüştürmenin getirdiği bir takım sorunların yanısıra, eskiden beri yürütmekte olduğum çalışmaların* temelini oluşturan tarihsel öykünün daha düzenli bir akış içinde anlatılması gereğinin bu çalışmam sırasında beni zaman zaman oldukça zorladığını da itiraf etmeliyim.

Kitabımda (ve bu kitabın kaynağını oluşturan derslerimde) bugün çok uzak bir geçmişte kalmış bulunan kişilerin fizik konularına ilişkin görüşlerinin aslında sandığımızdan çok daha büyük bir anlam taşıdığını anlatmaya çalıştım. Örneğin atom sözcüğü onu ilk kez bu biçimde ve bu anlamda kullanan Yunan düşünürü Democritus'un dilini günümüze taşıdığı gibi, eski Yunanlıların atom anlayışı ile çağdaş fizikçilerinki arasında varlığına tanık olacağınız ilginç bağlantılar da aradan geçen onca yüzyıla karşın kopmamıştır. Dahası, bugün

*J.D. Bernal, *Science in History* ve *Industry in the Nineteenth Century.*

bir bölümü fazlaca düş ürünü gibi görünse de Platon ve Aristoteles gibi Yunanlı düşünürlerin görüşleri fiziğin o zamandan bugüne dek geçirmiş olduğu tüm evreleri yansıtmaktadır. Fizik alanındaki ilerlemenin büyük bir bölümü eski görüşlerin tekrar ele alınması, eleştirilmesi ve böylelikle geçmişteki yanılgıların düzeltilmesinden yola çıkılarak sağlandığı için bu görüşlerin-yanılgıya düşmeleri durumunda bile-doğrulara varmada önemli bir rol oynamış oldukları yadsınamaz.

Fizikte buluşlar kadar yöntemlerin de çok eskiye dayanan kökleri vardır. Deneysel yöntemin kendisi de uygulama alanında kullanılan yöntemlerden ayrı olarak düşünülemez. Buhar makinesi ya da top gibi buluşlar antik dönemde tarla sulamadan org çalmaya dek değişen çok çeşitli amaçlara hizmet etmiş olan pistonlu su pompasından yola çıkılarak gerçekleştirilmiştir. Geçmişte fizik, teknologların elde ettikleri sonuçların biraraya getirilmesinden oluşurdu, bugün ise teknolojinin büyük bir bölümü fiziğin uygulanım alanlarından doğmaktadır. İş ve enerji gibi temel kavramlar bile bu yolla ortaya çıkmıştır. Vakum kavramından yola çıkarak buhar makinesini bir beyin ürünü olarak görebiliriz, ama bu makinenin varlığını Dartmouthlu Newcomen gibi demir ustalarının el becerisine borçlu olduğumuzu da unutmamalıyız.

Olayları tarihin akışı içinde ele almanın fiziğin temel kavramlarına uygun düşen bir yöntem olduğuna ve gerek öğrencilerimin gerekse okurlarımın bu yoldan konunun teorik ve pratik yönleri arasındaki etkileşimi daha iyi göreceklerine inanıyorum.

J.D.Bernal

Giriş: Fizik Nedir ?

Bu kitap temelde deneysel fiziğin ne olduğunu ve nasıl ortaya çıktığını anlatmak amacıyla bir üniversitede düzenlenmiş olan kısa süreli bir "fiziğe giriş" semineri çerçevesinde vermiş olduğum derslere dayanılarak kaleme alınmıştır. Bu işi üstlenmekteki başlıca amacım bugün insanların fizik konusunda sahip oldukları ve aslında fiziğin tarih içindeki gelişiminde sadece geçici bir aşama oluşturan büyük bilgi birikimini ve bunun yanısıra bu birikimin ortaya çıkması için gerekli ortamı hazırlayan geçmişteki çalışmalar ve çağdaş fiziğin bu geçmişle bağlantıları gibi konularda öğrencilerimi ve okurlarımı aydınlatabilmektir.

Fiziğin dili fiziğin tarihi ile birlikte gelişmiştir. Bu gelişme bir yandan uygulama alanında kullanılan araçların, diğer yandan da insan beyninin düşünme yetisinin gelişmesine paralel biçimde gerçekleşmiştir. Genelde bilimi bilgi kırıntılarından oluşan bir bütün olarak düşünürüz. Bizim için bilim, bildiğimiz, uygulama alanında yararlandığımız ve yeni bilgiler edinme amacıyla kullandığımız herşeyin toplamıdır. Günümüzde bilimin tanımı böyledir ve sanırım gelecekte de giderek ağırlık kazanan bir biçimde böyle olmayı sürdürecektir. Diğer

yandan bilimin aslında çok daha geniş bir kavram olduğunu belirtmekte yarar görüyorum. Bilimi çok büyük bir hızla akan bir ırmak olarak düşünelim. Bu durumda bizler bugün için olsa olsa ırmağın bizim görüş alanımız içindeki akış yönünü bilebilir ve ilerde ne yönde akacağı konusunda bazı tahminler yürütebiliriz. Gelecekte ne olacağını bilmiyoruz ama tüm olasılıklara karşı hazırlık olmamız gerektiğinin bilincindeyiz. Bu nedenle de başta fizik olmak üzere tüm bilim alanlarında verilen eğitimde bilimin geçmişinin gözardı edilmemesinin yararlı olacağı kanısındayım.

Konuya ilişkin kaynakların incelenmesi ile varılan bir sonuca göre fizik alanında ortaya atılan yeni bir görüşü açıklayan olağan bir makalenin yarı-ömrü ikibuçuk yıldır. Bu sürenin sonunda sözkonusu makalenin kaynak olarak kullanılması olasılığı çok azdır. Ben bu görüşe katılmıyorum, zira bu doğru olsaydı iki yıllık bir fizik öğreniminin size sağlayacağı yarar bu sürenin sonuna vardığınızda hemen hemen tümüyle sıfırlanmış olurdu. Böyle bir makalenin içerdiği yeni görüşlerin yerini kısa bir süre sonra daha da yenileri alsa bile ilk görüşlerin büyük bir bölümü uygun biçimde yorumlanmaları ve kullanılmaları koşuluyla yararlı olmayı sürdürecektir. Örneğin bunu öğrenmek bize çok pahalıya mal olduysa da bugün artık eski Yunanistan'da ya da Victoria dönemi İngilteresi'nde olduğu gibi atomun sonsuz ya da değişmez olduğuna inanmıyoruz, ama yine de atom konusunu eksilmeyen bir coşkuyla tartışmayı sürdürüyoruz. Yunanlı düşünürler de sanırım bu konuyu tartışırken aynı coşkuyu duyuyorlardı; tıpkı anatomi ya da evrime ilişkin hiçbir şeyin bilinmediği çağlarda insanların insan (ya da örneğin kedi) bedeninin yapısını tartıştıkları gibi.

Geçmişte ortaya çıkmış tüm kavramlar ve bunlarla bağlantılı görüşlerden bugün de yararlanmaktayız. Günümüzde öğrencilere matematiksel ya da teorik fizik alanında öğretilenlerin büyük bir bölümünü Newton'un *Principia*'sında bulabilirsiniz. Newton'un yerküre gibi çok büyük ya da örneğin bir top mermisi gibi çok daha küçük cisimler ile ilgili olarak ortaya koyduğu temel dinamik yasaları, devinim denklemleri, momentum, eylemsizlik, kütle ve ivme kavramları, atomlar ya da onları oluşturan moleküller gibi gözle görülemeyecek denli küçük nesneler ve hatta foton adını verdiğimiz ışık parçacıkları gibi madde dışı

varlıklarla bağlantılı olarak günümüzde de kullanılmaktadır. İşte bu nedenlerle fizik alanında geçmişin canlılığını koruduğuna ve eski çağlarda ortaya konan görüş ve kavramları bilmenin onları bugünkü biçimleriyle tanımayı ve kullanmayı çok daha ilginç kılacağına inanıyorum.

Bilimlerin Ayrılması

Bu kısa girişten sonra fiziği fizik olarak, yani diğerlerinden farklı bir bilim dalı olarak ele almak istiyorum. Örneğin bugün fizik bilimi kimya ya da matematikten hangi noktalarda ayrılmaktadır? Çağdaş bilimin gelişmekte olduğu Galileo ile Newton arasında kalan dönemde, tüm bilimler tek bir alanda toplanıyordu ve Hooke gibi bir bilim adamı aynı anda matematik, fizik, kimya ve hatta biyoloji alanlarına giren konularda çok düzeyli araştırmalar yürütebilmekteydi. Bu dönemin sonuna doğru bilimler birbirinden ayrılmaya başladı ve bunu izleyen dönemlerde bu ayırım giderek belirginleşti. Ondokuzuncu yüzyılın başından benim yaklaşık olarak günümüzden kırk yıl önceye rastlayan öğrencilik dönemimę dek, Cambridge ve diğer üniversitelerde bilim fakülteleri hemen hemen tümüyle birbirinden ayrılmış durumdaydı. Bununla birlikte o yıllarda bile ilerde bilimlerin bir kez daha biraraya geleceğine ilişkin belirtilerin görüldüğünü de söylemeliyim. Nitekim günümüzde bu olgu gerçekleşmiş bulunmaktadır. Örneğin bugün iyi bir biyolog olabilmek için lise düzeyinde fizik bilgisi ile yetinmeyip bundan çok daha ileri düzeyde fizik (kuantum fiziği vb.) ve bunun yanısıra biyokimya için temel olmak üzere büyük ölçüde kimya bilmek zorundasınız. Buna karşılık bir fizikçinin de doğrudan biyoloji öğrenimi yapmasa bile bu alanda belli bir bilgiye sahip olması gerekmektedir, zira çalışmalarının bir bölümü biyofizik alanında gerçekleşecektir. Fiziğin değilse bile fizikçinin sorunu bu bilimin giderek artan biçimde diğer alanlara girmekte oluşudur. Bu durum son dönemde ortaya çıkmış olan yeni "karma" bilimlerin adlarından da anlaşılmaktadır. Bir süre önce fiziksel kimya ile tanışmıştık şimdi bundan ayrı olarak bir de kimyasal fizik ortaya çıkmış bulunuyor. Bu iki alanı birbirinden ayıran öğe, ilk bakışta sanılacağı gibi birinin fizik di-

ğerinin ise kimya ağırlıklı olmasından çok, fiziksel kimyanın kimya alanındaki çalışmalara yardımcı olmak, kimyasal fiziğin ise fiziğin alanını genişletmek gibi iki ayrı amaca hizmet etmesidir.

Biyofizik ve biyokimya da oldukça yeni iki bilim dalıdır. Günümüzde fizik bir yandan biyolojinin alanına girecek biçimde genişlerken diğer yandan da giderek matematiğe doğru kaymaktadır. Fiziğin matematiksel yanının ağırlık kazanmasındaki başlıca etken bu iki bilimin bilgisayar alanında birbiri ile kaynaşmış olmasıdır. Bilgisayarı oluşturan parçaların fizik biliminin ürünleri olmasına karşılık bunların bilgisayar içindeki düzenlenişi matematiksel mantığa dayanır. Transistörler, manyetik bellek elemanları ya da bunların yerini tutacak yeni parçaların tasarım ve yapımının önemli ölçüde fizik bilgisini gerektirmesinin yanısıra, hernekadar bağlantılarda kablo ya da baskı devre gibi fizik alanına giren nesneler kullanılıyorsa da, bunların belli bir düzen içinde biraraya getirilmesi salt matematiksel bir işlemdir.

Fiziğin Doğası

Fiziği tanımlamaya girişmeden önce bunun ne denli güç bir iş olduğuna dikkatinizi çekmek istiyorum; elbette darda kalırsak her zaman fiziğin sınırlı bir konu olduğunu ileri sürebiliriz. Tanımlamaya çalışırsak fizik ısıdır, ışıktır, sestir, elektriktir ve mıknatıslardır (Bu tanımlamaya bir ölçüde atomları da katabiliriz). Şimdi fiziği tanımlamada kullandığımız bu öğelere biraz daha yakından bakacak ve her birinin nasıl ortaya çıkmış olduğunu araştıracağız.

Sahip olduğumuz tüm bilgi ve deneyimin bir bölümünü diğerlerinden ayırarak buna fizik adını vermemizin nedeni insan bedeninin duyumsal-devimsel sisteminin uzantısı diyebileceğimiz (yani bir anlamda fiziksel yapı ile bağlantılı olan) birtakım şeylerin fiziğin ilgi alanına girmesidir. Bir insan gereksinim duyduğu herşeyden (giysiler, araç-gereçler, vb.) yoksun kalabilir, hatta Tierra del Fuego'nun yerli halkı Yahganların çok yoksul kişiler için kullandığı deyimle "çıplak beden" olabilir, ama bu durumda bile dış dünyayı algılamasını sağlayan duyu organları ile çevre koşullarını değiştirmesine yardım eden

kaslardan oluşan kusursuz bir fiziksel donanıma sahiptir. Bunun yanısıra sindirim sisteminin gerekli biçimde çalışmasını ve metabolizmanın ayakta kalmasını sağlayan kimyasal donanımı da unutmamalıyız. Diğer yandan şurası gerçek ki fiziksel kökenli duyu ve kas donanımına ilişkin bilgimizin çok eskiye dayanmasına karşılık biyokimya gibi yeni bir alana giren kimyasal donanım konusu çok daha yakın bir geçmişte ve ancak kısmen anlaşılabilmiştir. En azından ilk insanın içinde yaşadığı dünyayı mantık yoluyla çözümleme çabasının bugün fizik adını verdiğimiz bilimin başlangıcı olduğunu biliyoruz.

Duyumsal-devimsel sistemi oluşturan öğelerin uyum içinde birlikte çalışmasını incelerken işe görme duyusu ile başlamak yerinde olur. "Görmek" sözcüğünü kimi zaman "anlamak" ile eşanlamlı olarak kullanırız, yani "anlıyorum" sözcüğü aslında "aradaki bağlantıyı görüyorum" anlamını taşır. Gerçekte hayvan türlerinin evriminde görme duyusu çok sonraları ortaya çıkmıştır. İlk hayvanların görme duyusu çok zayıftı ve yaşamlarını sürdürebilmeleri yolunda çevreyi algılamaları çok daha güçlü ve karmaşık olan koku alma duyusu sayesinde gerçekleşiyordu. Diğer yandan bu durumun fizikselden çok kimyasal bir işlev olduğu biliyoruz. Kokular tartışma ya da yoruma fazla açık değildir. Bunların birbirinden ayrılması ve tanımlanmasında bellek yoluyla gerekli bağlantıların kurulması rol oynar. Buna karşılık gördüğümüz şeylere ilişkin yorum yapabilir, belli bir cismin yakında ya da uzakta, sağımızda ya da solumuzda olduğunu söyleyebiliriz.

Fiziğin yaşama geçirilmesi konusunda verebileceğimiz ve ilk insanın ortaya çıkmasından bile daha eskiye dayanan bir örnek, bir cismin atılması ya da fırlatılması hareketidir (Özellikle de belli bir şeyin hedef alınması ve bu hedefin vurulması söz konusuysa). Bu bağlamda akla gelebilecek diğer bir örneğin de atlama ya da sıçrama hareketi olduğunu söyleyebilirim. Dünya yüzündeki ilk canlılar sudan karaya çıktıktan sonra çok uzun bir süre bir ayaklarını diğerinin önüne koyma işlemini sürekli biçimde yinelemek yoluyla yürümekten başka bir şey yapmadılar. Bundan çok farklı olan sıçrama hareketi evrimin çok daha sonraki aşamalarında ortaya çıktı. Pireler ya da çekirgeler bu biçimde yol alırlar ama bu salt mekaniksel bir harekettir. Buna karşılık bir sıçrayışta uzun bir mesafe alan, bir daldan diğerine bu bi-

çimde geçerek adeta havada yolculuk yapan ve bu işlem sırasında hız almak için tek eliyle bir dala asılarak sallanan bir maymun çok yüksek düzeyde bir göz-kas koordinasyonuna sahiptir. Bu da aslında fiziğin fizyolojik kökenlerini ortaya koymaktadır. İlk insan yerde bulduğu bir sopayı fırlatmakla yetinmeyip bunu dürtmek, kazmak, itmek ve kafa kırmak için kullanmaya başladığı zaman evrimde yeni bir aşamanın temelleri atılmıştı. Herhangi bir amaç için kullanılan bir sopa ya da taş, duyumsal-devimsel sistem ile bir bütün oluşturur ve böylece insan bedeninin bir uzantısı olur. Sadece ellerini ve dişlerini kullanan ilkel insan da bu yolla yaşamını sürdürebilmekteydi ama günün birinde bir eline bir sopa, diğerine de bir taş aldığı zaman işlerin daha kolaylaştığını anlamakta gecikmedi.

Görme Duyusu

İnsanın çeşitli etkinlik biçimlerinin gelişmesinde duyulardan önce kaslar rol oynamıştır. Diğer bir deyişle insan aynalar ve merceklere salt kas gücü ile çalışan aletlerden çok daha uzun bir süre sonra gereksinim duymuştur. Diğer yandan duyularımız çevremizi algılamada herhangi bir aracın yardımı olmaksızın da yeterli olabilir. Bu özellikle görme duyumuz için geçerlidir zira görme işlevinde gözlerimiz denli beynimiz de rol oynar. Ağtabakanın beyine ilettiği mesajın çözümlenmesini sağlayan mekanizma evrim süreci içinde giderek gelişmiştir. Çeşitli biçim ve renklerden oluşan karmaşık görüntülerin tanımlanabilen ve yorumlanabilen nesnelere dönüşmesini sağlayan da bu mekanizmadır.

Aslında görme işlevinin statikten çok dinamik bir nitelik taşıması nedeniyle gözlerin belli bir nesne üzerinde sabitleşmesi görüntüyü bozar. Sürekli hareket halinde olan gözlerimiz ışığı doğrudan algılayamaz; gördüğümüz sadece ışık değişmeleridir. Görme pasif değil, aktif bir işlevdir. Aslında bu durum farklı bir biçimde de olsa eskiden beri biliniyordu: İnsanlar uzun bir süre gözden bir tür ışının çıktığına ve nesneleri tutup göze geri getirdiğine, görme işlevinin de bu yolla gerçekleştiğine inandılar. Bununla bağlantılı olarak da gözün çok güçlü

bir büyü aracı olduğu ve bazı kötü niyetli kişilerin başkalarına sadece bakarak bile her türlü zararı verebileceği düşünüldü. Bugün de kullanılan "kem göz" deyimi bu inançtan kaynaklanmıştır.

Şimdi de görme ve hareket işlevleri arasındaki bağlantıdan yola çıkarak kas konusuna bir göz atalım.

Kas Duyusu

Kasların işlevi duyularımızın işlevleri ile bir bütün oluşturur. Hep beş duyudan söz edilir ama gerçekte bu sayı yedidir ve kas duyusu da bunlardan biridir. Kasların içinde çok karmaşık bir gerilim ölçekleri sistemi yer alır. Her kas iğ telcikleri adı verilen bazı çok küçük organlar içerir. İğ telciklerinin ana kası çalıştıran sinirden ayrı olarak kendi sinirleri bulunmaktadır. Tüm bu mekanizma belli bir kasın belli bir anda ne ölçüde gerilmiş olduğunu saptamaya yarar. Hiç hareket etmeden durduğumuz zaman bile beynimiz kaslarımıza mesajlar iletmektedir. Bükücü ve açıcı kaslardan oluşan çiftler halinde düzenlenmiş olan kaslar hareketsizlik durumunda "ton" adı verilen belli bir denge oluştururlar. Bu da örneğin elimizde tuttuğumuz bir cismin ağırlığını belirlememize yarar. Bu sırada beynimiz elimizin hareketsiz kalmasını sağlamak için gerilmiş durumdaki kaslarımıza gevşek durumdakilere kıyasla daha çok sayıda mesaj yollar ve bu iki kas grubunun içerdiği iğ telcikleri tarafından yapılan ölçümler arasındaki farklılık elimizde tuttuğumuz cismin ağırlığını verir.

Geçmişte "beş güç" olarak adlandırılan ve cisimlerin konumunu farklı yollarla değiştirmemizi sağlayan beş tür bedensel hareketin kaldıraç, makara, çıkrık, planya ve burgu olarak adlandırılan belli başlı beş alet grubuna model oluşturduğunu biliyoruz. Bu basit oldukları denli yararlı aletlerin kullanılmasıyla temelde insan gücüne dayanan bir mekaniğin nasıl ortaya çıktığını ilerde göreceğiz. İnsanın gerek bu aletlerin yardımıyla gerekse kendi başına yaptığı tüm işlerde denge duyusu önemli bir rol oynar. Denge insan bedeninin yapısında vardır. İnsan yere iki ayakla bastığı için çoğu hayvan türlerine kıyasla daha büyük ölçüde dengeye gereksinim duyar ve bu nedenle de yürümeye

başladığı andan itibaren dengesini korumayı öğrenir. Doğa insanları bu amaçla iç kulakta yer alan karmaşık bir denge mekanizması ile donatmıştır.

Kuvvet

Denge kavramının tanımlanmasında kaldıraç işlevinden yola çıkılmış, daha sonraları beden mekaniğinin bütünüyle ele alınması ile insan bedeni bir kaldıraçlar sistemi olarak görülmüştü. Büyük önem taşıyan bu benzetmeyi ilerde fizikte kuvvet kavramının geçmişini tartışırken daha ayrıntılı biçimde ele alacağız. Burada kuvvetin doğrudan duyumsanması noktasından yola çıkılmaktadır. Bu duyumsama yukarda değindiğimiz iğ telcikleri aracılığıyla gerçekleşir. Aslında bugün fizik öğrencilerine kuvvetin ikincil bir kavram olduğu öğretilmektedir. Newton'dan bu yana kuvveti momentum ya da kütlesel ivmedeki değişme oranı olarak tanımlamaktayız. Diğer yandan eski görüşte de bir gerçek payı bulunmaktadır. Nesneleri görmemizde olduğu gibi, kuvveti de doğrudan duyumsarız.

Şimdi de eylemsizlik kavramına bakalım: Eylemsizliğe ilişkin matematiksel görüş ilerde de göreceğiniz gibi oldukça yakın bir geçmişte ortaya atılmıştır. Cisimleri yerinden oynatmanın içerdiği sorunları deney yolu ile öğreniriz. Kimi cisimler birbirinin aynı gibi görünse de onları itmeye ya da kaldırmaya çalıştığımız zaman yanıldığımızı anlarız. Bunu insanların birbirini aldatmak için oynadığı bir oyunla örnekleyebiliriz: Bir karton parçası ağır bir kurşun levhayı andıracak biçimde boyanır ve bunu yerden kaldırması istenen kişi"kurşun levha"nın beklenmedik hafifliği yüzünden dengesini yitirip birden yere oturur.

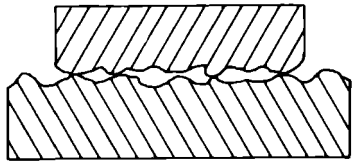
İşitme Duyusu

İşitme de temelde mekanik bir işlevdir ama burada zaman öğesi devreye girer. Ses titreşimleri beyine doğrudan iletilmek yerine kulaklarımızın içinde yer alan ve her reseptörü ayrı bir frekansa ayarlı olan

armoni çözümleyici bir mekanizmadan geçerek beynimize ulaşır. Bu nedenle, kulaklarımız bir müzik parçasını bölümler halinde değil, tek tek notalar olarak algılar. Bu durum fizik öğreniminin bir aşamasında karşılaşılan temel bir teoride açıklanmıştır. Herhangi bir sesin algılanması doğrudan ve dolaylı olarak iki yolla gerçekleşir: Doğrudan olanı gerçek ton grafiğinin algılanması ve dolaylı olanı da sesin frekanslara göre çözümlenmesidir. Müzik bağlamında ikinci yol geçerlidir. Sesleri armoni çözümlemesi yoluyla tanıdığımız için de bu mekanizmayı armoni çözümleyici olarak adlandırıyoruz (Bildiğiniz gibi armoni bir müzik terimidir).

Dokunma Duyusu

Fizik açısından ele alabileceğimiz diğer bir duyu da dokunmadır. Dokunma duyusu da bir anlamda mekaniktir ama çok karmaşık öğeler içerir ve tam olarak çözümlenebilmesi ancak son otuz yıl içinde gerçekleşmiştir. Fizik öğrencileri öğrenimlerinin bir noktasında Amonton sürtünme yasası ile tanışırlar. 1670'lerden bu yana bilinen bu yasanın içerdiği yanlışlık ancak 1930'larda anlaşılmıştır. Öğrencilere şöyle denir: Bir cismi düzgün olmayan bir yüzey üzerinde hareket ettirmek için gereken kuvvetin derecesi birbiri ile temas durumunda olan bu iki yüzeyin ve bunları birarada tutan kuvvetlerin özellikleri tarafından belirlenir ve yüzeylerin gerçek temas alanından bağımsızdır. Şimdi, eğer bir öğrenci kalkıp da bunun yanlış olduğunu ve kuvvetin derecesinin gerçek temas alanından bağımsız olmamasının gerektiğini ileri sürerse kendisine yasanın tümüyle bilimsel olduğu ve doğruluğunun yaklaşık üçyüz yıl önce kanıtlanmış bulunduğu anımsatılır ve tam bu sözcüklerle olmasa bile bu saatten sonra ortalığı bulandırmaya gerek olmadığı bildirilir. İşin doğrusunu söylemek gerekirse Amonton yasasının kendisi tümüyle doğrudur; yanlışlık yasanın dile getiriliş biçiminde yatmaktadır. Şöyle ki: Sürtünme gerçek temas alanından bağımsız değil, tam tersine bununla doğru orantılıdır. Diğer yandan görünürdeki temas alanı ile gerçek temas alanının birbirinden çok farklı şeyler olduğunu da unutmamalıyız. *Şekil 1*'e



Şekil 1. Üstüste duran iki cisim arasındaki temas noktalarını gösteren büyütülmüş kesit.

dikkatlice bakarsanız üstüste duran iki cismin yüzeylerinin ancak belli noktalarda birbirine değdiğini görürsünüz. Üstteki cismin üzerine bir ağırlık konması durumunda bunun etkisiyle hafif bir çökme olur ve böylece iki cismin birbirine değdiği noktalar çoğalır. Gerçek temas alanının kesinlikle saptanmasını sağlayacak basit bir yöntem yüzeylerden birine boya sürülmesidir. Burada anlatmaya çalıştığım, herhangi bir cisme hafifçe dokunduğunuz zaman duyumsadığınız şeydir. O anda sözkonusu cismin yüzeyi ile eliniz arasında çok az sayıda noktada yaklaşık 1000 atmosferlik bir basınç oluşur, ki bu da ancak derinin yüzey moleküllerini bozmaya yeter. Sivri topuklu ayakkabıların döşemeye verdiği zarar örneğinde de görüldüğü gibi temas alanının küçülmesiyle basınçta oldukça önemli bir artış olur.

Çok karmaşık nitelikler taşıyan dokunma duyusu iki ayrı grupta toplanan reseptörlerden kaynaklanmaktadır. İlk gruba giren ve doğrudan dokunma işlemi ile bağlantılı olan yüksek duyarlılıktaki reseptörlerin büyük bir bölümü parmak uçlarımız ve dudaklarımızda bulunur. Bunlar temas alanını çok ayrıntılı biçimde algılama ve yorumlama özelliğine sahip reseptörlerdir. Sadece parmak uçlarımız ile dokunarak sağlayabildiğimiz ölçüde bilgiyi bize yaklaşık olarak verebilen ölçüm cihazları ancak son yıllarda geliştirilebilmiştir. Öğüttüğü unun niteliğini anlamak için bir tutamını baş ve işaret parmakları arasında oğuşturan değirmenci bu amaçla başvurabileceği tüm bilimsel yöntemlerden daha kusursuz bir ölçüm aletine sahiptir. Daha derinde yer alan ikinci grup reseptörler ise dokunulan yüzeyin ne ölçüde düzgün ya da pürüzlü olduğunu saptamamıza yarayan ilk gruptakilere ek

olarak yüzeyin uygulanan basıncın etkisiyle içeri doğru çökme derecesini belirler ve bu yolla sertlik ya da yumuşaklık düzeyini saptamamıza sağlar.

Sıcaklık Duyusu

Son olarak da diğerlerinden çok farklı türde olan sıcaklık duyusuna ya da daha doğru bir deyişle sıcaklık akımı dedektörlerine değinmek istiyorum. Bildiğiniz gibi sıcaklık titreşimlerden oluşan bir tür hareket olmakla birlikte bu titreşimlerin hızı sinir devreleri tarafından ölçülebilmelerine olanak vermeyecek denli yüksektir. Sıcaklık ya da soğukluk olarak tanımlandığımız şey aslında ısı derecesi değil, ısıda ortaya çıkan değişmelerdir. Bir elinizi bir tas sıcak suda, diğerini bir tas soğuk suda tuttuktan sonra ikisini birden üçüncü bir tastaki ılık suya batırırsanız bu su ilk elinize soğuk, diğerine sıcak gelecektir. Burada sözkonusu olan aslında sıcaklığın el derisinin yüzeyine ya da tam tersine dışarı doğru akışı olup bu akışın yönü dokunduğunuz şeyin ısı iletkenliği tarafından belirlenir. Metalleri çok sıcak ya da çok soğuk olarak duyumsamamıza karşılık, örneğin yüne tüm sıcaklık derecelerinde rahatça dokunabiliriz.

Sıcaklık ya da soğukluk duyusu sadece kökenleri yönünden fizikseldir. Gerçekte duyumsanan şey koku ve tat alma gibi kimyasal kökenli duyularda da olduğu gibi kimyasal bir değişimdir. Duyuları ve bunlara eşlik eden istemli hareketleri bir bütün olarak düşündüğümüz zaman fiziğin temel tanımlamasını, yani "insanın tüm duyu ve etkinliklerini saptayan bilim" biçimindeki tanımlamayı daha iyi anlayabiliriz. Diğer yandan, bu tanımlamanın kapsadığı ve "gerçek" fizik olarak adlandırabileceğimiz bilgilerin çoğu kitapların yardımı olmaksızın da edinilebilir. İlerki bölümlerde ele alacağımız temel araç ve gereçlerin bazıları hiç öğrenim görmemiş olan ve hatta insan topluluğunun en alt düzeylerinde yer alan kişiler tarafından geliştirilmiştir. Çevresi ile kusursuz bir uyum içinde yaşayan ve her türlü gereksinimini kendi başına karşılayabilen bir Eskimo gerçekte oldukça kapsamlı bir fizik bilgisine sahiptir. Eskimoların günlük yaşamda çeşitli amaçlar için

kullandıkları ve kendi yapımları olan birçok araç ve gereci bizler henüz -bırakın yapmayı- anlama olanağından bile yoksunuz. Savaş yıllarında güçlendirilmiş buz konusunda yürütülen ve benim de katılmış olduğum bazı deneylerle bağlantılı olarak anımsadığım bir örnek vereyim: Eskimolar çevreden topladıkları yosunları ıslatıp sıkıştırmak ve sonra da dondurmak yöntemiyle elde ettikleri bir malzemeyle çok uzun bir süre hiç bir aşınma belirtisi göstermeden kullanılabilen kızak altlıkları yapmayı biliyorlardı. Bu bizim o tarihteki tüm fizik bilgimiz ve gelişmiş teknolojik olanaklarınıza karşın düşünemediğimiz bir çözümdü. Bu tür bir fizik bilgisine, yani insanı doğada var olan malzeme ve biçimleri bir araya getirme ve böylece doğa koşullarını onlara uyum sağlama yoluyla yenme yetisi ile donatan fizik bilgisine ancak yaşayarak sahip olunabilir.

Fiziğin Toplumsal Yönleri

Yukarda değindiklerimin yanısıra fiziğin tarihte önemli bir rol oynamış olan diğer bir yanını da size tanıtmak istiyorum. Uygulama alanında sağlanan teknik ilerleme bizi belli bir noktaya eriştirir ve orada bırakır. Uygulamada yararlı olan deneyimlerin ne olduğunu anlamak ve sözcüklere dökmek yolundaki çabalar fiziğin diğerlerinden farklı bir yönünü daha ortaya çıkarmıştır ki bu da fiziğin toplumsal olarak tanımlayabileceğimiz yönüdür. Toplumsal bir davranış biçimi olarak insanın evren ile ilişkilerini nasıl düzenlemesi gerektiğine ilişkin sorunlar (örneğin gök cisimlerinin hareketleri ile tarımsal etkinlikler arasında kurulması gereken bağlantılar) tarihin akışı içinde fizik teorilerinin anahatlarını ortaya koymuş ve bu alanda elde edilen yanıtlar uzun dönemde uygulama yönünden iyi sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Fiziğin geçmişinin büyük bir bölümü bilimsel dilin özellikle bu alanla bağlantılı olarak kusursuzlaştırılmasına yönelik çabalardan oluşur, zira günlük yaşamda kullanılan dil belirsizlikler ve yanlışlarla doludur. V. Gordon Childe kültürü oluşturan tüm öğeler içinde dilin en inatçı ve değişmesi en güç öğe olduğunu söyler.* Günümüzde dünya üzerinde

* V. Gordon Childe, *Society and Knowledge*, Harpes's New York, 1956.

kullanılmakta olan tüm diller, ne denli çok türleri bulunursa bulunsun, kökenleri açısından Taş Devrinde kullanılanlardan çok farklı değildir. Tüm sözcükler ve aralarındaki bağlantılar Taş Devrinde o günki koşullara uygun biçimde ortaya çıkmıştı, ama insanın kılıçtan uzay aracına dek yüzyıllar boyunca gerçekleştirdiği tüm buluşlar için yine temelde bunlardan farklı olmayan sözcükler üretilmiştir. Taş Devri dilleri günümüze dek sürekli biçimde değişerek gelmişse de yapısal olarak çok büyük bir değişiklik geçirmemiştir. Gerek diller, gerekse bunları biçimlendiren kavramlar bugün geçmiştekilerin bir tür fosilleri olarak varlıklarını sürdürmektedirler ve görüldüğü kadarıyla da bunları tümüyle ortadan kaldıracak denli büyük bir değişimin olması için daha çok uzun bir zaman geçmesi gerekmektedir. Örneğin bugün dikaçı ve kare gibi salt matematiksel olarak tanıdığımız kavramların geçmişlerini araştıracak olursak bunların aslında toplumsal kökenli kavramlar olduğunu görebiliriz. Şimdi bunu açıklamaya çalışacağım. Kartezyen koordinatlar çok eskilerden kaynaklanan bir kavramdır ama dikaçılı haç kavramı matematiksel ya da fiziksel kökenli değildi; örneğin Roma ordusunun dört bölümlü kare biçimindeki kışlaları bu kavrama dayanır. Dik açılar oluşturacak biçimde birbirini kesen iki ana yol ve bunların kesiştiği noktada yer alan kumanda merkezinden meydana gelen bu kışlaların planında İsa'dan önce sekizinci yüzyıl İtalyası'nın köy tipindeki yerleşim merkezlerinin model alınmış olduğunu biliyoruz. Bunun yanısıra insanların Taş Devrinden başlayarak tarih boyunca salt toplumsal nedenlerle aynı biçimsel özelliklere sahip köy ya da benzeri yerleşim merkezleri kurmuş olmaları çok ilginçtir. Toplumbilimciler bize bu olgunun kökeninde ilkel kabilelerin aralarında evlenme olmayan ve her biri kendi özel simge ve totemlerine sahip bulunan dört ayrı bölümden oluşmasının yattığını söylemektedirler.

Yerleşim merkezlerinin belli bir plana göre yapılmasına yol açan nedenler, yasalar ve kurallardan kaynaklanmıştır. Bildiğiniz gibi yasa ve kural sözcükleri de temelde toplumsal kavramları tanımlayan ve matematiksel anlamlarını ancak yakın bir geçmişte kazanmış olan sözcüklerdir.

Eski yerleşim merkezlerinin ve Roma kışlalarının düzenlenişinde kullanılan planın diğer bir örneğini de pusulada görürüz. Dört ana yö-

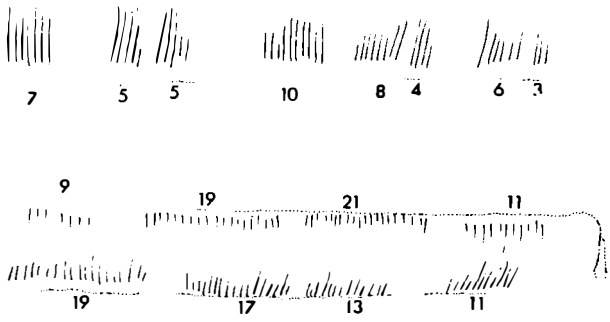
nü gösteren noktalar pusulayı aynı biçimde dört eşit bölüme ayırmaktadır. Bu paralellikler de ilkel toplumsal düzenden çok daha karmaşık nitelikteki geometrik düzene geçişi simgeler.

Dört Doğal Element

Şimdi de toprak, su, hava ve ateşten oluşan "doğal elementlere" bir göz atalım. Günümüzde bu kavram artık eski önemini yitirmiş olup ancak soyut biçimde kullanılmaktadır. Bilimsel açıdan dört doğal element kendilerine özgü atomlardan oluşan dört maddedir. Eski Yunanlılar doğada toprak, su, hava ve ateş olarak tanımlanan dört ana elementin varlığına inanırlardı. Daha eski dönemlerde, örneğin Çin'de metal ve tahta gibi birtakım maddelere de buna benzer özel anlamlar yüklendiğini biliyoruz. Bu gibi inançlar insanların doğayı ve özellikle de doğanın denetleyemedikleri yönlerini çözümleme ve tanımlama çabalarından doğmuştur. İnsanoğlu bir süre sonra avlanmak, avladığı hayvanların etlerini pişirmek, toprağı sürmek, tohum ekmek ve ürün toplamak gibi yapabildiği şeylerin yanısıra doğada güneş, ay ve yıldızlar gibi erişemediği ve mevsimler gibi değiştiremediği birtakım öğelerin bulunduğunu ve kendisinin bunları denetleyememesine karşılık bu öğelerin onun yaşamını önemli ölçüde etkilediğini görmüştü. Doğa insanı ısıtıyor ya da donduruyor, bereket kaynağı olan yağmurları veriyor ya da esirgiyordu. Bu olguları dikkatle izlemelerine karşın ilk insanların doğal koşulları değiştirmek yolunda yapabildikleri tek şey büyülere ve dualara sığınmak olmuştu.

Gökyüzü Gözlemleri

Gök cisimlerinin hareketleri insanlar için fiziksel kavramların ortaya çıkmasıyla sonuçlanan bir tür dedektif öyküsündeki ipuçları gibiydi. Büyük bir olasılıkla çevreye ilişkin ilk gözlemler dünyanın dört duvar ve üzerinde hareket halindeki irili ufaklı ışıkların yer aldığı bir tavandan oluştuğu yolunda bir izlenime yol açmıştı. Bu o zamanlar



Şekil 2. Yaklaşık 12.000 yıl önce asal sayıların ve çarpım işleminin bilindiğini gösteren, üzerinde çentikler açılmış kemik parçası (Ishango, Güney Afrika).

için yeterli bir tanımlama sayılabilirse de tek başına bir anlam taşımıyordu ve insanların gökyüzüne baktıkları zaman gördükleri iki büyük ve sayısız küçük ışığın nasıl yanıp söndüğü, yağmurların ne zaman geldiği, ırmağın neden taştığı ve buna benzer diğer soruları yanıtlamıyordu. Bu olguların anlaşılabilmesi için gökyüzünün sürekli biçimde gözlenmesi gerektiğinin ayırdına varan insanlar bu gözlemlerin sonucunda bazı şeylerin belli bir düzen içinde gerçekleştiğini gördüler. Peki, bunu bilmek için bu denli uğraşmak gerekir mi? Gün diye bir şey vardır ve bu hep aynı uzunluktadır ama böyle olduğu nasıl anlaşılır? Eğer bir saatiniz yoksa doğal olarak bunu bilemezsiniz. Bazı günler insana çok uzun sürüyor gibi gelir, bazıları ise çabucak geçer, ama aslında hepsi aynı uzunluktadır. Dolunayı izleyen günleri sayarsanız bu olgunun yaklaşık olarak 29 günde bir yinelendiğini görürsünüz. Buna benzer daha bir sürü örnek verilebilir. Demek ki doğadaki düzeni ortaya çıkarmak için işe saymakla başlamak gerekir.

Saymak çok eski bir kavramdır. *Şekil 2*'de bu konuya ilişkin olarak elimizde bulunan en erken tarihli belgelerden birini görebilirsiniz. Bu yaklaşık 12.000 yıl öncesine ait olan ve her iki yüzünde de gruplar halinde değişik sayılarda çentikler bulunan bir kemiktir. Gördüğünüz gibi bunu yapan kişi saymasını bilmekle kalmıyor, çarpma ve bölme işlemleri de yapabiliyordu.

Yeterince uzun bir süre boyunca saymayı sürdürürseniz gökyüzündeki düzen konusunda oldukça iyi bir fikir sahibi olabilirsiniz. Örneğin Ay'ın günbatımında ince bir yay biçiminde belirmesi ile günleri saymaya başlarsak bunu izleyen dokuz gün boyunca ayın giderek büyüdüğüne,daha sonraki dokuz gün boyunca tümüyle ortaya çıktığına, yine bir dokuz günlük süre boyunca giderek küçüldüğüne ve en son bir-iki gün de hiç görünmediğine tanık olur ve böylece bir "ay" ın yaklaşık olarak 29 gün sürdüğünü bilimsel yoldan saptamış oluruz.

Hernekadar gök cisimlerinin hareketlerinde belli bir düzen varsa da bu hiç değişmeyen bir düzen değildir. Aslında matematik biliminin tümü insanların takvimi şaşmaz biçinde düzenlemek, bir ayı oluşturan günlerin ya da bir yılı oluşturan ayların sayısını tam olarak saptamak gibi aslında olanaksız bir şeyi gerçekleştirmeye yönelik çabalarından doğmuştur. Bu sayılarda belli bir mantık olmadığı gibi başka tür düzensizlikler de sözkonusudur. Örneğin, yaz günlerinin sayısının kış günlerinkinden farklı oluşunu nasıl açıklayabilirsiniz? Ne Babillilerin ne de Yunanlıların bir açıklama getiremedikleri bu soru ta Newton'un zamanına dek yanıtlanmadan kalmıştır.

Doğruyu söylemek gerekirse insanların tüm zamanlarını bu gibi sorulara yanıt aramakla geçirmiş oldukları da söylenemez. İlkel avcılar ancak bir daha ne zaman karınlarının doyacağını ya da olsa olsa bir sonraki dolunayın ne zaman ortaya çıkacağını merak etmişlerdir. Ancak daha sonraki çağlarda insanlar avcılığın yanısıra tarımla da uğraşmaya başlayınca doğal olarak mevsimler, güneşli ya da yağmurlu geçen dönemler ve buna benzer diğer konular önem kazanmış ve böylece birilerinin (büyücü, rahip ya da astronom) bu işlerle ilgilenmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. Sayılarının fazla olmamasına karşılık bu gibi kişiler tarih boyunca yönetim içinde çok ayrıcalıklı bir yere sahip olmuşlar, hatta -ister ilkel bir kabile ister imparatorluk olsun- yaşadıkları toplumun vazgeçilmez bir öğesini oluşturmuşlardır. Matematik ve astronominin çağlar boyunca en yüce bilimler olarak görülmesinin nedeni de budur. Bu bilimler ilk takvim hesapları ve gözlemlerin yanısıra birtakım batıl inançlar için de kullanılmışlardır. Karmaşık matematiksel hesaplara dayanan Mısır'daki

Büyük Piramit eski çağlarda bilimin bilim dışı amaçlarla kullanılışı konusunda iyi bir örnektir. Kuzey-güney ve doğu-batı doğrultularında yapılmış olan bu piramitin tabanı milimetrik ölçülerde kusursuz bir kare olduğu gibi tüm yan duvarlarının eğimi de aynı biçimde birbirini tutmaktadır. Piramitin içinden geçen ana tünelin konumu Kuzey Kutbunu gösterecek biçimde hesaplanmıştır. Bu tünelin bir ucundaki delikten dışarı bakan bir rahibin tam göz hizasında o zamanki Kuzey Yıldızı bulunurdu (O zamanki Kuzey Yıldızı diyorum, zira bu günümüzdekinden farklı bir yıldızdı). Tüm bunlar eski Mısır'da matematik ve astronominin ne denli gelişmiş olduğunun bir göstergesidir. Buna karşılık bu bilimlerin Firavunu tanrı olarak kabul eden ilkel bir dinin hizmetine verilmiş oldukları da bir gerçektir. Matematik ve astronomi gerek içerikleri, gerekse kullanım amaçları yönünden eski çağlardan bu yana önemli ölçüde değişime uğramışlarsa da her dönemde en yüce bilimler olarak kabul edilmişlerdir. Buna karşılık fiziğin daha önce değindiğim ısı, ışık vb. konuları kapsayan diğer bölümlerinin bilim nitelemesini kazanmaları ancak yakın bir geçmişte gerçekleşmiştir. Astronomi alanında gözlem sonuçlarının matematiksel yöntemlerle çözümlenmesi de çok eskilere dayanır. Başlangıçta insanların bu amaçla yararlandıkları tek araç on parmaklarıydı, daha sonraları bunun biraz daha gelişmiş bir biçimi olan tellere dizilmiş boncukları kullandılar, daha sonraları kesirlerin bulunmasıyla birlikte kağıt üzerinde hesaplar yapmaya başladılar ve sonuçta matematik bilimi ortaya çıktı. Matematik fiziğin teorik bölümü ile bağlantılı olduğundan burada matematik konusunda ayrıntıya girmeyeceğiz.

Ölçü Kavramı

Ölçü kavramı teorinin gelişmesinden- örneğin gözlemlerin önce takvim ve daha sonraları denizcilik amaçları için kullanımındandoğmuş ve bilim alanına girmiştir. Bu kavram başlangıçta belli başlı iki alanda önem kazanmış olup bunların biri ticaret ve vergilendirme, diğeri ise göksel olguların insanların yaşamını etkilemeleri yö-

nünden irdelenmesiydi. Eski Mısır gibi yönetimi dine dayalı bir tarım ülkesinde bu iki alanın birbirleriyle kaynaşmış olması doğaldır.

Bilimde saymak kavramından sonraki aşama ölçü birimlerinin bulunmasıdır. Ölçü birimi nedir ve ilk ölçü birimleri ne amaçla kullanılmıştır? Bilinen en eski ölçü birimlerinden biri tahıl ölçümünde kullanılmış olan *metron*'dur. Belli bir miktardaki tahılın ne büyüklükteki bir toprak parçasından elde edilebileceğini bilmek isteyen insanlar arazi ölçümüne, sahip oldukları tarlayı adımlayarak başlamışlardır. Yönetimin köylüden belli bir sayıdaki sepeti dolduracak miktarda tahılı vergi olarak istemesi durumunda ya vergi toplayıcısı köylünün sahip olduğu araziden bunu karşılayacak ölçüde ürün sağlayabileceğini, ya da köylü bunun olanaksız olduğunu kanıtlamak zorundaydı. Bugün kullandığımız Yunanca kökenli *geometri* sözcüğü arazi ölçümü anlamını taşır ve bu işlemin ilk aşamalarında ortaya çıkmıştır. Geçmişte tarla ölçümü tarlanın verimlilik düzeyi gözönüne alınarak yapılırdı. Örneğin Çin'de bugün standart arazi ölçüm birimi olan *mu* ile daha eski dönemlerde kullanılmış olan aynı adlı birimin ifade ettiği boyutlar farklıdır. Büyük boyutlarda olmasına karşın düşük verimli bir arazi ile küçük ama bereketli bir tarlanın aynı biçimde değerlendirilmediği eski Çin'de bir *mu* belli bir sayıdaki sepeti dolduracak ölçüde pirincin elde edilebileceği büyüklükteki toprağı gösterirdi.

Uzunluk ya da hacim olarak ölçülemeyen nesneler için ağırlık ölçülerinin saptanması bundan sonra gelmiştir. İlk ağırlık ölçüleri büyük bir olasılıkla ham yün ve metal- özellikle de değerli metaller - için kullanılmıştır. Doğal olarak ağırlık ölçüleri ile birlikte ilk tartılar da ortaya çıkmıştır. Zaman içinde yeni gereksinimler doğdukça bunlara uygun yeni ölçü birimleri de bulunmuş, böylece ölçü birimleri giderek çeşitlenmiş ve yaygınlaşmıştır. Diğer yandan bu birimlerin metrik sistem ve benzeri düzenlemeler içinde biraraya getirilmesi için yüzyılların geçmesi gerekmiştir.

Kesin biçimde ölçülmesi gerçekleşen en son şey ise aslında ilk ölçme girişimlerine konu olan zamandır. Bu kavrama duyulan ilgi arttıkça insanlar günleri saymakla yetinmemişler ve saat, dakika, saniye gibi daha küçük zaman birimleri ortaya çıkmıştır. Bunun için de belli

bir ölçüde astronomi bilgisinin gerekli olduğu açıktır.İnsanlar güneşli havada cisimlerin gölgelerini ölçmek, bu gölgelerin gün içinde uzayıp kısalmalarını ve yer değiştirmelerini incelemek için yere kazıklar çakmışlar, günün yıl içindeki on iki aya karşılık gelecek biçimde on iki saate bölünmesini sağlayan *gnomon*'u ve güneş saatini yapmışlardır. Günün on iki saate bölünmesinden sonra her saatin altmış dakikaya ve her dakikanın altmış saniyeye bölünmesi ise salt gözlem amaçlarıyla gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla altmışlı düzenlemenin altında astronomik gerekçelerin gündelik gereksinimlerden daha ağır bastığı bir dönemin anlayışı yatmaktadır.

Başlangıçtaki zaman ölçümlerinde dijital düzen kullanılırken zamanla bir yıl içinde yaklaşık 360 gün bulunduğunun anlaşılmasıyla gökkubbenin 360 basamak ya da dereceye bölünmesi uygun görülmüştür. Diğer yandan astronomiyle doğrudan bağlantısı bulunmayan birtakım şeylerin sayılması ya da ölçülmesinde de astronominin etkisiyle altmışlı düzenin kullanıldığını görüyoruz. Örneğin para birimleri olan *şekel*'i altmış *mina*'ya bölen Babilliler bunu ayrıntılı biçimde düzenlemiş oldukları yıldız tablolarından esinlenerek yapmışlardır.

Böylece matematiğin gökyüzü ile uğraşan bir "üst" ya da daha saygın bölümünün bulunmasının yanısıra ticaret ve vergi toplama gibi daha "dünyevi" işlere hizmet eden bir "alt" bölümünün de ortaya çıktığını görüyoruz. Diğer yandan bunların her ikisi de uzun dönemde hesaplama yöntemlerinin gelişmesine aynı ölçüde katkıda bulunmuştur. Bizler bu gelişim sürecinin günümüzdeki son evresini simgeleyen bilgisayarın doğuşunu ve giderek kusursuzluğa doğru yol alışını yakından izleme şansına sahip olduk. Diğer yandan öyle sanıyorum ki bizim bugün bilgisayarla gerçekleştirebildiğimiz şeyler karşısında duyduğumuz mutluluk, parmaklarının ve tellere dizili boncuklarının yetersiz kaldığı noktada kare kökleri ve trigonometrik fonksiyonlarla uğraşabilmelerini sağlayan yeni yöntemler bulan 5000 yıl önceki bilim adamlarının duygularından çok da farklı değildir.

Geçmişte uzun bir süre doğa felsefesi başlığı altında toplanmış olan, bugün ise fiziksel evreni oluşturan öğeler olarak tanımladığımız şeyleri anlamaya yönelik ilk çabaların altında yatan nedenleri

böylece özetlemiş bulunuyoruz. Doğa felsefesi tanımına giren eski bilimlerin tümü bir zamanlar çok büyük bir saygınlığa sahip olan astroloji ile bağlantılı olarak ortaya çıkmıştı. Bugün bildiklerimizin ışığında bu olgu bize ne denli mantık dışı görünürse görünsün, çok uzun bir dönem içinde olumlu sonuçlar verdiğini de kabul etmek zorundayız. Geçmişte insanlar astronomik olguların düzenli biçimde yinelendiğinin ayırdına vardıktan sonra kendi tarımsal vb. etkinliklerini de bu olgularla uyum sağlayacak biçimde düzenledikleri taktirde herşeyin daha iyi gideceğine inanmışlardı. Diğer bir deyişle o zamandan kendinizi doğanın düzenine uydurmak, gökcisimlerinin hareketlerini izlemek ve mikrokozmos (dünya) ile makrokozmos (evren) arasındaki ilişkiyi anlamak zorundayız. Astroloji bu gereksinimlerin karşılanması zorunluğundan doğmuştur. Bunun bir sonucu olarak da onyedinci yüzyıla dek fizik varlığını hemen hemen tümüyle astroloji ile bağlantılı olarak sürdürmüştür. Bu nedenle bunu izleyen yüzyıllar boyunca fizik alanında yürütülen çalışmaların büyük bir bölümü, daha önceleri doğrudan astroloji alanında ortaya atılmış olan görüşlerin doğru olup olmadıklarının araştırılması ya da yeni bilgilerin ışığında bunların yerini alacak yeni teorilerin üretilmesi amacını taşımıştır.

Deney

Şimdi de fiziksel yöntem olarak tanımladığımız kavramı ele alalım. Bu yöntem gözlemden yola çıkarak deneye varmaktır. Deney sözcüğü anlam yönünden deneme ve deneyim ile bağlantılıdır. İnsanlar bir şeyin doğru çalışıp çalışmadığını ya da düşündükleri gibi olup olmadığını denemek için deney yaparlar ve bu yolla elde edilen tüm bilgiler biraraya gelerek deneyimi oluşturur. Geçmişte böyle bir deneme ya da deneyin gerçek ölçeklerde yapılması zorunluyken zamanla işi geniş ölçüde kolaylaştıran yeni yöntemler bulunmuştur. Bunu bir örnekle açıklamak istiyorum: Yeraltından maden çıkarma çalışmalarının başlangıcında insanlar oldukça iyi tüneller kazıyorlardı. Ancak bir dağın karşılıklı iki yamacından tünel kazma-

ya başladıysanız ve özellikle de tünelinizde dönemeçler bulunması gerekiyorsa her aşamada nerede olduğunuzu bilmek zorundasınız. Eski madencilerin bu amaçla başvurdukları yöntem şöyleydi: Önce dağın içinde ilerledikçe uzun ipleri birbirine ekleyerek tünel boyunca döşüyorlar, sonra dışarı çıkıp aynı ipleri aynı dönemeçleri oluşturacak biçimde toprağın üzerine yerleştiriyorlar, böylelikle nereye doğru gittiklerini ve tünelin iki ucunun birleşmesi için hangi noktalarda ne yöne dönülmesi gerektiğini saptıyorlardı. Tünelin dışında oluşturulan model gerçek ölçeklerde olduğundan bu iş için büyük ve düz bir arazi parçasının kullanılması zorunluydu ve elbette bütün bu işlem oldukça emek ve zaman gerektiriyordu. Ancak günün birinde birileri ölçeğin yeterince küçültülmesi durumunda bu iş için koskoca bir tarla yerine çok daha küçük boyutlardaki bir kağıt parçasının kullanılabileceğini akıl edince işler oldukça kolaylaştı.

Daha sonraları insanlar plan çizmeyi öğrendiler. Mısırlılar ve Babilliler kent, kale, arazi ve benzer şeylerin planlarını yaptılar. Hernekadar bugün nerede oldukları bilinmiyorsa da herhalde piramitlerin de planları vardı. Burada matematiğin devreye girdiğini biliyoruz, zira gerek belli boyutları olan bir piramitin yapımı, gerekse tüm çalışma süresince işçilerin gereksinimlerini karşılayacak ölçüde yiyecek ve içeceğin stoklanacağı depoların sayı ve büyüklüklerinin saptanması için matematik bilgisi gerekiyordu. Bunun yanısıra binlerce işçinin günde kaç somun ekmek ve kaç küp bira tüketeceği gibi ayrıntıların da hesaplanmış olduğunu biliyoruz. İsa'dan önce 2000 yılından günümüze dek gelen eski Mısır belgelerinin oldukça önemli bir bölümünde bu hesaplar yer almaktadır. Mısırlılar piramitlerin yapımı sırasında bugün bile matematikçileri uzun süre uğraştıracak karmaşıklıkta hacim hesapları da yapmışlardı.

Bir bütün olarak matematik biliminin doğuşunu hazırlayan tüm bu uğraşlar büyük çaptaki işlerin planlanmasında küçük ölçekler kullanılmasının ilk örnekleri olup temelde benzerlik ilkesi dediğimiz şeyin matematik alanındaki uygulanımını göstermektedir. Ölçek kavramının ilk çağlardan bu yana hep var olduğunu bugün mağara duvarlarında gördüğümüz insan ve hayvan resimlerinden anlıyoruz. Bu ilkel sanatın ilk örneklerinde hayvanların ve mızrakla bunları av-

layan insanların gerçeğe yakın ölçülerde çizilmiş olmasına karşılık insanlar daha sonraları gerek mağara duvarlarına gerekse bunun avda kendilerine yardımcı olacağı inancıyla bir tür dövme yöntemiyle kendi bedenlerine yaptıkları resimlerde daha küçük boyutlar kullanmaya başlamışlardı. Ölçeğin küçültülmesi denli büyütülmesi de sözkonusuydu: Eski Mısırlılar tapınak duvarlarını çok büyük boyutlarda resimlerle süslerlerdi; bunun için önce ressam karelere bölünmüş bir kağıda resmi çizerek koordinatları işaretler, daha sonra aynı resmin otuz kat büyütülmüşünün duvara çizilmesi ve boyanmasını sıradan işçiler gerçekleştirirdi.

Böylelikle ölçek kavramının yeni bir şey olmadığını anlıyoruz ama konunun bir de deneysel yanı bulunduğunu unutmamalıyız. Bu türdeki deneyin en iyi örneklerini fizikten çok kimya alanında bulabiliriz. Diyelim ki bir maden kazdınız ve buradan elde ettiğiniz maden filizlerinin ne oranda altın içerdiğini bilmek istiyorsunuz. Doğal olarak bunların tümünü gerekli işlemlerden geçirip belli bir miktarda altın elde etmeniz ve böylece sorunuzun yanıtını almanız mümkündür. Diğer yandan sonuçta sahip olacağınız altının bu denli bir çabaya değip değmeyeceğini bilmeden işe girişmek istemiyorsanız yapacağınız şey maden filizlerinin sadece küçük bir bölümünü işlemlemek ve bu yolla ortaya çıkan altının oranını gördükten sonra ne yapacağınıza karar vermektir. Bu örnekte de gördüğünüz gibi, belli bir işi önce küçük ölçekte gerçekleştirmek ve bu yolla daha büyük ölçekler kullandığınız zaman ne sonuç alacağınızı önceden saptamak uygulamada çok yararlı bir yöntemdir.

Kontrollu deney çok daha sonraları ortaya çıkmış ve bu türün en iyi örnekleri düşen cisimler yasasını bu yolla bulan Galileo tarafından verilmiştir. Aslına bakarsanız Galileo'nun yaptığı şey salt matematiksel teori yönünden tümü aynı değerde gibi görünen yasalardan hangisinin doğada geçerli olduğunu bulmaktı. Diğer yandan Galileo'nun düşen cisimlerle ilgili olarak yaptığı çalışmalarda uyguladığı yöntem biraz "fazla titizlik" olarak nitelenebilir. "Bu deneyi yüz kez yaptım ve hep aynı sonucu elde ettim" diyen Galileo'nun istatistik konusunda pek bir şey bilmediği anlaşılıyor. Doğal olarak bundan Galileo'nun gerçek sayıyı biraz abartarak vermiş olduğu sonu-

cunu da çıkartabiliriz. Öyle ya da böyle, burada önemli olan şey bu deneylerle doğanın sorgulanmış olduğu ya da o dönemin anlatımıyla "doğaya işkence yapılarak sırlarını söylemeye zorlandığı" dır. Düşünecek olursanız bunda bir gerçek payı bulunduğunu da görebilirsiniz, zira çeşitli şeylerin farklı koşullar altında ne tepki vereceğini anlamak için bunları zorluyor, bu yolla değişim geçirmelerini sağlıyor ve böylece gerçek özelliklerini ortaya çıkarıyoruz.

Teori

Boyle ya da Hooke yasaları gibi deney yoluyla erişilen temel yasaları bulduktan sonra bunların gerçek anlamını bilmek, yorumlamak, ilgili teorileri oluşturmak ve herşeyi tümüyle anladığınızdan emin olmak istersiniz. Mantıksal açıdan teorilerin- gerçekten iyi teorilerin-ortaya çıkmasının işin son aşaması olması gerekiyorsa da bilimin tarihsel gelişimine baktığımız zaman bunun çoğunlukla sadece bir başlangıç olduğunu görürüz. İnsanlar en başta yanıtı bulmak istemişler, ancak bundan sonra yanıtın doğanın gerçeklerine uyup uymadığına bakmışlardır. Bu ikisinin arasında bir uyumsuzluğun ortaya çıkması durumunda da genellikle bunun doğanın düzensiz ve güvenilmez oluşundan kaynaklandığı varsayılmıştır. Diğer yandan başta Platon olmak üzere eski filozofların büyük bir bölümü tarafından benimsenen bir doktrine göre astronomik olgular bunun dışında kalmaktaydı. Zira kusursuz biçimli kürelerin düzgün daireler çizerek dolaştığı gökkubbede tam bir düzen ve güvenilirlik egemen olmalıydı. Bu astronominin idealize edilmiş biçimidir: Gök cisimleri gerçekte böyle davranmıyorlarsa bile böyle davranmaları gerekir. Yine bu doktrine göre ideal olguların incelenmesi ideal sonuçlar verir, gerçekler ise sadece bunların kötü birer kopyasıdır.

Gerçek ile ideal arasında uzlaşma sağlama çabaları ise daha sonra gelmiştir. Örneğin gezegenlerin yörüngelerinin nasıl olması gerektiğine ilişkin bir ideal geliştirmiş olan Kepler bir süre sonra yaptığı ölçümlerde bu ideal ile gerçek arasında sekiz dakikalık bir fark bulmuştu. Aslında Kepler çok da önemli olmayan bu farkı he-

saplarındaki bir yanılgıya yorabilir ve böylece rahatlıkla gözardı edebilirdi; üstelik o sıralarda teorisi yaygın biçimde kabul görmüş bulunuyordu. Buna karşın Kepler ölçümlerine güvendiği için farkın gerçek olması gerektiğini düşündü ve herşeye yeni baştan başlayarak bir süre sonra gezegenlerin yörüngelerinin başta düşündüğü gibi daire biçiminde değil, eliptik olduğunu buldu. Bu olay gözlemin ya da deneyin zaman içinde teoriyi kusursuzluğa götürmesine ilişkin tipik bir örnektir.

Fizik alanında birlikte çalıştığım ilk kişilerden biri olan Kapitza aslında deneysel fizikçiler konusunda verilebilecek en iyi örnek sayılmaz. Teori üzerinde hiç durmamasına karşılık çevresinde Cambridge'in en parlak teorik fizikçileri bulunan Kapitza arada bir bunlardan birini köşeye sıkıştırarak basit bir soru sorardı. Örneğin, şu ya da bu saf durumdaki metalin şu ya da bu manyetik alandaki elektriksel direnci nedir? Aslında metallerin manyetik alanlardaki iletkenliklerini tanımlayan teori ve dolayısıyla da sorunun yanıtı açıktır, ama Kapitza bu yanıtı aldıktan sonra teorinin çok küçük bir ölçüde de olsa yanılgıya düştüğünü deney yoluyla karşısındaki kişiye kanıtlardı. Bu durumda kurbanı günlerce laboratuvara kapanır, tüm deneyi ve teorik hesapları yeni baştan gözden geçirir ve sonuçta daha önce yaklaşık sayılar kullandığını (ki bunu tüm teorik fizikçiler yapar), yüksek dereceli terimleri dikkate almadığını ve bunun gibi aslında yapmaması gereken bir sürü şeyi yapmış olduğunu görürdü. Bunun üzerine tekrar işe koyularak gerçeğe milimetrik ölçülerde uyan yeni sonuçlar elde eder ve bunları Kapitza'ya götürürdü. Bu kez de Kapitza ortaya yeni bir soru atardı; örneğin, "Varsayalım ki manyetik alanı on kez güçlendirdik, o zaman ne olur?" deyiverirdi. Kapitza'nın bu noktada kendisini tümüyle güvencede hissediyor olması doğaldı zira o güne dek kimse bu derecede güçlü bir manyetik alan oluşturmayı denememişti, ama böylece tüm işlem silbaştan olurdu.

Gördüğünüz gibi, teorinin deney yoluylu eleştirilmesi, belli bölümlerinin değiştirilmesi, hatta bazen tümüyle kaldırılıp atılması olasılığı hiçbir zaman ortadan kalkmaz. Diğer yandan, burada ayrıntılarına girmeyeceğimiz çağdaş fizikte bunun yanısıra-örneğin me-

sonlar ve diğer parçacıklar konusunda olduğu gibi -teorinin deneyi geçersiz kılmasının da örneklerine rastlayabilirsiniz. Bugün çağdaş fiziğin temelinde yatan kuantum teorisi varlığını kendisinden önceki teoriler ile deney sonuçları arasında ortaya çıkmış olan çelişkilere borçludur.

Çağdaş Fizik

Yukardakilere ek olarak sizlere çağdaş fiziğe ilişkin bazı genel bilgiler vermek istiyorum. Bu konuyu burada daha geniş kapsamda ele almayışımın nedeni çağdaş fiziğin geçmişi ve bugünü ile ilgili tüm ayrıntıların kolaylıkla diğer kaynaklardan sağlanabilecek olmasıdır. Çağdaş fizik derken genellikle Röntgen'in kendi adını taşıyan x ışınlarını bulduğu, üstelik bunu hiç beklenmedik biçimde deneysel yolla gerçekleştirdiği 1896 yılından sonraki fizik kastedilir. Aslında x ışınlarının bulunmasıyla o güne dek tam olarak anlaşılmamış olan diğer bazı olgulara ilişkin ipuçları da elde edilmiş ve bu konularda da araştırmalar başlatılmıştı. Bu nedenle çağdaş fiziğin başlangıç tarihi olarak 1900 yılının seçilmesinin daha doğru olacağını düşünüyorum.

Çağdaş fizik ya da atom fiziğinin ortaya çıkmasından önce fizik alanında sağlanan gelişmeleri incelediğimiz zaman daha iyi anlayacağınız gibi çağdaş fizik hernekadar "eski" fiziği geçersiz kılmıyorsa da ondan tümüyle farklı bir şeydir.

Bundan sonraki bölümlerde sizi çağdaş fiziğin başlangıç tarihi olarak saptadığımız 1900 yılına varana dek fizik tarihi içinde oldukça uzun bir geziye çıkaracağım, ama daha önce size anlatmak istediğim bir öykü var. İlk kez üniversitede göreve başladığım günlerde (1937 gibi çok eski bir tarihten bahsediyorum) bitirme sınavı sorularını saptamakta olduğumuz bir sırada benden daha deneyimli bir meslektaşım şöyle demişti: "Burada elektronlar ilgili bir soru var. Bunu değiştirsek iyi olur zira bu konu ders programında yer almıyor." Bunun üzerine ders programını inceledim ve gerçekten de elektron konusunu içermediğini gördüm. O tarihte Cambridge'de

uygulanan program 1896'dan kalmaydı ve hernekadar elektronun varlığı 1891'de kanıtlanmışsa da demek ki aradan geçen beş yıl içinde konu yeterli saygınlığa kavuşamamış ve bu nedenle de programa alınmamıştı.

Tüm yeni buluşlardan önce var olan ve tanımlayıcı fizik olarak adlandırabileceğim fizik türü kendi sınırları içinde de olsa bir bütünlüğe sahip olan bir doktrindi ve maddenin özellikleri denilen şeylerin saptanması, ölçülmesi ve yorumlanmasını içeriyordu. Bu fizik bizi, örneğin altının özgül ağırlığı, şu ya da bu maddenin genleşme katsayısı, ya da kırılım endeksleri gibi konularda bilgilendirir ve uygun biçimde kullandığımız taktirde ölçebileceğimiz başka şeyler de bulmamızı sağlayan ölçüm değişmezleri verirdi. O zamanlar bize fiziğin temel amaçlarının bunlar olduğu kesin bir dille söylenmişti. Doğal olarak bu koşullarda "ne" sorusuna yanıt alabiliyordunuz ama "neden" havada kalıyordu. Bu fiziğin size verebildiği yanıtları öğrenirdiniz ve eğer bunları sınav kağıdına yazabilecek denli iyi öğrendiyseniz geçer not alırdınız. Eski fizik belli yasaları bilmeye dayanıyordu ve bunu başardığınız zaman sorun kalmazdı. Diğer yandan şurası da gerçektir ki Boyle Yasasının ne olduğunu bilmek lise öğrenimi için yeterli olabilir ama üniversite düzeyinde bununla yetinemezsiniz -o zaman aslında Boyle Yasasını değiştirebileceğinizi ve eksiklerini tamamlayarak gerçeklere daha iyi uymasını sağlayacak değişkenleri kullanabileceğinizi de bilmek zorundasınız. Bu gibi gereksinimlerin karşılanması için, içerdiği yasalara Newton Yasaları gibi farklı nitelik ve konumdaki yeni yasaları da eklemiş olan "tanımlayıcı "bir fizik gerekir, ki bu da aslında fizik alanının büyük bir bölümünü kapsayacaktır.

Tanımlayıcı fiziği de geride bırakıp "açıklayıcı" fizik olarak adlandırılabilecek alana girdiğiniz zaman da işiniz bitmeyecek, bu kez de karşınıza atomlar ve benzeri karmaşıklıkta diğer birtakım kavramlar çıkacaktır. Fizikte atom kavramının bugünkü biçimiyle doğuşuna ilişkin ilk belirtiler ondokuzuncu yüzyılın ortalarına doğru görülmüştür. İlginç olan şu ki atomun kimya alanında ortaya çıkmasının 1804 gibi çok daha erken bir tarihte gerçekleşmesine karşılık fizik alanında atom teorisi bundan ancak yarım yüzyıl sonra, 1913 yılında, Bohr ta-

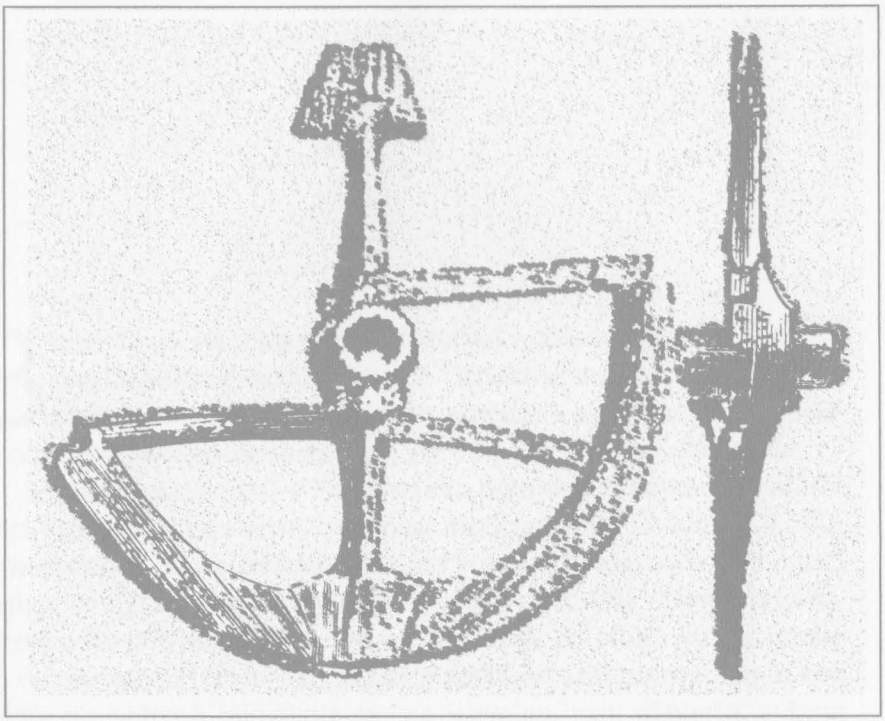
rafından ortaya atılmıştı. Diğer yandan bu kavramın her iki alanda da varsayım olmaktan çıkıp bugünkü saygınlığına kavuşması için daha uzun bir sürenin geçmesi gerekecekti. Gerek Boyle Yasasında, gerekse gazlara ilişkin kinetik teorinin açıklanmasında atom kavramına yer verildiğini görüyoruz. Ayrıca, Faraday'in buluşu olan ve bugün elektron adıyla tanımlanan elektriksel yük birimi de atom teorisinin sınırlı bir biçimde bile olsa elektrokimya alanında da oldukça erken bir tarihte kullanıldığının kanıtıdır.

Günümüzde fiziğin amacı çeşitli olguları yönlendiren düzeni ortaya çıkarmaktır. Yani altının sarı, gümüşün beyaz renkte olduğunu bilmekle yetinmeyip bunun nedenlerini de öğrenmek istiyoruz. Bunu henüz başaramadık, üstelik bu konuda en ufak bir fikrimiz bile yok. Altın oldukça karmaşık atomlara sahip bir elementtir ve bu konuda bildiklerimizden yola çıkarak bu elementin neden sarı renkte olduğunu söylememiz şimdilik olanaksızdır, ama ilerde gelişmiş bir bilgisayarın da yardımıyla bu ve bunun gibi soruların yanıtlanabileceğinden kuşku duymuyorum. Tüm fiziksel olgular salt varoluşları ile değil, altlarında yatan nedenler yönünden de ilgimizi çekmektedir. Örneğin hangi metal ve alaşımların hangi sıcaklıklarda süperiletken durumuna geldiklerini bilmek istersek şu an için yapabileceğimiz tek şey deneysel yönteme başvurmaktır, ama eğer elimizin altında bu konuya ilişkin iyi bir teori olsaydı bu sorunun yanıtını matematiksel yöntemle de bulabilirdik.

Fiziğin genel ilgi alanını böylece özetledikten sonra şunu eklemek istiyorum: Fizik bilimi bugün "üst" yani matematiksel ya da teorik fizik ve "alt" yani deneysel fizik olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Benim burada ele alacağım konular deneysel fiziğin, yani görülebilen ve ölçülebilen şeyleri konu alan fiziğin alanına giriyor. Diğer yandan matematiksel ya da teorik fiziğin (hâlâ Platon'un ideal evreninin düzeyine erişememiş bulunan bir evrenle uğraşıyor olsa da) çeşitli olgulara bugün için bulunabilecek en iyi açıklamaları getirdiğine de dikkatinizi çekmek istiyorum.

Bu ilk bölümde fiziğin çeşitli ilgi alanlarını özetlemekle yetindim. İlerki bölümlerde daha ayrıntılı açıklamalar bulacaksınız. Şuna inanıyorum ki fizikle ilgilenen herkes yaşamının bir noktasında bu

konuda geçmişte yazılmış en az bir özgün eser okumalı ve bu yolla fiziğin şu ya da bu dönemde neye benzediğini görebilmelidir. Bu işin en ilginç yanı da seçtiğiniz eser ne denli eski tarihliyse onu okumanın size o ölçüde keyif vereceğidir, zira kanımca eski fizikçilerin fizik konusunu ele alışlarında daha insanca bir yan bulunmaktadır. Çağdaş fizikte ise size Dirac'ın *Kuantum Mekaniği*'ni okumanızı önereceğim. Çok eğlenceli bir kitap sayılmasa da kanımca türünün en iyi örneğidir. Fizik konusunda geçmişte yazılmış olan kitaplar insanların bu alanda bizim kadar çok şey bilmediği dönemlere ait olduğu için bunların içeriğini anlamakta güçlük çekmeyeceğinize eminim.



Antik Çağda Bilim

Bu bölümde yer alan tabloda Milattan yaklaşık olarak 4000 yıl öncesi ile Milattan sonra 19 'uncu yüzyılın sonu arasında kalan çok geniş bir zaman diliminde fizik biliminin çeşitli alanlarında ortaya çıkan gelişmelerin tarih sırasına göre bir dökümü yer almaktadır.

Soldan sağa birinci sütun matematiğin temel sayma işlemi ile arazi ölçümünü (geometri) kapsayan ilk aşaması (M.Ö. 4000-M.S. 500) ile başlamaktadır. Bu sütundaki ikinci kutuda ise astronomi biliminin başlıca iki ilgi alanının bulunduğunu görüyoruz: Gök cisimlerinin hareketleri ile dünyanın biçimi ve boyutları. Bu iki bilim, yani matematik ve astronomi birbiri ile yakından ilişkilidir zira astronominin çok büyük bir bölümü bildiğimiz sayma işlemine, yani günlerin, ayların ve yılların sayılmasına dayanır.Üçüncü kutuda mekanik genel başlığı altında toplanan konuları kitabımızın bu bölümünde ayrıntılı biçimde inceleyeceğiz. Arka sayfadaki tabloda bundan sonra gelen dinamik konusunda hızla hareket eden cisimler olgusu ve eylemsizlik kavramı bulunmakta, bunu insanın en temel buluşu olan ateşle yakın ilişkide bulunan sıcaklık konusuna giren bazı kavramlar izlemektedir. Son iki kutuda ise önce manyetizm ve elektrik ana başlığı altında yer alan

M.Ö. 4000	Matematik	Astronomi	Mekanik	Dinamik	Akışkanlar ve Isı	Manyetizm ve Elektrik	Optik
Antik ve Klasik Çağlar M.S. 500	Aritmetik Geometrik	Gökcisimlerinin hareketleri Dünyanın biçimi ve boyutları	Yay Kaldıraç Tekerlek Çıkrık Takoz Burgu	Harekete karşı direnç Titreşim olarak ses (Pythagoras)	Körük Borular Pompalar Archimedes İlkesi	Mıknatıs ve amber	Gölgeler Aynalar Düzlem ve eğriler
Ortaçağve Araplar M.S. 1450	Arapça Sayılar Cebir	Denizcilik astronomisi	At koşumu, Dişliler Su ve yel değirmenleri Saatler, Pompalar	Top mermisi ve benzeri cisimlerin hareketi	Barut	Pusula	Mercekler Gözlükler
Rönesans M.S. 1600	Denklemler	Güneş sistemi (Copernicus)	Kuvvetlerin paralelogramı (Stevinus)		Maden ocağı için tulumbalar	Manyetizm yasaları (Gilbert)	Perspektif
M.S. 1700	Analitik Geometri (Descartes) Kalkülüs (Newton)	Eliptik yörünge (Kepler) Gezegenler (Galileo)	Esneklik(Hooke)	Sarkaç Düşen cisimler Yasası (Galileo) Hareket Yasaları Gravitasyon (Newton)	Vakum (Torricelli) Barometre Gazlar (Boyle) Termometre	Sürtünmeden doğan elektrik	Teleskop Mikroskop Işık Hızı Renk Çift kırılım
M.S. 1800	Diferansiyel Denklemler	Boylam sorununun çözülmesi	Maddelerin dirençleri (Smeaton ve Coulomb)	Mekaniğin genelleşmesi (Laplace) (Hamilton)	Buhar makinesi Özgül ve gizil ısı (Black) Yoğunlaştırıcı (Watt) Sürtünmeden doğan ısı (Rumlord)	İletim (Grey) Elektrik (Franklin) Yoğunlaştırıcı kuvvet yasalır (Coulomb) Bataryalar ve Akım (Volta)	Akromatizm
M.S. 1890	Armoni Bilimi (Fourier)	Yıldız sistemi Nebulalar (Herschel)	Yapısal hesaplar Sıvıların hareketi Türbinler		Mekanik karşılıklar (Joule) Termodinamiğin ikinci yasası (Carnot)	Elektromanyetizm (Ampere ve Faraday) Telgraf, Dinamo Maxwell denklemleri	Polarizasyon Dalga teorisi Fotoğraf Elektromanyetik teori

mıknatıs taşı ve amber, sonra da optik ana başlığı altında toplanmış gölgeler ve aynalar bulunmaktadır. Mıknatıs taşı ile amberin özellikleri hernekadar büyük bir olasılıkla Taş Devrinde bile biliniyor idiyse de bu özelliklerin anlaşılması tarihin çok daha sonraki dönemlerinde gerçekleşebilmiştir. Mıknatısın demiri çekmesine benzer bir biçimde, bir yere sürtüldüğü zaman saman çöpleri ve benzeri şeyleri çekme özelliği bulunan amber (elektrum) geçmişte son derece değerli bir ticaret aracıydı. Diğer yandan bu değer amberin kendisinden değil, taşıdığına inanılan birtakım doğaüstü özelliklerden kaynaklanmaktaydı. Baltık denizi kıyılarında bulunan bu madde çok yüksek fiyatlarla satılmasına karşın dünyanın her yerinde alıcı buluyordu.

İlk sütunun son kutusunda yer alan optiğe gelince: İlk aşamada insanların optik bilgisi, ışığın bir yerden bir yere düz bir çizgi izleyerek ulaştığı ve ışıkla bağlantılı olarak bir de gölge adı verilen bir olgunun bulunmasından öteye geçmiyordu. Gölge çok önemliydi, zira onun da amber gibi birtakım doğaüstü özellikler taşıdığı sanılıyordu. Bir insanın gölgesinin onun bir tür yansıması olduğunu düşünen insanlar gölgelerle çok ilgileniyor ve bu konuda birtakım gözlemler yapıyorlardı. Çok sonraları yürütülecek ve zaman içinde fotoğrafın bulunması ile sonuçlanacak olan deneylerin gölge ya da siluet ile ilgili eski gözlemlerden esinlenilmiş olması çok da uzak bir olasılık değildir.

Bu ana dek tablomuza yatay biçimde baktık. Şimdi de tabloyu yukardan aşağıya doğru incelerseniz dönemlerin tarih sırasına göre çok sayıda genel başlıklara bölündüğünü görürsünüz. Tabloda belirtilen gelişmeleri biz de aynı sıralama içinde izleyeceğiz, yani bu kitabın 2 ve 3'üncü bölümlerinde yer alan Antik ve Klasik dönemlerden sonra sırasıyla Ortaçağı, önemli ve heyecan verici bir dönem olan Rönesansı, onbeş ve onaltıncı yüzyıllarda gelişen Bilimsel Devrimi, daha incelikli araştırmaların başladığı onyedinci yüzyılı ve nihayet Newton'un buluşlarıyla başlayıp diğer önemli gelişmelerle süren ve çağdaş bilimin doğuşu olarak niteleyebileceğimiz dönemi ele alacağız. Tablomuzdaki son tarih olan 1890'ı izleyen dönem atom fiziği, kuantum ve görecelilik teorileri gibi en son gelişmelere, yani çağdaş bilimin tam anlamıyla ortaya çıkmasına tanık olan yirminci yüzyıla girdiği için bu tarihten öteye geçmeyeceğiz. Bu kitabı oluş-

turan bölümlerde yer alan ve fiziğin çeşitli alanlarındaki buluşların doğuşunu hazırlayarak sonuçta bunları biraraya getiren olaylar zincirini böylece çok kısa biçimde özetlemiş bulunuyoruz.

İnsan Topluluğunun Kökenleri

İşe başlarken inceleyeceğimiz ilk dönemin özelliklerini ortaya koymak ve bu dönemi size ana hatlarıyla tanıtmak istiyorum. İnsanın dünya yüzünde ilk kez ortaya çıkışının tarihi hiçbir zaman kesin olarak saptanmamıştır, zira bu yoldaki her girişimi bu tarihi giderek daha geriye çeken yeni ipuçlarının bulunması izlemektedir. Bundan önceki bölümde Taş Devrinde insanların sayı saymayı bildiklerine ilişkin bazı kanıtların varlığına değinmiştim. Bu dönemde insanoğlunun iki temel buluşu olan ateş ve alet kullanımı çok eskilere tarihlenebilmektedir. Bunların ilki diğerine kıyasla daha çok kimya alanına girse de ikincisi tümüyle fiziksel niteliktedir. İlk örneği 1927'de Çin'de ortaya çıkarılan "Peking Adamı"nın günümüzden 300.000 ila 500.000 yıl önce, yani ateşin bulunmasını izleyen dönemlerde yaşamış olduğunu biliyoruz, zira ateş kullanımının neden olduğu kalıcı karbon izleri *Karbon 14* yöntemi ile kesin biçimde tarihlenebilmektedir. Orta Afrika'da ortaya çıkarılmış olan birtakım buluntular ise bundan çok daha gerilere, zamanımızdan bir milyon yıl öncesine tarihlenmiştir. O dönemde doğrudan doğruya ateşin varlığını gösteren kanıtlar yoksa da insanların çakmaktaşı dediğimiz bir alete sahip oldukları kesindir.

Çakmaktaşı sadece ateş yakma amacıyla kullanılan bir alet olarak değil, çok eski dönemlerden günümüze dek gelmiş bulunan bir tür "toplumsal fosil" olması yönünden de ilgi çekicidir. Birbirinin hemen hemen aynı olan bu aletler Peking'den Güney Afrika'ya dek uzanan çok geniş bir bölgede ve Avrupa'nın birçok yerinde ortaya çıkarılmıştır. Biçimsel yönden çok az farklılık gösteren çakmaktaşından yontulmuş bu aletlerin yapımında kullanılmış olan değişik yöntemler bunların antropolog ve arkeologlar tarafından tarihlenebilmesine olanak vermektedir.

Çakmaktaşlarının yapımında kullanılan farklı yöntemlere ilişkin ayrıntılardan daha önemli olan birşey ise bu aletlerin yapımı ve kul-

lanılmasının bugün çocuklara okuma-yazma öğretildiği gibi uzun bir süre boyunca her yeni kuşağa sistematik bir biçimde aktarılmış olmasıdır. İlk çakmaktaşlarının kullanıldıkları amaçlar için uygun biçimde yapılmasına karşılık, anladığımız kadarıyla zaman içinde bu amaçlarda bazı değişmeler olmuş ve kullanılan malzeme ile yapım yöntemleri de buna göre geliştirilmiştir.

Çakmaktaşından yapılan aletlerin günümüze dek bozulmadan gelmiş olmaları nedeniyle bu konuya ilişkin bilgimiz oldukça geniştir. Diğer yandan çeşitli kültürlerin incelenmesi sonucu edinilen bilgilerin ışığında çakmaktaşı ile birlikte tahtanın da işlendiğini anlıyoruz. Büyük bir olasılıkla tahtadan yapılan araç-gereç türlerinin sayısı çakmaktaşından yapılanlara kıyasla çok daha fazlaydı ama tahtanın çakmaktaşı gibi sonsuza dek bozulmadan kalan bir madde olmaması nedeniyle bu varsayımı somut delillerle kanıtlama olanağına sahip değiliz.

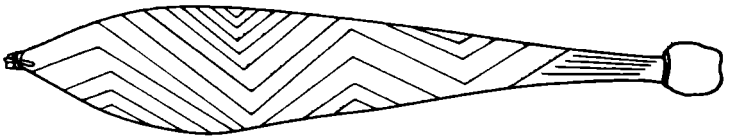
Bu döneme ilişkin olarak toplumbilim alanına giren bazı konulara da kısaca değinmek istiyorum. Örneğin Taş Devrinde karmaşık bir toplumsal kültürün ve buna uygun bir aile yapısının gelişmiş olduğunu biliyoruz. Bu dönemde insanlar dünya yüzünde giderek genişleyen bir bölgeye yayılmışlarsa da toplu bir yerleşim biçimi sözkonusu olmamıştı, zira başta besin olmak üzere tüm gereksinimlerini doğadan karşılamak zorunda olan bir Taş Devri kabilesinin avlanmak ve bitki toplamak için kendisine ait olan yeterince geniş bir bölgede yaşaması gerekiyordu. On kişiden oluşan küçük bir kabilenin geçimini sağlamak için yaklaşık olarak 15 kilometrekarelik bir alana gereksinimi vardı ve aile bireylerinin sayısı arttıkça doğal olarak bu alanın dışına taşılması zorunluluğu ortaya çıkıyordu. Tüm yaşamın avla bağlantılı olması nedeniyle bir bölgedeki av hayvanlarının tükenmesi durumunda orada yaşayan insanların açlıktan ölmeleri söz konusuydu. Bu bağlamda bilinen en şanslı topluluklardan biri bugünkü Macaristan'ın kuzeyinde yaşamıştır. Her yıl yaz aylarını şimdi Polonya sınırları içinde bulunan geniş otlaklarda geçiren mamut sürüleri kışa doğru nisbeten daha sıcak olan bu bölgeye göç etmekteydiler. Bu iki bölge arasında yer alan dağlar ancak üç noktada geçit verdiğinden insanlar buralarda toplanıp beklerler ve bu dar geçitlerde kıstırdıkları mamutları olabildiğince çok sayılarda avlarlardı. Bu av o denli bereketli

olurdu ki tüm kış boyunca yetecek ölçüde et sağlanmasının yanısıra bir sonraki av mevsimine dek yakılacak tüm ateşler için mamut kemiklerinden başka bir şeye gereksinim kalmazdı. Doğal olarak burada ortaya çıkan bir sorun bu denli çok miktardaki etin uzun bir süre boyunca bozulmadan saklanabilmesiydi. Bu yolda birtakım yöntemlere başvurulduğunu biliyoruz ama bu dönemin aslında insanların çok yavaş bir gelişme süreci içinde bulunduğu bir dönem olması nedeniyle bu yöntemler az sayıda ve oldukça ilkeldi.

Silahlar

İnsanların besin gereksinimlerinin çok büyük bir bölümünü avladıkları hayvanların etleriyle karşıladıkları ve zorunlu kalmadıkça bitkisel besinlere başvurmadıkları bu dönemde taşların yontulması ile yapılan bıçaklar ve mızrak başlarından oluşan ilk silahların da ortaya çıkmış olması doğaldır. Taştan yapılan ilk bıçak ya da benzeri silahlar başlangıçta sapsız olarak kullanılıyordu. Daha sonraları insanlar ellerinin kesilmesini önlemek için bunların dip kısımlarına deri parçaları sarmaya başladılar. Bunu tahta ya da kemikten yapılan ilk gerçek saplar izledi ve en sonunda ortaya iki temel silah çıktı: Kesici bölümü sapı ile dikey açı oluşturacak biçimde birleşen balta ve kesici bölümü ile sapı düz bir çizgi oluşturan mızrak. Bunlar başlangıçta sadece elde tutularak kullanılmaya uygunken daha sonra geliştirilen benzerlerinin fırlatılma amacıyla biraz daha değişik biçimde yapıldığı görülmektedir. Silah kullanımında ortaya çıkan bu yeni yöntemle birlikte dinamik alanındaki ilk deneylerin gerçekleşmiş olduğunu da söyleyebiliriz.

Fırlatma hareketi doğal olarak ilk insanlardan önce de vardı. Maymun türlerinin büyük bir bölümü ellerine geçirdikleri bir şeyi bir hedefe doğru fırlatmayı, hatta çoğu zaman bunu vurmayı da başarırlar. Diğer yandan bu hareketin geliştirilmesi ve kusursuzlaştırılması için herhangi bir bilgiye gerek olmayıp istenilen düzeye ulaşıncaya dek hareketi sürekli biçimde yinelemek yeterlidir. İnsanın el becerisi zekasından önce devreye girmiştir. O halde bir cismin istenen hedefi vuracak biçimde atılmasını sağlayan becerinin insan bedeninin doğal bir işlevi

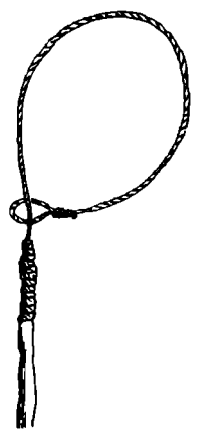


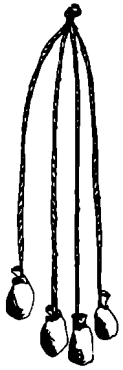
Şekil 3. Mızrak fırlatıcı.

olduğunu söyleyebiliriz. Buna karşılık ilk insanlar cisimleri (ya da silahları) yeterince uzağa atabilmenin kolun uzunluğu ile bağlantılı olduğunu kısa bir süre sonra anlamışlar ve bu nedenle bir "mızrak atıcı" *(Şekil 3)* geliştirip bunu kolun bir uzantısı olarak kullanmaya başlamışlardı. Bunun için mızrak elde tutulan bir sopanın ucuna fırlatılış anında serbest kalmasını sağlayacak bir biçimde takılıyordu. Bunların hernasılsa günümüze dek gelebilmiş olan örneklerinde görüldüğü üzere mızrak atıcının ucunda iğneye benzer sivri uçlu bir parça bulunuyor ve bu parça mızrağın tahta sapının ucunda bulunan bir deliğe geçiriliyordu. Kolun fırlatma hareketi ile mızrak diğer parçadan ayrılıyor ve böylece normalde alacağı mesafe iki katına çıkmış oluyordu.

Mızrak atıcılar mekaniksel ivmeye dayanan aletlerin ilk örneğini oluşturur. Yine bu türde bildiğimiz en eski aletlerden biri de yaydır. Yayın geçmişine ilişkin bilgimiz olmamasına karşın bu konuda bazı tahminler yürütebiliyoruz. İnsanlar ok ve yayı bulmadan çok önce tahta ile ipi birlikte kullanmaktaydılar. İp yapımında hayvan derisi ya da ormanlık bölgelerde bulunan bir tür sarmaşıktan yararlanılıyordu. Sapan benzeri bu aletler günümüzde de örneğin Eskimolor tarafından kullanılmaktadır. Bir tahta parçası ya da ağaç dalı ile ipin birlikte kullanıldığı aletler iki çeşitti. Bunların biri bir dalın ya da küçük bir ağacın eğilerek buna bir ucu kement biçiminde bükülmüş bir ipin bağlanması ile yapılıyor, böylece ortaya bir tür tuzak çıkıyordu. Daha sonra elde kullanmak üzere esnek bir sopa ve bunun ucunda bulunan bir kementten oluşan bir aletin de geliştirilmiş olduğunu biliyoruz *(Şekil 4)*. Avcı

Şekil 4. Kement.





Şekil 5. Bolas.

sopayı sallayarak kementi savuruyor ve hayvanın boynuna geçiriyordu. Esnek bir ağaç dalı ile ipin birlikte kullanılması fikri daha sonraları geliştirilerek yayın bulunması ile sonuçlanmıştır. Erken Taş Devri avcılarının yay kullanmadığını biliyoruz, zira bu yöntemle avlanan insanları gösteren mağara resimleri ancak Taş Devrinin sonlarına doğru yapılmaya başlamıştır.

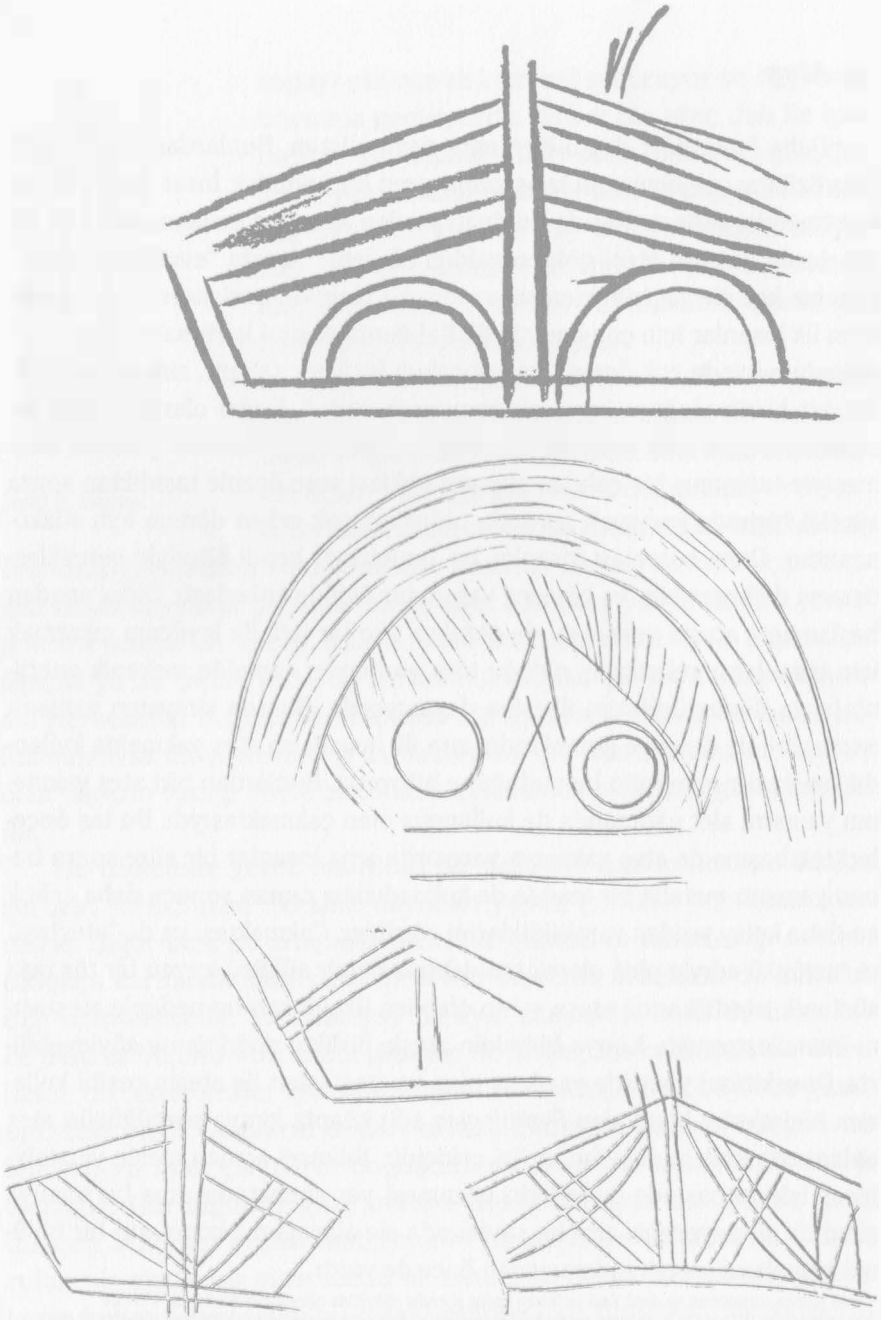
Yayın bulunmasından önce kullanılmış olan diğer bir av aracı da *bolas*'tır *(Şekil 5)*. Uçlarına taşlar bağlanmış olan üç ya da dört ipin boşta kalan uçları biraraya getirilerek düğümleniyor ve avcı bu taşların birini elinde tutup diğerlerini bir kaç kez hızla çevirdikten sonra serbest bıraktığı zaman havada uçarak giden bolas hayvanın bacaklarına dolanıp onu yere yıkıyordu. Bu yöntemin tek sakıncası ancak açık arazide kullanılabilmesiydi, zira bolas ağaçlık ya da çalılık yerlerde kullanıldığı zaman dallara takılıp kalıyordu. Hernekadar bugüne dek biçimini olduğu gibi korumuş bir bolas bulunamadıysa da çevresine ip sarılabilmesi için üzerine kanallar açılmış olan taşların varlığı böyle bir silahın kullanılmış olduğunu göstermektedir.

Bu dönemde gerek enerjinin bir noktada toplanması ve birden serbest bırakılması ilkesine dayanan yayın, gerekse yay ilkesinden doğan diğer bazı av araçlarının ortaya çıkmasını hazırladığı sanılan oldukça karmaşık nitelikteki birtakım mekanik araçların da kullanıldığı bilinmektedir. İnsanlar yay ile aynı zamanda, belki de daha önce benzer biçimde bir tahta parçası ile birkaç ipten oluşan bir düzenekle birtakım sesler çıkarılabildiğini farketmişler ve böylece günümüzdeki yaylı çalgıların ataları ortaya çıkmıştı. Bunları izleyen nefesli ve vurmalı çalgıların doğuşunu da daha ilerki bölümlerde ele alacağız. Gördüğünüz gibi, buraya dek anlattığım buluşların tümü doğada bulunan çeşitli malzemenin biraraya getirilmesi ile oluşturulan bir aletin bir süre sonra ilk amacının dışında başka ne gibi işlerde kullanılabileceğinin merak edilmesi ve bu yolda birtakım denemelere girişilmesi sonucunda gerçekleşmiştir.

Ateş

Daha önce dört doğal elemente değinmiştim. Bunlardan biri ateştir. Ateş fizikten çok kimyanın kapsamına giren bir konudur. İnsan ateşi yoktan varetmemiş, sadece doğada bulduğu yerden almış ve kullanmıştır. Eski efsanelerde insanın ateşi gökten çaldığı söylenir. Ateşin "evcilleştirilmesi" yani bir kez ele geçirildikten sonra sürekli biçimde beslenerek canlı tutulması ilk insanlar için çok önemliydi. Kabilenin ateşini korumakla görevli kişi toplum içinde çok önemli ve ayrıcalıklı bir yere sahipti, zira ateşini yitiren bir kabile doğaya karşı savunmasız kalırdı.* .Doğal olarak bunlar insanların henüz ateş yakmayı bilmediği ve ateşi çoğu zaman yıldırım düşmesiyle tutuşmuş bir çalıdan alıp yaşadıkları yere özenle taşıdıktan sonra sürekli biçimde korumak zorunda oldukları çok erken dönem için sözkonusudur. Daha sonraları insanlar bu "mucizeyi" kendi elleriyle gerçekleştirmeyi de başardılar ve böylece yaşam bir ölçüde kolaylaştı. Diğer yandan başlangıçta ateşin yakılması da oldukça güç bir işti. İlk kıvılcımı çıkarmak için insanların geliştirmiş olduğu tüm yöntemler temelde mekanik enerjinin ısıya dönüştürülmesi ilkesine dayanıyordu. Burada kimyanın yanısıra mineraloji de devreye girmektedir, zira ilk insanların ateş yakmakta kullandıkları iki tür mineralin bulunduğunu biliyoruz. Bunlardan biri ateş yakmanın yanısıra alet yapımında da kullanmış olan çakmaktaşıydı. Bu taş önceleri tek başına da ateş yakmaya yarıyordu ama insanlar bir süre sonra bunun yanısıra metalik bir madde de kullandıkları zaman sonuca daha çabuk ve daha kolay yoldan varabildiklerini gördüler. Çakmaktaşı ya da "ateştaşı" nı bugünkü adıyla pirit olarak tanıdığımız demir sülfürü içeren bir tür taşa sürterek istediği anda ateşe sahip olabilen ilkel insan bu nedenle ateştaşını kutsallaştırmıştı. Kimya biliminin ateşle birlikte doğduğunu söyleyebiliriz. Onsekizinci yüzyılda yazılmış olan ve ateştaşları ile ateşin çeşitli kullanım biçimlerini konu alan *Pyritologica* adlı kitapta kimya sözcüğünün ateş anlamında kullanılmış olması ilgi çekicidir. Bilimsel açıdan ateşle yapılabilecek işlerin başında metallerin işlenmesi yer almaktadır ama bu konuya şimdilik girmeyeceğiz zira bu sayfalarda ele alacağımız konuların bir bölümü insanların metali bulmasından önce de vardı.

* Ateş yakma sorununun ne denli ileri tarihlere kadar sürmüş olduğuna eğlendirici bir örnek: 1791'de Birmingham'da "Kilise Kral" grubuna mensup göstericiler Dr. Priestley'in evini kundaklamaya giriştikleri sırada yanlarında ateş yakacak birşey bulunmadığını fark edince aralarından birini gerekli malzemeyi almaya göndermişler, bu fırsattan yararlanan Priestley arka kapıdan kaçarak kurtulmuştu.

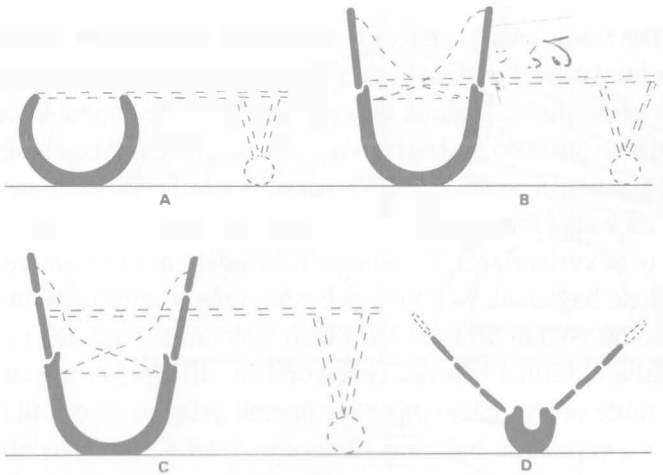


Şekil 6. Dordogne'da (Fransa) bulunan Font-de-Gaume mağarasının duvarlarında yer alan resimler.

Taş Devrinde teknik amaçlarla kullanılan yöntemlere bir göz atacak olursanız bunların o zamanki yaşam biçimi açısından neredeyse kusursuz olduğunu görürsünüz. Doğada bulunan malzeme ile yapılabilecek herşey yapılmakta ve bunların kullanımından öğrenilebilecek herşey öğrenilmekteydi. O zamanlar insanlar güneş ve yıldızlarla fazla ilgilenmiyorlar, bunun yerine avda kullanabilecekleri çeşitli mekanik türde araç-gerecin geliştirilmesine önem veriyorlardı. Bu amaçla ellerindeki malzemeye kesmek, oymak, delmek, bağlamak ya da dikmek gibi yöntemlerle çeşitli biçimler veriyorlar ve bu yoldan ortaya çıkardıkları silahları sürekli daha hızlı, daha keskin, daha öldürücü kılmaya çalışıyorlardı. Bu uğraşların yanısıra yine aynı dönemde ortaya çıkan diğer bir önemli gelişme de çeşitli türlerdeki barınakların yapımının başlamış olmasıdır. *Şekil 6*'da Fransa'nın Dordogne bölgesindeki bir mağaranın duvarlarında bulunan ve Taş Devri insanlarının yaptığı yazlık barınakları gösterdiği sanılan resimler yer almaktadır. Bu dönemde insanların kendilerine bir takım kulübeler yapmaya başladıklarını düşünmemizin bir nedeni de bu kulübelerin iskeletini oluşturan ahşap direkler için açıldığını sandığımız derin çukurların bulunmuş olmasıdır.

Yine bu dönemde insanların ilk suya açılma girişimleri başlamıştı. Bu amaçla önceleri kütüklerin yanyana getirilip iplerle birbirine bağlanmasından oluşan salların, daha sonra da kalın ağaç gövdelerinin içleri oyularak yapılan ilkel teknelerin kullanıldığını biliyoruz. Bir süre sonra bunların kenarlarının yükseltilmesiyle bugün bildiğimiz kayıklara daha çok benzeyen tekneler de ortaya çıkmıştır. *Şekil 7*'de ilk teknelerin geliştirilmesiyle ilgili çizimleri görebilirsiniz.

Başlangıçta balıkçılık, daha sonraları da ticaret amaçlarıyla kullanılan ilk teknelerin bizim konumuz açısından ayrı bir önemi vardır zira bunlar insan zekasının rüzgârın ve dalgaların oluşturduğu çok etkili dinamik kuvvetlere karşı koymak üzere tasarladığı ve gerçekleştirdiği bir yapı türünün en erken örnekleridir. Önce bir tekne ve iki kürek yapmak, sonra bunu bir dümen ve yelkenle donatmak ve en sonunda da tüm bunları doğru biçimde kullanmak için girişilen bu uğraşlardan sadece tüm incelikleriyle tekne yapımı değil, belli başlı bir bilim dalı olan denizcilik de doğmuştur. Bu iki sanatın başlangıcının ilk çağlara dayandığının bir kanıtı da ağaç kütüklerini oyarak yaptıkları ilkel teknelerle okyanusu aşan Polinezyalılardır.

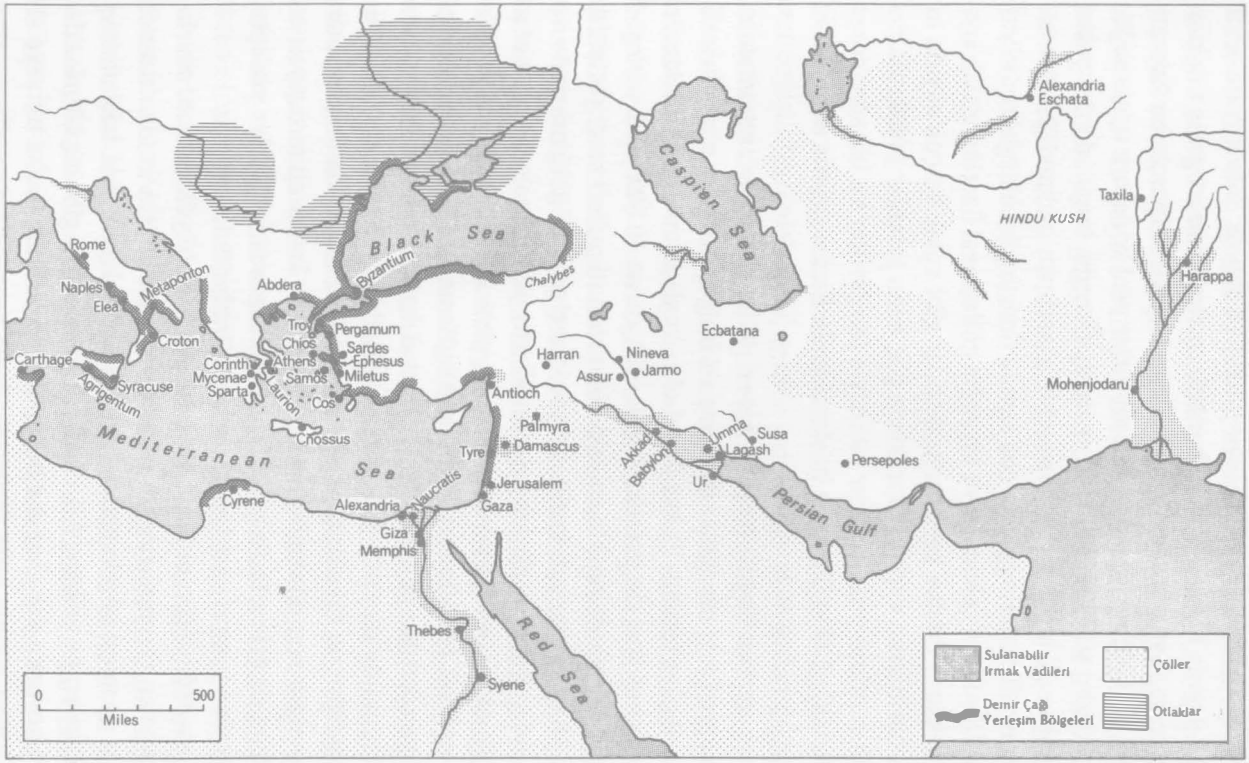


Şekil 7. İçi oyulmuş kütükten yapılan kayıklarda omurganın geliştirilmesini gösteren kesitler. (A) İçi oyulmuş kütük; (B) Bir kat yan tahta eklendikten sonraki görünüm; (C) İkinci kat yan tahtaların eklenmesi; (D) Omurganın geliştirilmiş durumu.

Tarımın Doğuşu

Bu ana dek anlattığım yaşam biçimini oluşturan tüm sistemi kökünden değiştiren bir gelişme tarımın doğuşudur. 1948 yılında ilk kez öğrencilerime bu konuyu anlatmaya başladığım günlerde bu önemli gelişmenin tarihini yaklaşık biçimde M.Ö. 4000 olarak veriyordum. Buna karşılık o zamandan bu yana geçen süre içinde bulunmuş ve bulunmakta olan yeni kanıtlar bu tarihin sürekli biçimde daha gerilere atılmasına neden olmaktadır.

M.Ö. 8000-7000 yılları arasında son Buzul Çağının sona ermesiyle birlikte Alplerin en yüksek dorukları ile bugünki Norveç dışında kalan tüm Kuzey Avrupa'yı kaplayan buzlar erimeğe başlamıştı. Bunun bir sonucu olarak bu bölgede oldukça ılıman bir iklim oluşmuş ve bunun yanısıra çok geniş ve verimli topraklar ortaya çıkmıştı. Buzların erimesinin diğer bir etkisi de tüm deniz ve okyanusların yükselmesiydi. Aslında son Buzul Çağından günümüze dek varlıklarını sürdürmüş olan son buz kütlerinin de önümüzdeki 2000 ya da 3000 yıl içinde erimesiyle denizlerin yaklaşık olarak 90 metre daha yükselmesi bekleniyorsa da o zaman biz buralarda olmayacağımız için bunun dünya üzerinde ne gibi sonuçlara yol açtığını



Harita 1. Uygarlığın doğuşu. Haritada Antik Çağın tarıma dayalı uygarlıklarının başladığı bölgelerin yanısıra Bronz ve Demir Çağlarının belli başlı yerleşim merkezleri gösterilmiştir.

görmeyeceğiz (Bu bakımdan oldukça şanslı bile sayılabiliriz). Konumuza geri dönersek, buzulların erimesiyle bugünkü Büyük Sahra'yı da içine alan ve çok sayıda hayvan türünü barındıran step benzeri geniş otlaklardan oluşan çok büyük bir alan sular altında kalmıştı. Sonuçta bu hayvanların büyük bir bölümü ölmüşse de bazı türler yeni koşullara uyum sağlayarak varlıklarını sürdürmeyi başarmışlardı. Örneğin bugün denize yaklaşık 2000 mil uzaklıkta bulunan ve hiçbir akarsuyun geçmediği, dört bir yanı çölle çevrili olan Hoggar'da çok sayıda timsah görebilirsiniz.

Zamanla suların çekilmesi ve toprağın çölleşmesi üzerine ırmak kıyıları ve ırmakların denize kavuştuğu deltalar gibi sulak ve çok sayıda av hayvanını barındıran verimli topraklara göç eden insanlar buralarda doğada kendi kendine yetişen mısır bitkisiyle tanışmışlar ve bir süre sonra da bunu kendileri ekip biçmeye başlamışlardı. Zaman içinde diğer tarım ürünleri de bunu izlemiştir.

Tarımın gerçek doğum yerinin neresi olduğu konusu tartışmalıdır. Bazıları bunun Dicle ırmağının kuzeyindeki bölge olduğunu söylerken diğer bazı tarihçiler tarımın ilk kez Jericho'da başladığını öne sürmektedirler. Bunların her ikisi de gerçekten çok eski, en az 10.000 yıllık-yerleşim yerleridir ve buralarda tarihin en eski dönemlerinden beri mısır yetiştirilmektedir. Mısır saplarının kesilmesinde, tanelerinin öğütülmesinde ve mısır unundan yapılan ekmek ve yemeklerin pişirilmesinde kullanılan orak, değirmen taşı ve toprak kap gibi araç-gerece bu bölgelerde yapılan kazılarda çok sık rastlanması da bunu kanıtlamaktadır. Jericho yakınlarında ortaya çıkarılan ve "çömlekçilik öncesi Jericho"adı verilen çok eski bir yerleşim merkezinde bu toprak kaplardan bulunmamasına karşın mısırın ekildiğini ve tüketildiğini gösteren kalıntılara rastlanmış ve bunlar Taş Devrinin son dönemlerine tarihlenmiştir. Jarma adını taşıyan ve bundan daha da erken tarihlerde kurulduğu saptanan diğer bir yerleşim yerinde de yine mısırın varlığını gösteren kalıntılar bulunmuştur.

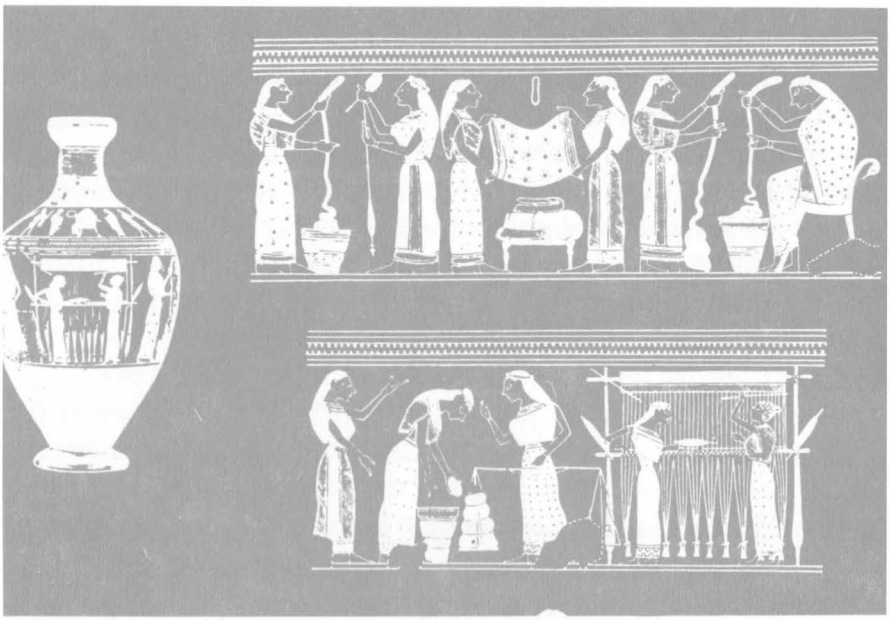
Yukarda değindiğim oldukça sapa bölgelerden büyük çöllerin sınırlarına dek yayılan tarımın ırmak boylarına da gelmesi için aradan uzunca bir sürenin geçmesi gerekmiştir. Tarımın ırmak kıyılarında başlamamış olmasının nedenine gelince: Nil, Dicle, Fırat ve İndus gibi büyük ırmakların kıyıları boyunca yer alan dar bölgeler avlanmaktan başka bir şeye elverişli olmayan sık bir bitki örtüsü ile kaplı bataklıklardan oluşuyor ve

bu koridorun dışına çıkıldığı zaman da çöl başlıyordu. Dolayısıyla ancak ırmak boylarının ağaçlardan temizlenmesi ve bataklıkların kurutulması için gereken yöntemler geliştirildikten sonra insanlar buralarda da tarım yapabilme olanağına sahip oldular. Tarıma dayalı uygarlığın Nil boyunca gelişmesini timsahlara bakarak izleyebilirsiniz: Nil deltasının yer aldığı bölgeden güneye doğru gittikçe timsahların sayısının artması bu hayvanların sürekli biçimde ilerleyen tarımın önünden kaçarak iç bölgelere sığındıklarını göstermektedir.

Tartılar

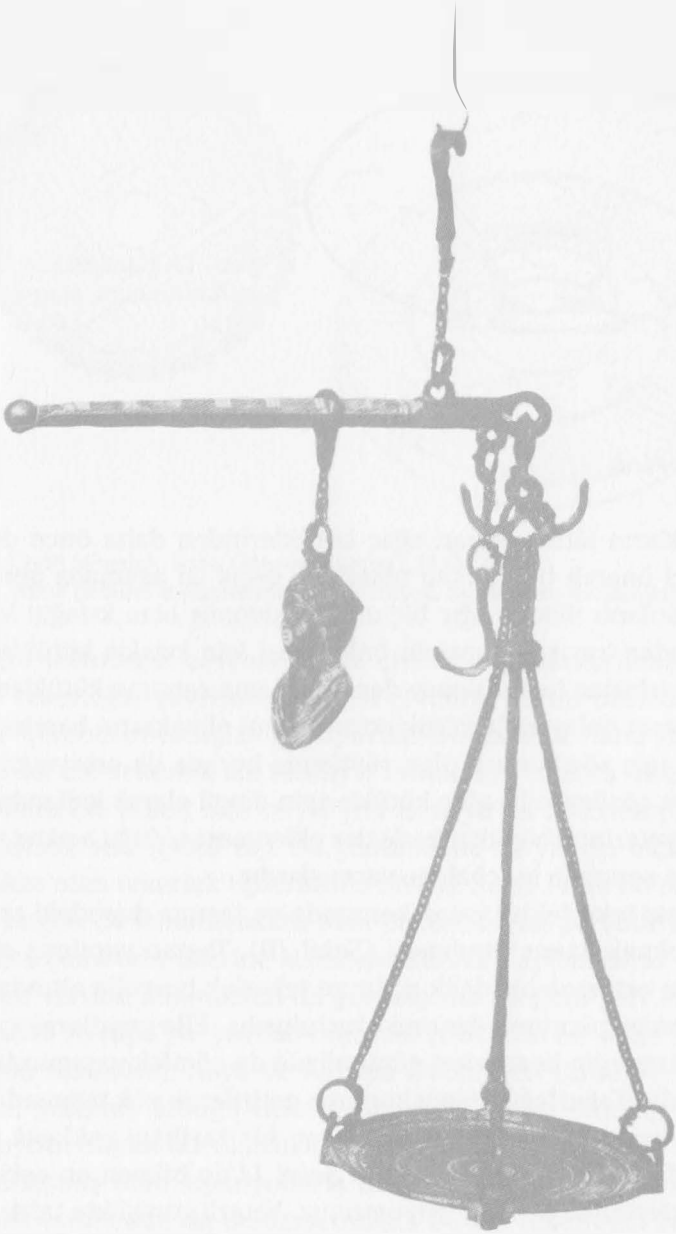
Tarımın doğuşu ile birlikte insanlar uygulamalı mekanik alanına giren değişik türlerdeki araç-gerece gereksinim duymaya başladılar. Eski Yunanistan' daki bir yün işleme atölyesinde çeşitli işlemleri gösteren *Şekil 8*'de de görüleceği üzere ham yünün yıkanması, eğirilmesi ve dokunması gibi etkinliklerin yanısıra tartılması da söz konusuydu. Daha önce de değinmiş oluğum gibi, mısır ya da diğer tahıllar için hacim ölçekleri kullanılmaktaydı ama yün ve benzeri şeylerin miktarının saptanması için bu yöntemin uygun olmayışı bir süre sonra ağırlık birimleri ve tartıların ortaya çıkmasına neden olmuştu. İplik durumuna getirilen yünün uzunluğunu ölçmek kolaydı ama işlenmemiş yünün miktarının belirlenmesi için ağırlığının ölçülmesi gerekiyordu. Resimdeki tartı iki ucunda kefeler bulunan uzun bir sırıktan oluşmaktadır ve bugün kullanılan kollu tartılardan çok farklı değildir.*Şekil 9*'da ise Roma kantarı olarak adlandırılan diğer bir tür tartıyı görmektesiniz. M.S. 79 yılına tarihlenen bu tartı Pompei'de bulunmuştur. Bu tür tartılar denge ayarı için üzerinde rakamların bulunduğu metal bir çubuk ve buna takılı bir ağırlıktan oluşmaktaydı. Klasik dönemin en yaygın tartı biçimi de budur.

İlk tartıların mekanik özellikleri kaldıraç kavramı ile bağlantılıdır. Roma kantarı ve diğer kantar türlerinde bu daha belirgin biçimde görülebilir. Kaldıraç insanlık tarihi denli eskidir ve kayaları yerinden oynatmak gibi amaçlarla Taş Devri insanı tarafından da kullanılmıştır. Diğer yandan kaldıracın daha karmaşık işlemler için kullanılmaya başlaması için denge kavramının tam olarak anlaşılması ve (belki bundan da

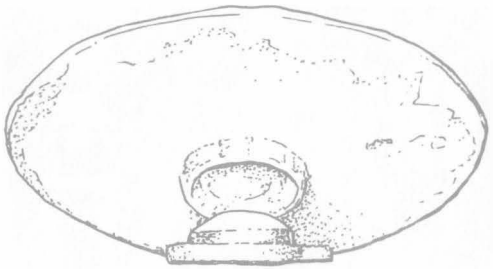


Şekil 8. Eski Yunanistan'daki bir yün işleme atölyesinde çeşitli etkinlikler.

önce gelen) iki buluşun daha gerçekleşmesi gerekmiştir. Bunların ilki ağır cisimleri kızakların üzerine yerleştirmek ve bu kızakları halatlarla çekerek yürütmekti. Bu yöntemin Taş Devrinin erken döneminde bile kullanıldığını biliyoruz. Burada insanların karşısına çıkan iki önemli sorun kızakların ancak düz arazide kullanılabilmesi ve bunun yanısıra altlarının çok çabuk aşınması idi. Kar üstünde daha uzun süre dayanabilen kızakların kumluk ya da taşlık arazide sık sık onarılması gerekiyordu. Bu nedenle bir süre sonra kızakların altına ağaç kütükleri yerleştirildi ve bunların yuvarlanması ile hareket eden kızakların çok daha uzun bir süre dayanması sağlandı. Diğer yandan bu yöntemin uygulanması oldukça yorucuydu ve çok zaman alıyordu zira kütüklerin sürekli biçimde kızağın arkasından toplanıp önüne yerleştirilmesi zorunluğu vardı. Büyük kayalar ya da bunlardan yontulmuş büyük boyutlardaki heykeller gibi çok ağır cisimlerin bu yöntemle bir yerden diğerine taşınmasında yüzlerce insanın çalışması gerekiyordu. Bu nedenle insanlar bir süre sonra işlerini kolaşlaştıracak yeni taşıma yöntemleri aramaya koyuldular.



Şekil 9. Roma kantarı. Pompei, M.S. 79.

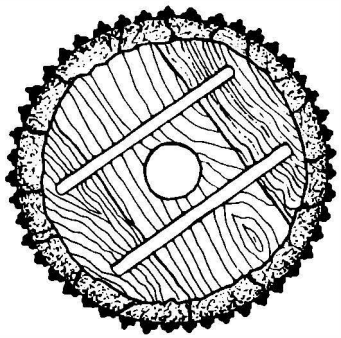


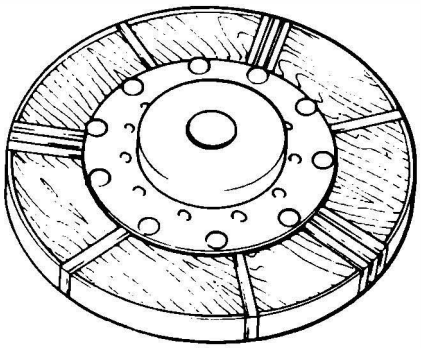
Şekil 10. Günümüzde Afrika'da kullanılmakta olan çömlekçi çarkı.

Tekerlek

Kızakların altına konan ağaç kütüklerinden daha önce değindiğim ikinci önemli buluş olan tekerleğe geçiş iki aşamada gerçekleşmiştir. Bunların ilkinde ağır biçimde yüklenmiş olan kızağın kütüklerin üstünden kayıp gitmesinin önlenmesi için kızakla kütüklerin bir sargıyla birbirine tutturulması denenmiş ama sargının kütüklerle aynı çapta olması dolayısıyla kütüklerin yardımı olmaksızın hareket ettirilen kızak için söz konusu olan sürtünme burada da ortaya çıkmıştır. Bunun tek çözümünün ağaç kütüklerinin dingil olarak kullanılması ve uçlarına yeterince büyük tekerlekler eklenmesi olduğu açıktır ve atalarımız da sonunda bu çözüme varmışlardır.

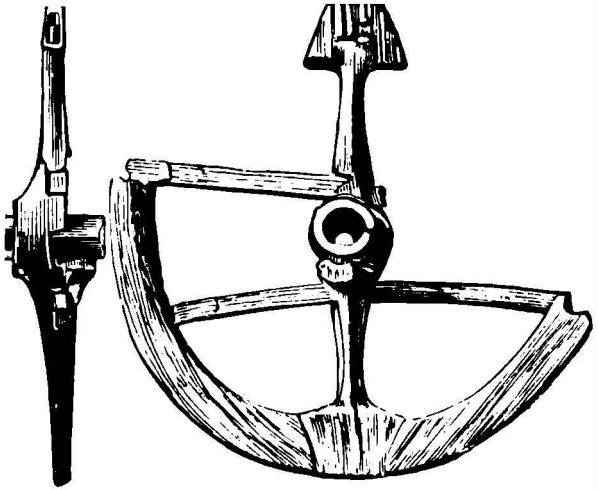
En eski tekerlekler yatay konumda ve taşıma dışındaki amaçlarla kullanılmak üzere yapılmıştı *(Şekil 10)*. Taştan yapılmış olan bu tekerleğin ortasına bir delik açılır ve tekerlek bu yolla altındaki tablada bulunan çıkıntının üzerine oturtulurdu. Elle çevrilerek çalıştırılan bu düzeneğin benzerleri günümüzde de çömlek yapımında kullanılmaktadır. Tekerleğin dikey konuma getirilerek yük taşımada kullanılmaya başlaması bundan daha geç bir tarihte, yaklaşık olarak M.Ö. 3000 yılında gerçekleşmiştir. *Şekil 11*'de bilinen en eski tekerlek örneklerinden birini görüyorsunuz. Yeterli genişlikte tahta ender olarak bulunabildiği için bu tekerlekler genellikle iki ya da üç parçadan oluşmakta ve bu parçalar iki yandan ikişer çıta ile birleştirilmekteydi. Şekilde gördüğünüz örnekte tahtanın aşınmasının önlen-





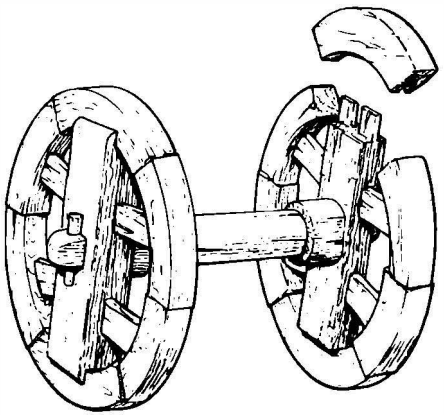
Şekil 11. Çivili tekerlek. Susa (Mezopotamya), M.Ö. 2500.
Şekil 12. Bakır çemberle güçlendirilmiş tekerlek. Susa (Mezopotamya).

mesi için tekerleğin çevresi bronz çivilerle güçlendirilmiştir. *Şekil 12*'deki tekerleğin çevresinde bronz çivilerin yerini bakırdan yapılmış bir çemberin aldığını görüyoruz. Bunlardan daha hafif olan üçüncü bir tür tekerlek ise tümüyle tahtadan yapılmış olup çemberin yanısıra bir eksen mili ve iki yan ispit ya da tekerlek parmağından oluşmaktadır *(Şekil 13)*. Bu günümüzde de yaygın biçimde kullanılmakta olan tekerlek tiplerinden biridir. *Şekil 14*'de bu tekerleğin Çin'de bugün de kullanılmakta olan bir benzerini görebilirsiniz. Bunun tahta çemberin üzerine lastik geçirilerek yapılan biraz daha gelişmiş bir türünü Moğolistan'da görmüştüm. Doğum yeri Asya olan ve buradan Avrupa'ya yayılan tahta tekerleklerin bir diğer örneğine de Şili'de rastladım. Asya ve Avrupa'dakilerden tümüyle farklı bir kültürün gelişmiş olduğu Güney Amerika için bu oldukça şaşırtıcı bir olguydu. Büyük bir olasılıkla bu tekerlek türü yüzyıllar önce buraya yerleşmiş olan İspanyollarla birlikte gelmiş ve daha sonraları yerli halk tarafından da benimsenmişti. Bu tür tekerleğin yaygın bir kullanım biçimi *Şekil 15*'de yer almaktadır. Yaklaşık olarak M.Ö. 3000 yıllarına ait olan ve Mezopotamya'daki Tel Agrab kazılarında ortaya çıkarılan bakır levha üzerine işlenmiş bu resimlerde dört ka-

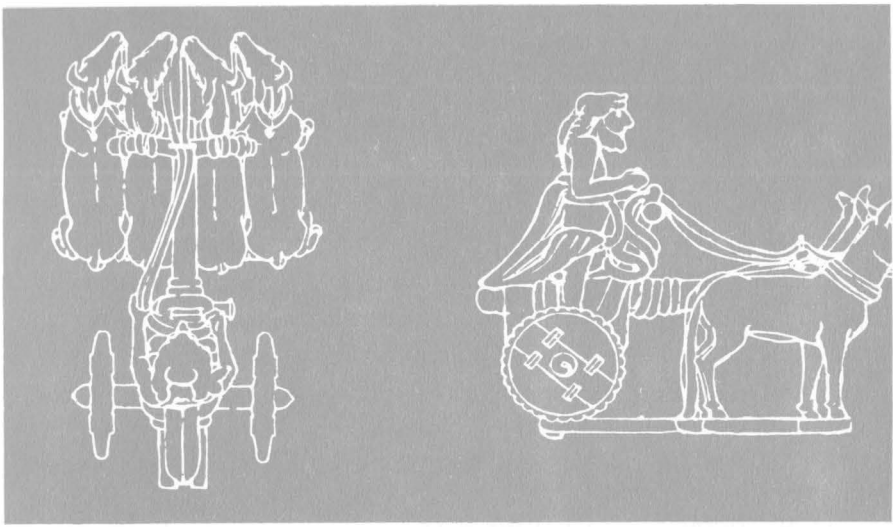


Şekil 13. Tahta bir çember içinde bir eksen mili ve iki ispitten oluşan eski bir tekerlek türü.

tır tarafından çekilen bir araba görülmektedir. Eski dönemlerde arabaları çektirmek için atlardan çok yönetmesi daha kolay olan katırlar kullanılmaktaydı. Bu tip arabaların ortaya çıkması büyük bir olasılıkla şöyle olmuştur: Çift sürmek için bir alete gereksiniminiz varsa yanından daha küçük bir dal ya da bir kök parçası çıkan çatallı bir sırık alır, bunun ucuna bir taş ya da (biraz daha gelişmiş bir çağda yaşıyorsanız) metal bir kama bağlayarak yaptığınız bu ilkel saba-



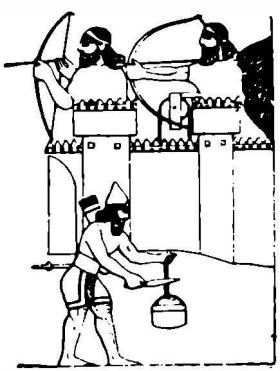
Şekil 14. Günümüzde Çin'de hâlâ kullanılmakta olan ve tekerleğin evrimindeki erken aşamalardan birini temsil eden tekerler türü.



Şekil 15. Dört katıra çektirilen bir araba. Tel Agrab (Mezopotamya), M.Ö. 3000.

nı çekerek ya da iterek toprağınızı sürersiniz. Daha sonra buna bir de boyunduruk eklerseniz sabanınızı bu kez bir çift hayvanına çektirir ve böylece işinizi kolaylaştırırsınız. Şimdi de bu aletin gereksiz bölümlerini atıp altına tekerlekler eklerseniz bir arabaya sahip olursunuz. Büyük bir olasılıkla ilk arabalar da bu aşamalardan geçerek ortaya çıkmışlardı.

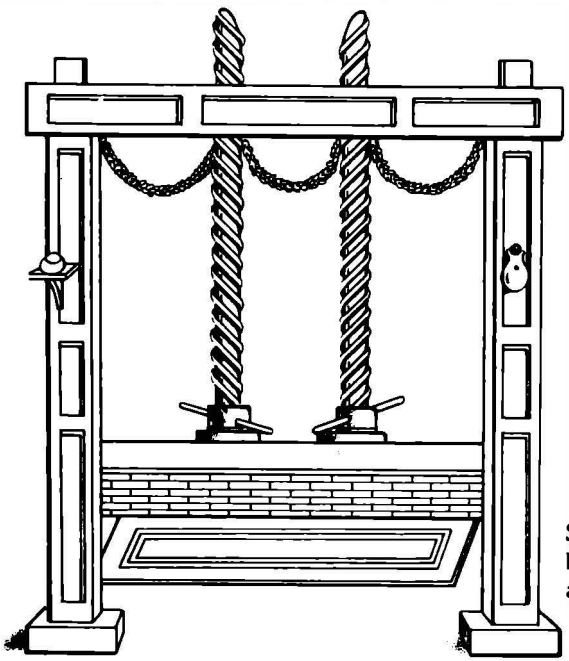
Tekerleğin bundan tümüyle farklı diğer bir kullanım biçimini de kuşatma altındaki bir kalede makaraya sarılı bir halattan oluşan çıkrık düzeneği ile kuyudan su çeken Asurluları gösteren *Şekil 16*'da görebilirsiniz. Antik çağda kaldıraç, tekerlek ve çıkrıktan bir süre sonra bulunmuş olan diğer bir mekanik alet de çeşitli amaçlarla kullanılmış olan presti. *Şekil 17*'de Pompei'de bulunmuş ve İsa'dan sonraki ilk yüzyılda yapıldığı saptanmış olan bir kumaş presi görülmektedir. Alttaki tablaların dönmemesi için burguların biri düz, diğeri ise ters vida sistemi ile yerleştirilmiştir.



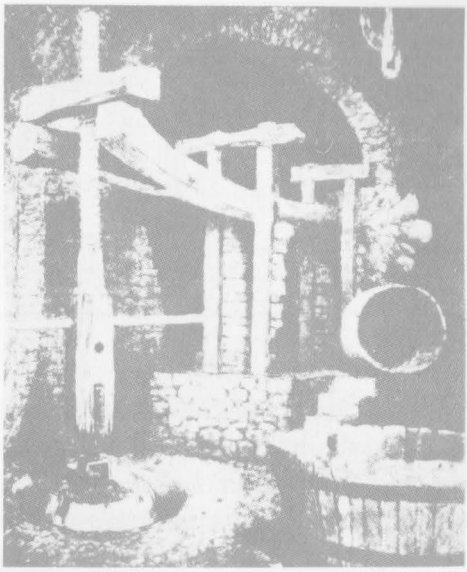
Şekil 16. Kuşatılmış bir kalede çıkrıkla su çeken Asurlular.

Yine aynı yüzyılın başlarında Pompei'de şarap yapımında kullanılmış olan mekanik bir üzüm presini gösteren bir resim ve çizimi de *Şekil 18*'de görebilirsiniz. Sonradan bazı bağlantıları ve ortadaki kalın ahşap direği değiştirilmiş olsa da ikibin yıla yaklaşan yaşıyla bu alet o zamanki biçimiyle bugün de kullanılır durumdadır. Önce ayaklarla çiğnenerek suyunun bir bölümü çıkarılan üzümlerden arta kalan posa daha sonra bir kez de bu presle eziliyor ve böylece üzüm suyunun tümü sıkılmış oluyordu. Üzüm posasını ezmeye yarayan ağır taşın posanın üzerine bastırılmasını sağlayan ve bir tür mandalla çalıştırılan burgu resmin sağ alt köşesinde görülmektedir. Oldukça gelişmiş bir mühendislik bilgisi isteyen bu alet ve benzerleri Antik Çağda şarap yapımının yanısıra az sonra göreceğiniz gibi suyu yüksek bir yere çıkartmak gibi diğer amaçlarla da kullanılmaktaydı.

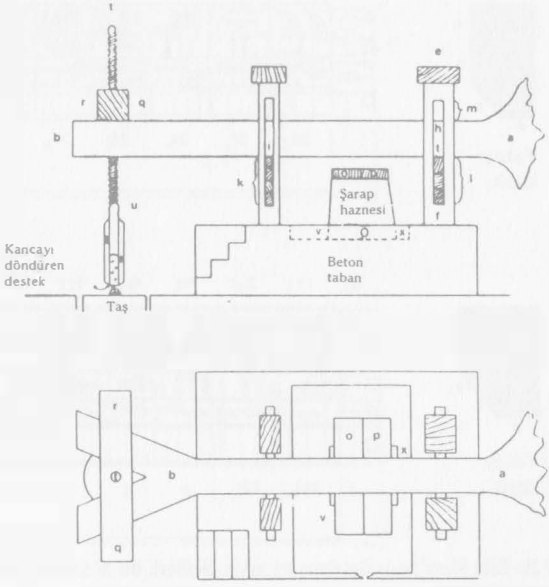
Şimdi de dönemin bundan daha farklı bir mekanik beceri gerektiren diğen bir buluşunu inceleyelim. *Şekil 19*'da M.Ö. 2400'de Babillilerce yapılmış olan bir planı görüyorsunuz. Altı kapısı ve her kapının iki yanında yer alan kuleleri ile oldukça gelişmiş bir kalekenti gösteren bu planın en ilginç yanı üst bölümünde bulunan ve planın belli bir ölçeğe göre çizildiğini düşündüren ölçek tablosu-



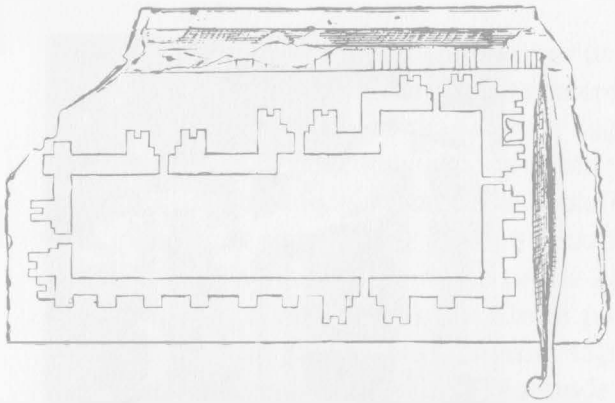
Şekil 17. Kumaş presi. Pompei'de bulunmuş bir duvar resminden alınmıştır.



Şekil 18. (A) Bosco Tre Case üzüm presi (Pompei).

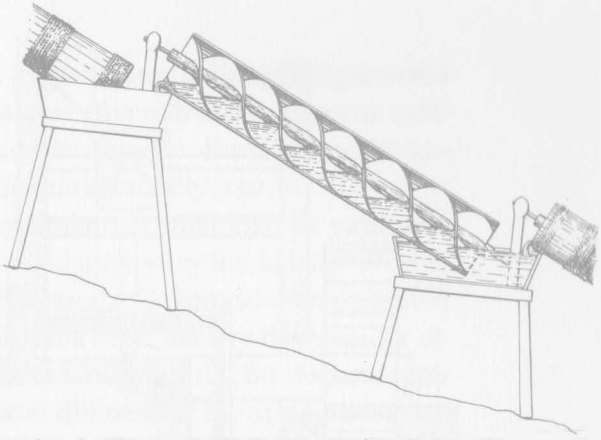


Şekil 18.(B) Aynı presi gösteren şema.



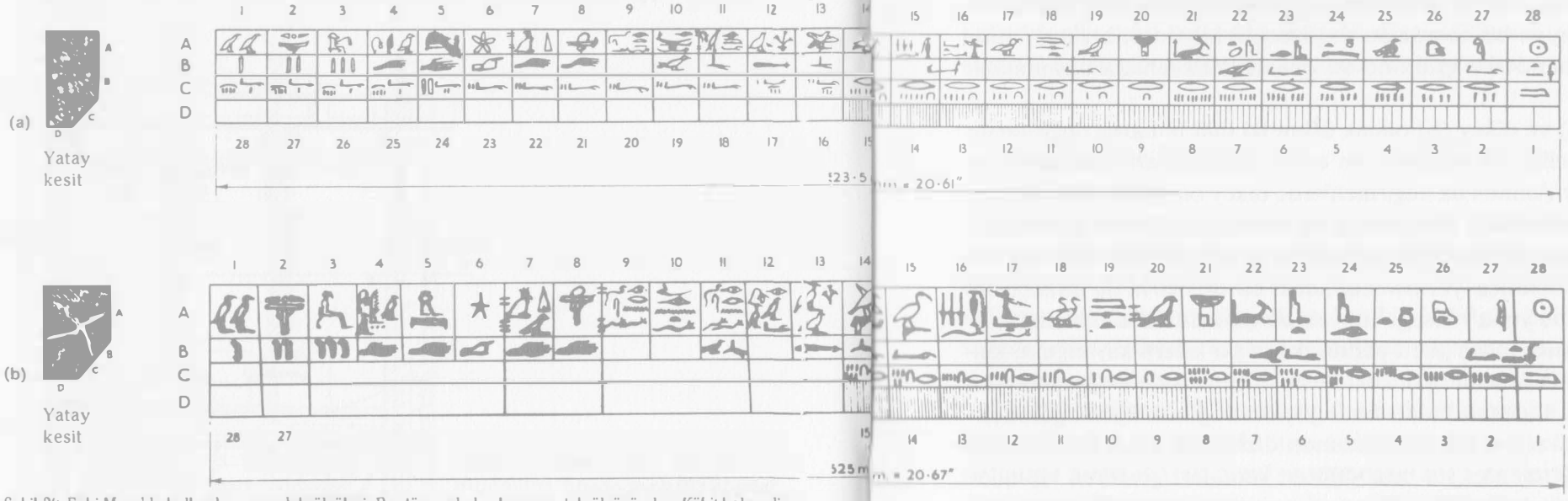
Şekil 19. Bir Babil kalesini gösteren plan. Lagaş (Mezopotamya) Kralı Gudea'nın bir heykelinden. M.Ö. 2400.

dur. *Şekil 20*'de gördüğünüz cetvellerde ise Mısırlıların kullanmış olduğu uzunluk ölçüleri sistemini açıklayan sayılar ve her sayının üstünde o sayının "adını" belirten hiyeroglifler yer almaktadır. Mısırlılar kesirli sayıları da bilmekte ve ölçümlerinde kullanmaktaydılar. Kesirli sayıların astronomi ve ticaret alanlarında da kullanılmış olduğunu biliyoruz. *Şekil 20*'dekine benzer cetveller Mısırlılar tarafından çok sayıda düzenlenmiş olup örneklerini bugün müzelerde görebilirsiniz. *Şekil 21*'de ise Archimedes burgusu olarak bilinen bir

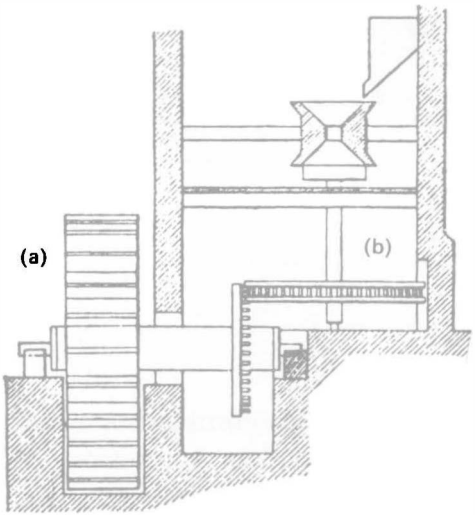


Şekil 21. Archimedes burgusu. Birbirine eklenmiş bir dizi Archimedes burgusundan oluşan bir düzenekle oldukça dik yamaçlardan yukarı su taşınabiliyordu.

mekanizmanın oldukça ilginç bir kullanımı görülmektedir. Bu mekanizmanın daha çok maden ocaklarında kullanıldığı sanılmaktadır. İspanya'da ortaya çıkartılan eski Roma madenlerinde bunlardan çok sayıda bulunmuştur. Buradaki örnekte Archimedes burgusunun suyun yüksek bir yere çıkarılması amacıyla kullanıldığını görmekteyiz. Büyük ırmakların bulunduğu ve çevre arazinin su düzeyinden yüksek olduğu bölgelerde Archimedes burgusundan sulama amacıyla yararlanılmış olması kaçınılmazdır.



Şekil 20. Eski Mısır'da kullanılmış uzunluk ölçüleri. Bu dönemde başlıca uzunluk ölçüsü olan *Kübit* kolun dirsekten aşağı bölümünün uzunluğuna karşılık geldiğinden kübiti gösteren hiyeroglif bu biçimi taşır. M.Ö. 1500.



Şekil 22. Roma döneminden kalma su değirmeni. Vitruvius'un bir çiziminden alınmıştır.

Şekil 22'de gördüğünüz Roma dönemine ait su değirmeni ise Archimedes burgusunun tam tersi bir biçimde çalışmaktadır. Elimizde su değirmenlerine ait özgün çizimler değilse bile bunların varlığını kanıtlayan belgeler vardır. Özellikle Vitruvius tarafından kaleme alınmış olan ve mimarlık alanında temel bir başvuru kitabı niteliğini taşıyan bir eserde su değirmenleri ayrıntılı biçimde anlatılmıştır. *Şekil 22*'deki çizim de bu kitapta anlatılanlara dayanılarak yapılmıştır.

Yatay (a) ve dikey (b) olmak üzere iki mili bulunan değirmenin ilginç bir özelliği de dişlilerin en erken kullanımlarından birini örneklemesidir. Aslında ilk değirmenlerde dikey bir mil bulunmakta ve hareket bu mile bağlı bir katır ya da devenin değirmen çevresinde sürekli biçimde dönmesiyle sağlanmaktaydı. Değirmen çarkının suyun akışı ile dönmesi yerine üzerindeki bir dizi kova ile birlikte dönen ve suyu bu yolla yükseğe taşıyan bir çark da kullanılmıştır.

Değirmenler insan gücü yerine başka bir enerji kaynağının kullanılmasının ilk örnekleridir. Eski Mısır rölyeflerinde değirmenin bulunmasından önce tahılın ne denli güçlükle öğütüldüğünü görebilirsiniz. Firavunun sarayının avlusunda dizlerinin üstünde oturarak küçük el değirmenleriyle tahıl öğüten kadınları gösteren resimler vardır. Diğer yandan değirmenin bulunuşundan sonra da bu yöntem

tümüyle terkedilmemiştir zira ilk uygarlıkların geliştiği bölgelerdeki iklim koşulları nedeniyle su kaynakları güvenilir değildi ve yaz aylarında akarsuların büyük bir bölümü kuruyordu. Buna karşın bu koşullar altında da değirmenlerin kullanıldığını biliyoruz.

Bir su değirmeninin en ince ayrıntılarıyla anlatıldığı ilk yazılı belgeye İsa'dan sonra üçüncü ya da dördüncü yüzyılda kaleme alınmış bir İrlanda yasasında rastlıyoruz. Bu yasada sözkonusu olan değirmen türünü yukarda anlatılanlardan çok daha basit ilkelere dayanan bir dikey ya da türbinli değirmen olarak tanımlayabiliriz. Bu değirmen türünde yere kazılmış derin bir çukurun dibine belli bir açıda yerleştirilmiş büyük bir pervanenin üzerine düşen su pervaneyi döndürüyordu ve değirmenin kendisi de doğrudan pervaneye bağlı milin üzerine yapılmıştı. 1085-86 yıllarında Kral William'ın emriyle İngiltere'de ve İngiltere Krallığı'na bağlı tüm diğer ülkelerde yürütülmüş olan kapsamlı bir araştırmanın sonuçlarını içeren *Domesday Book* (*Kıyamet Günü Kitabı* -burada "kıyamet"sözcüğü yasal ya da ekonomik bağlamda "yargı" anlamında kullanılmıştır) adlı eserde 1086 yılında sadece İngiltere'deki değirmenlerin sayısı 5900 olarak verilmektedir. Akarsuların bulunduğu bölgelerde değirmenler tarım alanında çok büyük bir yarar sağladığı gibi daha ilerki dönemlere rastlayan Bilimsel Devrim ve Endüstri Devrimi gibi gelişmeler açısından da büyük önem taşımışlardır.

Akışkanlar Fiziği

Şimdi de mekaniğin biraz daha karmaşık nitelikteki bir dalına, yani rüzgârların ve gazların tüm özelliklerini kapsayan akışkanlar fiziğinin tarih içindeki gelişimine bir göz atalım. Rüzgârın bilinen en eski kullanım biçimi olan yelkenli, mekanikle hiç ilgisi bulunmayan ve sadece yelkene dolan rüzgârın tekneyi su yüzeyinde ileriye doğru itmesinden yararlanılarak geliştirilen basit bir araçtı. Rüzgâr gücünü bu biçimde kullanan ilk insanların denizcilik konusunda bildikleri tek şey durgun havada tekneyle suya açılmanın olanaksız olduğuydu. Bu durumda doğal olarak rüzgârın esmesini nasıl sağlayabileceklerini düşünmeye başlayan insanların bu amaçla buldukları ilk yöntemlere

ilişkin öyküleri bugün mitoloji kitaplarında okuyabilirsiniz. Örneğin bu öykülerden birinde Yunan filosu Truva'ya doğru yola çıkacağı sırada rüzgârın kesilmesi ve haftalarca esmemesi üzerine filo komutanı Agamemnon'un kızı İphigenia'yı tanrılara kurban ettiği ve bunun üzerine çıkan rüzgâr sayesinde gemilerin yelken basıp denize açılabildiği anlatılır. Odysseus ise rüzgâr tanrısına yakararak sağladığı güçlü rüzgârı büyük deri torbalara "doldurmak" ve bu torbaları gerektiğinde açılmak üzere gemisinin ambarlarına yığmak gibi bir çözüm bulmuşsa da, torbaların içinde hazineler bulunduğundan kuşkulanan tayfaların bir gece bunların hepsini birden açması üzerine çıkan çok güçlü bir fırtınada Odysseus'un tüm filosu denizin dibini boylamıştı. Doğal olarak mitolojik öykülerde mantık aranmaması gerekiyorsa da bunlar denizlere açılmak isteyen insanın başlangıçta yelkenini şişirecek rüzgârdan başka bir yol bilmediği çağları anlatmaları yönünden ilgi çekicidir.

Sadece doğanın sağlayabildiği rüzgârın yanısıra çok daha küçük ölçüde de olsa insanın kendi nefesiyle ortaya çıkarabildiğini gördüğü bir rüzgâr vardı ki bu gemileri yüzdürmek için yeterli olmasa bile örneğin ateşi canlandırmak gibi daha sıradan işlere yarıyordu. İnsanlar bu ilkeden yola çıkarak nefeslerinin yeterli olmadığı büyük ateşler için körükler yaptılar. Körük metalurji biliminin ortaya çıkmasını hazırlayan başlıca buluştur. Yaktığınız küçük bir ateş sizi ısıtır ya da yemeğinizi pişirebilmenizi sağlar ama eğer bir metali eritmek istiyorsanız bundan çok daha fazla sıcaklık veren büyük ve güçlü bir ateşe gereksinim duyarsınız ve bunu da ancak bir körüğün yardımıyla elde edebilirsiniz. İlk körükler hayvan derisinden yapılmış torbalardı ve sürekli biçimde üzerlerine basılıp bırakıldıkça ağızlarından çıkan hava ateşin canlandırılmasına yardım ediyordu. Büyük metal devriminin yolunu açan da bu ilkel körükler olmuştur.

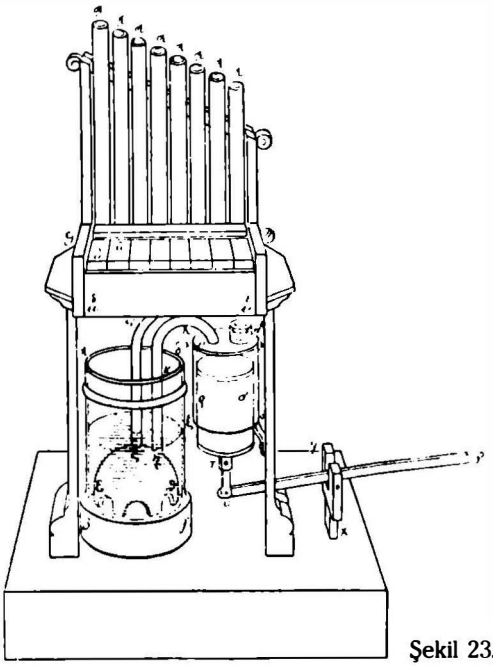
İnsanın nefesini kullanarak yapabildiğini gördüğü diğer birşey de içi boş kemikleri üfleyerek sesler çıkarmaktı. Bugünkü nefesli çalgılar ailesinin ataları olan bu kemik ya da boynuzdan yapılmış borular kabile üyelerini toplamak ya da hayvanları çağırmak gibi amaçlarla kullanılmaktaydı. Fransa'da Les Ezies bölgesinde ortaya çıkarılan Taş Devrinden kalma mağaraları gezerken gördüğüm bir

duvar resminde bir kadın boynuzdan yapılmış bir boruyu çalıyordu. Mağaradan çıktıktan sonra yakındaki bir çiftlik evinin önünden geçerken çiftçinin karısının resimdekinin tıpatıp aynı bir boruyu çalarak tarlada çalışan kocasını yemeğe çağırdığına tanık oldum. Böyle durumlarda "güneşin altında yeni olan hiçbir şey yoktur" diyen İncil'e hak vermemek mümkün mü?

Başlangıçta hayvan boynuzlarını üfleyerek çıkarılan sesler yüzyıllar sonra müziğe dönüşecek ve daha sonraki dönemlerde de ses teorisi ile ilgili sorunlar tartışılmaya başlanacaktı. Batı ülkelerinde müzik daha çok yaylı çalgılara dayanırken Doğu'da örneğin Çin'de vurmalı ve nefesli çalgıların ağırlık kazandığı bir müzik gelişmiştir.

İnsanların su ve rüzgâr gücünden yararlanarak yaptıkları işlere ilişkin bu kısa incelemenin son bölümünde temelde bir cismin hava basıncının yardımıyla bir borunun içinden geçirilmesi ilkesinden kaynaklanan bazı buluşlara değinmek istiyorum. Bunların arasında en eski olmakla birlikte günümüzde de bazı bölgelerde yerliler tarafından hâlâ kullanılan üflemeli boru, daha önce değindiğim gibi ancak düz ve çıplak arazide işe yarayan bolasın tam tersine temelde bir orman silahıdır. İçi boşatılmış ağaç dallarından yapılan bu borular şimdi olduğu gibi eski dönemlerde de genellikle ucuna zehir sürülmüş olan küçük oklar atmaya yarıyordu (Bu arada ok sözcüğünün Yunancadaki karşılığının "tokson" olduğunu ve bugün zehir anlamında kullandığımız toksin ile bununla türdeş olan toksik, toksoloji gibi sözcüklerin buradan kaynaklandığını da eklemek istiyorum). Silindir biçimli cisimlerin içinden hava basıncı ile bir takım şeylerin geçirilmesi ilkesi, üflemeli borunun ilk aşamasını oluşturduğu bir dizi aygıtın geliştirilmesine yol açmıştır. Bunların biri de havayı dışarı iten (basma işlevi) ya da içeri çeken (emme işlevi) türleriyle tulumbalardır.

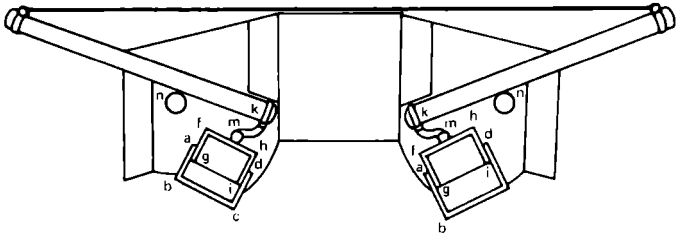
Aynı ilkenin daha gelişmiş bir uygulamasını *Şekil 23*'deki eski Yunan su orgunda görebilirsiniz. Bu orgun Macaristan'da yapılan bir kazıda bulunmuş bir benzerini görmüştüm. Basınçlı hava ile çalışan bildiğimiz asfalt delgisinden ilke olarak fazla bir farklılık göstermeyen bu çalgı gerçekte bir tür tulumbadır ve resimde gördüğünüz borulardan birinin içine sürekli biçimde su basılması



Şekil 23. Eski Yunan su orgu.

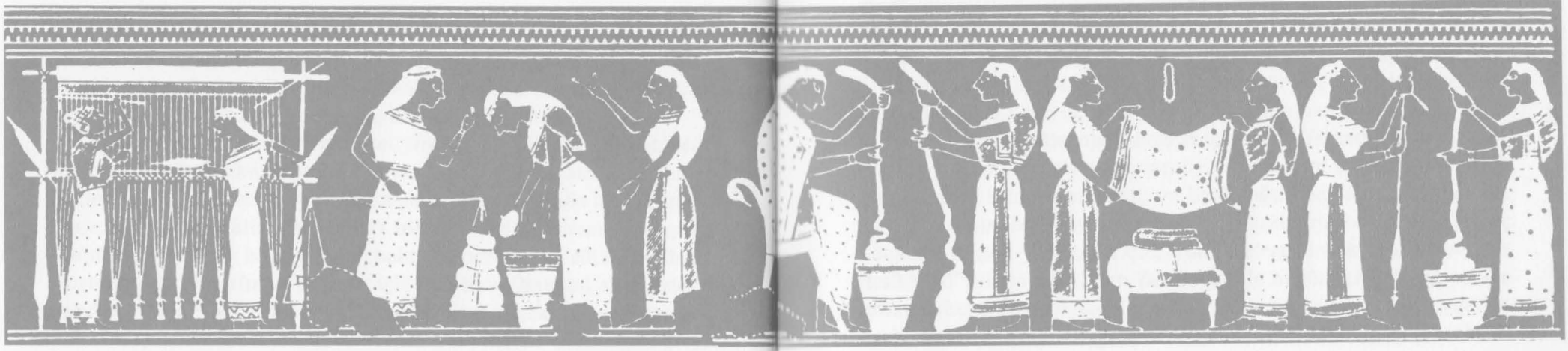
sonucunda boruların içindeki havanın diğer bir borudan çıkması ile çalışır. Boruların altındaki tuşlar (tuş sistemi yaklaşık olarak İsa'dan önceki yedinci yüzyıldan beri bilinmektedir) su orgunun klavyeli çalgıların ataları arasında bulunduğunu göstermektedir.

Şekil 24'de İsa'dan önceki son yüzyıla ait olduğu sanılan bir mancınık görüyorsunuz. Basınçlı hava ile çalışan bu savaş aracına ilişkin birtakım çizimler ve açıklamalar bulunmuşsa da aracın gerçekte kullanılıp kullanılmadığını bilmiyoruz. Mancınık iki ayrı bölümünü birbirine bağlayan bir halat ile borular ve silindirlerden oluşmaktadır. Bir tür pompayla içlerine hava basılan silindirler boruları hareket ettirmekte ve böylelikle mancınık kayaları ya da gülleri düşman kalesine fırlatmaktadır. Yukarda da belirttiğim gibi bu mancınığın gerçekten yapılmış ve kullanılmış olduğunu gösteren bir belge yoktur. Buna karşılık eski çağlarda pompa ya da tulumba adıyla tanıdığımız aletlerin (hatta emme-basma tulumba dediğimiz



Şekil 24. Basınçlı hava ile çalışan bir mancınık. Çizimin Ctesibus'a ait olduğu sanılmaktadır. M.Ö. Birinci Yüzyıl.

iki yönlü çalışan tulumba türünün) kullanılmış olduğunu biliyoruz. Şimdiye dek anlattığım tüm bu buluşları ve daha bir çoklarını gerçekleştirmiş olan Yunanlıların sahip oldukları bu bilgi birikimine karşın neden daha da ileri bir teknolojik düzeye gelememiş olduklarını merak ediyorsanız bunun yanıtını bundan sonraki bölümde bulabilirsiniz.



Klasik Bilimin Kökenleri

Bu bölümde daha önce değinmiş olduğum pratik araçların kökenleri, gelişimleri ve kullanım alanları üzerinde durmak istiyorum.

Önce bilimin doğduğu çağda dünyanın içinde bulunduğu koşullara bir göz atalım. İsa'dan 3000 ya da 2000 yıl önce (bu tarihi bundan daha kesin biçimde saptamak olanaksızdır) uygarlığın gelişme gösterdiği belli başlı üç bölge vardı: Akdeniz havzası ile buna komşu Mısır, Suriye ve Mezopotamya'yı içine alan Yakındoğu; bugün büyük bir bölümü Pakistan sınırları içinde bulunan İndus Vadisi başta olmak üzere Hint Yarımadası; ve Uzakdoğu dediğimiz bölgede yer alan Çin. 1 numaralı haritamızda ilk uygarlıkların beşiği olan bu üç bölgenin ikisini, yani Mısır'dan İran Körfezi'ne dek uzanan ve "Verimli Hilal" adıyla da bilinen Yakındoğu ile bugünki Hindistan ve Pakistan'ın bulunduğu bölgeyi görebilirsiniz. Bu iki bölgedeki uygarlıklar birbirine paralel bir gelişme göstermiştir. Haritada sulanabilen vadiler olarak işaretlenmiş bulunan diğer bölgeler de benzer biçimde tarıma dayalı uygarlığın ikinci aşamasında, yani akarsuların kanallar yardımıyla geniş arazilerin sulanmasında kullanıldığı aşama-

da bulunuyorlardı. Bu aşamanın başlıca özelliklerinden biri de oldukça karmaşık yönetim biçimlerine sahip kent-devletlerin ortaya çıkması ve buna bağlı olarak matematik ve mimarlığın gelişme göstermesidir. Böylece bilimin temellerinin de ilk büyük uygarlıkların doğduğu bu bölgelerde atılmış olduğunu görmekteyiz.

Haritamızın dışında kalan ve bugünkü Çin'in yer aldığı geniş toprakları kapsayan üçüncü bölgede de aynı dönemde benzer koşulların egemen olduğunu biliyoruz. Kuzeydeki Sarı Irmak havzasında başlayan tarımsal uygarlık zamanla güneyde Yangtze ve Kwantung ırmaklarının geçtiği bataklık ve ormanlık bölgelere de yayılmıştır. Çin'de *Şang* adı verilen bu erken çağda tipik kentsel yerleşim birimleri ortaya çıkmıştır.

Takvim

İlk kentsel uygarlıklar ile bilim arasındaki bağlantı, kent yaşamının gerektirdiği birtakım rutin işlevlerin yerine getirilmesinde kendini gösterir. Bunların arasında bilimle en yakından ilişkili olanı üretim, özellikle de tarımsal üretimdir. İşte takvim de burada devreye girer. Aslında eski çağlarda bilim takvimle birlikte doğmuş ve gelişmişti. Diğer bir deyişle takvim bilimdi ya da bilim takvimdi. Takvim gök cisimlerinin hareketlerinin bilinmesi ve anlaşılması demekti ki bu da çağlar boyunca yaşamsal önem taşımıştır. Özellikle Mısırlılar takvimle çok yakından ilgileniyorlardı zira yaşam kaynakları olan Nil her yıl aynı dönemde taşmakta ve çevresindeki ekili arazileri sular altında bırakmaktaydı. Diğer ırmakların ne zaman ne yapacakları belli olmazdı ama Nil'e güvenebilirdiniz. 1 numaralı haritaya dikkatle bakarsanız bunun aynı bölgeyi gösteren günümüzdeki haritalardan biraz farklı olduğunu görürsünüz. Örneğin geçmişte bir sahil kenti olan Ur bugün denizden yaklaşık olarak 250 km içerde bulunmaktadır. Bunun nedeni eski çağlarda Mezopotamya'da sık sık görülen ve çekildikleri zaman arkalarında çok büyük ölçüde çamur ve çakıltaşı yığınları bırakan büyük su taşkınlarıdır. Kutsal kitaplarda anlatılan Nuh'un tufanını anımsarsanız bu olayın boyutlarına ilişkin bir fikriniz olabilir.

Ekvator kuşağına özgü yağmur ormanlarından kaynaklanan düzenli bir akışı bulunan Nil Abynissia (Habeşistan) da esen periyodik muson rüzgarlarının getirdiği yağmurların etkisiyle yılın belli zamanlarında su taşkınlarına neden olmaktaydı. Doğal olarak Nil'in ne zaman taşıp tarlalarını sular altında bırakacağını bilmek isteyen Mısırlılar bu amaçla çeşitli yöntemler geliştirmişlerdi. Bunlardan biri de ırmak boyunca belli aralıklarla yerleştirilen ve üzerlerinde suyun yüksekliğini gösteren işaretler bulunan taş sütunlardı (Bunlardan biri hala yerinde durmaktadır). Bu "Nilölçerler" i düzenli biçimde denetleyen ve sular yükselmeye başladığı zaman çiftçileri uyarıp ürünlerini toplamalarını sağlayan özel görevliler bile vardı ve doğal olarak Mısır 'da tüm tarımsal etkinlikler bu olaya göre düzenlenmekteydi.

Eski çağların tarıma dayalı uygarlıklarında takvime verilen önemin diğer bir nedeni de toprağın sürülmesi, tohumlama ve ürünün toplanması gib işler için en elverişli hava koşullarının sağlanması isteğiydi.

Bu sadece elverişli koşulların ne zaman ortaya çıktığını bilmeyi değil, bu koşulları oluşturmaya çalışmayı da içeriyordu. İnsanlar doğru zamanda doğru dualaın okunması ve uygun dinsel törenlerin yapılması durumunda yağmurun yağacağına ya da su taşkınlarının önleneceğine inanıyorlardı. Bu nedenle eski çağlarda ülkeyi yöneten kişinin aynı zamanda başrahiplik görevini de üstlendiği dinsel yönetim biçiminin yaygınlaştığını görüyoruz. Ülkenin kaderini ellerinde tuttuklarına inanılan bu rahip-krallar doğal olarak toplum yaşamının odak noktasını oluşturuyorlardı.

Eski Çin belgelerinde bu yoldaki inancı kanıtlayan kayıtlara çok sık rastlanır. Örneğin zavallı İmparatorun güneşin doğmasını sağlamak için yaşamı boyunca her sabah dörtte kalkmak zorunda olduğunu bu belgelerden öğreniyoruz. Çinliler güneş ve ay tutulmaları ile de çok yakından ilgileniyorlardı. Eski Çin belgelerinden birine göre Hi ve Ho adlı iki saray astronomu böyle bir olayı önceden haber veremedikleri için imparatorun emriyle idam edilmişlerdi. Kanımca Hi ve Ho bu cezayı pek de hak etmemişlerdi zira güneş ve ay tutulmalarının önceden bilinmesi kolay bir iş değildir. Her neyse, benim burada asıl anlatmaya çalıştığım şey, gökyüzünün gerektiği gibi göz-

lemlenmesinin, gök cisimlerinin hareketleri ve çeşitli doğal olayların anlaşılmasının Antik Çağda insanlar için daha sonraki hiçbir dönemde görülmediği kadar büyük bir önem taşımış olduğudur. Fizik biliminin büyük bir bölümü de bu gibi olguların gözlemlenmesinden ortaya çıkan takvimle birlikte doğmuş ve gelişmiştir.

Fiziğin geliştiği diğer bir alan da evrenin geçmişi olarak tanımlayabileceğimiz öykünün araştırılmasıydı. İlginçtir ki eski Yunanlıların buna verdiği ad varoluş anlamına gelen *fizis* idi. Bu sözcüğün Latince'deki karşılığı ise dilimize evrenin ya da maddenin doğuşu olarak çevrilebilir. İncelediğimiz dönemde Mısır, Babil ve Yunanistan'da ortaya atılmış olan tüm yeni görüşler insanların evrene şu ya da bu biçimde bir açıklama getirmek isteğini yansıtır. Doğal olarak o zamanlar böyle bir açıklamada işe tanrısal güçlerden başlanması gerekliydi ve bu nedenle tüm dinsel törenlerin temelinde yaratılışı konu alan efsaneler yatmaktaydı. Bu uzun bir süre böylece sürüp gitti; zira insanlar inançlarına ve bu inançları yansıtan efsanelere sıkı sıkıya bağlıydılar. Evrenin ortaya çıkışına ilişkin inançlara ters düşen görüşler de bu nedenle çok büyük bir tepki görmekteydi. M.Ö. 430 gibi oldukça geç bir tarihte dahi, güneşin Yunanistan'ın güneyindeki Peloponnes yarımadası denli büyük olabileceğini söyleyen fizikçi Anaxagoras ölüm cezasına çarptırılmaktan kıl payı kurtulup Atina'dan sürülmüştü. Herkesin bildiği gibi güneş gökyüzünde atların çektiği altından yapılmış bir araba ile dolaşan bir tanrıydı ve Anaxagoras'ın ileri sürdüğü boyutlarda olsa yeryüzünden çok daha uzaklarda bulunması gerekirdi.

Bu katı tutumda zamanla bazı değişiklikler oluştu. Bunun başlıca nedeni batıda ortaya çıkan bazı yeni koşullardı. Yakındoğu uygarlıkları çok sağlam temellere dayanan ve belli bir düzeni sağlayabilmiş toplumlardı. Doğal olarak zaman zaman ayaklanmalar ve benzeri sorunların ortaya çıktığı oluyordu ama genelde oturmuş bir yaşam biçimi sözkonusuydu. Çin için de durum aynıydı; hatta bu ülkenin ta imparatorluğun ortadan kalktığı 1911 yılında kadar köklü bir değişime uğramadan geldiği bile söylenebilir.

M.Ö. 1600 yıllarında burada ayrıntılarına girmeyeceğimiz birtakım önemli tarihsel gelişmeler ortaya çıktı. Belki de kuzeydeki geniş otlakların kurumaya başlamasının bir sonucu olarak farklı bir ırktan

insanlar çok büyük gruplar halinde güneye göç etmeye başladılar. Bu yabancıların gelmesinin eski uygarlıklar üzerinde uzun dönemde yıkıcı etkileri oldu. Gerçi Babil uygarlığının etkisi üçüncü yüzyıldaki Tatar saldırılarına dek sürmüş, Tatar akıncılarını sınırlarından içeri sokmamayı başaran Mısır ise hiç bir zaman tam anlamıyla ortadan kalkmamışsa da Kuzeyden gelen saldırgan kabileler zamanla Akdeniz kıyalarına kadar inebilmişlerdi. Bu yabancıların eskiden beri bölgede yaşamakta olan diğer halklardan farklı bir yaşam biçimine sahip olduklarını sanıyoruz, zira haritamızda Demir Çağı yerleşim yerleri olarak işaretlenmiş bölgelerden de anlaşılacağı üzere bunlar kendilerinden önce gelen gruplar gibi büyük ırmakların suladığı vadilere yerleşmek yerine kıyılara ve adalara yayılmışlar ve zamanla buralarda yeni uygarlıklar kurmuşlardır.

Yunanlılar

Çok eskiden beri süregelmiş olan yaşam biçiminin değişmeye başladığı Bronz Çağını izleyen Demir Çağında ilk şiirlerin ve tarihlerin yazıldığını biliyoruz. Bu çağda daha önce olanaksız olan birtakım işlerin yapılabilmesini sağlayan demir silahlar ve tarım aletleri de geliştirilmişti. Örneğin kuru ve taşlık araziler demirden üretilen tarım aletleriyle ekilebilir duruma getirilmiş ve buralarda sulama gerektirmeyen tarım yapılmıştı. Bu yolla elde edilen ürünün sulama yapılan topraklardan alınan ürün denli bereketli olmamasına karşılık insanların demirle yapabildikleri şeylerin çeşitliliği tarımın yanısıra diğer iş alanlarının da ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Demir Çağında Doğu Akdeniz havzası günümüzdekinden çok farklı biçimde sık ormanlarla kaplıydı. Özellikle bugünkü Lübnan ve Suriye'nin bulunduğu bölgede yer alan sedir ormanlarından gemi yapımı için çok uygun olan bir kereste türü elde ediliyordu. Yunanistan'da da geniş ormanlık alanlar bulunuyordu ve Yunanlılar bu sayede gemi yapımcılığında çok ilerleyerek kısa sürede tüm Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyıları boyunca su buldukları her yerde yeni yerleşim merkezleri kurmuşlardı. Bu yeniliklerin bilimin gelişimini

de olumlu yönde etkilemiş olması doğaldır. Gemi yapımcılığının ve denizciliğin ilerlemesi ile insanlar uzak ülkeleri görme olanağına sahip olmuşlar ve bunun bir sonucu olarak da ticaret gelişmişti. Aylar süren seferler boyunca farklı ülkeler ve farklı insanlar tanıyan tüccarlar kendi ülkelerinde bulunmayan malları satın almanın yanısıra yeni bilgiler de edinmişlerdi. Babillilerden bir şey, Mısırlılardan başka bir şey, Hintlilerden apayrı bir şey öğrenmişler ve bu bilgileri de ipek ya da baharatın yanısıra ülkelerine taşımışlardı. Yunanlıların o dönemde Babillilerden ve Mısırlılardan özellikle ilgilerini çeken astronomi alanında öğrenecekleri çok şey vardı.

Güneş ve Ay Tutulmaları

M.Ö. 560 yılında Miletli Thales adındaki Yunanlı astronom ilk kez bir güneş tutulmasının zamanını önceden saptamıştı. Thales bu başarısını büyük ölçüde kendisinden çok önce yaşamış ve yaşamlarını gökyüzü gözlemlerine adamış Babilli ve Mısırlı gözlemcilerin tuttukları kayıtlara borçluydu. Thales'in olacağını haber verdiği tutulma Medler ile Lidyalılar arasındaki savaşın gidişini etkileyerek Lidya Krallığı'nın yıkılmasına yol açmış olması yönünden tarihsel bir önem de taşır. Tarih kitaplarına göre güneşin tutulması üzerine Lidya Kralı bunu olumsuz bir belirti sayarak askerlerini geri çekmiş ve Med ordusu böylece herhangi bir direnişle karşılaşmadan Lidya' yı ele geçirmişti. Yukarda da değindiğim gibi Thales'in Güneş'in tutulacağını önceden haber verebilmesi için en az 200 yıllık bir süreyi kapsayan gözlem sonuçlarını incelemiş olması gerekiyordu. Thales'in elinde bu denli uzun bir süre içinde tutulmuş kayıtlar olamayacağına göre bunlar büyük bir olasılıkla Babillilerden kalmaydı. Babilli gökbilimcilerin yüzlerce yıl boyunca yaptıkları gözlemlerin sonuçlarını içeren bu kayıtlar çok sonraları İslamın doğuşunu izleyen dönemlerde de önemlerini sürdürmüşlerdi. "Kitaplı Kavimler" olarak tanımladıkları Yahudiler ve Hıristiyanların dışında kalan tüm halkları kılıçtan geçiren İslam orduları "ay kenti" Harran'ın kapılarına dayandıkları zaman Harranlıların kendilerine yüzlerce yıllık gözlem kayıtlarını içeren bir astrono-

mi kitabı göstermeleri üzerine kente girmeyip geri dönmüşlerdi. Böylece ölümden kurtulan Harranlılar bir yandan Güneş, Ay ve yıldızlara taparken diğer yandan da yeni gözlemler yapmayı sürdürmüşlerdi.

Matematik

Son yıllarda kil tabletlerdeki yazıları çözen Neugebauer'in bu çalışmasının da ortaya koyduğu gibi Babillilerin o çağda bilinen sayısal yöntemlerle yapmış oldukları tüm hesaplar çok yüksek bir doğruluk derecesine sahipti. Yine söz konusu tabletlerden anlaşıldığı üzere bu sadece ondalık sistem yerine altmışlı sistemin kullanılması ve ayın, gezegenlerin ve diğer bazı gökcisimlerinin görülme sıklıklarının titizlikle sayılıp kaydedilmesi ile sağlanmıştı. Altmışlı sistem günümüzde de dakika ve saniyeler için kullanılmaktadır.

Babil matematiği Mısırlıların kalkülüs ve geometri çalışmaları için de sağlam bir temel oluşturmuştu. Yunanlıların durumu ise pek iç açıcı değildi. En azından doğru dürüst bir sayısal sisteme sahip değillerdi; sayılar yerine harfler kullanıyorlardı ve bunlarla bugün bir ilkokul öğrencisinin bile kolaylıkla yapabildiği basit bir çarpma ya da bölme işlemini yapmaları olanaksızdı. Ünlü Archimedes bile büyük sayıların nasıl yazılabileceğini bulduğu zaman o denli sevinmişti ki oturup bu konuda bir kitap yazmıştı. Buna karşılık Archimedes'den en az 200 yıl önce Babilliler büyük sayıları yazabiliyor ve bunlarla hesap yapabiliyorlardı. Yunanistan' da geometri de Mısırlıların bu alanda eriştikleri düzeyin çok altındaydı. Bu duruma yol açan etkenlerin biri de denizcilikte çok ilerleyen ve yaptıkları gemilerle sürekli biçimde denizleri dolaşan Yunanlıların ne yerleşik gelenekleri, ne de diğer ulusların tanrılarına saygıları olmasıydı. Güneş kenti Heliopolis'de yaşıyorsanız güneş tanrısı Ra'ya saygı duyarsınız ama oraya ancak arada bir uğrayıp fazla kalmadan yolunuza devam ettiyseniz sizin evrenizde ne Ra'ya ne de diğer Mısır tanrılarına yer olmayacaktır. Yüzlerce yıl öncesinden gelen gelenekleriniz ve tanrılarınız olmadığı zaman da ancak kendi başınıza düşünerek bir takım sonuçlar çıkarabilirsiniz. İşte ilk Yunanlıların yaptığı da buydu.

Eski Yunanistan'da fiziğin gelişimini izlersek Yunanlıların zaman içinde geleneksel inanışlardan uzaklaşma ve bunların yerine yenilerini bulma çabası içine girdiklerini görebiliriz. Bu görüş özellikle geçmişte Küçük Asya adı ile bilinen Anadolu yarımadasının batı kıyılarındaki Efes ve Milet gibi önemli yerleşim merkezlerinin bulunduğu İyonya bölgesi için geçerlidir. Nitekim ilk Yunanlı bilim adamı olan Thales de Miletliydi. Eski çağlarda bu bölgede egemen olan kültürün Yunan kültürü ile doğudan gelen Babil ve Hitit kültürlerinin karışımından oluştuğunu biliyoruz. İsa'dan önceki beşinci yüzyılda Perslerin bugünki Yunanistan'ın yer aldığı bölgeyi ele geçirmeleri üzerine daha önce burada yerleşmiş bulunan çeşitli halklara mensup insanlar bölgeyi terkederek Güney İtalya ve Sicilya başta olmak üzere başka yerlere göç etmişlerdi. Böylece Yunan kültürü ilk ortaya çıktığı yer olan İyonya'dan sonra Napoli ve Sicilya Krallığı adı verilen ikinci bir yerleşim merkezinde de gelişmeye başlamıştır. Roma İmparatorluğu'nun kuruluşuna dek bu bölgede varlığını sürdürmüş olan Yunan kültürünün izlerini günümüz İtalyası'nda da görebilirsiniz.

Yunanistan'da Bilim

Şimdi de Yunan biliminin ne olduğuna ve nasıl geliştiğine bir göz atalım. Yunanistan'da bilim çok hızlı bir gelişme göstermiş olup 150 yıl gibi oldukça kısa bir süre içinde temel bilimsel kavramların büyük bir bölümü ortaya konmuş bulunmaktaydı. Bunların Yunanistan'ı oluşturan belli başlı yerleşim merkezlerinin tümünde aşağı yukarı aynı tarihlerde ve aynı sırayı izleyerek ortaya çıkmış olması bu merkezler arasında bilim alanında bir iletişim bulunduğunu göstermektedir. Bunun yanısıra yine bu merkezler arasında aynı dilin konuşulmasından, karşılıklı ticaretten ve bilgi alışverişinden kaynaklanan bir ortak kültür de oluşmuştur ki Yunanlılar buna Panhellenizm adını vermektedirler.

Başlangıçta insanların dünyaya ve evrene bakış açısı çok dardı: Üzerinde durdukları yer dünyaydı, yukarda gökyüzü vardı ve gökyüzünü herkes kendi yöntemleriyle ve kendi koşullarına uygun biçim-

de yorumluyordu. Eğer dümdüz bir ovada yaşıyorsanız gökyüzü sizin için bir çadırdı; kayalık arazide yaşıyorsanız bir mağaranın ya da taşlardan yapılmış bir kulübenin tavanıydı. Biraz daha ileri bir uygarlık düzeyine ulaşmış bir toplumun bireyi iseniz gökyüzünü dünyanın üzerine kapatılmış bir tas olarak yorumlayabilirdiniz. Kısacası, dünya ayaklarınızın altındaki, gökyüzü ise başınızın üzerindeki şeydi ve bu ikisinin arasında da size gereksinim duyduğunuz herşeyi sunan doğa vardı. Çok uzun bir süre insanlar başka bir açıklama aramadan yaşadılar, ama Mısırlılarla birlikte ortaya bir sorun çıktı, güneş nasıl açıklanacaktı? Önceleri insanlar her gün ayrı bir güneşin doğduğuna ve günün sonunda bunun ölüp yerini ertesi gün doğacak yeni güneşe bıraktığına inandılar, ancak bir süre sonra gemiler yapıp uzak ülkelere gitmeyi başardıkları zaman bunun böyle olmadığının ayırdına vardılar. Bu kez güneşin hep aynı güneş olduğunu, sabahları doğudaki dağların ardından çıkıp akşamları batıdaki dağların ardında kaybolduğunu ve ertesi sabah tekrar ortaya çıkmak üzere tüm gece boyunca dünyanın altında yol aldığını düşündüler. Bu gibi inançların Firavun mezarlarının içindeki duvar resimlerine de yansıdığını görüyoruz. Mısırlıların görüşüne göre eğer güneş her akşam ölüp her sabah yeniden doğuyorsa Güneş Tanrısı Firavunun da öldükten sonra yeni Firavunun bedeninde tekrar dünyaya gelmesi doğaldı. Hatta bir süre sonra dinsel inançların biraz daha "demokratikleşmesi" üzerine, öldükten sonra cansız bedeninin gerektiği gibi mumyalanması için yeterli parası olan ve mezarına öbür dünyadan geri gelmesine yardımcı olacak haritalar ve rehberler yerleştirilen herkesin bunu yapabileceği kabul edildi. Ölüler dünyasının haritaları çok ayrıntılı biçimde çizilmiş ve ölünün tekrar dünyaya gelmek için izlemesi gereken yollar ve belli noktalarda karşılacağı tehlikeler tek tek işaretlenmişti.

Bu tür boş inançlar bir yana, Güneş'in ve Ay'ın bu biçimde Dünya'nın çevresinde dolaştığı yolundaki görüş evrene ilişkin daha eski inançların yıkılmasına doğru atılan ilk adımdı. Daha sonra gökbilimciler biraz daha ileriye gidip Güneş'in, Ay'ın ve yıldızların varoluş amacının insanların saatleri, günleri ve ayları sayabilmeleri ve böylece zamanın geçişini hesaplayabilmelerini sağlamak olduğunu ileri

sürdüler. İncil'in Yaratılış bölümünde yer alan aşağıdaki söz de bu inanışı yansıtmaktadır "Ve Tanrı dedi ki gökyüzünde ışıklar olsun ki insanlar gece ile gündüzü birbirinden ayırabilsin ve bu ışıklar mevsimleri, yılları ve günleri göstersin"

Yunanlılar ise tüm bu görüşleri bir yana itip doğrudan gökyüzünün ne olduğunu araştırmaya giriştiler. Bir Babil efsanesine göre bir zamanlar tüm evreni dolduran ve çok büyük bir balina ya da timsaha benzeyen bir canavar varmış. Efsanenin kahramanı Güneş Tanrısı Marduk bu canavarı öldürdükten sonra kılıcıyla parçalara ayırmış ve böylece canavarın alt çenesi yeryüzü, üst çenesi ise gökyüzünü oluşturmuş. Bu efsaneyi biraz değişik bir biçimde yine İncil'in Yaratılış bölümünün ikinci yarısında bulabilirsiniz. Anlaşılan Yaratılış'ın ilk yarısını bir bilim adamı, ikincisini ise sıradan bir teknisyen kaleme almıştı, zira ikinci yarıda günler ya da mevsimler gibi karmaşık konulara hiç girmeden sadece topraktan nasıl insan yapılabileceği anlatılmaktadır. Bu durumda Yunanlıların ilk yarıdan yola çıktıklarını varsayabiliriz.

İlk Yunanlı düşünür Miletli Thales'in ileri sürdüğü teori suyla ilgiliydi. Thales'e göre önce su vardı ve diğer iki element, yani toprak ve hava sudan ayrılarak oluşmuştu. Su ilk elementti ve evrendeki herşey sudan yaratılmıştı. Bugün bizim için bu da bir efsanedir ama hiç olmazsa canavarlara ve güneş tanrılarına yer vermeyen, daha doğal bir efsane! Thales'in bu görüşü her yeni görüş için sözkonusu olduğu gibi bazı kişilerin desteğini kazanırken diğerlerince yeteri kadar inandırıcı bulunmamıştı. Örneğin Thales'e karşı çıkan Anaximander evrenin oluşumuna ilişkin kendi teorisini açıklamıştı. Anaximander'e göre yaşamın başlangıcında su değil bir tür sis vardı ve dünya başlangıçta bu sis ile kaplıydı. Bu sisin ötesinde bir ışık ve ateş katmanı bulunuyordu ve sisin içindeki deliklerden görünen bu ışık ve ateş güneşi, ayı ve yıldızları oluşturuyordu. Diğer bazı düşünürler ise dünyayı sonsuz bir suyun çevrelediğini ve dünyanın bu suyun üzerinde tahta bir tabak gibi yüzdüğünü söylüyorlardı. Bu kişiler belki de olabilecek başka bir biçim düşünemedikleri için dünyanın tabak gibi yuvarlak olduğuna inanıyorlar ve hatta kalınlığı ve genişliğine ilişkin ölçüler bile veriyorlardı. Dünyanın çevresindeki bu suya Okyanus Irmağı adı verilmişti zira uzak ülkelere giden tüc-

carlar döndükten sonra oralarda gördükleri suyun deniz gibi yerinde durmadığını, bazen ta içlere kadar sokulup bazen de çok uzaklara gittiğini anlatmaktaydılar. Herkesin bildiği gibi "deniz" Akdeniz'di, dünyayı çevreleyen su ise bundan ayrı olarak çok büyük bir ırmak - Okyanus Irmağı - idi.

Filozoflar

Tüm bunlar henüz mantık süzgecinden geçmesi tamamlanmamış ilkel bir dünya görüşünün yansımalarıdır. Bununla birlikte aynı dönemde güneş saati ya da gnomon ile zamanı ölçme, günleri ve yılları sayma ve Babil takvimini izleme gibi birtakım somut çalışmaların yürütüldüğünü de biliyoruz. İşte tam bu sıralarda bilime giden yolda çok önemli bir adım atıldı. İtalya'da yaşayan ve İtalyan ya da Sicilya okuluna mensup olan Yunanlı filozof Pythagoras günün birinde ortaya çıkarak matematiğin doğa ile bağlantılı olduğu görüşünü ileri sürdü ve herşey böyle başladı. Bundan önce kimse doğa ile matematik arasında bir bağlantı olup olmadığını düşünmemişti.

O günlerde filozof olarak bilinen kişiler kimlerdi ve ne gibi işlerle uğraşırlardı? Filozofların varlığı sadece Yunanistan ya da İtalya'ya özgü bir olgu değildi. Hindistan ve hatta Çin gibi uzak ülkelerde de filozoflar yaşıyordu. Bir filozofun toplum içinde özel bir yeri olurdu ve bu ünvanı taşıyan kişi genellikle sarayda yaşar, çeşitli "işaretlere" bakarak belli koşullarda ne yapılması gerektiği konusunda yöneticilere yol gösterirdi. Filozoflar, özellikle de Çinli filozoflar, çoğu zaman yöneticilerle olan ilişkilerinde çok incelikli bir politika izlemek zorundaydılar. Bir tarihte Çin'de çok kanlı bir iç savaş sonucunda ülke yönetimi Han hanedanının eline geçmişti. Yeni İmparator, "Ben bu ülkeyi at üzerinde kazandım, at üzerinde yöneteceğim"diyerek tüm filozofların saraydan atılmasını buyurdu, ama bunlardan biri kendisine inananların yardımıyla sarayda kalabilmeyi başardı. O sırada İmparator zaferini kutlamak için tüm generallerinin ve sadık adamlarının katılımıyla büyük bir şölen düzenlemişti. Şölende bu kişilerin arasında kimin İmparator'a daha yakın oturma onurunu hak ettiği konusunda bir tartışma başladı ve kısa za-

manda iş çığırından çıktı. O ana dek olayları oturduğu yerden sakin bir biçimde izleyen filozofumuz İmparator'un yanına giderek şöyle dedi: "Eğer beni dinlemiş olsaydınız huzurunuzda herkesin nasıl davranması gerektiği ve yerinin neresi olduğunu belirleyen kesin kurallar bulunur ve böyle bir olay çıkmazdı" Bunun üzerine İmparator filozofa hak verdi ve böylece gerek imparatorluk sarayında, gerekse tüm ülkede düzen geri geldi. Bu öykünün de gösterdiği gibi filozofların bir görevi de toplumsal düzeni sağlamak ve kişilerin yönetim ya da toplum içindeki davranış biçimlerini yönlendirmekti. Bunun yanısıra geleceği okumak, hastaları iyileştirmek ve sıradan insanların yapamadığı diğer birtakım işleri yapmak da filozoflara düşerdi. Örneğin, filozofların en büyüklerinden biri olan Solon, Atina kenti için baştan sonra yepyeni yasalar düzenlemiş, her konuda gerek yönetimin gerekse halkın uyması gereken kuralları ayrıntılı biçimde anlatmıştı. Aslında bir yerde bir ülkeyi düzene sokmakla tüm dünyaya bir düzen getirmeye çalışmak çok da farklı şeyler değildi ve Pythagoras'ın da yapmak istediği buydu. Diğer yandan, bir ülke ya da kent düşmanın eline geçtiği zaman filozoflar ya herkesle birlikte kılıçtan geçirilir ya da oradan kaçıp başka bir yerde kendilerine başka bir koruyucu bulurlardı. Pythagoras da günün birinde Atina'dan kaçarak Güney İtalya'daki Kroton kentine sığındı ve burada ilk felsefe okulunu kurdu.

Pythagoras

Şimdiye dek sadece filozoflardan bahsettik ve bunların "çömezleri" ya da öğrencilerine, yani belli bir filozofun öğretilerini benimseyerek onun yolundan giden kişilere değinmedik. Bunun nedeni ne Thales'in ne de diğerlerinin çevresinde böyle bir grubun oluşmamış olmasıydı. Bu geleneği başlatan Pythagoras olmuştur. Bu filozof çok sıkı kurallarla yönettiği bir felsefe okulu kurmuştu. Bu kuralların bir bölümünün mantığa dayalı olmasına karşılık diğer bir bölümünün görünürde anlaşılır bir nedeni yoktu. Örneğin Pythagoras'ın okulunda fasulye yenmesi kesinlikle yasaktı ve büyük filozof bu kurala herhangi bir açıklama da getirmemişti; kimbilir, belki de bunun fasulyenin gaz

yapması gibi basit bir nedeni vardı. Doğal olarak bu okulda öğretilenler arasında ünlü Pythagoras teoremi de bulunmaktaydı.

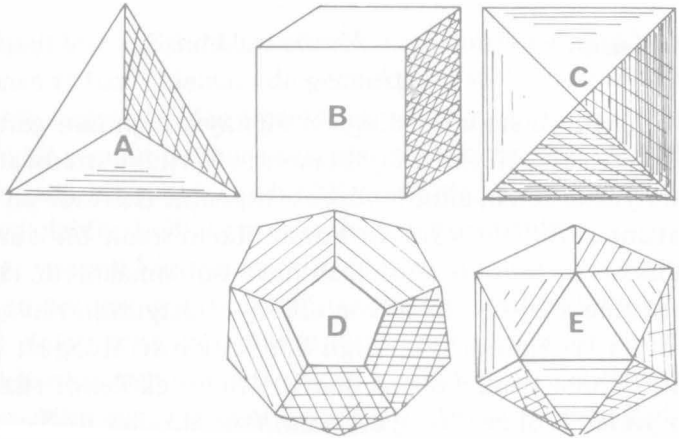
Bu teoremi herkes tanır ama çok az insan bunun gerçekte Pythagoras'ın buluşu olmadığını bilir. Bu teorem Pythagoras'tan çok önce de bilinmekteydi. Babillilerin kil tabletlerinde kenarlarının uzunlukları verilmiş olan dikaçılı üçgenlerden oluşan uzun listeler vardır, hatta bu ölçülerde kesirli sayılar bile kullanılmıştır. Yine üçgenlerle ilgili olarak uzun listeler halinde tamsayılardan oluşan uzunluk ölçüleri ve bunun yanısıra kare ve küp köklerini veren tablolar da bu kil tabletlerde yer almaktadır. Babilliler matematikte gerçekten de oldukça ileri bir düzeye erişmiş bulunuyorlardı.

Pythagoras teoreminin kendisi gibi kanıtı da Pythagoras'dan çok sonra bulunmuştur. Pythagoras'ın tek yaptığı bu teoremin varlığını açıklamaktı. O zamanlar teoremin ortaya koyduğu gerçeğin tam olarak algılanması olanaksızdı ve bu durum Pythagoras'ın kendisi de dahil olmak üzere herkes tarafından doğanın bir sırrı olarak kabul edilmişti. Evet, gerçekten de bir dikaçılı üçgenin hipotenusunun karesi üçgenin diğer iki kenarının karelerin toplamına eşitti, ama bunun neden böyle olduğunu kimse bilmiyordu. Görünüşte Babilliler ve Mısırlılar da bunu açıklayamamıştı (Gerçi elimizde Babil ve Mısır dönemlerine ait çok iyi yazılmış ve teoremleri kanıtları ile birlikte veren belgeler olmadığı için kil tabletlerde ileri sürülen görüşlere ilişkin açıklama ve kanıtların bulunup bulunmadığından hiç bir zaman emin olamayız). Tabletlerde sadece "yarım piramitin hacmini bulmak için şu sayı bununla çarpılır ve çıkan sayının kare kökü alınır" gibi birtakım yöntemler yer almakta, bunun neden böyle yapılması gerektiği açıklanmamaktadır. Diğer yandan Yunanlıların bir süre sonra kanıt kavramını geliştirmeye başladıklarını biliyoruz. Bu noktaya nasıl vardıklarını ise ancak tahmin edebiliriz. Bana kalırsa bu gelişme Yunanlıların hukuk alanında çok ileri bir düzeyde bulunmalarından kaynaklanmıştır. Bir görüşün ya da önerinin ileri sürülmesi, tartışılması ve sonuçta kabul edilmesi ya da kanıtlanması, yargıç önünde ortaya konan, tartışılan ve şöyle ya da böyle bir yargıya varılması ile sonuçlanan bir davadan çok da farklı yöntemler gerektirmez. Belli önermeleri alır, bunları aksiyomlar olarak kabul eder ve bu aksiyomlardan yola çıkarak yeni görüşlere varırsınız.

Pythagoras'ın bilime katkısı matematik alanı ile sınırlı kalmamıştır. Bugün bildiğimiz biçimiyle fiziğin ortaya çıkışını hazırlayan, müzikte armoni konusunu araştıran ve bir söylentiye göre de yaylı çalgılarda tellerin uzunluğu ile çıkan ses arasındaki bağlantıyı bulan da Pythagoras'tır. Diğer yandan ilk yaylı çalgılar Pythagoras'dan da, armoni kurallarından da çok önce yapılmıştı. Bunlar da günümüzdekiler gibi akort ediliyorlardı ve perdeleri vardı. Dünya yüzünde kullanılan her tür çalgıda bulunan perdeler doğal armoni diyebileceğimiz bir yöntemle, yani insanların çalgılardan çıkarılabilen tüm sesler arasında kulaklarına daha hoş gelenleri seçmeleri ile bulunmuştur. Perdeleri sayılarla tanımlayan, oktavı ve diğer birtakım armonik özellikleri bulan Pythagoras armoninin çok büyük önem taşıdığına inanıyordu. Buradan yola çıkarak armonik sıralama dediğimiz düzeni bulmuş ve böylece matematiği ilk kez fizikle birleştirmişti. Pythagoras matematiği bugün matematiksel fizik adını verdiğimiz bilim dalının doğuşunu temsil etmektedir.

Pythagoras'ın ilgisini çeken diğer bir konu da geometrik biçimlerin özellikleriydi. Daha önce değindiğim dikaçılı üçgenlerin yanısıra poligonlar ve çeşitli biçimlerdeki üç boyutlu cisimler de Yunanlı matematikçilerin ilgilendiği konular arasında yer alıyordu. İlerde Platon'dan söz açtığımız zaman da göreceğiniz gibi ortaya kutsal olarak kabul edilen beş ayrı biçimdeki cisimden oluşan bir tablo çıkmıştı. Bu cisimler o zamanki insanların inancına göre kutsaldı, ama bunun yanısıra oldukça pratik amaçlarla kullanılmış oldukları da tartışılmaz.

Pythagoras ve Platon gibi filozofların yaşadığı çağlarda insanlar kehanet ya da falcılık dediğimiz şeye, yani tanrıların onlardan ne istediğini ve kendilerini gelecekte nelerin beklediğini öğrenmeye çok büyük önem verirlerdi. Geleceğe ilişkin olarak bilmek istedileri şeyler çoğu zaman belli bir günün meyve ağacı fidelerini dikmek ya da yolculuğa çıkmak için uygun bir gün olup olmadığı, yani o işin o gün yapılmasını tanrıların onaylayıp onaylamadığı gibi pratik şeylerdi. Başlangıçta bu amaçla kendilerine başvurulabilecek kişilerin sayısı çok az olduğu için bu hizmetten ancak krallar ve soylular yararlanabiliyordu, ama zamanla felsefe okullarının yaygınlaşması ve bilgelik düzeyine eren kişilerin artması ile bu alanda da bir "demokratikleşme" ortaya çıktı. Kehanetlerin bir bölümü başta kuşlar olmak üzere çeşitli hayvanların davranışla-



Şekil 25. Beş geometrik cisim: (A) Tetrahedron (dört yüz); (B) Küp (altı yüz); (C) Oktahedron (sekiz yüz); (D) Dodekahedron (on iki yüz); (E) İkosahedron (yirmi yüz). Her cisimde tüm yüzler yüzey ve biçim yönünden birbirine eşittir.

rına -kimi zaman da iç organlarına -bakılarak yapılıyordu. Örneğin eğer kuşlar belli bir yöne uçuyorsa bu aynı yöne gidecek bir yolcu için olumlu bir işaretti, ya da bir hayvan kesilip içine bakıldığında olağandışı bir şey görülürse kötü bir olayın olacağı anlaşılırdı. Böylece burada işin içine biyolojinin de girdiğini görmekteyiz. Diğer bir falcılık yöntemi de belli geometrik biçimlerdeki birtakım cisimlerin bugün bizim zar atmamıza benzer biçimde kullanılmasıydı. Başlangıçta bu amaçla kullanılmış olan zarlar doğal maddelerden elde edilen küçük kristallerdi. Bunların arasında en yaygın olanı pirit ya da ateştaşı dediğimiz taştan yontulan küp biçimli zardı. Önceleri sadece fal bakma amacıyla kullanılan bu zarlarla insanlar daha sonra çeşitli oyunlar da oynamaya başlamışlardı. Zarlarda küpün yanısıra diğer bazı geometrik biçimlerin de kullanıldığını görüyoruz. Bunların arasında on- iki yüzden oluşan *pentagonal dodekahedron*, yirmi yüzlü *ikosohedron*, piramit biçimindeki *tetrahedron* ve birbirine yapışık iki piramiti andıran *oktahedron* bulunmaktaydı. Böylece küple birlikte beş ayrı geometrik biçimde cisim ortaya çıkmıştı *(Şekil 25)*. Bunlara verilen önem zaman içinde Çin'de ve Yunanistan'da ortaya çıkan ve insanların büyük ilgisini çekmesine karşın aslında yanıltıcı olan yeni bir düşünce tarzına yol açtı. Sınıflandırma yoluyla tanımlama adını verebileceğimiz bu yeni akımın örneklerine aşağıda değineceğim.

Elementler

Antik Çağda insanların dünyayı algılayış biçimine geri dönüp eski bir inancı temsil eden üç elementin varlığını anımsatmak istiyorum: Ayaklarımızın altında toprak, toprağın üzerinde su ve bunların üstünde de Çinlilerin ve Yunanlıların uzun bir süre adını koyamadıkları üçüncü element olan hava bulunmaktaydı. Hava çok önemliydi ama gözle görülemiyor, elle tutulamıyordu. Havayla ilgili olarak daha iyi tanınan bir olgu ise rüzgârdı. Rüzgârı duyumsayabilir, dahası yanaklarınızı şişirip üfleyerek kendi rüzgârınızı kendiniz yapabilirdiniz. Bu üç elementin yanısıra bir de Sicilyalı filozof Empedocles'in en önemli element olarak tanımladığı ateş vardı. Ateş en eski çağlardan bu yana kutsal bir varlık olarak görülmüş ve tanrılaştırılmıştı. Bugün de dünyanın bazı yerlerinde ateşe tapan insan toplulukları yaşamaktadır. Yeryüzündeki ateşin yanısıra gökte de güneş ve yıldızların ateşi bulunuyordu. Ateş en yüce, en soylu element olmasının yanısıra olağanüstü bir güce de sahipti. Bronz Çağında metalleri eritip kalıplara dökerek yeni araç ve gereçler yapabilmek için ateşin bu gücünden yararlanılmıştı. Yine aynı çağda insanlar o güne dek toprağa gömdükleri ya da ağaç gövdelerinin içine yerleştirdikleri ölülerini en azından başka bir biçimde yanlarında bulundurabilmek için yeni bir yol buldular. Toprakla karışık, biçimsiz ve kirli bir maden filizini ateşte erittiğiniz zaman geriye tertemiz, pırıl pırıl bir damla metalin kalması gibi ölü bir beden de yakıldığı zaman tüm pisliklerinden arınıyor ve geriye ölen insanın en temiz, en soylu ve ateşin bile yokedemediği en güçlü yanını simgeleyen bir avuç kül kalıyordu. Böylece toprak bir kabın içine konarak evin en saygın köşesinde saklanan bu kül ölü ile yaşayanlar arasındaki bağların da tümüyle kopmamasını sağlıyordu.

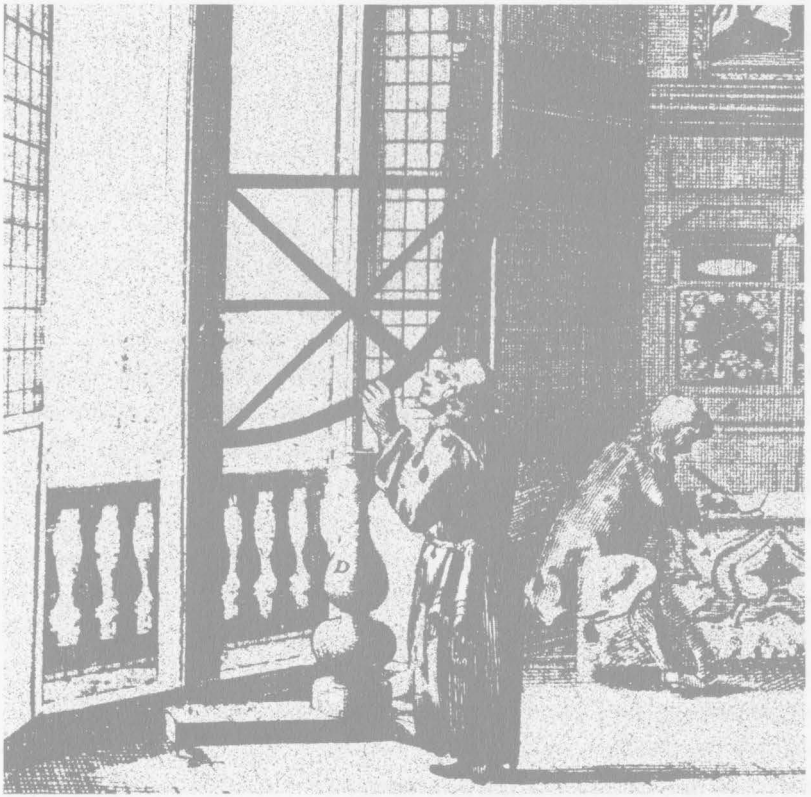
Toprak, su, hava ve ateşten oluşan dört ana elementin varlığının kabul edilmesiyle ortaya yeryüzü ve gökyüzünü kapsayan ve klasik olarak tanımlayabileceğimiz bir dünya görüşü çıkmıştı. Bugün bizim element olarak nitelediğimiz şeylerin arasında bu dördünün adı geçmiyorsa da bir bakıma tüm elementlerin bunlardan türediği düşünülebilir. Biz elementleri harflerle tanımlıyoruz. Yunanlıların dört

ana element için kullandıkları sözcük olan *Stoicheion* eski Yunanca'da aynı zamanda harf anlamına da gelmekteydi ve bu dört elementin ortaya çıktığı çağda (İsa'dan önceki sekizinci ya da yedinci yüzyıl) aynı zamanda ilk yazının bulunmuş olması da ilginçtir. Toprak ve hava bir çok elementin karışımıdır, su bir bileşiktir, ateş ise herhangi bir şey ya da herşey olabilir; belli bir madde değil, bir durumdur.

Diğer yandan Yunanlılar bu konularla uğraşmıyorlardı. Onları ilgilendiren tek şey dört elementin belirgin biçimde tanımlanmış olması ve dolayısıyla bu konuda kuşkuya yer kalmamasıydı. Daha sonra diğer bir takım elementlerin varlığının da kabul edilmesiyle bir adım daha atıp elementlerin biçim değiştirebileceğini de ileri sürdüler. Örneğin bir odun parçası ateşin içine konduğu zaman önce tıslama gibi bir ses duyuluyor ve odundan su damlacıkları çıkıyor, ardından bunlar buhara dönüşüyor, sonra odun bir süre tütüyor ve arkadan alev alıyor, tümüyle yanıp bittiği zaman da geriye kül kalıyordu. O halde insanın kendisi de dahil olmak üzere doğadaki herşey tüm elementlerin karışımından oluşuyordu ve bunların en soylusu olan ateş diğerlerinin tümünü küle-yani bir tür toprağa-dönüştürecek güce sahipti. Toprak katı olan herşeydi ve bu tanımlamaya giren tüm maddeler katışıksız olmaları koşuluyla suda batarlardı. Buna karşılık bir tahta parçası hava içerdiği için suyun üstünde yüzerdi. Toprak suyun dibine gider, hava suyun üstünde kalırdı. Su havada aşağı doğru hareket eder, ateş ise ait olduğu yere, gökyüzündeki tanrısal ateşin yanına gitmek istediği için hep yüksek-lere tırmanırdı. *İkosahedron* diğerlerine katılıncaya dek başlıca dört geometrik cismin var olduğuna yukarda değinmiştim. Bunların her biri dört ana elementten birini simgelemekteydi. Daha sonra yirmi yüzlü ikosahedronun da bulunması üzerine buna karşılık gelen beşinci bir elementin de olması gerektiği düşünüldü ve bunun için o zamanlar evrendeki tüm boşlukları doldurduğuna inanılan ve eter (ya da esir) adı verilen sanal bir madde seçildi. Eter çok gizemli bir şeydi; gözle görülemiyor, elle tutulamıyor, neye benzediği hayal bile edilemiyor ve bilinen hiç bir yöntemle varlığı kanıtlanamıyordu, ama yine de var olduğuna inanılıyor ve hatta ateşten bile üstün bir element olarak görülüyordu.

Dünya uzun bir süre tüm evrenin merkezi olarak kabul edildi. Bunun yanısıra Güneş, Ay ve gözle görülebilen Merkür, Venüs, Jüpiter, Mars ve Satürn gezegenlerinin varlığı biliniyordu. Bu beş gezegen ile Güneş ve Ay'ın herbirinin o zaman tanınan yedi metalden birine karşılık geldiği düşünülürdü. En güçlü, en kutsal gök cismi olan güneş elbette ki altındı. Ay gümüş, Jüpiter (nedense) teneke, kırmızı renkli olan Mars demirdi. Venüs belki de adını taşıdığı tanrıça zengin bakır yataklarının bulunduğu Kıbrıs'ta doğduğu için bakır, en ağır hareket eden Satürn kurşun, Merkür ise doğal olarak civa (mercury) idi. Bu arada adını aşk tanrıçası Venüs'ten alan gezegenin bir özelliği de sonradan anlaşılmıştı: İnsanlar uzun bir süre Venüs'ün sabah yıldızı olduğuna ve ayrıca bir de akşam yıldızı olarak tanımladıkları diğer bir yıldızın bulunduğuna inanmışlardı. Ancak yıllar boyu yapılan gözlemler sonucu gökyüzünde sabah yıldızı göründüğü zaman bir önceki gece akşam yıldızının görünmemiş olduğunun, akşam yıldızının göründüğü gecelerin sabahında ise sabah yıldızının ortaya çıkmadığının farkına varılmasıyla aslında bu ikisinin tek bir yıldız olduğu anlaşılmıştı.

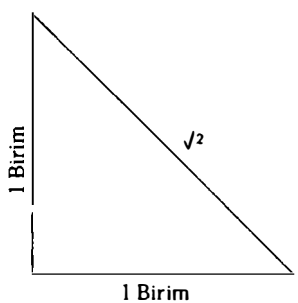
Çinlilerin elementleri Yunanlılarınkinden biraz farklıydı. Çin inanışına göre en önemli element topraktı ve bunu su ve ateş izliyordu, ama bu üçünden sonra tahta ve demir gibi oldukça kullanışlı iki element daha geliyordu. Diğer yandan Çinliler bu elementler ile başta renkler ve yönler olmak üzere aklınıza gelebilecek hemen her şey arasında bağlantılar kurmuşlardı. Ateş kırmızı renk ve güney ile bağlantılıydı; tahta yeşile ve geniş ormanların bulunduğu doğuya, su siyaha ve kuzeye, demir beyaza ve demir madenlerinin bulunduğu batıya karşılık geliyor ve nihayet sarı renkle bağdaştırılan kutsal element toprak ise tüm Çin İmparatorluğu'nu simgeliyordu.



Eski Yunanistan'da Fizik

Şimdi de fiziğin kökenlerini araştırmak üzere Yunanistan'a geri döneceğiz. Biz fiziğin ne olduğunu biliyoruz, ama eski Yunanlıların bu konuda pek fazla bir bilgisi yoktu ve bugün bizim biyoloji, teoloji ve fizik olarak ayrı başlıklar altında topladığımız konuları birbirinden ayırdedebilmeleri olanaksızdı. Bu ayırım ancak İsa'dan sonraki beşinci yüzyılın başlarında gerçekleşmeye başlamış olup, kendi çalışmalarını matematik ve fizik olarak iki farklı yönde geliştiren Pythagoras'ın böylelikle bu alanda da öncülük ettiği söylenebilir.

Matematikle ilgili olarak burada değinmek istediğim tek şey Pythagoras'ın çalışmalarından yola çıkılarak varılan irrasyonel sayılar konusudur, ki bunu da Pythagoras'ın kendisi bulmamıştır. *Şekil 26*'da iki birim kenarı olan dikaçılı bir üçgen görüyorsunuz. Dikaçılı üç-



Şekil 26. Pythagoras teoremine örnek oluşturan iki birim kenarlı dikaçılı üçgen.

genler konusunda Pythagoras'ın karşısına bir sorun çıkmıştı. Pythagoras hipotenüsün karesinin iki birim olduğunu ileri sürmekteydi ve dolayısıyla hipotenüs bugün bizim kök 2 olarak adlandırdığımız şey oluyordu. Peki ama bu neydi? Kök 2 ölçülebilirdi ama hesaplanabilir miydi? Sayısı neydi? Pythagoras'ın öğrencilerinden biri (kim olduğunu bilmiyoruz) kök 2 için bir sayı bulunamayacağını, zira düşünülebilecek hiç bir sayının tam anlamıyla uygun olmadığını ileri sürmüştü. Yunanlıların sayıları bizimkilerden farklı olduğu için 1.414 ya da benzeri bir sayı yazamazlardı. Ortada onları şaşırtan bir durum vardı: Dünya yüzündeki en mantıklı şey olması gereken sayıların tam sayılar ya da bunların kesirleri ile tanımlanamaması evrenin düzenine ters düşüyordu. Bilinen mantık kurallarına uymayan bu ve benzeri çelişkiler Yunan felsefesinin matematiksel bölümünün içinde önemli bir yer tutar. Tam sayıların yanısıra irrasyonel sayıların, bir takım köklerin ve π gibi soyut kavramların da bulunması Yunanlı matematikçiler için sürekli bir sıkıntı kaynağı oluşturmaktaydı. Bu sorundan kaçabilmek için buldukları yol ise sayıları tümüyle bir yana bırakıp bunun yerine, mantıksal çelişkiler içermeyen geometrik kavramlarla uğraşmak olmuştu. Diğer yandan Euclid'in ortaya koyduğu gibi çizgilerin belirtilmemiş uzunluklarından büyük uğraş gerektiren mantıksal sonuçlar çıkarılması da olanaksız değildi. Burada Yunan matematiğine fazla yer vermeyi düşünmediğim için bunları bir yana bırakıp Pythagoras'ın matematikle ilgili olarak fizik ve felsefe alanlarında birbirinden tümüyle farklı iki önemli gelişmeye yol açan çalışmalarına değinmek istiyorum. Aslına bakılırsa Pythagoras'ın yaptığı şey ilke olarak evreni matematiksel yoldan tanımlamaktı. Buna iki yönlü olarak bakabiliriz: Var olan tek gerçek sayılardır ve bunun dışında kalan evren düş ürünüdür, ya da sayılar gerçek şeylere karşılık gelir. Örneğin nelere? Bu konuda ortaya atılan ilk görüş Güney İtalya'da yaşayan Eleali Parmenides'e aittir. Çok katı ve tutucu görüşlere sahip olan bu düşünür dünyanın kusursuz bir küre olduğunu ve bunun aksini düşündürten tüm belirtilerin yanılgıdan kaynaklandığını ileri sürüyordu. Parmenides'e göre evrende bu denli bir karmaşıklık varken gerçekten güvenilebilecek tek şey birin bir olduğu idi. Bu fazlasıyla basit bir teori gibi görünse de matematikçilerin büyük ilgisini çeken görüşlerin doğma-

sına yol açmıştı. Bu bağlamda Parmenides'in öğrencisi Zeno tarafından ortaya konulan bazı paradokslar bugün dahi çözümlenebilmiş değildir. Zeno bir yayla fırlatılan bir oktan bahseder: Ok ya buradadır ya değildir; eğer hareket halinde ise bu arada nerededir? *Ara* nedir? Tüm matematiksel ve analitik görüşler Zeno'nun paradokslarında saklıdır. Bu paradoksların bir bölümü diğerlerine kıyasla daha az önem taşır. Örneğin Achilles ve kaplumbağa paradoksuna göre kaplumbağa her zaman Achilles'den önde olmayı başarır zira Achilles ilerledikçe kaplumbağa da ilerleyecek ve böylece Achilles hep geride kalacaktır. Bu ve benzeri paradokslar o zamanlar bizim bugün yaptığımız gibi matematiksel mantık örnekleri olarak kullanılmayıp, insanın gözleriyle gördüğü her şeye inanmaması gerektiği zira dış görünüşün aldatıcı olduğu yolundaki görüşü kanıtlamaya yaramaktaydı.

Atomlar

Biraz evvel değindiğim ikinci önemli gelişme ise bizi Leucippus ile başlayıp sayıların gerçeklere uygulanması konusunda ilk akla gelenlerden biri olan Democritus'a getirmektedir. Gerçek şeyler herkesin görebildikleri değil, evrende var olan temel öğelerdir. Diğer yandan Leucippus'dan önce de çeşitli görüşler ortaya çıkmaya başlamıştı. Heraclitus, Empedocles ve diğerleri dünyanın çeşitli biçimler alabilen çok küçük tohumlarla dolu olduğuna inanıyorlardı. Democritus ise aslında bunların çok sert, kırılmaz ve bölünemez *(a-tomos)* cisimler olduğunu ve çeşitli geometrik biçimlerde biraraya geldikleri zaman çeşitli görüntüler oluşturduklarını ileri sürüyordu. Bu görüntüler gerçekti zira gerçek şeylerden, atomlardan oluşuyorlardı. Peki, dünyanın geri kalanı neydi? Democritus dünyanın geri kalanı diye bir şey olmadığına inanıyor ve a'tomos dışında kalan dünyanın bir hiç, büyük bir boşluk olduğunu söylüyordu. Yani dünya atomlardan ve boşluktan oluşuyordu. Atomlar hareketsiz değildi, sürekli olarak boşlukta dolaşıyor ve değişik biçimlerde biraraya gelerek çeşitli görünümler alıyorlardı. Doğal olarak bunlar çok genel görüşlerdir ve bu gibi görüşlerden yola çıkıldığı zaman bir süre sonra bir ta-

kım sorunlarla karşılaşmamak olanaksızdır. Yunanlıların başına gelen de buydu.

Atomların varlığına ilişkin bu ilk görüşler bir süre sonra materyalist ve oldukça tehlikeli görülen bir felsefe akımı yarattı. Çok daha sonralara rastlayan Romalılar döneminde bu akımın başta gelen isimleri Epicurus ve öğrencisi Lucretius olacaktı. Epicurus atom görüşünü daha insanca bir yaklaşımla ele almış ve bu görüşe madde olarak düşünülmeyecek bazı şeyleri de (örneğin, düşünce atomları gibi) katmıştı Epicurus'a göre atomlardan oluşan bir dünyada yaşayan insanların başlıca amacı bu yaşamdan zevk almak olmalıydı. Epicurus'un kendisi oldukça rafine zevklere sahipti ve bu nedenle Bahçe Filozofu olarak tanınmıştı. Çok basit bir yaşam sürmekten ve zamanının büyük bir bölümünü dostları ve öğrencileri ile felsefe konularını tartışmakla geçirmekten hoşlanan Epicurus için ne tanrıların ne de insanı bekleyen görevlerin önemi vardı. Bu yaklaşım bir süre sonra Epicurus'un çağdaşları olan Stoalar tarafından ağır biçimde eleştirilmiştir.

Yukarda değindiğim konularda bugün elimizde gerçek anlamda bir belge yoktur. Örneğin hiç bir kütüphanede Thales'in herhangi bir eserini ya da onun tarafından söylendiği tartışılmaz olan bir sözün yer aldığı bir kitabı bulamazsınız. Bulabileceğiniz tek şey Thales konusuna ilişkin ikinci ya da üçüncü elden anlatımlardır. Aynı şeyi Pythagoras için de söyleyebiliriz. Thales, Pythagoras ve diğerleri geride herhangi bir belge bıraktıysalar bile böyle bir belgenin günümüze dek varlığını sürdüremediği kesindir. Buna karşılık Roma dönemi düşünürlerine ait çok sayıdaki eser bugün hâlâ okunabilmektedir. Bunlardan biri de tüm evrene ilişkin görüşlerini kaleme alan Lucretius'un *De Rerum Natura* (Maddenin Doğası) başlığını taşıyan ve çok uzun bir şiir görünümünde olan altı ciltlik eseridir. Bu kitapta Lucretius (İsa'dan önceki son yüzyıl) atomlardan oluşan dünyayı anlatmıştır.* Bu eserden bazı alıntıları aşağıda bulacaksınız:

> *Cisimler atomlardan ve atom bileşiklerinden oluşur. Atomların kendileri hiç bir kuvvet tarafından yokedilemez zira sonsuza dek dayanacak kadar güçlüdürler.*

* Lucretius, *The Nature of the Universe*, Penguin Classic, Londra, 1951

Tek parçadan oluşan ve hiçbir biçimde yokedilemeyen bazı cisimler vardır ki bunlar atomlardır ve öğretimize göre bu atomlar evreni oluşturan herşeyin tohumları ya da temel biçimleridir.

Bu tek parça ve bölünemez durumdaki madde birimleri ne dışardan gelebilecek herhangi bir saldırı ne de kendi içlerinde oluşan bir değişim ile ortadan kaldırılabilir. Bu nedenle tüm cisim ve maddeleri oluşturan bu atomların sonsuza dek varolacaklarını düşünmekteyiz.

(Son olarak da genetik konusunu ele alan şu alıntıya bakalım:)

Hiç bir tür değişime uğramaz ve her biri o denli aslına sadık kalır ki her türdeki kuşun bedeninde o türe özgü işaretler bulunur. Eğer atomlar herhangi bir biçimde değişebilseydiler sonuçta ortaya neyin çıkacağı bilinemez ve birbirini izleyen kuşakların hiçbiri bir öncekinin görüntüsünü ve davranış biçimlerini gösteremezdi.

Gördüğünüz gibi burada atomlar ve kalıtım teorisi birlikte ele alınmaktadır. Bu karışımın tam anlamı ancak içinde yaşadığımız çağda DNA moleküllerinin bulunmasıyla ortaya çıkmıştır.

Lucretius atomların hareket ettiğini ve bunun sonucunda değişik biçimlerde biraraya gelerek evrendeki çeşitliliği oluşturduklarını söylemekteydi. Burada bir sorun çıkıyordu: Atomların boşlukta sınırlı hareket ya da hatta hareketsizlik denebilecek bir biçimde dolaştıkları varsayılıyordu. Önceleri bu hareketin sadece düz bir çizgiyi izlemek ya da boşlukta düşmek biçiminde olması gerektiği düşünülmüştü. Burada düşme hareketinin zorunlu olduğu görüşünden yola çıkıldığını anımsamalıyız. Buna karşılık cisimlerin boşlukta düşmeden durabilecekleri ya da her yönde "düşebilecekleri" akıl almaz bir şeydi. Atomların boşlukta öylece durabilmeleri olanaksızdı, mutlaka düşme durumunda olmaları gerekiyordu. Diğer yandan atomlar sürekli biçimde düşme halindeyseler evrendeki herşeyi oluşturabilmek için bir araya gelmeyi nasıl başarıyorlardı? Lucretius buna da bir yanıt bulmayı denedi ve böylece teorinin zayıf noktası ortaya çıkmış oldu:

Atomlar bir ölçüde yanlara doğru da hareket ederler, ama bu çok belli belirsiz bir harekettir; aksi taktirde yatay bir hareket sözkonusu olur ki gerçekler bunun böyle olmadığını göstermektedir. Evrende varolanı hiçbir güç değiştiremez, zira hiçbir madde evrenin dışına kaçamayacağı gibi evrenin başlangıcında varolmayan hiçbir güç de sonradan evrene girmeyi ve maddenin doğasını değiştirip hareketini tersine çevirmeyi başaramaz.

Buradaki temel görüşleri farkettiniz mi? Atomlara ilişkin bu ilk yorumlar değişerek de olsa günümüze dek geldikleri gibi özgün biçimleriyle bile çok güçlü bir gözlem yeteneğine ve fizik sezgisine işaret etmektedirler. Burada ileri sürülen görüş evrende varolan madde ve biçimlerin temel özelliklerinin ve dolayısıyla atomların da asla değişmediğidir. İçinde bulunduğumuz yüzyıla dek geçerliğini korumuş olan bu görüşün içermediği sadece iki şey vardır: Fizik alanında atomun parçalanabilirliği ve biyoloji alanında mutasyon teorileri. Lucretius aynı türdeki kuşların tüylerinin tüm kuşaklarda aynı renk ve desenleri taşıdığına inanıyordu. Belli bir türden farklı renk ve desenlere sahip yeni bir tür kuşun ortaya çıkabileceği ya da ördeklerle kuğuların ortak bir ataları bulunabileceği görüşü henüz ortaya atılmamıştı. O zamanlar oldukça kısa bir zaman dilimini ele alırdınız ve bunu incelediğinizde gerçekten hiçbir şeyin değişmemiş olduğunu, herşeyin dönüp dolaşıp başlangıç noktasına geldiğini ve tüm değişikliğini sadece aynı öğelerin farklı biçimlerde biraraya gelmesinden kaynaklandığını görürdünüz. Bu görüş Lucretius ile başlamış ve Darwin'e dek tüm bilim tarihi boyunca geçerliğini korumuştur.

Diğer yandan atomlarla ilgili teorinin zamanının çok ötesinde olduğunu ve o dönemin tüm inanışlarına ters düştüğünü, dinsel ve toplumsal nedenlerle çok tehlikeli bir görüş olarak kabul edildiğini biliyoruz. Yol açtığı tepkiler dolayısıyla bu teori uzun bir süre için bir yana bırakılmış ve bunun yerine maddenin temelinde yatanın atomlar değil, sürem *(continuum)* olduğu görüşünü savunan eski felsefeye dönüş yapılmıştı.

Tiranlar

Burada biraz Yunan tarihine girmek istiyorum, zira bu aşamada bunun konumuzla ilgisi bulunmaktadır. Daha önceki bölümlerde değindiğim ilk filozoflar eski Yunanistan'ı oluşturan topraklarda kurulmuş olan küçük kent -devletlerde yaşamışlardı. Bu kent-devletler ya da siteler köklü aileler ve toprak sahibi soylular tarafından yönetilmekteydi. Bir süre sonra buralarda yaşayan tüccarların bir bölümü çok varlıklı ve güçlü bir konuma eriştiler. Soylu olmadıları için kendilerini hor gören yöneticilere karşı ayaklanan ve onları öldüren ya da kaçmak zorunda bırakan bu kişiler yönetime el koydular. Böylece Yunanlıların *tiran* adını verdiği yeni bir tür yönetici ortaya çıktı. İsa'dan önce altıncı yüzyılda Atina'da egemen olan Pisistratus bu tiranların en ünlülerinden biridir. İyonyalı filozofların büyük bir bölümü tiranlar tarafından yönetilen sitelerde yaşamaktaydılar. Bir süre sonra Atina'nın öncülüğü ile başta Pisistratus olmak üzere tiranlara karşı bir ayaklanma başladı. Küçük esnaf, köylüler ve esirlerin başlattığı bu ayaklanma sonucu tiranların bir bölümü öldü, sağ kalanlar kaçtı ve Atina'da yeni bir devlet kurularak bunun yönetim biçimine *demokrasi* adı verildi. Kaçmak zorunda kalan tiranlar Pers imparatoru Xerses'e giderek yeni Atina devletinin İyonya'daki Yunan kolonilerini ayaklanmaları için kışkırtmakta olduğunu ve bu yolla Pers İmparatorluğu'nu çökertmeyi planladığını anlattılar. O zamanki Pers İmparatorluğu'nun sınırlarına bu denli yakın bir tehlikenin varlığının ortadan kaldırılması gerektiğini kabul eden İmparator Xerses kendisine yol göstermesi için Pisistratus'u da yanına alarak Atina'ya büyük bir sefer düzenledi. Sonuçta Persler Atina'yı ele geçirerek büyük bir bölümünü yaktılar ama daha ileri gidemediler. Atina ve Pers donanmaları arasında Salamis'te cereyan eden deniz savaşında Atinalılar Pers donanmasını batırarak Persleri geri çekilmek zorunda bıraktılar.

Bu savaştan sonra diğer Yunan kentleri de Atina'nın önderliği altında birleşti ve Atina Krallığı adı altında yeni bir devlet kuruldu. Diğer yandan uğradıkları yenilgiyi hazmedemeyen Persler, Atinalılara kıyasla uygarlıkta çok daha geride bulunmalarına karşılık savaş tek-

niklerini çok geliştirmiş olan Spartalıları Atina'ya karşı kışkırtmaya başladılar ve bu amaçlar Sparta'ya para ve silah akıttılar. Bunun sonucunda Atina ile Sparta arasında çok uzun süren bir savaş çıktı ve her iki tarafın da çok büyük zararlara uğradığı bu savaşın sonunda Spartalılar Perslerin yardımıyla Atina devletini ortadan kaldırdılar.

Academia

Yunan tarihinin yukarda çok kısa biçimde anlattığım bu bölümünün bizim konumuz olan bilim açısından önem taşıdığını belirtmiştim. Bunun nedeni çok uzun süren savaşların etkisiyle bu dönemde Yunan felsefesinde bilimden uzaklaşarak siyasal ve toplumsal konulara yönelme biçiminde kendini gösteren bir eğilimin ortaya çıkmış olmasıdır. Bu çağda Yunanistan'ın en ünlü filozofu olan Socrates doğal bilimlerle ilgilenmeyi tümüyle reddetmekte ve bunlarla uğraşmanın insanın ruhunu körelteceğini, bunun yerine matematik gibi soyut bilimlere önem verilmesi gerektiğini savunmaktaydı. Socrates'in en parlak öğrencisi olan ve matematiği en yüce bilim olarak gören Pythagoras ekolüne bağlı Platon bu konuda hocasından da ileri giderek *Academia* adını verdiği bir okul kurdu ve kapısının üzerine "Matematiği tanımayanlar bu kapıdan girmesinler" ibaresini yazdırdı. Platon'un inancına göre eğer bir insan matematiği anlıyorsa tüm evreni de anlayacağı gibi her koşulda nasıl davranması gerektiğini de bilirdi. Platon aynı zamanda çok iyi bir yazardı ve özellikle Roma İmparatorluğu'nun çöküşünü izleyen karanlık dönemde o çağın aydın kişileri üzerinde çok büyük etkisi olmuştu. Diğer yandan Platon'un tüm evreni matematiksel açıdan ele alma ve açıklama çabası yüzünden bir ölçüde kendi kendisini kısıtlamış olduğu da bir gerçektir. Platon matematik konusunda bazı yanılgılara düşmüş olmakla birlikte bu bilimin yayılmasına önemli bir katkıda bulunmuş ve bu alanda çok parlak öğrenciler yetiştirmiştir. Bunlardan biri olan Eudoxus'un o dönemin inancına göre güneşin ve yıldızların dünyanın çevresinde dönmesini gösteren bir tür makine yapmış olduğunu biliyoruz.

Aristoteles

Platon'un en ünlü öğrencilerinden biri de Aristoteles'dir. Aristoteles'in yıldızının parlamaya başladığı dönemde Yunan kentleri zayıf düşmüş, buna karşılık kuzeyde yaşayan barbar bir kavim olan Makedonyalılar güç kazanmıştı. Yarı Yunanlı olan Makedonyalılar Yunan demokrasisi düzeyine henüz gelmemişlerdi ve hâlâ krallar ya da soylular tarafından yönetiliyorlardı. Makedonya Kralı Philip Yunan kentlerini ele geçirmek için değişik bir strateji uyguladı. Bu amaçla gerçekte hiç bir güce sahip olmayan ve perde arkasından Philip tarafından yönetilen bir tür birlik kuruldu ve savunmasız durumda olan Yunan kentleri birer ikişer bu birliğe katılmak zorunda bırakıldı. Philip'in Alexander adında bir oğlu vardı ve Aristoteles bu gencin öğretmeniydi. Alexander'ın çok parlak bir öğrenci olmadığı anlaşılıyor, zira Aristoteles bir gün ona, "Matematiğe giden bir Kral Yolu yoktur, çok çalışmak zorundasın" demişti (Persler ana yollara Kral Yolu derlerdi). Aristoteles'in sonunda genç Alexander'a matamatik ya da diğer bilimleri öğretmeyi başarıp başaramadığını bilmiyoruz ama bu haylaz öğrenciyi sonradan Büyük İskender adı altında tüm dünya tanıyacaktı.

Aristoteles'in öğretilerinin o çağda bilim alanında önemli etkileri görülmüştür. Öte yandan İsa'dan sonra onaltıncı yüzyılda ortaya çıkan Bilimsel Devrimin Aristoteles'in öğretilerine karşı bir başkaldırı olarak başladığını biliyoruz. Aristoteles'in bir bilim adamı olarak yürüttüğü çalışmaların fizikten çok biyoloji alanına girdiği çok sonraları anlaşılmıştır. O zamanlar biyoloji fiziğin tam karşıtı bir bilimdi ve Aristoteles tüm evreni canlı bir varlık olarak ele alıyordu. Cisimlerin neden düştüğü ya da nasıl hareket ettiği gibi bugün tümüyle fizik alanına giren konularda yaptığı araştırmalar hayvanlarla ilgili gözlemlerine dayanıyordu. Eğer hayvanların davranışlarına dikkat ederseniz yaptıkları her şeyin bir amacı olduğun görürsünüz. Her hareket ya yiyecek bulmaya ya da bir tehlikeden kaçmaya yöneliktir. Aristoteles de fiziksel dünyayı hayvanlarda gözlemlediği davranışlara dayanarak yorumluyordu. Hayvanlar alemine ilişkin olarak yaptığı bazı tanımlamalar kusursuza yakın bir doğruluktadır. Buna karşılık fizik konusuna yeni bir görüş getirmeyen Aristoteles yaşadığı dönemde bir çok bilim

adamı tarafından çoktan terkedilmiş bulunan çok daha eski birtakım görüşleri savunuyordu. Matematikle fazla ilgilenmediği gibi Güneş sistemine ilişkin yorumu da fazlasıyla basitti. Aristoteles'e göre dünya toprak, su ve hava katmaları ile çevrelenmişti, ki bunun çok eski bir görüş olduğunu biliyoruz. Evrene ilişkin tanımlaması ise oldukça karmaşık bir düzen içinde birbirleri ile bağlantılı olarak bulundukları yerde dönen gök cisimlerinden oluşan mekanik bir evreni anlatıyordu. Aristoteles gök cisimlerinin tümüyle hareketsiz olduğunu söylemiyordu ama anlattıklarından çıkan da bundan çok farklı bir şey değildi. Ortaçağda gökcisimlerinin saydam bir maddeden oluşan ve birbirleriyle bağlantılı olan kürelerin üzerinde yer aldığına ve hareketlerinin bu küreler tarafından sağlandığına, kürelerin de birbirleriyle içiçe geçmiş biçimde tek bir parça olarak hareket ettiklerine inanılıyordu. Yanılmıyorsam bu kürelerden elli üç tane vardı ve bunların her biri hem üzerindeki gök cisimlerini, hem de kendisiyle bağlantılı olan diğer küreleri döndürüyordu. Doğal olarak bu karmaşık düzeneğin çalışması için bir güce gereksinim vardı ve bu güç büyük küreyi döndürdükçe üzerindeki gök cisimleri de buna bağlı olarak dönmekteydiler. Bu tür bir astronomi görüşünün bu bilimin ilerlemesine büyük bir katkıda bulunduğu söylenemez ama böyle bir düzeneğin açıklanabilmesi için yapılması zorunlu olan karmaşık hesapların o dönemde matematik biliminin saygınlığını büyük ölçüde arttırdığı kesindir.

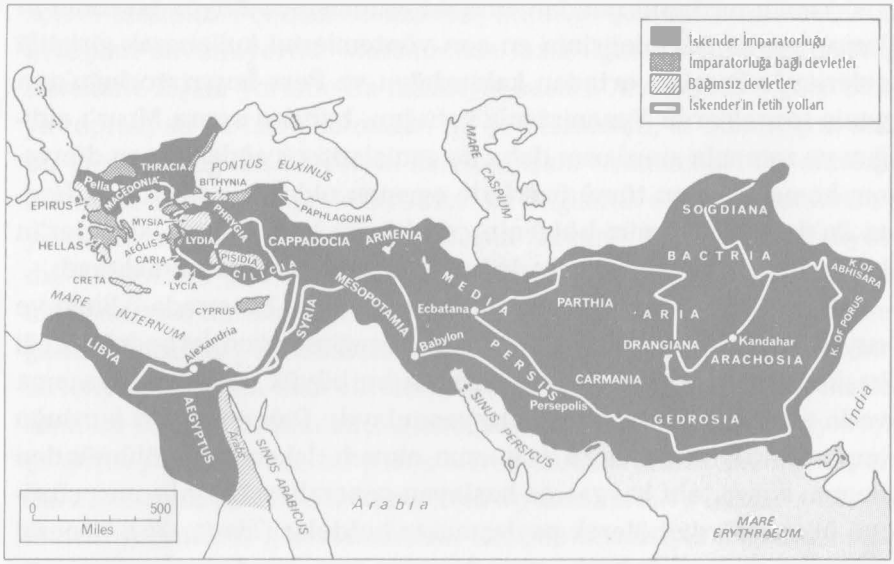
Aristoteles de hocası Platon gibi bir okul kurmuştu ama bu okulun adı *Lyceum* idi. Bu Platon'un Academia'sından farklı bir okuldu. Platon'un öğrencilerinin siyaset ya da hukuk gibi soyut kavramlarla ilgilenmelerine karşılık Aristoteles'in okulunun günümüzdeki araştırma kurumlarına benzer bir etkinliği vardı. Öğrenciler çeşitli taşları ve mineralleri inceliyor, rüzgâr ve benzeri doğal olguları gözlemliyor ve bugün biyoloji ya da kimya alanına giren birtakım konularda öğrenim görüyorlardı. Bunun yanısıra toplumsal konularda da araştırmalar yapılıyordu. Örneğin bu okulun öğrencileri tarafından 258 kentin anayasaları biraraya getirilmiş ve bunların incelenmesi ile seçim ve benzeri konuları kapsayan karşılaştırmalı bir araştırma yürütülmüştü. Bunun o dönemin koşullarında gerçekten çok güç bir iş olduğu tartışılmaz.

Yunan tarihinin bundan sonraki aşamasında Büyük İskender'in Yunan savaş teknolojisinin en son yöntemlerini kullanarak giriştiği seferlerde Persleri ortadan kaldırdığını ve Pers İmparatorluğu'nun geniş topraklarını Yunanistan'a kattığını, bundan sonra Mısır'ı aldığını ve zamanla sınırlarını daha da genişletip o çağda bilinen dünyanın hemen hemen tümü üzerinde egemen olduğunu biliyoruz. *Harita 2a*'da gördüğümüz bölgenin çok büyük bir bölümü İskender'in kurduğu bu büyük imparatorluğun sınırları içinde bulunmaktaydı.

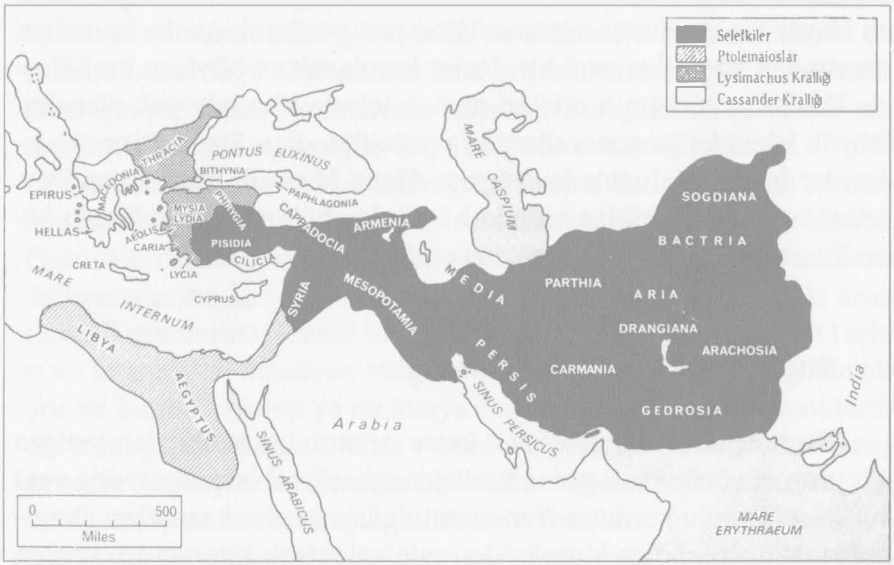
Tarih kitaplarına göre Babil'de bulunduğu bir sırada iklimin ve suyun etkisiyle hastalanan ve ölüm döşeğindeyken fethedebileceği başka bir yer kalmadığından yakınan bu büyük kumandan yaşama veda ettiğinde sadece otuz üç yaşındaydı. Diğer yandan kurduğu imparatorluğun da ömrü çok uzun olmadı. İskender'in ölümünden hemen sonra taht kavgasına başlayan generalleri bir yıl sonra çözümü ülkeyi dörde bölerek paylaşmakta buldular *(Harita 2b)*. General Seleucus'un krallığı başlangıçta bir süre önce Hindistan'ı topraklarına katmış bulunan Antiohos (Antakya) krallarının yönetiminde olan bölgeyi de kapsıyordu. Diğer yandan bundan çok kısa bir süre sonra Hindistan'da Yunan egemenliğine son verilerek Asoka hanedanı tarafından yönetilen yeni bir devlet kurulacak ve böylece bu bölgede Yunan uygarlığının etkileri zaman içinde tümüyle yok olacaktı. Büyük İskender'in generallerinin en ünlüsü olan Ptolemaios ise İskender İmparatorluğu'ndan payına düşen Mısır'da Ptolemaios Devletini kurmuştu. Çağdaş bilimin büyük bir bölümünün doğduğu Mısır Firavunların değil, Ptolemaios'un Mısırı'dır.

Museum

Başta Theophrastus olmak üzere Aristoteles okulundan yetişen bir grup düşünür Ptolemaios Krallığı'nın başkenti İskenderiye'de yeni bir felsefe okulu kurdular. Yunan mitolojisinde güzel sanatları simgeleyen dokuz peri olan Museler'den esinlenlenerek *Museum* adı verilen bu okul diğerlerinden çok farklıydı.Museum'un bir bölümünde şairler, oyun yazarları, ressamlar ve heykeltraşlar, diğerinde ise felsefe



(a)



(b)

Harita 2. Büyük İskender'in fetihleri

ve astronomi gibi bilimlerle uğraşan kişiler bulunuyor ve bu iki bölüm o güne dek Yunan dilinde yazılmış tüm eserleri içeren çok büyük bir kütüphane ile birbirine bağlanıyordu. Çok daha sonraları, Roma döneminde Museum'un yarısı yakılacak ve kalanı da yıkılınaya terk edilecek, böylece İslam ordularının İskenderiye'yi ele geçirdikleri tarihte bu görkemli eserden geriye ancak bir yıkıntı kalmış olacaktı. Diğer yandan zamanında bu okul ve ona bağlı araştırma kurumlarının sanata ve bilime büyük katkıda bulunmuş oldukları tartışılmaz bir gerçektir. Daha önce değindiğim tüm filozofların krallar ve soyluların koruması altında sarayda yaşamış ve geçimlerini bu yolla sağlamış olmalarına karşılık Museum'da çalışanların düzenli bir geliri vardı. Bir kez bu okula girmeye hak kazanan kişiler ölene dek burada kalabilir ve kütüphane ile araştırma kuruluşlarının sağladığı olanaklardan yararlanarak istedikleri alanda rahatça çalışabilirlerdi. Bu nedenle de Museum'dan yetişenlerin bilime çok önemli katkıları olmuştur.

Daha önceki bölümlerde değindiğim mekanik alanındaki buluşların büyük bir bölümü İskenderiye'de gerçekleşmiştir. Ptolemaios kralları ülkenin olanaklarını sonuna dek kullanarak Mısır'ı yüksek bir teknolojik düzeye getirmişlerdi. Temelde bir tarım ülkesi olan Mısır'da Firavunlar döneminde sadece Nil'in sağladığı olanaklardan yararlanılmış ve daha fazlası aranmamıştı. Diğer yandan ırmağın suları ancak belli bir düzeye kadar yükselebildiği için daha yüksekte kalan çok geniş arazilerin sulanması ve dolayısıyla ekilebilir duruma getirilmesi olanağı bulunmuyordu. Diğer bir deyişle tarım ancak Nil'in sularının açılan kanallar yardımıyla erişebildiği sınırlı bir bölgede yapılabiliyordu. Buna karşılık Ptolemaioslar döneminde ülke çapında bir sistem kurularak suyun yüksekte kalan bölgelere de getirilebilmesi için çeşitli çözümler üretilmişti. Bu amaçla uçlarında kovalar bağlı uzun sırıklardan oluşan *şaduf*'lar, büyük çarklar, Archimedes burguları ve buna benzer diğer mekanik araçlardan yararlanılmasının yanısıra küçük çapta buhar makineleri bile kullanılmaktaydı. Bu sonuncuların varlığını İsa'dan sonraki ilk yüzyılda yaşayan İskenderiyeli Hero'nun anlattıklarından biliyoruz. Yine aynı dönemde tapınak kapılarının otomatik biçimde açılıp kapanmasını sağlayan düzenekler de geliştirilmişti. Mekanik alanındaki bu gelişmelerin yanısıra aynı dö-

nemde matematik ve oldukça önemli bir ölçüde gerçek fizikle de uğraşıldığını gösteren çok sayıda belge bulunmaktadır. Hidrodinamiğin temel yasalarını bulan Strato da İskenderiyelidir.

Archimedes

Daha önce de değinmiş olduğum gibi, Büyük İskender'in tüm dünyaya egemen olmak üzere yola çıktığı tarihlerde Yunan felsefesi kendi içinde önemli bir değişim geçirmekteydi. Buna karşılık felsefeden çok bilimle ilgilenen kişiler bu değişimden fazla etkilenmeyip geometri, matematik ve fizik alanlarında çalışmalarını sürdürüyorlardı. Bu dönemde felsefe ve bilimin merkezi İskenderiye olmuş ve yukarda da anlattığım gibi bu kentten çok büyük düşünürler çıkmıştı. Bu dönemin en ünlü kişilerinden biri de İskenderiye okuluna bağlı Sirakusa'da yaşayan Archimedes'tir. Günümüze dek çok iyi korunmuş biçimde gelen çok sayıda eserin sahibi olan Archimedes hidrostatik, akışkanlar fiziği ve mekanik konularında çalışmalar yapmış ve özellikle mekanikle yakından ilgilenmiştir. Archimedes'in araştırmalarının büyük bir bölümü temelde kaldıraç sistemi ya da farklı noktalara uygulanan kuvvetlerin birbirini nasıl dengelediği konusu ile ilgilidir. "Bana bir destek verin, dünyayı yerinden oynatayım" diyen Archimedes değişik biçimlerdeki cisimlerde denge konusunu araştırmış ve ağırlık merkezi görüşünü ilk kez ortaya koymuştur. Archimedes'in teorilerinin doğruluğunu ölçmek için çeşitli modeller yapmış olduğunu da biliyoruz. Bu ünlü bilim adamının en yaygın biçimde tanınan buluşu hidrostatik alanında gerçekleştirdiği ve suda yüzmekte olan bir cismi etkileyen kuvvetin bu cismin yerini aldığı suyun ağırlığına eşit olduğu yolundaki buluştur.

Diğer yandan Archimedes'in Helenistik dönemde Yunan biliminin tekelini elinde tuttuğu söylenemez. Bu dönemde astronomi alanında da çok önemli gelişmeler sağlanmıştır. Aristoteles'in oldukça basit görüşlere dayanan astronomisine daha önce değinmiştim. Bu filozofun öğrencileri tarafından İskenderiye'de kurulan Museum'da bu görüşler bir yana bırakılarak çok daha karmaşık araştırmalar yürütül-

müş ve daha gerçeğe yakın sonuçlara varılmıştı. Buna karşılık Ortaçağda Museum akımından uzaklaşılarak Aristoteles'in görüşlerine geri dönülmüş olmasında belki de bu sonuçların çoğunluk tarafından benimsenmek için fazla karmaşık bulunmuş olması rol oynamıştır.

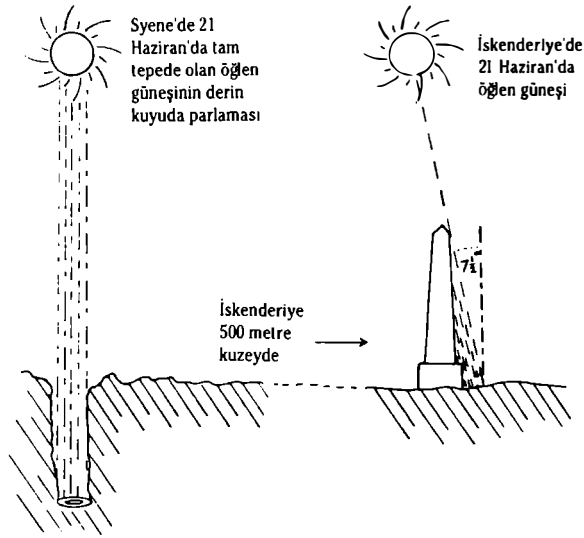
Matematiksel hesaplara dayanan gerçek astronominin gelişmesi özellikle Mısır'da gerçekleşmiştir. Hipparchus yıldız katalogları düzenlemiş, Güneş ve Ay tutulmalarını araştırmış ve Güneş sistemini gösteren ilk modelleri yapmıştır. Hipparchus'un sisteminde yer alan görüşleri şöyle özetleyebiliriz: Sistemin merkezinde Dünya bulunmakta ve tüm gök cisimleri Dünya'nın çevresinde dönmektedir. Ay bu dönüşü bir ayda, Güneş ise bir yılda tamamlayarak başladıkları noktaya geri gelirler. Gezegenlerin durumu ise biraz daha karmaşıktır. Bunlar da Dünya'nın çevresinde dönmekle birlikte bazıları bu dönüşü bir yılda, diğerleri ise daha uzun ya da daha kısa sürelerde tamamlarlar. Gezegenlerin hiçbiri Güneş'ten fazla uzaklaşmaz. Merkür ve Venüs herzaman Güneş'le birlikte yol alırlar ama bazen Güneş'ten daha hızlı, bazen de daha yavaş hareket ederler. Oldukça garip huyları olduğu anlaşılan Mars ise sürekli biçimde daireler çizerek ilerlemektedir. Jüpiter de bu biçimde yol alır ve bir tur boyunca on iki daire çizer, ama onun daireleri daha küçüktür. Hepsinden daha yavaş yol alan Satürn ise otuz iki daire çizer ve bunların her birinin tamamlanması bir yıl sürer. Bu nedenle Satürn'ün Dünya çevresindeki turu diğerlerinden çok daha uzun bir zaman alır. Gezegenlerin hareketleri gökkubbenin tümünün Dünya çevresinde dönmesi ile bağlantılıdır ve bu da yirmi dört saatte tamamlanır.

Sistemin en basit modelinde tüm gezegenler dışmerkezli (eksantrik) yörüngeler izlemektedirler. Gezegenler Dünya'nın merkezinde değil de bu merkezi Güneş ile birleştiren çizginin bir yerinde bulunan bir noktanın çevresinde tam bir daire çizecek biçimde dolaşırlar. Bu dışmerkezli yörüngelerin gözlemlerle saptanması oldukça kolaydır. Yeterince dışmerkezli yörüngenin varlığını hesaba kattığınız zaman karmaşık matematiksel işlemler yaparak herhangi bir yörüngeyi yaklaşık biçimde saptayabilirsiniz. Eğer bunu kesin biçimde saptamak istiyorsanız hesaplarınıza oldukça fazla bir sayıda dışmerkezli yörünge daha eklemeniz gerekir.

Bu ilk hesapları izleyen daha sonraki bir dönemde İskenderiye'de yaşamış olan astronomi bilgini Ptolemaios'un dışmerkezli yörüngelere ve episiklik çevrimlere ilişkin olarak yaptığı hesapların sonucunda ortaya çıkan tablolara dayanarak bugün bile gezegenlerin yıllar sonraki konumlarının saptanması olasıdır. Çok daha eski tarihlerde Babilliler de buna benzer tablolar yapmışlardı, ama Ptolemaiosunkiler zaman içinde yapılan çeşitli ekleme ve düzetmelerle birlikte yüzyıllar boyunca gök cisimlerinin hareketlerinin incelenmesinde başlıca başvuru kaynağı olarak kullanılmış ve Rönesans döneminin büyük buluşları için temel oluşturmuştur. Gezegenlerin konumlarının bilinmesi durumunda insanların ve ülkelerin geleceğinin önceden saptanabileceği yolundaki inancın bu araştırmalara yön vermiş olduğu da kesindir zira astronominin astroloji ile ilgili gereksinimlerden doğmuş olduğu yadsınamaz.

Yuvarlak Bir Dünya

Tüm bu gözlem ve araştırmaların bir sonucu da Pythagoras'ın dünyanın yuvarlak olduğuna ilişkin teorisinin doğrulanmasıydı. Bunun için Mısır çok uygun bir yerdi zira 30° enlemde bulunuyordu ve 23 1/2° enlemde de Yengeç Dönencesi vardı. Mısır'da Syene (bugünkü Asvan) kentinde yaşayanlar Yaz Dönümünde (21 Haziran) Syene'deki tüm kuyuların dibinde güneşin parladığını görürler ve bunu bir mucize olarak kabul ederlerdi, ama bu durum sadece güneşin öğle saatinde çok kısa bir süre için kuyuların tam üstündeki bir noktada bulunduğu bir ya da iki gün içinde gerçekleşir ve ertesi yıla dek bir daha tekrarlamazdı. Buna karşılık aynı günlerde İskenderiye'de güneş dikey'e göre 7 1/2° de bulunmaktaydı (Dikey: belli bir yükseklikteki bir sütunun gölgesinin tam öğle saatinde ölçülmesi ile elde edilen sayı - Bkz. *Şekil 27*). Bu olgu bir olasılıkla Güneş'in bu sırada Dünya'ya her zamankinden yakın bir konumda bulunmasından kaynaklanıyordu ama Mısırlı astronomlar bu olasılığa yönelik olarak yaptıkları tüm hesaplara karşın bu yolda bir kanıt bulamıyorlardı. Güneş gerçekten o sırada böyle bir konumda bulunuyor olsa da bu durum Syene ile İs-



Şekil 27. Eratosthenes'in Dünya'nın çevresini ölçme yöntemi. Syene'de Yaz Dönümünde güneşin tam tepe noktasında bulunmasına karşılık İskenderiye'de güneş ışınlarının "dikey" e göre 7 1/2 (derece işareti konulacak) eğiklik gösterdiğini farkeden ve bu iki nokta arasındaki uzaklığı ölçen Eratosthenes buradan yola çıkarak Dünya'nın çevresini 250.000 *stadia* (yaklaşık olarak 36.000 km.) olarak hesaplamıştır.

kenderiye gibi birbirine çok yakın iki noktaya düşen güneş ışınlarının aynı ölçüde dik olmamasını açıklamıyordu. O halde bu 7 1/2° lik eğikliğin nedeni Dünya'nın yuvarlak olmasıydı. Böylece insanlar Dünya'yı güneş ışınlarının yıl içinde dikey olarak düştüğü belli zamanlara göre kuşaklara ayırdılar. Güneş ışınları belli bir yerde ve belli bir zamanda yere tam dikey biçimde düşüyor, daha sonra Güneş "dönüyor" ve ışınları eğik hale geliyordu. Güneşin Dünya'nın çevresindeki turu sırasında Dünya'ya en dik konumda ya da en tepede bulunduğu kuşağın adı da böylece Tropik oldu (*tropos*-dönüş). Güneş ışınları Yaz Dönümünde çok kısa bir süre ile Syene'ye dimdik düşüyor ve kuyuların dibindeki suda yansıyor, sonra Güneş dönüyor ve yoluna devam ediyordu. O halde Syene'nin güneyi Tropik Kuşağıydı.

Daha sonraları insanlar çok kuzeyde bir yerlerde güneşin hiç doğmadığı toprakların bulunduğunu da öğrendiler. Bu topraklar Büyük Ayı Takımyıldızında yer alan ve bugün Kutup Yıldızı adını verdi-

ğimiz yıldızın egemen olduğu bölgede bulunuyordu, bu nedenle buraya da Arktik Kuşak (*arktos*-ayı) dendi. Yaşanamayacak denli sıcak olduğu düşünülen Tropik ile aynı ölçüde soğuk olan Arktik kuşaklar arasında ise insanların yaşadığı, bilinen Dünya yer alıyordu.

Tüm bunların anlamı Yunan kökenli Ptolemaiosların Mısırı'nda yuvarlak ya da küresel bir Dünya kavramının doğmuş olduğudur. Daha sonra bu Dünya'nın dönmekte olduğu görüşü de ortaya atılacak ama gerek bu çağda, gerekse bunu izleyen yüzyıllar içinde bu görüşler din çevreleri tarafından lanetlenerek çok sayıda bilim adamının hayatına mal olacaktı. Yukarda anlatılanların tümü Archimedes'in eserlerinde ayrıntılı biçimde ele alınmış olmasaydı bugün bunları bilmemize olanak yoktu. Bu sıralarda Archimedes Sicilya'daki Sirakusa kent -devletinin Kralı Hieron'un hizmetinde çalışmakta ve büyük sayılarla ilgili araştırmalar yapmaktaydı. "Kum Sayıcı" adını verdiği bilimsel bir incelemede dünyadaki tüm kum taneciklerinin sayılmasını sağlayacak bir yönteme değinen filozof şöyle demektedir:

> *Kum taneciklerinin sonsuz sayıda olduğunu düşünenler bulunabilir. Kum derken sadece Sirakusa ve Sicilya'nın geri kalanında bulunan kumları değil, üzerinde insanların yaşadığı ve yaşamadığı tüm diyarlardaki kumları kastediyorum. Diğer bazı kişiler ise bu sayının sonsuz olmadığını ama böyle bir sayıyı tanımlayacak bir sözcüğün bulunmadığını ileri süreceklerdir. Bu görüşte olanlar, tüm denizleri ve çukur yerleri kumla doldurulmuş bir dünyanın kütlesine eşit bir kütledeki kumun içinde bulunan kum taneciklerinin sayısından da büyük sayılar olabileceğini akıllarından bile geçiremezler. Ben şimdi sizin de anlayabileceğiniz geometrik kanıtlarla göstereceğim ki burada ortaya koyacağım sayıların bazıları sadece yukarda tanımladığım gibi bir dünyanın değil, tüm evrenin kütlesine eşit bir kütleye sahip kumun içindeki taneciklerin sayısından da büyüktür.*
>
> *Bildiğiniz gibi "evren", merkezinde Dünya'nın yeraldığı ve yarıçapı Dünya'nın merkezinden Güneş'in merkezine kadar uzanan doğrunun uzunluğuna eşit olan küreye çoğu astronom tarafından verilen addır. Samoslu Aristarchus bazı varsayımları içeren ve sonuçta evrenin bu tanımlamada ileri sürüldüğünden çok daha büyük olduğu görüşünü*

ortaya koyan bir kitap yazmıştır. Aristarchus'un teorisine göre sabit yıldızlar gibi Güneş de hareketsizdir, Dünya Güneş'in çevresinde bir daire çizerek dolaşır ve Güneş bu yörüngenin merkezinde bulunur. Bu Güneş merkezli sabit yıldızlar küresi o denli büyüktür ki Aristarchus'un Dünya'nın Güneş'in çevresinde çizdiğini düşündüğü dairenin bu küreye oranı merkezin yüzeye olan oranına eşittir.

Archimedes'in bundan sonra söyledikleri ise herhangi bir matematikçiyi zorlayacak niteliktedir:

Aristarchus'un burada yanılgıya düştüğünü ve anlattıklarının olanaksız olduğunu görüyoruz, zira kürenin merkezi boyutsuz olduğu için bu merkezin kürenin yüzeyine herhangi bir orantı oluşturması düşünülemez. Evrenin merkezinde Dünya'nın bulunduğunu kabul ettiğimiz için Aristarchus'un evren olarak tanımladığı şey ile dünya arasındaki orantı gerçekte Dünya'nın çizdiğini ileri sürdüğü dairenin sabit yıldızlar kümesine olan orantısıdır.

Bundan sonra Archimedes, Aristarchus'un sabit yıldızlar küresi için söylediği denli büyük olan bir kürenin tümüyle kumdan oluşması durumunda bile bu kumun içindeki taneciklerin sayılabileceğini söylemekte ancak bunun için şu varsayımların gerçek olması gerektiğini belirtmektedir: Dünya'nın çevresi yaklaşık olarak 3.000.000 *stadia*'dan fazla değildir, Dünya'nın çapı Ayınkinden ve Güneş'in çapı dünyanınkinden büyüktür. Bunlar oldukça şaşırtıcı varsayımlardır zira anımsayacağınız gibi bundan sadece 150 yıl önce Anaxagoras Güneş'in Peloponnes denli büyük olduğunu söylediği için Atina'dan sürülmüştü, şimdi ise Archimedes Güneş'in dünyadan bile daha büyük olduğunu ileri sürüyordu. Aslında Archimedes de bir hesap yanlışlığı yapmış olmalı ki Güneş'in çapının Ay'ın çapının otuz katından fazla olmadığını söylemektedir. Diğer yandan Güneş'in, Ay'ın ve yıldızların çaplarını ölçmek pek de kolay bir iş olmasa gerek!

Burada özellikle belirtmek istediğim şey İskenderiyeli düşünürlerin fiziksel dünyanın özellikleri konusunda çağın ötesinde bazı gö-

rüşlere sahip olduklarıdır. Gördüğünüz gibi bu dönemde ortaya atılan iki yeni görüşten biri herşeyin atomlardan oluştuğu, diğeri ise Dünya'nın Güneş'in çevresinde döndüğü yolundaydı. Bunlar o çağ için devrimci görüşlerdi ve bu nedenle uzun bir süre için bir yana bırakılmaları zorunlu olmuştu ama çok sonraları başka bir çağda başka insanlar tarafından yeniden ele alınmaları kaçınılmazdı. İskenderiyelilerin matematiksel yanı oldukça zayıf kalan, buna karşılık çok incelikli geometrik hesaplar içeren işlemler yaptıklarını biliyoruz. Tüm geometrik biçimler, özellikle de konik bölümlere sahip olanlar salt eğriler olarak ele alınarak incelenmekteydi. Appolonius bu eğrilerin ayrıntılı bir etüdünü yapmış ve ortaya çıkardığı sonuçlar evrenin anlaşılması ve tanımlanmasına yönelik geometrik bir yaklaşım için sağlam bir temel oluşturmuştu.

M.Ö. 21 yılında bilimsel nedenlerle değil ama önemli siyasal gelişmelerin etkisiyle bilim alanındaki ilerleme bir süre için durdu. Sicilya'nın doğusu ve burada yer alan Sirakusa kenti bu dönemde Yunanlıların elindeydi, adanın batı bölümünde ise Kartacalılar yaşıyordu. Kartacalılar bu dönemde henüz cahil ve kabasaba bir halk olan Romalılarla savaş halindeydi. Sirakusalı Yunanlılar güçlü bir orduya sahip olmalarına karşın Kartaca'nın yanında savaşa girmek yanılgısına düştüler. M.Ö. 214 yılında Sirakusa kentinin Romalılarca kuşatılması üzerine Archimedes Roma gemilerinin ateşe verilmesi için güneş ışınlarının dev aynalarla yansıtılması gibi bir takım teknik yöntemler kullanarak Yunanlıların zaferini sağlamaya çalıştıysa da sonuçta Sirakusa'nın düşmesine engel olamadı, üstelik bu olayda kendi yaşamını da yitirdi. Plutarch'ın anlattığına göre Romalılar Sirakusa'ya girdiği sırada Archimedes pazar yerinde yere oturmuş, kuma geometrik şekiller çizmekteydi. Kenti talan etmekte olan Romalı askerlerden biri kendisini yolunun üzerinden çekilmesi için uyardığı zaman filozof hiç oralı olmadığı gibi üstelik, "Dikkat et, dairemi bozuyorsun!" diyerek askeri azarlamıştı. Böyle bir soruna saygı göstermesi beklenemeyecek olan Romalı ise bunun üzerine kılıcını çekip Archimedes'i öldürmüştü. Plutarch, askerlerinin aksine aydın bir kişi olduğu bilinen Romalı general Marcellus'un bu olaydan büyük üzüntü duyduğunu da sözlerine eklemektedir.

Bunu izleyen dönemde Romalıların yükselişe geçtiğini ve başta tıp olmak üzere bilim alanında da kendilerini göstermeye başladıklarını biliyoruz. Romalı düşünürler fizikle olmasa bile matematikle ilgileniyorlardı. Diğer yandan Yunanlı matematikçilerin sonuncusunun bir kadın olması ilginçtir. İskenderiye'de yaşayan Hypatia adındaki bu kadın bir süre sonra matematiğin yanısıra pagan dini ile de ilgilenmeye başlamış ve bu yüzden İskenderiye'deki son pagan tapınaklarını da yakıp yıkmakta olan Hristiyanlar tarafından öldürülmüştü.

Klasik Çağın Mirası

Şimdi de Romalıların egemen olduğu dönemde bilim alanında Yunanlılardan geriye ne kaldığına ve bu mirasın ne zaman ortaya çıkarıldığına bir bakalım. M.S. 100 ile 1200 (hatta bazılarına göre 1540) yılları arasında bilim geçmişte Yunanlıların erişmiş olduğu düzeyin çok altında kalmıştır. 1540 yılı Archimedes'in eserlerinin ilk kez Latinceye çevrildiği ve matematikçiler tarafından okunmaya başlandığı tarihtir. Bu dönemde bilim alanında atılan diğer bazı adımların yanısıra bu gelişme de çağdaş bilimin doğmasıyla sonuçlanan büyük Bilimsel Devrime zemin hazırlamıştır. Yunanlılar bu devrimi kendileri başlatacak denli uzun ömürlü olmamışlarsa da arkalarında bıraktıkları büyük miras devrimin gerçekleşmesini sağlamış ve böylece insanlığın çağdaş bilim düzeyine gelmesini çabuklaştırmıştır.

Bundan sonra gelenleri ancak pastanın üzerindeki krema olarak tanımlayabiliriz. Tarım yöntemleri, çeşitli makineler ve bunun gibi genel anlamdaki teknik buluşlar çağlar boyunca sağlanan gelişmelere temel oluşturmuş ve varlıklarını sürdürmüşlerdir. Roma kentini çepeçevre kuşatan görkemli su kemerleri Klasik Çağdan kalmadır ve yer yer yıkılmış durumda olmalarına karşın o dönemin mühendislik harikaları olarak bugün de hayranlık uyandırmaktadır. Gerçi bunlar artık Roma'ya su getirmekte kullanılmıyorlarsa da günümüz Roması'nın eski Roma kenti denli zengin bir su stokuna sahip olduğu da söylenemez.

Bir de madalyonun arka tarafına bakalım. Yunanlıların entellektüel ve sanatsal başarıları o denli göz kamaştırıcıdır ki çoğu zaman işin pratik yanını unuturuz. Yunan kentleri, tapınakları, heykelleri ve seramiklerinin olağanüstü güzelliği, Yunan mantığı, matematiği ve felsefesinin incelikleri bizi öylesine büyüler ki Roma İmparatorluğu'nun çöktüğü yıllarda uygar ülkelerde yaşayan insanların yaşam biçimlerinin bundan tam 2000 yıl önceye rastlayan Bronz Çağı uygarlığının sona erdiği dönemdekinden çok da farklı olmadığını gözden kaçırırız. Arada geçen 2000 yıl içinde tarımda, besin maddelerinde, sıradan insanların yaşadıkları evlerde ve kullandıkları eşyalarda çok da büyük bir gelişme olmamıştır. Sadece sulama ve yol yapımı gibi birkaç alanda insan yaşamını doğrudan etkileyecek nitelikte bazı değişiklikler ortaya çıkmış, bunun dışında tüm bu görkem dış görünüşle sınırlı kalmıştır. Anıtsal mimarlık ve kent planlamacılığında benimsenen yeni biçemlerde Yunan bilimi çok az uygulama alanı bulabilmiştir. Bu da şaşırtıcı değildir, zira bir yandan bilimle uğraşanlar genellikle toplumsal kaygılarla hareket etmeyen ve halkın nasıl yaşadığı konusuyla pek ilgilenmeyen üst sınıflara mensup kişiler olurken, diğer yandan tüm iyi niyetli çabalara karşın bilim alanında sağlanan gelişmeler yaşama geçirilemeyecek denli incelikli konularla sınırlı kalıyordu. Bir diğer neden tüm gelişmişliğine ve eriştiği kusursuzluğa karşın Yunan matematiğinin deneysel fizik ve pratik mekaniğin yokluğunda çok az uygulama alanı bulabilmiş olmasıdır. Uygulamalı astronominin gelişiminde en büyük etken olan denizcilik ise gemilerin yetersizliği ve insanların uçsuz bucaksız okyanuslara açılma konusundaki isteksizliği nedeniyle Ege ve Akdeniz'in dışına çıkmamıştı. Bu denli dar bir alan fazla bir denizcilik bilgisi gerektirmiyordu; bir limandan yelken açar ve bilinen bir rotayı izlerseniz su ve yiyecek stokunuz bitmeden hedefinize ulaşırdınız. Hatta yolunuzu şaşırsanız bile eninde sonunda şu ya da bu kıyıya varırdınız zira Akdeniz'de isteseniz de kaybolma olanağınız yoktu. Bu saydıklarımın dışında kalan diğer bilimler ise daha emekleme dönemine bile gelmemişlerdi.

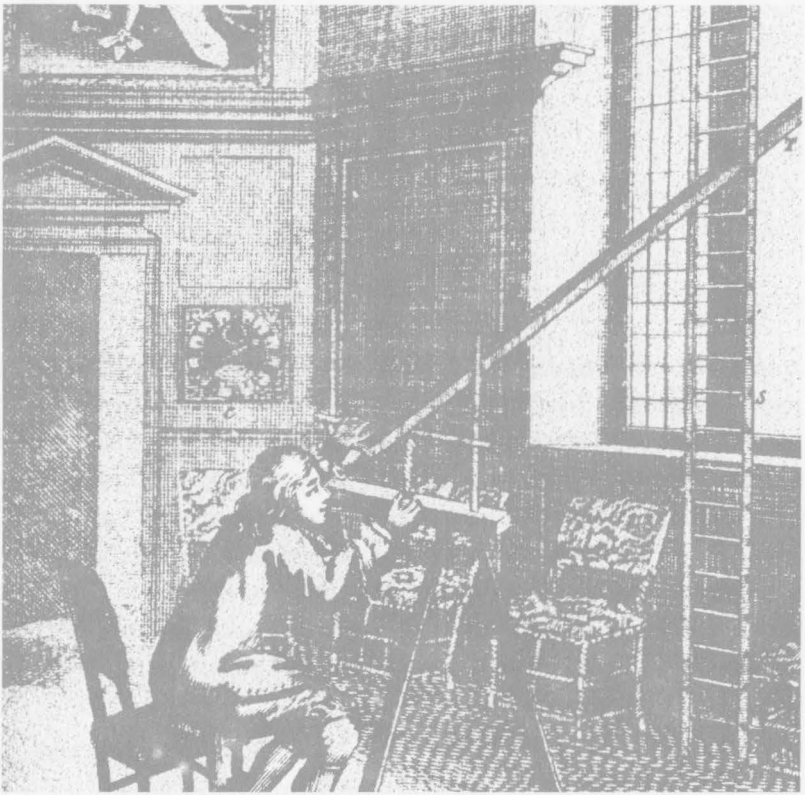
Klasik kültürün prensipte sağladığı olanakların bu kültürü doğuran uygarlığın sınırlı çerçevesi içinde yaşama geçirilmesi işte bu

gibi nedenlerle gerçekleşememişti. Bunun yanısıra bu olanakların insanlığın hizmetine sunulmasının köle kullanımına dayanan bir plütokrasiye özgü bazı toplumsal ve ekonomik koşullar tarafından her dönemeçte engellenmiş olduğunu da unutmamalıyız. İşte tüm bu nedenlerle Yunan biliminin gerçek etkileri ancak çok daha sonraki çağlarda ortaya çıkacaktı. Klasik kültürün tohumları ekilmişti ama ürün verebilmesi için daha elverişli iklim koşullarının ortaya çıkması gerekiyordu.

Klasik kültürü oluşturan tüm öğeler arasında en uzun ömürlü olanı bilim, özellikle de astronomi bilimi olmuştur. Bunun nedenini şöyle açıklayabiliriz: Bu çağda yaşamış olan büyük düşünürlerin diğer alanlardaki buluşlarının kitap sayfalarında kalmış olmasına karşılık astronomi alanında sağlanmış olan bilgi birikimi her zaman için uygulama alanı bulabilmiştir, zira insanlar Klasik Çağı izleyen çok uzun bir dönem boyunca da bu bilimle ilgilenmişler, en azından yıldız haritalarının çıkarılması ve bunlara dayanarak geleceğe ilişkin kestirimler yapılması gereksinimini duymuşlardır. Zamanla amaçlar değişse de yaklaşık olarak M.Ö. 2000 yılından günümüze dek gök gözlemleri aralıksız süregelmiş ve böylece insanoğlu tarih boyunca gökyüzündeki olguları düzenli bir biçimde izlemiştir.

Demin de değindiğim gibi astrolojinin her çağda insanlar için büyük önem taşımış olması nedeniyle astronomi de kısa bir sürede en popüler bilim haline gelmiş ve tüm uygarlıklar tarafından benimsenmiştir. Barbar bir kavim olarak bilinen ve yollarının üzerindeki herşeyi yakıp yıkarak ilerleyen Tatarlar bile Orta Asya'da kurdukları devletin daha ellinci yılı bile dolmadan bu bölgede o güne dek görülmüş olan en görkemli gözlemevini yapmışlar ve zamanın en iyi astronomik tablolarını düzenlemişlerdir.

Böylece astronomi alanı başta olmak üzere yüzyıllar boyunca bilimde gerçek anlamda bir kopukluk meydana gelmediğini görüyoruz. O halde bilimin tekrar doğması için neden aradan tam 2000 yıl geçmesi gerekmişti? Bundan sonraki bölümde bu soruyu yanıtlamaya çalışacağız.



Ortaçağda Fizik

Ortaçağ bilim açısından bir duraklama dönemi olmasına karşın büyük Bilimsel Devrim için bir hazırlık aşaması olması yönünden önem taşır. Roma İmparatorluğu'nun çökmesi ile sona eren Klasik Çağda ve hatta bundan da önce başlamış olan bir süreç, geçmişin kültür mirasının çok önemli bir bölümünü oluşturan bilimin Ortaçağda tümüyle bir yana bırakılması ile sonuçlanmıştı. En azından Batı dünyasında bilim öğretisine çok uzun bir süre ara verilmiş olan bu döneme bugün Karanlık Çağlar adını vermekteyiz. Diğer yandan Ortaçağa ilişkin olarak söylenebilecek tek şey bu değildir.

İsa'dan sonraki beş, altı ve yedinci yüzyıllarda Avrupa'da kavimler göçü olarak adlandırdığımız bir olgu başgöstermişti. Bu dönemde Franklar Fransa'ya, Angıllar İngiltere'ye gelip yerleşirken Burgundlar ve Lombardlar kuzeyden güneye inmekte, Vandallar Orta Avrupa'dan başlayarak İspanya üzerinden Afrika'ya göç etmekte ve Karadenizin kuzeydoğusundan yola çıkan Hunlar tüm Avrupa'ya yayılmaktaydı. Bu kitlesel göçlerin yarattığı çalkantı içinde uygarlık ve bilimin olumlu etkilerinin ortadan kalkmış olmasından daha do-

ğal bir şey düşünülemez. Göçlerin yol açtığı diğer bir gelişme de başta İngiltere olmak üzere Avrupa'nın bir çok yerinde birtakım kentlerin haritadan silinmesiydi. Örneğin İngiltere'nin sivil başkenti olan, kaplıcaları ve tiyatrolarıyla ünlü St.Albans tümüyle boşalmıştı; öyle ki onuncu ve onbirinci yüzyıllarda bu bölgeye yerleşen ve St.Albans'ın yerinde yeni bir kent kuran Saksonlar bu kentin tüm yapılarında Romalılardan kalan tuğlaları kullanmışlardı. Diğer yandan kentlerin boşalması olgusunun İngiltere ve Kuzey Fransa'da yaygın biçimde gözlenmesine karşılık, örneğin İtalyan kentleri önemli ölçüde değişikliğe uğramakla birlikte varlıklarını sürdürebilmişlerdir. Görkemli yapılarının büyük bir bölümü yıkılmaya terkedilmiş, Forum'u sığırlar için büyük bir otlağa dönüşmüş ve mermer heykelleri kireç tozu elde etmek üzere parçalanmış olan Roma'da yaşayan insanlar herşeye karşın kentlerini terketmemişlerdir.

Karanlık Çağlara ilişkin olarak anlatılanlar aslında bir ölçüde olaya sınırlı biçimde bakmaktan kaynaklanmaktadır. Bu dönemde dünyanın başka yerlerinde hüküm süren koşulları gözönüne alırsak bu söylediklerimizin genel anlamda geçerlilik taşımadığını görebiliriz. Örneğin Batı Roma İmparatorluğu'nun başkenti Roma yukarda anlatılan koşullar içinde bulunurken Doğu Roma ya da Bizans İmparatorluğu en parlak dönemini yaşamakta ve başkent Konstantinopol'de tüm Avrupa'nın en gözalıcı yapıları ortaya çıkmaktaydı. Bunlardan biri olan ve dünyada bir örneği daha bulunmayacak denli cesur bir kubbe tasarımına sahip bulunan Hagia Sophia (Ayasofya) Kilisesi bugün de Bizans mimarlığının en görkemli eserlerinden biri olarak hayranlık uyandırmaktadır. Yine aynı dönemde Ortadoğu'da İskenderiye, Antiohos ve diğer büyük kentler de gelişmelerini sürdürdüğü gibi daha doğudaki Hindistan ve Çin'de de yeni büyük kentler ortaya çıkmaktaydı. Çin'in o zamanki başkenti olan ve Ortaçağ'da en parlak dönemini yaşayan Sian'ın yüzölçümü bugünkü Londra'nınkine yakın olduğu gibi kent planlaması açısından Londra'dan çok daha üstündü. Bu örneklerden de anlaşılacağı gibi Ortaçağ'da bilinen dünyanın geneliyle ele alınması durumunda uygarlığın ilerlemesinde gerçekte bir duraklamanın söz konusu olmadığı görülmektedir. Bu olgu sadece dünyanın daha yakından tanıdığımız

bölümü olan Avrupa için geçerliydi ve bizler de bu nedenle Ortaçağ'a ilişkin böyle bir genelleme yapma yanılgısına düşüyoruz.

Helenizmin Yayılışı

Yunanlı düşünürlerin görüşlerinin yayılmasında Büyük İskender ve onu izleyenlerin fetihleri çok önemli bir rol aynamıştır. Yunan, Mısır, Babil ve Hint bilimlerinin bir karması olan Helenist dünya görüşü Makedonyalılarla birlikte Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarına yayılmış (*Bkz. Harita 3*) ve Atina'dan Peking'e ve Fas'a dek uzanan bu dev İmparatorluğun toprakları üzerinde yaşan insanlar Yunan astronomisi ve matematiğinin yanısıra enlemler ve boylamlar gibi gelişmiş kavramları içeren Yunan coğrafyası ile de tanışmışlardı. Bu zengin kültür mirası Ortaçağın sonunda bir kez daha gün ışığına çıkarılmış ve bilimin hizmetine sunulmuştur. Bu olgunun kavimler göçünün yarattığı çalkantıdan zarar görmemiş olan Doğu'da başlayarak büyük ölçüde yakılıp yıkılmış bulunan Batı'ya doğru geliştiğini sanıyoruz. Diğer yandan bu çağda kendi dünyamızda olup bitenler bizi daha çok ilgilendirmiş olduğu için bunun dışında kalan olayları gerektiği gibi değerlendirmemiş olduğumuz da yadsınamaz. İsa'dan sonraki dört, beş ve altıncı yüzyıllarda dünya genelinde varlığı sözkonusu olan tüm bilimsel birikimin Karanlık Çağlar boyunca Doğu'da korunmuş olması ve buradan başlayarak ilerleyen bir dalga halinde Batı'ya gelerek sonuçta Avrupa'da değişik bir görünüm altında tekrar doğmasını sağlayan sürecin tam olarak değerlendirilmesi ancak içinde yaşadığımız çağda gerçekleşebilmiştir.

Bu sürecin ilk aşaması Suriye'de ortaya çıkmıştı. O sıralarda Batı Avrupa ve Ortadoğu'da yaşayan halklar Hristiyanlığı kabul etmiş olmalarına karşın Helenizm'den fazla etkilenmemişlerdi. Kuzeyli barbarların akınlarından büyük zarar gören Roma'nın yerini Konstantinopol'un alması ve böylelikle Yunan kültürünün bir kez daha ağırlık kazanması sonucunda İmparatorluğun resmi dili de Latinceden Yunancaya dönüşmüştü. Diğer yandan en az Yunan kültürü denli güçlü ise ve bundan çok daha eski bir kültüre sahip bulunduk-


0
1000
Miles
Bizans İmparatorluğu
Frenk İmparatorluğu
Çin İmparatorluğu
İslam İmparatorluğu
Clonmacnoise
Dublin
Lindisfarne
London
Paris
Aachen
Cologne
Cordoba
Toledo
Lyons
Marseilles
Milan
St Gallen
Venice
Ravenna
Rome
Salerno
Kairowan
Palermo
Uppsala
Novgorod
Kiev
Athens
Constantinople
Antioch
Harran
Maragha
Alexandria
Cairo
Damascus
Jerusalem
Mosul
Rey
Kwarism
Bukhara
Samarkand
Jundishapur
Baghdad
Balkh
Basrah
Medina
Mecca
Ghazni
Taxila
Delhi
Ujjain
Broach
Calicut
Patna
Benares
Khotan
Kashgar
Peking
Seoul
Kyoto
Nanking
Hangchow
Canton
Angkor
Çin'den gelen ticaret yolu
Çin etkileri
Hint etkileri
İslam ticaret yolları
İrlandalı keşişlerin gezileri
Bizans etkileri
Viking yayılmaları
Magyar yayılmaları

Harita 3

larının bilincinde olan Suriye ve Mezopotamya halkları bu dönemde Yunan etkisine karşı bir direniş içine girmişlerdi. Bu bağlamda ilk kopma dilde oldu. İk aşamada Ortodoks kilisesinden ayrılan bir grup Hıristiyan Suriye'de Nasturi kilisesini kurarak İncil'i ve Yunan filozoflarının eserlerini Süryani diline çevirdi. Nasturiler zaman içinde sayıca artarak tüm dünyaya yayılmaya başladılar. Özellikle Kuzey Hindistan ve Çin'de yerleşen Nasturi toplulukları on sekizinci yüzyılın sonuna dek buralarda yaşamayı sürdürdüler.

İsa'dan sonraki yedinci yüzyılda güçlenmeye başlayan diğer bir grup da Araplardı. Bundan önce Araplar sadece Roma ile Hindistan'ın batı sahilini birbirine bağlayan Kızıldeniz ticaret yolu üzerinde yaşayan tüccar bir ulus olarak adlarını duyurmuşlardı. Arapların güç kazanmaya başladığı dönemde Yunan-Roma ve Pers imparatorlukları çok uzun süren savaşlardan sonra artık birbirlerini karşılıklı olarak köşeye sıkıştırmış ve etkisiz duruma getirmiş bulunmaktaydılar. Bu nedenle Araplar bu ülkelere karşı başlattıkları ve kutsal savaş anlamını taşıyan büyük cihad'da çok kısa sürede olağanüstü bir başarı sağladılar. Sadece elli yıl içinde İspanya'dan Pakistan'a dek uzanan bir bölgenin ele geçirilmesi ve burada yaşayan tüm insanlara İslam dininin kabul ettirilmesi gibi akılalmaz bir başarının altında birtakım önemli nedenlerin yatması gerekir.

Bu nedenlerin en önemlisi bu bölgede yaşayan tüm halkların gerek Yunan-Roma gerekse Sasani-Pers egemenliğinden yaka silker duruma gelmiş bulunmasıydı. Her iki imparatorluğun da yönetim sistemleri halkı ezmeye yönelikti ve getirdikleri vergiler o denli ağırdı ki insanlar çözümü kentleri terkedip dağlarda ve kırsal alanda yaşamakta buluyorlardı. Buna karşılık Arap ya da Müslüman yöneticiler daha ılımlı ve adildi - ya da öyle sanılıyordu - ve bu nedenle insanların taraf değiştirmeye ikna edilmesi zor olmuyordu. Diğer yandan Arap kültürünün o dönemde henüz yüksek bir düzeye erişmemiş olması dolayısıyla Araplar ele geçirdikleri ülkelere Yunan kültürünün etkilerini ortadan kaldırabilecek güçte bir seçenek sunamıyorlardı. Bu nedenle Mısır ve Suriye'nin Arap yönetimi altına girmesini izleyen yaklaşık 300 yıl boyunca bu ülkelerde Yunan dili ve kültürünün egemenliği sürdü. Bunun bir sonucu da Helenistik dönemin

başında da görüldüğü gibi bilimin tüm dinsel inançların etkisinden uzak bir biçimde gelişme göstermiş olmasıdır.

Geçmişte felsefeyi Yunan-Roma yönetiminin hoşlanmadıkları diğer yanları ile birleştiren keşişler Yunan kökenli bilimi tümüyle dışlamışlar, felsefe okullarını kapatmışlar ve filozofları taşa tutmuşlardı. M.S. 527 yılında İmparator Justinien de Atina'da Platon zamanından beri felsefe öğretimi yapan tüm okulları kapatmış, ama filozoflara dokunmamıştı. İşsiz kalan filozoflar Pers sarayına sığınmışlar ve Pers İmparatoru'nun Jundishapur'da kendileri için kurduğu okulda etkinliklerini sürdürmüşlerdi. Böylece felsefe biliminin de tüm baskılara karşın yok edilemeyip sadece yer değiştirerek sürdüğünü görüyoruz.

Bundan kısa bir süre sonra yine Jundishapur'da Aristoteles ve Platon gibi ünlü Yunan filozoflarının daha önce Yunancadan Süryaniceye çevrilmiş olan eserlerinin Arapçaya çevrilmesine başlanmış ve bu kez çeviri işini o sıralarda artık Yunancayı öğrenmiş bulunan Arap düşünürlerinin kendileri üstlenmişlerdi. Zamanla Arapçaya çevrilen eserlerin sayısı artmış ve bu yolla elde edilen bilginin Arapların kendi birikimlerine eklenmesiyle Yunan dönemine kıyasla daha da zengin bir kültür ve buna bağlı olarak bilimin gelişmesi için daha elverişli bir ortam oluşmuştur. Çok sayıda Arap gezgininin bu dönemde Fas'tan Peking'e, Orta Afrika'ya ve -gariptir ama- Rusya üzerinden İskandinavya'ya gidip geldiklerini biliyoruz. Araplar tarafından yazılmış ve bu ülkelerin ayrıntılı biçimde anlatıldığı seyahatnameler ve buralarda bulunmuş olan çok sayıda eski Arap sikkeleri bunu kanıtlamaktadır. Böylece Arap fetihlerinin ilk ürünlerinden biri de bilimin Yunan dönemine kıyasla daha geniş bir coğrafya içinde yayılmış olmasıdır.

İslam Bilimi

Arap biliminin İslam diniyle birlikte ortaya çıktığı söylenemez. İslamın doğuşundan bir süre sonra ilk ürünlerini vermeye başlayan bu bilim sekizinci ve onikinci yüzyıllar arasında büyük bir gelişme

göstermiştir. Arap ülkelerinde bilim, tarihte ilk üniversiteler olan medreselerin kurulmasıyla yaygınlaşmıştır. Daha önce Yunanlı düşünürlerin açmış oldukları okullar üniversiteden çok özel okul niteliğindeydi. Aralarında sadece Museum özellikleri açısından üniversiteye en çok benzeyendi ama onun da eğitimden çok araştırma ağırlıklı bir işlevi bulunuyordu. İslam ülkelerinde büyük camilere bağlı okullar olarak ortaya çıkan medreselerde görevli çok sayıdaki öğretmen isteyen herkese ders vermekteydi. İslam bilginlerinin en büyüğü olan ve İsa'dan sonraki onuncu yüzyılda yaşan El-Gazali'ye ait ilginç bir öykü vardır. Dört yıl süre ile İran'ın Rey kentindeki büyük medresede öğrenim gören El-Gazali felsefe, metafizik, matematik ve bu okulda verilen diğer tüm dersleri izlemiş ve artık öğrenebileceği bir şey kalmadığı kanısına varınca doğduğu kente dönmek üzere yola çıkmıştı. O zamanlar tek başına yolculuk yapmak zorunda kalan herkes gibi El-Gazali de dönüş yolunda bir kervana katılmıştı. Çölde karşılarına çıkan Bedeviler kervanı soymuş ve bu arada El-Gazali'nin içinde derslerde tuttuğu notları taşıdığı heybeyi de almışlardı. Bunun üzerine Bedevilerin başı olan kişiye yalvaran El-Gazali heybenin içinde ders notlarından başka bir şey bulunmadığını ve bunların da okuması yazması olmayan Bedevilerin işine yaramayacağını anlatarak heybesini geri istemişti. Bunun doğru olduğunu kendi gözleriyle de gördükten sonra heybeyi El-Gazali'nin ayaklarının dibine fırlatan Bedevi, "Medreseye kağıtlar dolusu yazı yazmak değil, bilim öğrenmek için gidildiğini sanıyordum" demişti. Öyküye göre bu sözden çok etkilenen El-Gazali kervandan ayrılarak Rey'e geri dönmüş ve bu kez hiç not tutmadan dört yıl daha okumuştu.

Günümüzdeki yüksek öğrenim kurumlarında geçerli olan bazı yöntem ve geleneklerin İslam medreselerinden kalma olduğunu biliyoruz. Örneğin bugün tüm üniversitelerde mezuniyet günü giyilen cüppenin benzerleri öğrenimini başarı ile tamamlayan medrese öğrencilerine de verilmekte ve o zamanlar buna onur cüppesi denmekteydi. İslam ülkelerinde medreselerin yanısıra bilimsel kuruluşlar da bulunuyordu. Bunların en ünlüsü kimya alanında çalışan ve başlıca amaçları gençlik iksirinin bulunması ve adi metalleri altına dönüştürecek yöntemlerin araştırılması olan "Saflık ve Temizlik Kar-

dleşliği" adındaki bir kuruluştu. Diğer yandan bu kuruluşun gerçekten salt bilimsel amaçlar doğrultusunda mı etkinlik gösterdiğini, yoksa kimya ile ahlak konularının birarada mı ele aldığını bilmiyoruz. Aslında bu çağda kimya ile ahlakın genelde birbiri ile karışmış biçimde bulunduğu, buna karşılık fizikte ahlaksal kaygıların fazla rol oynamadığı görülür.

Şimdi de Arapların bilim alanında neler yaptığına bir göz atalım. Bu dönemin sonlarına doğru yaşamış olan Arap düşünürlerden biri şöyle diyordu: *Görevimiz Eski Ustalardan* (Yunanlılar) *kalan eserleri incelemek ve gerekli olduğu zaman düzeltmeler yapmaktır.* İslamın bilime ilişkin tutumu bu sözde ifade bulmaktadır zira Araplar gerçekten Yunanlılardan kalmış olan çok büyük bir kültür ve bilim hazinesinin varlığını biliyorlardı ve bunun incelenmesi, güncelleştirilmesi ve değerlendirilmesi gerektiğinin bilincine vardıkları için çalışmalarını da bu alanda yoğunlaştırmışlardı.

İslam bilginleri ilk önce çağlar boyunca en önemli konu olmayı sürdüren astronomiye el attılar. Bu alanda doğruluk derecesi çok yüksek olan gözlemler yaptılar ve giderek daha büyük, daha güçlü aletler ile donattıkları gözlemevleri kurdular. Bu aletlerin en gelişmişleri bugün Hindistan'ın Delhi ve Jaipur kentleri ile Çin'in bazı bölgelerindeki gözlemevlerinde bulunmaktadır. Bu ekliptik gözlemevlerinin çok büyük ve gelişmiş birer güneş saati olduğunu söyleyebiliriz. Bir kez rastlantı eseri olarak Kış Dönümünde ve tam öğle saatinde Jaipur'daki gözlemevinde bulundum ve buradaki aletleri kullanarak gözlem yaptım. Doğal olarak bu aletler yapıldığında insanlar henüz merceği bilmiyorlardı. Buna karşın güneş ışınlarının iğne deliği gibi bir delikten geçmesiyle oluşan görüntünün güneş bir uçtan öbür uca 30 dakika olduğunda yaklaşık 1/4 dakika yay'ına kadar bir ölçüm yapılabilecek büyüklükte olduğunu gördüm. Dolayısıyla bu aletleri kullanan insanların geçmişte çok yüksek bir doğruluk düzeyine erişen ölçümler gerçekleştirebildiklerini kendi deneyimim ile biliyorum. İslam bilginleri kendilerinden önce saptanmış olan genel astronomik tabloyu değiştirmemişler ve Ptolemaios'un Dünya merkezli sistemini, dışmerkezli yörüngeler ve benzeri görüşleri olduğu gibi kabul etmişler ancak kendi gözlem sonuçlarına da-

yanarak bu tabloda bazı düzeltmeler yapmışlardı. Diğer bir deyişle Arapların astronomi alanında bir devrim gerçekleştirdikleri söylenemezse de geçmişten kalan bilgileri gerektiği gibi değerlendirmelerinin yanısıra çeşitli düzeltmeler ve eklemelerle daha da zenginleştirmiş oldukları açıktır.

Kimya

İslam bilimcilerinin astronomi dışında kalan alanlarda tümüyle özgün buluşlar gerçekleştirdiklerini biliyoruz. Örneğin daha önce hemen hemen hiç el atılmamış olan kimya bilimi bu çağda doğmuş sayılabilir. Yunan fiziğinden çok bahsedilir ama Yunan kimyasının hiç adı geçmez zira böyle bir şey yoktur. Kimya alanına en çok yaklaşan Aristoteles olmuştur, onun da bu konuyu ele aldığı tek eser olan *Meteorologica*'nın dördüncü cildi uzmanlarca çok eski bir sahtecilik örneği olarak kabul edilmekte ve İsa'dan sonraki ikinci yüzyıldan daha geç bir tarihe ait olamayacağı ileri sürülmektedir. Burada Aristoteles dört ana elementle bağlantılı olan dört niteliği, yani sıcaklık, soğukluk, ıslaklık ve kuruluğu irdelemektedir (sıcak ve kuru=ateş, sıcak ve ıslak =hava, soğuk ve ıslak= su, soğuk ve kuru= toprak). Bu tanımlamadan sonra ısıtma, soğutma, ıslatma ve kurutma işlemlerinin çeşitli maddeler üzerindeki etkileri anlatılmakta ve böylece ortaya çok kaba hatlarıyla çizilmiş bir kimya tablosu çıkmaktadır.

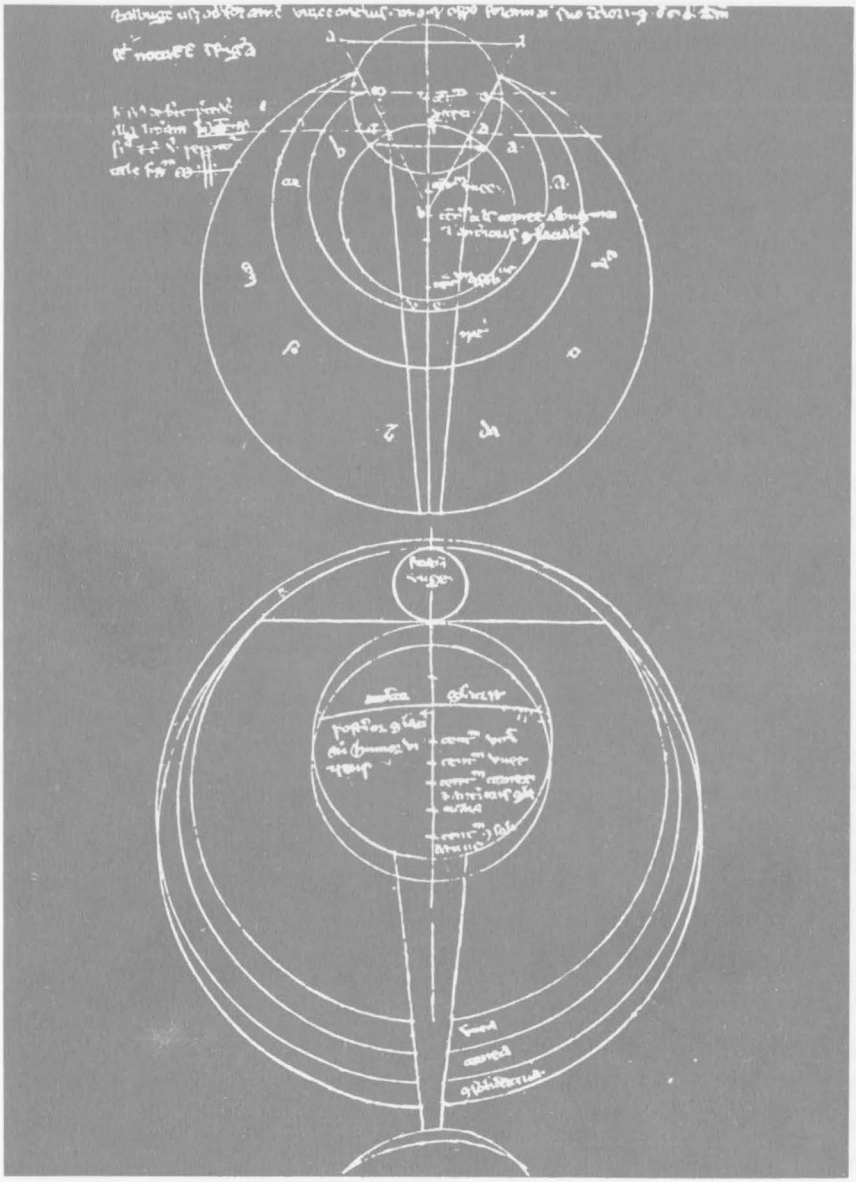
Gerçek anlamda kimya bilimi Çin'de doğmuştur. Taş Devrinde Batı'da yaşayan insanlar ölülerin kemiklerini kan görünümü veren demir oksidi ya da kırmızı aşıboyası ile boyarlardı. Çin'de ise bu amaçla çok bol bulunan ve demir oksidinden daha canlı bir kırmızılıkta olan zincifrenin (doğal kırmızı civa sülfürü) kullanıldığını ve bunun yanısıra bu mineralle çeşitli deneylerin de gerçekleştirildiğini biliyoruz. Çinliler zincifrenin ısıtılmasıyla iki ayrı maddenin ortaya çıktığını bulmuşlardı. Bunların biri sarı renkte ve yanıcı, diğeri ise parlak metalik görünümde akıcı bir maddeydi. İlkini erkek olarak niteleyen ve Yang adını veren, ikincisini ise dişilik niteliğini yakıştı-

rarak Yin olarak adlandıran Çinliler Yin ve Yang'ın biraraya gelerek yaşamın kaynağı olan kanı oluşturduğuna inanıyorlardı. Tüm ilkelliğine karşın bu inanç kimya biliminin başlangıcını oluşturmuştur. Bunu çağdaş fiziğin terminolojisi ile anlatırsak civada elektron fazlalığı, sülfürde ise bunun tam tersi söz konusu olduğundan bu iki maddenin biraraya gelmesinden oluşan civa sülfürü ya da zincifrede bir elektron dengesi meydana gelmektedir. Böylece kimyanın Çin'de dişilik, erkeklik ve kanın simgelediği üç ana kavramdan doğduğunu görüyoruz. Bu görüş tümüyle Çin'den kaynaklanmış olup Yunan felsefesinde yeri yoktur ve batıya gelişi de anacak Ortaçağda İslam biliminin aracılığıyla olmuştur.

Optik

İslam ülkelerinde büyük bir ilerlemenin elde edilmiş olduğu diğer bir bilim alanı da optiktir. Optik astronomide de kullanılmakla birlikte daha çok tıp biliminin bir yan ürünü olarak ortaya çıkmış ve özellikle her tür göz hastalığının yaygın olarak görüldüğü tropikal ve astropikal bölgelerde geniş bir uygulanım alanı bulmuştur. Çok eski çağlarda, örneğin M.Ö. 2500-2000 yılları arasında Babillilerin katarakt ameliyatları yaptığını biliyoruz. Bundan da gözün yapısını incelemiş oldukları ve bunu yaparken büyük bir olasılıkla mercek kullandıkları sonucu çıkmaktadır. Buna karşılık Yunanlılar merceği bilmiyorlar, ancak Archimedes'in sayesinde güneş ışığını bir noktada toplamaya yaradığını öğrendikleri aynaları çeşitli düzenekler içinde kullanıyorlardı.

Mercek yapabilmek için en başta saydam bir maddenin bulunması gerekir. Yunanlıların elinde az miktarda da olsa böyle bir madde vardı. Yunanlılar *berillos* ya da *kristallos* dedikleri kaya kristalinden yararlanarak basit büyüteçler yapmışlardı. Bunların bazılarını bugün müzelerde görebilirsiniz. Diğer yandan gerçek anlamda mercek kullanımı Araplarla başlamıştır. O zamanlar mercekler çok olağanüstü nesneler olarak görülüyor ve insanlar merceğin çok çeşitli kullanım biçimlerini henüz tanımamalarına karşın uzağı göstermeye



Şekil 28. Gözün kırılım işlevini anlatan bu şema Roger Bacon'un *Opus Majus*'undan alınmıştır (M.S. 13 üncü yüzyıl)

yaradığını biliyorlardı. Onüçüncü yüzyılda rahip Roger Bacon kendi yaptığı bir tür dürbünle Oxford'dan bakarak Paris'te olup bitenleri gördüğünü öne sürmüştü (Bu da rahibin dürbünden çok televizyonu bulmuş olduğu biçiminde yorumlanabilir). Roger Bacon'un *Opus Majus* adlı eserinden alınmış olan *Şekil 28*'deki çizimde gözün kırılım işlevi anlatılmaktadır. Bacon'un çizdiği bu şema optik biliminin kurucusu olan ustası ve hocası Basralı Alhazaninkinin (el Hasan İbn el-Haytham) bir benzeridir. O dönemin genel eğilimine uygun olarak herşey içiçe geçmiş dairelerle gösterilmiş ve gerçekte olduğu gibi değil, olması gerektiği gibi yansıtılmıştır. Burada göz merceği, ağtabaka ve gözü çevreleyen katmanları gösteren iki ayrı çizim yer almaktadır.

Araplar optik biliminin en yaygın kullanım alanını ortaya çıkaracak olan bir şey bulmuşlardı: Mercekle bakıldığı zaman yazılar daha büyük görünüyordu, o halde gözleri iyi görmeyenler de artık okuyabilirdi. Uzun zaman bu amaçla mercek bir çerçeve ve sapla donatılıp büyüteç olarak kullanıldı ama daha sonraları birisi (kim olduğunu bilmiyoruz) her iki göz için ayrı bir mercek yaparak bunları bir çerçeveye yerleştirmeyi akıl etti ve böylece ilk gözlükler ortaya çıktı. İlk mercekler cam yerine saydam taşlardan, özellikle de berilden yapılıyordu (Almancada gözlük için kullanılan *Brillen* sözcüğü buradan türemiştir).

Merceklerin yanısıra gökkuşağı gibi optik alanına giren doğal olgular da insanların ilgisini çekmekteydi. Roger Bacon bilim alanında deney yolu ile dünyaya ilişkin yeni bilgiler edinilebileceği görüşünü ortaya koymuş ve bu konuda *Opus Majus*'a ek olarak *Opus Minus* adını verdiği ikinci bir kitap yazmıştı. Bu görüş Yunanlılar zamanında da vardı ama o dönemde deneysel yöntemler sürekli ve bilinçli bir biçimde kullanılmıyordu. Bazen bir ya da daha çok işlemi birarada yapıyorsanız ve özellikle de bunları gözü kapalı yapabilecek denli iyi biliyorsanız kurallara bağlı kalma gereğini duymazsınız. Benim kendi uzmanlık alanım olan X-ışını kristalografisinde (minerallerin yapısının X-ışınları yardımıyla incelenmesi) çeşitli yöntemler kullanır ve bunları çok iyi bildiğimiz için yazıya dökmeye gerek görmezdik. Bir gün Linus Pauling çalıştığımız laboratuara geldi ve bu duru-

mu görünce karatahtaya bugün Pauling Yasaları adını verdiğimiz kuralları yazdı. O zaman bu kuralların varlığından habersiz bir biçimde bunları yıllardır uygulamakta olduğumuzu farkettik. Bunun gibi Yunanlılar da deneyler yapmışlar ama bunun belli bir yöntem olduğunun bilincine varmamışlardı. Roger Bacon optik konusunda şöyle demektedir:

> *Şimdiye dek genel olarak değindiğim bu bilimin temel ilkelerinin bulunduğunun özellikle belirtilmesi gerekiyor. Diğer bir bilim belki bundan daha yararlı olabilir ama kanımca bilimlerin hiç biri kullanımda bunun kadar güzel ve haz verici değildir. Dolayısıyla bence bu bilim tüm felsefenin çiçeğidir ve o olmadan diğerlerinin tanınması olanaksızdır.*

Daha sonra Aristoteles'e ve diğer bazı düşünürlere de değinen yazar şöyle diyor:

> *Bu bilimle ilgilenen ilk kişinin Aristoteles olduğunu söylemeliyim. Daha sonra Alhazen de bu konuyu ele almış ve ne yazık ki artık elimizde olmayan bir eserinde daha ayrıntılı bir biçimde incelemiştir. Gerek Alkindi, gerekse görüntüler ve aynalar gibi konuların ele alındığı bazı eserlerin yazarları da bugüne dek bu bilim alanında sağlanmış olan bilgileri biraraya getirmişlerdir.*

Roger Bacon kitabında optik biliminin deneysel yanına da değinmektedir:

> *Deneysel nitelik taşıyan bu bilim öğrencilerin büyük bir bölümünce tanınmadığından insanları onun gerçek anlamı ve kullanımdaki yararlılığı konusunda ikna etmek benim için olanaksızdır. Doğanın neler yapabildiğini gözlerimizle görmemizi sağlayan, buna karşılık batıl inançları sürdürmek için kullanılan dualar, büyüler, ruh çağırmalar ve benzeri aldatmacaları gözler önüne seren bu bilim böylece tüm yalanları ortadan kaldırıp dünyaya gerçeklerin egemen olmasına hizmet etmekte ve bizlere büyücülerin ve benzeri kişilerin sözlerine kanmayıp kendimizi bunlardan uzak tutarak sadece mantık ve bilimin yolunda yürümeyi öğretmektedir.*

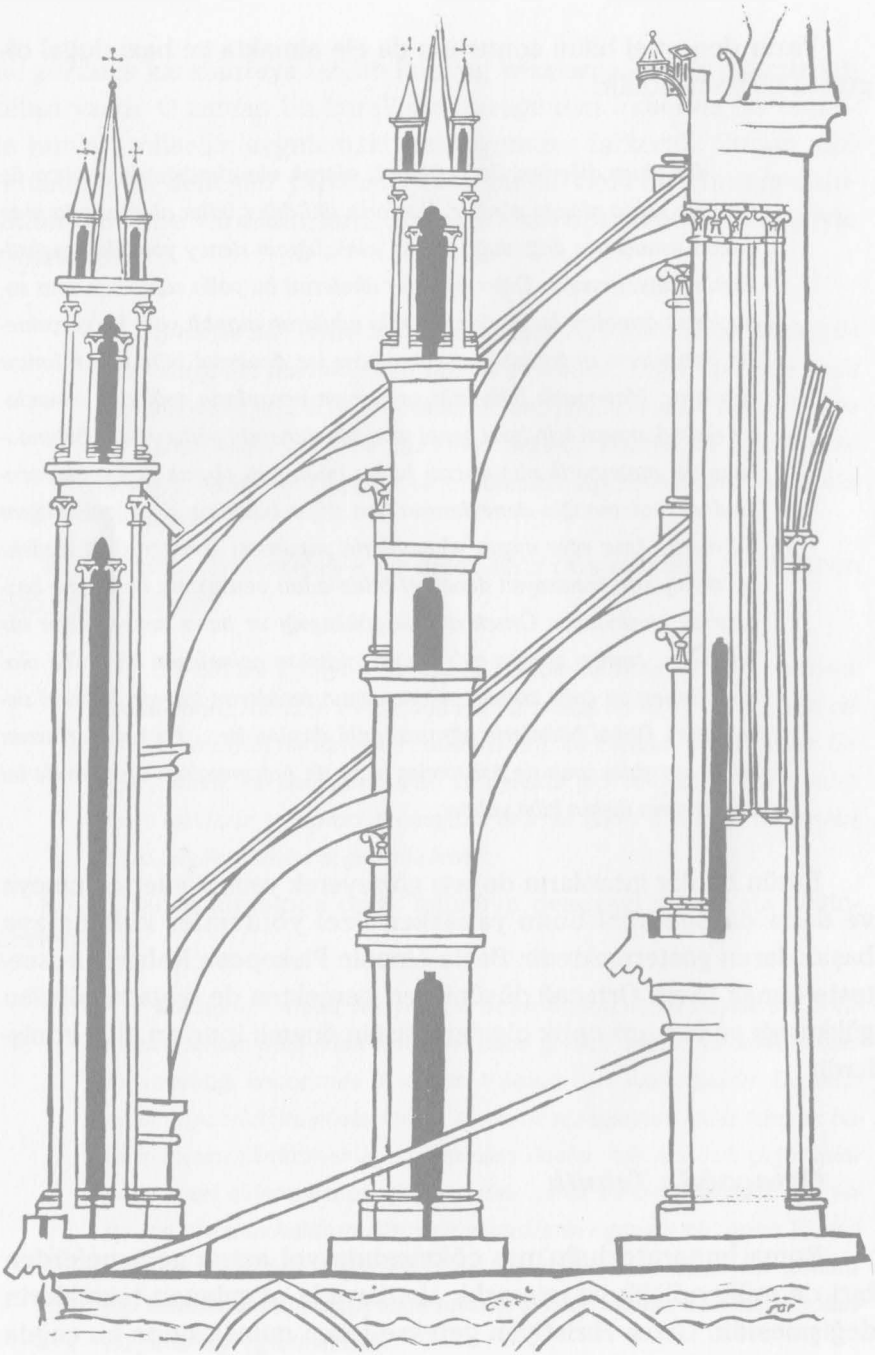
Yazar deneysel bilim sonusunu da ele almakta ve bazı doğal olgulara değinmektedir:

> *Bu bilim diğerleri ile bağlantılı olarak ele alındığında başlıca üç özelliğe sahip olduğu görülür. Bunların ilki diğer bilim alanlarında elde edilen sonuçların doğruluğu ya da yanlışlığının deney yolu ile araştırılmasını sağlamasıdır. Diğer bilimler ilkelerini bu yolla saptarlar ama sonuçlara varmaları bu ilkelerden yola çıkılarak mantık yolu ile gerçekleşir. Sonuçların doğruluğunun sınanması ise deneysel bilimin yardımını gerektirir. Matematik biliminin sayılar ve hesaplarla sağladığı sonuçların doğrulanması için bazı genel nitelikte deneysel yöntemlerin bulunduğunu ve -matematik olmaksızın hiçbir bilim tam olarak anlaşılmayacağından- matematiğin deneylerinin tüm diğer bilimlere de uygulandığını biliyoruz. Ama eğer uygun yöntemlerle yapılması gereken özel türdeki bir deney söz konusuysa deneysel bilim adını verdiğimiz bu bilime başvurmak zorundayız. Örnek olarak gökkuşağı ve buna benzer diğer bir olgu olan, zaman zaman ay'ı ya da yıldızları çevreleyen bir halka olarak görülen ve çoğu zaman gökkuşağının renklerini taşıyan haleleri verebilirim. Doğal bilimlerle uğraşan ünlü düşünürler.... bu konuları uzun boylu tartıştılar ama ne Aristoteles'in ne de Avicenna'nın eserlerinde bu tür olgulara ilişkin bilgi yoktur.*

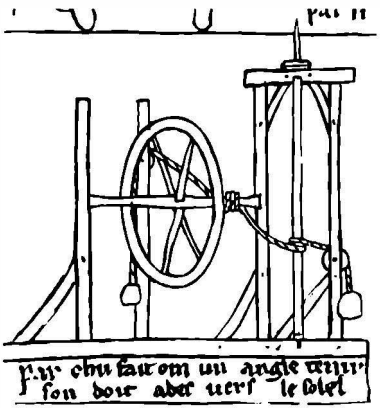
Bütün bunlar insanların doğayı gözleyerek yeni bilgiler edinmeye ve daha da önemlisi bunu yaparken özel yöntemler kullanmaya başlıklarını göstermektedir. Başta Lincoln Piskoposu Robert Grosseteste olmak üzere Ortaçağ düşünürleri gerçekten de doğada görülen gökkuşağı ve benzeri optik olgulara ilişkin önemli ipuçları elde etmişlerdir.

Ortaçağda Teknik

Roma İmparatorluğu'nun çökmesinin yol açtığı gelişmelerden biri de mühendislik ve mimarlık alanlarında uygulanan tekniklerin değişmesidir. Gerek Hıristiyan gerekse İslam mimarisinde bu çağda

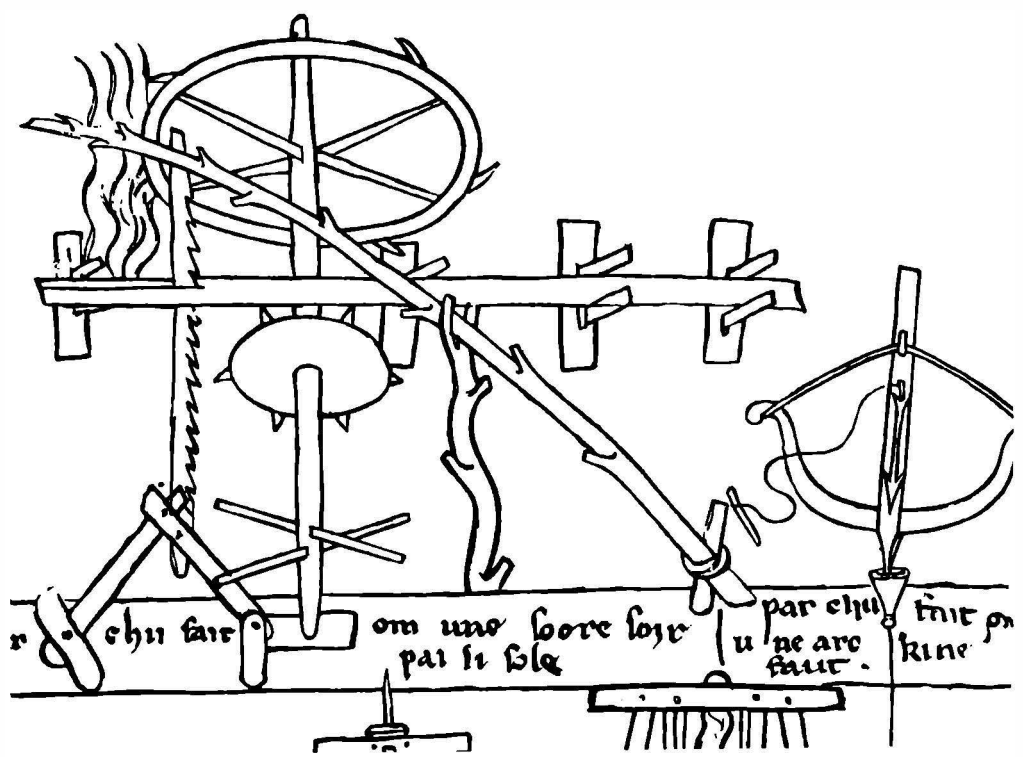


Şekil 29. Gotik mimarisine özgü kemerli payandalar. Villard de Honnecourt, 1235.



Şekil 30. "Melekli saat" i çalıştıran mekanizma. Villard de Honnecourt, 1250.

benimsenmiş olan yeni bir yöntem, kilise ya da cami gibi büyük yapılarda eskiye kıyasla daha küçük boyutlarda taşların kullanılmasıdır. Mısırlılar piramit ve tapınaklarında boyları12 metreye dek çıkan taştan yontulmuş büyük kirişler kullanmışlar ve bunların her birinin kaldırılıp yerine oturtulmasında çok sayıda işçinin kol gücünden yararlanmışlardı. Yunan tapınakları da tek parça kayadan yontulmuş büyük sütunlar ve çapraz kirişlerden oluşmaktaydı. Roma dönemi mimarisinin bir özelliği de olağanüstü boyutlarda kemer ve tonozlardır. Buna karşılık İslam mimarisinde hafif tuğlalardan örülmüş kubbeler kullanılmış, kuzey Hıristiyanları da yapılarında yine benzer biçimde küçük taşlardan yararlanmışlardır. Bu dönemde yapılmış kubbe ve tonozlarda kullanılmış olan en büyük taşlar enine ve boyuna en çok 50-60 santimetredir. Yontma teknikleri geliştikçe taşlar giderek küçülmüş ve bunun yanısıra yapılarda yelpaze biçimli kemer kullanımı ağırlık kazanmıştır. *Şekil 29*'da Villard de Honnecourt tarafından 1235'te çizilmiş olan çok ilginç bir katedral tasarımı görmektesiniz. Gotik biçemini yansıtan bu katedralin kuleleri birbirine büyük kemerli payandalarla bağlanmaktadır. *Şekil 30*'da ise yine Honnecourt'un eseri olan çok ilginç bir mekanizmayı gösteren çizim ve altında "bir meleğin parmağı ile göğü işaret ettiği makine" ibaresi yer almaktadır. Diğer bir deyişle bu çizim üzerinde dönen bir melek figürünün yer aldığı bir tür saatin işlemesini sağlayan mekanizmayı göster-



Şekil 31. Su gücü ile çalışan bıçkı makinesi. Villard de Honnecourt, 1250.

mektedir. İpin ucundaki ağırlığın aşağı inişi ve dikey çubuğun dönüşü, yatay ekseni üzerinde ipin sarılı bulunduğu çarkın titreşimi ile sağlanmaktadır. Tüm parçalar tahtadan yapılmıştır.

Şekil 31'de yine Villard de Honnecourt tarafından tasarımlanmış olan ve o dönem için oldukça ileri bir teknolojiyi yansıtan bir bıçkı makinesi görülmektedir. Su gücü ile çalışan bu ilginç alet çağımızın otomatik makinelerinin tüm özelliklerine sahiptir. Ondokuzuncu hatta yirminci yüzyıla dek bıçkı makineleri yere kazılmış bir çukur, bunun üzerine yerleştirilen tahta kirişler ve biri yukarda diğeri çukurun içinde duran iki kişinin çalıştırdığı bir testereden oluşmaktaydı. Diğer yandan 1250 yılından kalma bu çizimin de gösterdiği gibi onüçüncü yüzyıl gibi erken bir tarihte bile bu işin insan gücüne gerek duyulmayacak bir biçimde yapılabileceği düşünülmekteydi. Resimde gördüğünüz makine ana şaft üzerine yerleştirilmiş olan ve su gücüyle dönen bir çark tarafından işletilmektedir. Şaftın alt ucunda yer alan iki tahta çubuk bir tür mandal ya da dirsek düzeneği oluşturmakta ve bu dü-

zenek testereyi aşağı çeken bir kaldıraç sistemini çalıştırmaktadır. Testerenin yukarı çıkması ise altında bulunan eklemli kolun bükülmesi ile sağlanmaktadır. Makinenin en ilginç yanı şaftın ortasında yer alan ve kesilecek tahtayı yakalayıp ileri doğru sürmeye yarayan çivili çarktır. İnsan gücünü devre dışı bırakan bu tür makineler o dönemde hızar işçileri ve bağlı oldukları esnaf birliklerinin tepkisini çekmiş ve bu nedenle çoğu sökülüp atılmıştır.

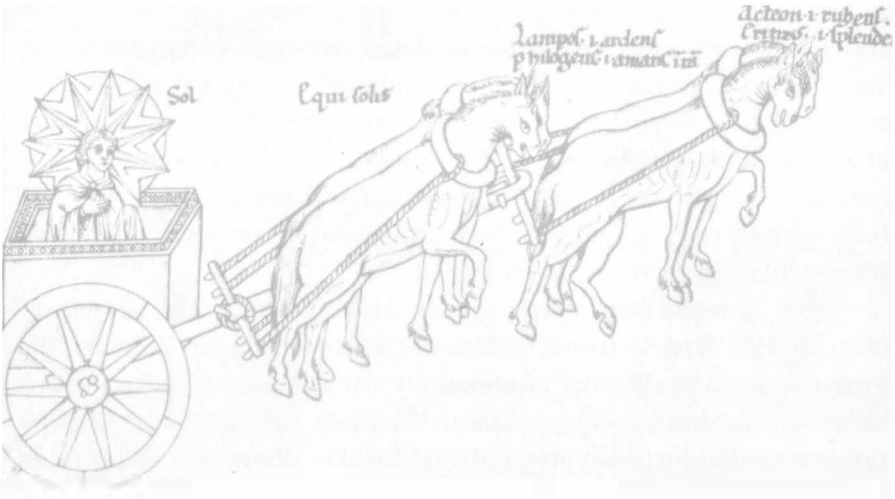
Şekil 32 ve 33 biraz daha ileri bir tarihe, ondördüncü yüzyıla ait olup iki ayrı türdeki torna makinesini göstermektedir. Bunların ilki ayak pedalıyla aşağı-yukarı hareket etmesi sağlanan eğimli ve esnek bir sırığın yardımıyla çalışmaktadır. Üzerinde çalışılan cisim bu sırık tarafından döndürülen yatay çubukla birlikte dönmekte ve tezgahın başında duran kişi elinde tuttuğu çeşitli aletlerle bu cisme istenen biçimi vermektedir. Diğer resimde gördüğünüz daha basit türdeki torna ise tesbih boncuğu yapımında kullanılmıştır. Keşiş burada elindeki yayla çubuğu döndürmektedir.



Şekil 32. Ayak pedalıyla çalıştırılan torna. *Mendelschen Zwolf Bruderbuch*'tan. 1395.



Şekil 33. Tesbih boncuğu yapımında kullanılan yaylı torna. *Mendelschen Zwolf Bruderbuch*'tan. 1390.



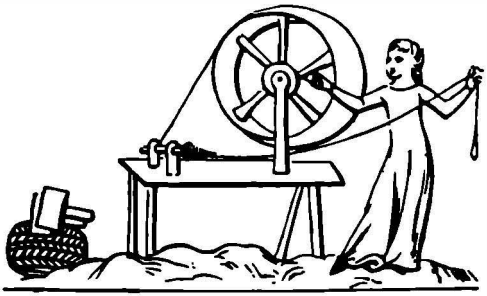
Şekil 34. Yeni at koşumunu gösteren onüçüncü yüzyıl başlarına ait bir çizim. Herrad von Landsberg'in *Hortus deliciarum*'undan.

Yeni At Koşumu

Belki bu sizi şaşırtacak ama *Şekil 34'te* gördüğünüz şey, Çin'de doğmuş olmasına karşın Batı'nın teknik üstünlüğünü hazırlayan en önemli buluşlardan biri olan at koşumudur. Atın evcilleştirilmesi elbette bundan çok daha eskiye, M.Ö. 2000 yıllarına dayanır, üstelik bu tarihlerde arabaların manda ya da öküzlere çektirilmesi için koşum takımları da geliştirilmiş bulunuyordu. Buna karşılık insanlar attan uzun bir süre sadece binek hayvan olarak yararlandılar zira arabaya koşmayı denedikleri zaman diğer hayvanlarda kullandıkları boyunduruğun ata uymadığı ortaya çıkmıştı. Diğer taraftan insanların ata binmeyi çok da iyi becerdikleri söylenemez zira o zamanlar henüz ne eyer, ne üzengi, ne de nal biliniyordu. Dolayısıyla savaşlarda atlı askerlerden ve atlara çektirilen arabalardan istenen sonuçlar alınamıyordu. At bir engelle karşılaşıp aniden durduğu ya da şaha kalktığı zaman üzerindeki süvari bir anda kendini yerde buluyordu. Bunun gibi koşan bir atın üzerindeki kişi oklarını ancak ileri doğru atabiliyordu; zira dönüp arkasındaki bir hedefi vurmaya kalkan süvarinin dengesini yitirip attan düşmesi kaçınılmazdı. Eyer ve üzengi gibi buluşlar

da yine at koşumu ile birlikte Çin'den çıkarak Batı'ya yayıldı. Hunların ve diğer doğulu kavimlerin savaş alanındaki başarılarının nedenlerinden biri de süvarilerin eyer ve üzengiler sayesinde ok ve mızraklarını istedikleri yöne atabilmeleriydi. Daha sonraları bu buluşların Batı'da da tanınmaya başlamasıyla bunları ilk benimseyenlerden olan Norman süvarileri savaşlarda büyük başarı kazandılar.

Atın savaş alanında oynadığı rolden daha da önemlisi tarla sürmek için kullanılmasıdır. İngiltere'de Fatih William döneminde bu iş sekiz öküzün koşulduğu bir sabanla yapılırdı ve bu biçimde bir gün içinde sürülebilin büyüklükteki araziye bir *hide* (yaklaşık olarak dörtyüz dönüm) denirdi. Sekiz öküzü beslemek ise oldukça masraflı bir işti. Daha sonraları aynı büyüklükteki arazinin sabana sadece dört hatta iki at koşularak sürülebileceği anlaşıldı ve zamanla bu alanda at tümüyle öküzün yerini aldı. *Şekil 34* aslında mitolojik bir konuyu, gökyüzünde dört atlı arabası ile dolaşmakta olan güneşi yansıtmaktadır ama burada önemli olan resimde gördüğünüz yeni at koşumudur. Bu koşumla öküzlerin çıkamadığı eğimli arazilerin atlarla sürülmesi sağlanmış ve buna bağlı olarak İngiltere ve Fransa gibi ülkelerde üretim iki katına çıkarılmıştı. Daha önce de belirttiğim gibi Çinlilerin buluşu olan ve zamanla tüm dünyaya yayılan bu yöntem Batı Avrupa'da insanların yaşamını önemli ölçüde değiştiren gelişmelerden biridir. Buna karşılık tarımın çok geniş düzlüklerde yapıldığı ve tarlaların kanallar açılarak ırmak sularıyla sulandığı Çin ve diğer Asya ülkelerinde bu buluş Avrupa'daki kadar büyük bir farklılık yaratmamıştır. *Şekil 35'te* diğer bir önemli buluşu görüyorsunuz. Antik Çağda iplik eğirmek işi elle yapılıyordu. Bu işlemin çok daha hızlı biçimde yapılmasını sağla-



Şekil 35. Yüksek hızla çalışan eğirme aleti. M.S. 1300.

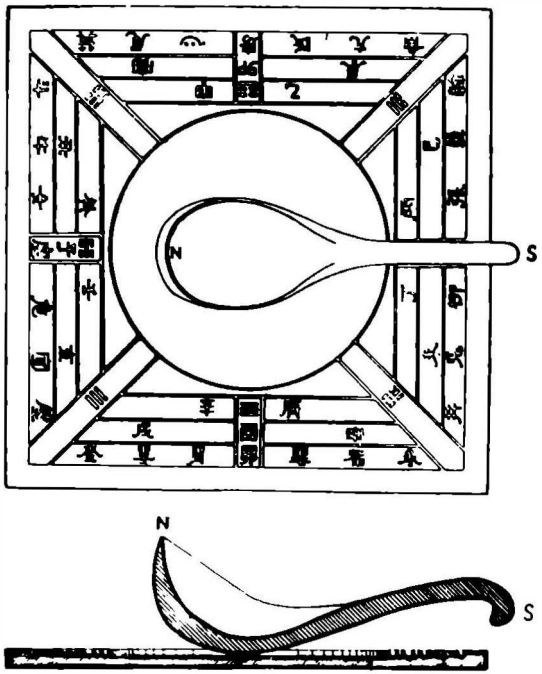
yan resimdekine benzer aletlerin ortaya çıkışı çok önemli bir gelişmedir zira tüm uygarlıklarda başlıca ticaret mallarından biri kumaştı. Eğirme ve dokuma tezgahlarının kullanılmaya başlanmasıyla ülkelerin ekonomisi ve buna bağlı olarak insanların yaşamı büyük ölçüde değişmiştir. Büyük Endüstri Devrimi ilerde de göreceğiniz gibi dokuma endüstrisinde ortaya çıkan bu gelişmelerden doğmuştur. Resimde gördüğünüz Ortaçağda kullanılan tek iğli aletin zamanla daha da geliştirilmesi ve yünün aynı anda birden çok iğ ile eğirilmesini sağlayan büyük tezgahların yapılması Endüstri Devriminin en önemli aşamasını oluşturur.

Manyetizm

Yine bu geçiş döneminde ortaya çıkan ve ilerde çok önemli gelişmelere sahne olan bir diğer bilim dalı da manyetizmdir. Yunanlılar geçmişte Küçük Asya denilen Anadolu'daki Magnesia (bugünki Manisa) yöresinde çıkan ve bu nedenle Yunancada *magnes* olarak adlandırılan, bugün ise magnetit ya da mıknatıs taşı olarak tanıdığımız bir tür demir cevherinin demir parçacıklarını çektiğini ve bu yoldan kendileri de mıknatıs niteliği kazanan bu parçacıkların da diğerlerini aynı biçimde etkilediğini bulmuşlardı. Böylelikle manyetik bir metalin diğer bazı metallere de aynı özelliği kazandırması anlamını taşıyan indüksiyon ilkesi ile tanışan insanlar buna karşılık mıknatıs ile yönler arasındaki bağlantıyı henüz bilmiyorlardı. Bu bağlantının kurulması ilerde gerçekleşecek ve kanımca insan zekasının en büyük kanıtlarından birini oluşturacaktı, zira bir ipin ucundaki mıknatıslı bir çubuğun boşlukta sarkıtılması durumunda bunun daima kuzey ve güney yönlerini gösterecek biçimde duracağının bulunması bile -bu olguya bir açıklama getirilmesinden bağımsız olarak- başlı başına çok ilginç bir gelişmedir. Şöyle düşünün: İnsanlar neden durup dururken mıknatıslı bir çubuğu boşlukta sarkıtmaya gerek duymuş olsunlar? Bunun yapmak için gerçekte hiçbir neden yoktu. Bu deneyin birçok kez tekrarlanması ve çubuğun her seferinde aynı konuma gelmesi ise doğal olarak şu soruları akla getirecektir: Çubuk neden daima kuzey ve güneyi

gösteriyor? Kuzeyde ve güneyde çubuğun konumunu etkileyecek ne olabilir? Mıknatısla bu iki yön arasındaki bağlantı nedir? Bilimin en büyük başarılarından biri de bu soruların yanıtının bulunmuş olmasıdır. Bu buluş aşağıda göreceğiniz gibi ilginç bir yolla gerçekleşmiştir.

Eski çağlarda tüm insanların hangi ırk ya da dine mensup olurlarsa olsunlar fala, yani gelecekten haber almaya çok düşkün olduklarını biliyoruz. Yunanlıların daha önce değinmiş olduğum beş ayrı geometrik biçimdeki zarlarla bunu gerçekleştirmeye çalıştıkları sıralarda Çinliler de aynı amaçla çeşitli yöntemlere başvurmaktaydılar. Bunlardan biri de belli cisimlerin hızla döndürülmesi ve durdukları zaman bulundukları konumdan anlamlar çıkarılması idi. Yaşamın kısalığına karşılık insan bedeninin mezarda çok uzun bir süre hatta sonsuza dek kaldığını düşünen Çinliler bu nedenle öldükleri zaman nereye gömülecekleri konusuna yaşamlarını nerede geçireceklerinden çok daha büyük bir önem verirlerdi. Dolayısıyla Çin'de belli bir ücret karşılığında bir tür fal bakarak insanlara öldükten sonra nereye gömülmelerinin uygun olacağını söyleyen özel falcılar türemişti. Bunun için kullanılan en yaygın yöntem özel bir cismi sekiz bölüme ayrılmış ve yine özel biçimde işaretlenmiş bir tahtanın üzerinde döndürmekti. Fal tahtası üzerinde yer alan sekiz bölümün her biri kendine özgü simgelerle donatılmıştı ve bu simgeler bölümleri birbirinden ayıran dört uzun ve dört kısa şerit üzerindeki diğer bir takım işaretlerle birleştirilerek yorumlanırdı *(Şekil 36)*. Tahtanın ortasındaki dairenin üzerine konup fırıldak gibi çevrilen cisim çoğu zaman bildiğimiz kısa saplı Çin kaşığı oluyordu (Belki bazılarınız bir Çin restoranında böyle bir kaşıkla yemek yemişsinizdir). Bu iş için kaşığın seçilmesi doğrudan astronomi ile bağlantılıydı. Kuzey yönünü gösteren Büyük Ayı takım yıldızını biliyorsunuz. Amerikalılar buna Kepçe derler ve gerçekten de bu takımyıldızın biçimi ayıdan çok kepçe ya da kaşığı andırır. İşte Çin falında kullanılan kaşık da Büyük Ayı ya da Kepçe takımyıldızını simgelemekteydi. Başlangıçta tahtadan yapılan bu kaşıklar sonraları daha iyi dönmelerini sağlayan yeşimtaşı ya da Çinlilerin kutsal saydığı diğer taşlardan ve bu arada magnetit ya da mıknatıs taşından yapılmaya başlanmıştı. Bir süre sonra insanlar diğer maddelerden yapılan kaşıkların dönmeleri sona erdiği zaman çok çeşitli

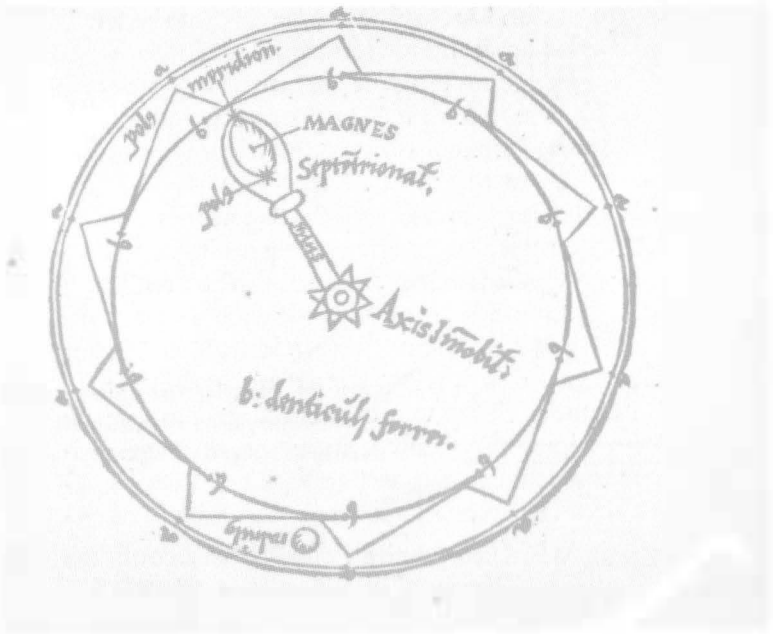


Şekil 36. Pusulanın ilk biçimini gösteren bu çizim Wang-Chen-To'ya aittir. Ortadaki kaşık mıknatıs taşından (magnetif) yapılmış olup fal tahtası Han döneminden kalmadır (M.S. 100).

konumlarda durmasına karşılık magnetit kaşıkların ne yönde ya da ne hızla döndürülürse döndürülsün sonuçta hep aynı konuma gelip durduğunu, yani kaşığın sapının şaşmaz biçimde güneyi gösterdiğini farkettiler. Ve böylece dolaylı bir yoldan da olsa ilk pusula ortaya çıktı.

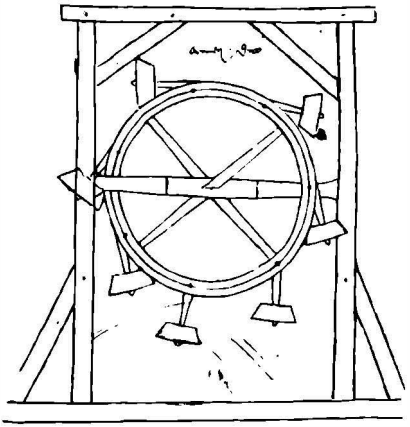
Bildiğimiz biçimiyle pusula ilk kez İsa'dan sonraki altıncı yüzyılda Doğu'da ortaya çıkmış ve ancak yüzyıllar sonra Batı'ya gelmiştir.

Buna karşılık çok eskiden beri bilinen mıknatıs taşının yön bulmada kullanılması M.S. 950 ile 1200 yılları arasına tarihlenmektedir. Bu tarihlerin nasıl saptandığını kısaca anlatmak istiyorum. Çok eski çağlarda gemicilerin karanın bulunduğu yönü saptamak için başvurdukları ve kutsal kitaplardaki Nuh'un gemisi öyküsünde de değinilen bir yöntem vardı: Gemilerde kafes içinde kuşlar bulundurulur ve insanlar açık denizde hangi yöne giderlerse karaya



Şekil 37. Bir mıknatısla çalıştırılan sürekli hareket makinesi. Pierre de Maricourt'un *De Magnete*'sinden.

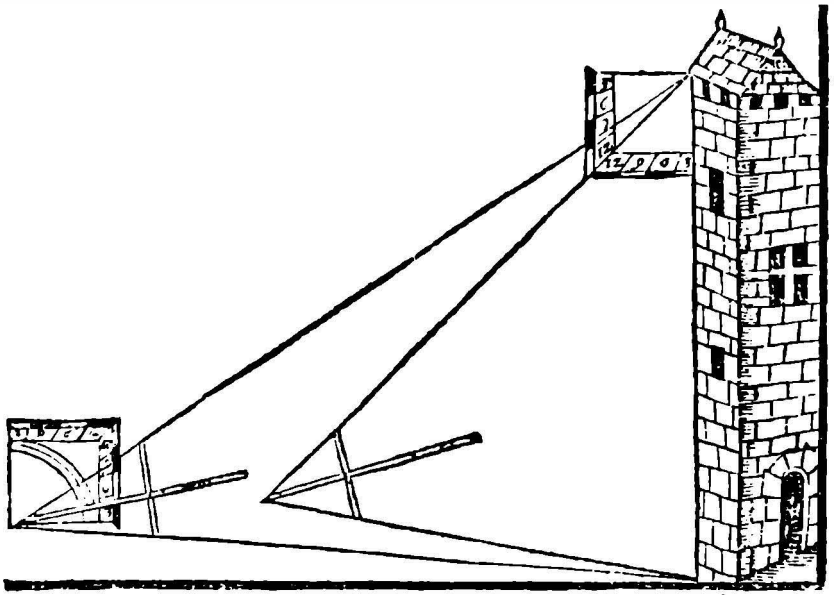
varabileceklerini anlamak için bu kuşları serbest bırakırlardı. Kuşlar içgüdüsel olarak karanın ne yönde olduğunu bildikleri için o yöne doğru uçarlar, gemicilere de onları izlemek kalırdı. Bu yönteme kutsal kitaplardan çok daha eski kaynaklarda da rastlarız. Örneğin Pakistan'ın Harrap bölgesindeki bir kazıda çıkan ve M.Ö. 3000 yılına ait olduğu saptanan mühürlerde uçan bir kuş ve bunu izleyen bir gemi figürü bulunmaktadır. Çok daha sonraları M.S. 900 yıllarında Floki adındaki bir Viking'in de İzlanda'yı bu yöntemle bulduğu bu tarihten tam üçyüz yıl sonra yazılmış bir kitapta anlatılır. Yazar o zamanlar mıknatıs taşının henüz bilinmemesi nedeniyle Vikinglerin karayı bulmak üzere kargalardan yararlandıklarını açıklamaktadır. Böylece mıknatıs taşının batıda yön bulma amacıyla kullanılmasının M.S. 950 ile 1200 yılları arasına rastlayan bir tarihte başladığını söyleyebiliriz. Bundan çok uzun bir süre sonra da ilk pusulalar yapılmış ve bunu daha sonraki bölümlerde de göreceğiniz gibi astronomi ve denizcilik alanlarında ortaya çıkan çok önemli gelişmeler izlemiştir.



Şekil 38. Çember üzerindeki ağırlıkların yardımıyla çalışan sürekli hareket makinesi. Villard de Honnecourt, 1235

Yaklaşık olarak M.S. 1260 yılında Peter de Mericourt adlı bir kişi mıknatıslar konusunda o dönemin ilk bilimsel makalesini kaleme aldı. Mericourt mıknatısın kuzeyi ve güneyi gösterdiğini bilmiyordu ama kutupları olduğundan haberi vardı ve bir mıknatısın iki parçaya bölünmesi ile her biri kendi kutuplarına sahip iki ayrı mıknatısın ortaya çıktığını da bulmuştu. Bunun izleyen yıllarda insanlar mıknatısın nerelerde kullanılabileceğini araştırmaya başladılar. *Şekil 37'de* Mericourt'un mıknatıs taşının özelliğinden yararlanarak yaptığı bir sürekli hareket makinesi görülmektedir. Makinenin çevresinde bir tür demir armatür, içinde de kadranın ortasına monte edilmiş ve ucunda bir mıknatıs taşının yer aldığı bir ibre bulunmaktadır. Demir armatür ile mıknatıs taşı arasındaki çekim ibreyi ve bağlı olduğu kadranı sürekli biçimde döndürmektedir. *Şekil 38'de* Villard de Honnecourt'un buluşu olan ve bu kez daha basit bir ilkeye dayanan diğer bir sürekli hareket aygıtı görüyorsunuz. Burada Honnecourt mıknatıstan yararlanmak yerine ortadaki çemberin çevresine ağırlıklar yerleştirerek bu ağırlıkların sırayla devrilmesi ve böylece daima çemberin bir yanının ağır basması sonucu ortaya çıkan sürekli bir dönüş sağlamıştır.

Şekil 39 yükseklik ölçümü ile ilgili teorik bir yöntemi göstermektedir. "Bir Kulenin Yüksekliğinin Uzaktan Ölçülmesi" olarak tanımlanan bu çizim için üzeri derecelendirilmiş çeyrek daire biçiminde aletler kullanılmaktaydı, ancak bu yöntemi daha pratik hale getirmek



Şekil 39. Bir kulenin yüksekliğinin uzaktan ölçülmesi.

amacıyla resimde gördüğünüz haç biçimli baston geliştirilmişti. Bu baston ölçülmesi istenen açıyı kapsayana dek ölçü göstergesinin üzerinde ileri-geri oynatılırdı. Onikinci yüzyılda gemilerde kullanılan bu düzenek gemiciler tarafından fazla karmaşık bulunmuş ve haç biçimli baston ok atmaya yarayan arbalet ya da tatar yayı dediğimiz aynı biçimdeki silaha benzetilerek bu düzenekle yapılan ölçüm "güneşi vurmak" olarak adlandırılmıştı.

Şekil 40'ta yine aynı dönemde geliştirilen ve açık havada gözlem yapmaya yarayan bir alet görülmektedir. Yıldızların yüksekliğini ölçmenin yanısıra çeşitli diğer işlerde de kullanılan astrolap adındaki bu alet astronomi ile de ilgilendiğini bildiğimiz Ortaçağın en ünlü İngiliz yazarı Chaucer'ın bir manuskriptinde ayrıntılı biçimde anlatılmaktadır. Bir tür hesap makinesi olan astrolap ile belli ölçümler yaptıktan sonra eğer nerede olduğunuzu biliyorsanız gecenin kaçı olduğunu, ya



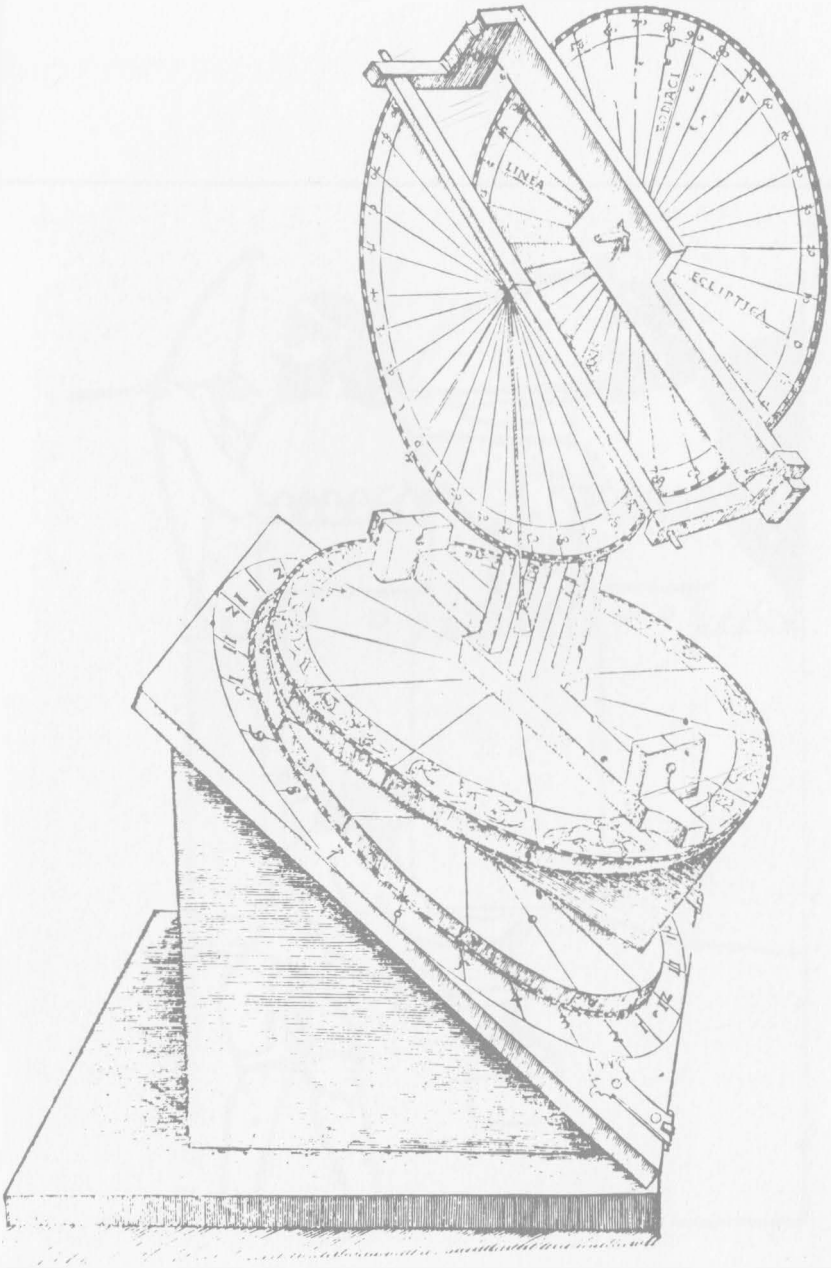
40. Chaucer'in astrolapı.

da saatin kaç olduğunu biliyorsanız nerede bulunduğunuzu saptayabilirdiniz. Resimde astrolapın sadece bir yüzü görülmektedir.

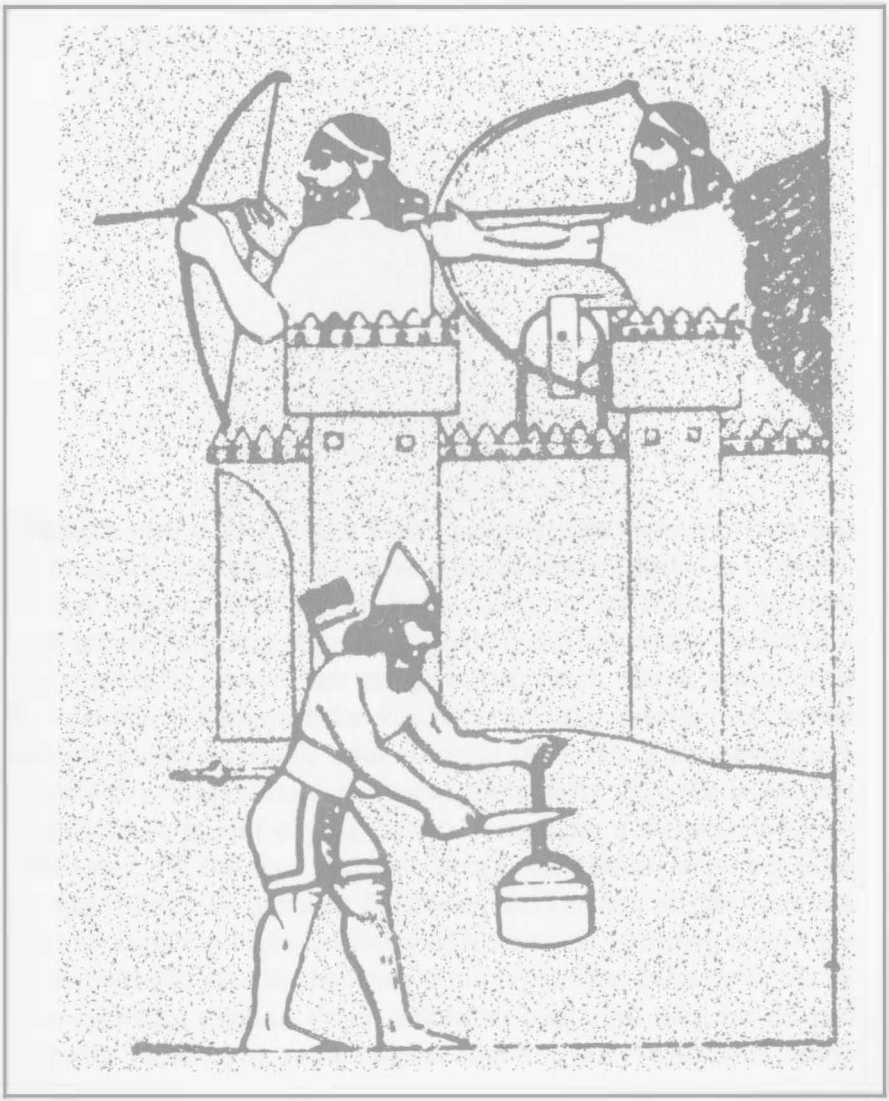
Son olarak da *Şekil 41'de* gördüğünüz ve Ortaçağın sonlarında yapılmış olan diğer bir gözlem aletine bakalım. Sadece yükseklik ve azimut bulmaya yarayan astrolapa kıyasla daha gelişmiş bir tür pusula olan bu aletle çok daha çeşitli gözlemler yapılabilmekteydi.

Böylece Ortaçağın en önemli teknik buluşlarını çok kısa biçimde özetlemiş oluyoruz. Bu çağda astronomi, kimya ve bir ölçüde de tıp alanlarında kaydedilmiş olan ilerlemenin yanısıra optik ve manyetizm konularına ilişkin yeni bilgilerin eklenmesiyle fiziğin alanı da önemli ölçüde genişlemişti.

Bundan sonraki bölümde bu buluşları izleyen ve çağdaş bilimin temellerinin atılmasıyla sonuçlanan ilk Bilimsel Devrimi inceleyeceğiz.



41. Astronomik gözlemde kullanılan üzeri derecelendirilmiş çemberler.



Güneşmerkezli Fizik

Fiziğin tarihinde bundan sonra gelen aşama diğerlerinden çok daha büyük önem taşıyan ve çağdaş fizikle doğrudan bağlantıları bulunan bir dönemi kapsamaktadır. İlk Bilimsel Devrim olarak adlandırdığımız olgunun nelerden oluştuğunun ve bilim alanının sınırlarını nereye dek genişlettiğinin tam olarak anlaşılması çok önemlidir (İlk Bilimsel Devrim diyorum zira sizler bunun henüz ayırdında olmayabilirsiniz ama şu anda bilim ikinci bir devrim geçirmektedir). Yunanlıların matematik alanında gerçekleştirdikleri tüm başarılara karşın çağdaş bilimin Helenistik dönemde doğduğu söylenemez. İlk Bilimsel Devrim Güneş sisteminin, evrensel çekimin, ışık, vakum ve gazların özelliklerinin, kısacası fiziğin tüm ana dallarının bugünki biçimleriyle ortaya konması gibi olağanüstü gelişmeleri simgeleyen bir deyimdir. Bunun yanısıra daha farklı bir biçimde dönemin olayları ile de yakından bağlantılı olan bu devrim Avrupa'da başlamış ve zaman içinde tüm dünyaya yayılmıştır. Bilimsel Devrimi tarih açısından irdelerken karşımıza çıkan ve tam olarak yanıtlayamadığımız bir soru bu devrimin neden özellikle belli bir zamanda ve belli bir yerde gelişmiş olduğudur. Neden başka bir za-

manda ve başka bir yerde gelişmediğini açıklayabiliyoruz ama aradığımız yanıt bu olmadığı için bizi doyurmuyor. Bunu bilmek de önemli ama yeterli değil.

Bu dönemde Avrupa'da gereken ölçüde bir bilgi birikimi sağlanmamış, belli bir refah düzeyine erişilmemiş ve örneğin matematik için söz konusu olduğu gibi belli teknik yetiler gelişmemiş olsaydı ilk Bilimsel Devrimin gerçekleşmemiş olacağını biliyoruz. Diğer yandan aynı dönemde bu koşulların Avrupa denli Çin ve Hindistan gibi dünyanın başka bölgelerinde de sağlanmış bulunduğunu gözönüne aldığımızda "neden Avrupa?" sorusuna yanıt getiremiyoruz. Bulabildiğimiz tek açıklama bu olgunun aynı tarih diliminde Avrupa'da ortaya çıkan üç önemli gelişme ile bağlantılı olması olasılığıdır. Bu gelişmeler sırasıyla Rönesans, Reformasyon ve (bu ikisinin sonucu olarak ortaya çıkmasına karşın aslında Bilimsel Devrim ile diğerlerinden daha çok bağlantılı olan) kapitalizmin doğuşudur.

Rönesans dediğimiz zaman aklımıza gelen ilk kavram sanattır ve bu dönemi sanat alanında, yani resimde, müzikte, edebiyatta, mimaride ve bunların yanısıra tüm bir yaşam biçiminde görülen bir devrim olarak tanımlarız. Rönesansın getirdiği yenilikler din, ekonomi ve teknoloji gibi diğer alanları da etkilediği gibi insanların dünyaya bakış açısında köklü bir değişim olmasına yol açmıştır.

Bilimsel Devrim, Rönesans ve Reformasyon adlarını verdiğimiz olguları bir bütün olarak irdelemek ve bunlardan genel bir sonuç çıkarmak için ayrıntılı bir tarihsel analize girişmemiz gerekiyor ki bu bizim konumuzun dışında kalıyor. Bunun yerine bu gelişmeleri bilimle olan bağlantıları açısından ele alıp bütünün çeşitli parçalarını birbirine uyacak biçimde birarayı getirmeye çalışacağız.

Bilimsel Devrimin birdenbire ortaya çıkmadığını, belli başlı üç aşamadan geçerek gerçekleştiğini bilmekte yarar var. Bunların ilki daha çok bir hazırlık aşaması niteliğini taşımakta olup başlangıç tarihi genellikle Konstantinopol'un düştüğü ve bunun sonucu olarak Yunan kültürünün son dönemini simgeleyen Bizans İmparatorluğu'nun ortadan kalktığı yıl olan 1453 olarak kabul edilir. Bilimsel Devrimin bu ilk aşamasının sona erdiği tarih ise (yine genellikle) 1543 olarak kabul edilir ki bu tarih de ilki gibi bir bakıma eskinin ye-

rini yeniye bırakmasını simgelediği için uygundur: 1543 yılında Polonyalı gökbilimci Nicolaus Copernicus'un evrenin merkezinde Dünya'nın bulunduğuna ilişkin eski görüşün sonunu hazırlayan Güneş-merkezli evren teorisini kanıtlarıyla birlikte ortaya koyduğu *De revolutionibus orbium* (Gökcisimlerinin Devirleri) başlıklı eseri yayınlanmış ve böylece Copernicus Devrimi olarak adlandırılan olay gerçekleşmişti. Bilimsel Devrimin ilk aşamasına önem kazandıran başlıca öğe bu dönemde eski sistemlerin sorgulanmaya başlanması ve bunların yerini alacak yenilerinin anahatlarının belirlenmesidir.

Bilimsel Devrimin Copernicus'la başlayan ikinci aşamasını simgeleyen Rönesans ve bunu izleyen Reformasyon dönemleri de bizi 1620 yılına dek getirir. Bu süre içinde Copernicus'un teorisindeki boşluklar Tycho Brahe ve Kepler tarafından doldurulmuş, teleskop geliştirilmiş ve Galileo'nun optik ve dinamik alanlarındaki buluşları gerçekleşmiştir. 1687'de Newton'un *Principia*'sının yayınlanması ile de tüm ayrıntılar tanımlanmış ve genel tablodaki yerini bulmuş olacaktı. *Principia* bunu o denli kesin ve tartışılmaz bir biçimde gerçekleştirmişti ki yayınlandığı tarihi izleyen yüzyıl içinde Newton yasalarının kusursuzluğu her tür eleştiriyi ya da düzeltme girişimini gereksiz kılmış ve böylelikle bir bakıma bilimin gelişmesini bir süre için durdurmuştu.

Bilimsel Devrim fizik ve astronomi bilimleri dışında kalan alanlarda da önemli gelişmelerin ortaya çıktığı bir dönemdir. Örneğin İngiliz hekim ve biyolog William Harvey kan dolaşımına ilişkin eski inançları ortadan kaldıran ünlü eseri *Anatomica*'yı 1628 yılında yayınlamıştı.

Bir yanda gözlem ve deneyler sonucu güneş sisteminin gerçek görüntüsü ile ortaya konması, diğer yandan insan bedeninin anatomisi ve karmaşık işlevlerine açıklık getirilmesi o güne dek dünyayı eski filozofların bakış açısından yorumlamış olan insanların bunlar ve benzeri konularda düşmüş oldukları yanılgıları ortadan kaldırmıştır. Kepler'in gözlemlerinden ortaya çıkan ve daha sonra Newton tarafından tamamlanan astronomik tablo bu dönemin en önemli yeniliğiydi ve gökyüzünün tüm sırlarının çözülmesiyle bilimin başlıca amacı da gerçekleşmişti. Bundan önce insanlar evre-

nin en önemli öğesi olarak gördükleri gök cisimlerinin hareketlerinin anlaşılmasıyla diğer alanlardaki sorulara da yanıtlar bulunacağına inanıyorlardı. Diğer bir deyişle gökkubbeyi anlayan kişinin dünya üzerindeki diğer herşeyi de anlayabileceği düşünülüyordu. Newton'un araştırmalarının sonuçları tam olarak anlaşıldığı zaman aslında gökyüzünün sanıldığı gibi dünyayı yönetmediği, dolayısıyla insanın tüm yaşamı ve geleceğinin gök cisimlerinin hareketlerine bağlı olmadığı ortaya çıktı. Sorun sanıldığı denli büyük olmadığı gibi çözümü de yaşamsal bir önem taşımıyordu. Önemli olan bu çözüme nasıl varıldığıydı. Newton (ve ondan önce Galileo) bu çözüme giden yolda yepyeni bir bilim olan fiziği bulmuşlardı (Galileo fiziği dinamik ve statik bilimleri olarak ikiye ayırmıştır). Bu iki büyük bilim adamı yeni bilimi tanımlayan yeni bir matematik de buldular: Bu matematik o zamandan bu yana teorik fiziğin temellerini oluşturan diferansiyel denklemler matematiğidir. Başlangıçtaki tek varoluş amacı evrenin yapısına ilişkin soruların yanıtlanması olan bu yeni matematik zaman içinde daha geniş bir uygulanım alanına kavuşmuştur.

Yine aynı dönemde vakum kavramının anlaşılmasına yönelik araştırmaların başladığını ve böylece endüstri devriminin temellerinin atılmış olduğunu görüyoruz. İlk Bilimsel Devrim olarak adlandırdığımız bu dönemin en önemli buluşlarını gerçekleştirmiş olan Copernicus, Galileo, Kepler ve Newton'dan sözederken bunların yanısıra mozayiğin diğer bir parçasını oluşturan ve farklı bir alanda diğerleriyle aynı derecede önem taşıyan başka bir buluşu gerçekleştiren Columbus'u da unutmamalıyız.

Avrupa'daki Değişim

Bu dönemde Avrupa'da ortaya çıkan ve bilimden sanata dek her alanda etkileri görülen büyük değişim bugün de tam anlamıyla çözümlenmemiş bulunan bazı tarihsel gelişmelerden kaynaklanmıştır. Şimdi bu gelişmeleri ve bunları hazırlayan nedenleri kısa bir biçimde inceleyelim.

İsa'dan sonraki altıncı yüzyılın başlarında doğu Moğolistan ve batı Mançurya'da yaşamakta olan çok sayıdaki Moğol aşiretinin onikinci yüzyıl sonlarında Cengiz Han önderliğinde birleşmesiyle ortaya çıkan Tatar İmparatorluğu kısa sürede büyük bir güç kazanmıştı. Cengiz Han ve onu izleyen Tatar hükümdarları onüçüncü yüzyılda İmparatorluğun sınırlarını Kuzey Çin'den doğu Avrupa'ya dek genişletmiş bulunuyorlardı. Tatar akınlarının ilk ve en şiddetli dalgalarına hedef olan Çin, Hindistan ve Orta Asya halklarının bundan çok büyük zarar görmüş olmalarına karşılık Hıristiyan dünyasının Tatarlardan bu denli etkilenmeyişinin tek nedeni Tatar akıncılarının Avrupa'ya erişene dek güçlerinin büyük bir bölümünü yitirmiş olmalarıydı. Tatarların doğu ülkelerinde yarattıkları yıkımın bir sonucu olarak bu ülkelerde bilimin ilerlemesi uzun bir süre için durmuştu. Daha sonra Tatarların yerini Türklerin alması da durumu değiştirmedi zira Türkler de kendilerine kalan mirası fazla geliştirmediler. Doğunun kendine özgü kültürü Osmanlı Türklerinin onikinci yüzyılda Orta Doğu'da yükselişe geçmesinden çok önce ortadan kalkmış bulunuyordu.

Doğuda bu gelişmelerin olduğu dönemde Avrupa her ne kadar kendine özgü bir kültür oluşturmaya başlamışsa da hâlâ geri kalmış bir bölgeydi ve tüm Avrupa'nın kültür ve bilimde en geri durumda bulunan ülkesi de İngiltere'ydi. Büyük Roma İmparatorluğu'nun sınırında yer alan İngiltere bu nedenle Roma uygarlığından diğer Avrupa ülkeleri denli nasibini alamamıştı. Buna karşılık İngiltere'de (ve daha az bir ölçüde olmak üzere bugünkü Hollanda ve Belçika'nın bulunduğu topraklarda) yerleşmiş olan insanlar İmparatorluğun merkezine uzak kalmanın yol açtığı bu olumsuzluğa karşılık anakaranın açık denize açıldığı yerde yaşamanın getirdiği önemli bir avantaja, yani denizin sağladığı olanakları kullanma avantajına sahip bulunuyorlardı. Bu olanakların biri ticaret, diğeri ise balıkçılıktı. Baltık denizindeki tuz oranında ortaya çıkan bir değişme sonucu ringa balıklarının sürüler halinde Kuzey Denizine göç etmeleri bu denizin kıyılarında yer alan ve başlıca gelir kaynağı balıkçılık olan bu ülkelerin refah düzeyini önemli ölçüde yükseltmiş ve balıkçılık filolarının gelişmesinin yanısıra denizciliğin büyük önem kazanmasına yol aç-

mıştı. Böylece insanlar Akdeniz gibi kapalı denizler olan Baltık ve Kuzey Denizinin dışına çıkarak okyanusa açılmışlardı. Bilimin yaşama geçirilebildiği alanların başında gelen denizciliğin bu ülkelerde görülmemiş biçimde gelişmesi de buradan kaynaklanmaktadır.

Kuzey Avrupa'nın ekonomisi herşeyden önce gündelik yaşamı sürdürmeye yönelik bir ekonomiydi. Feodal sistem içinde yer alan büyük çiftlikler demir ve tuz dışında gereksinim duyulan herşeyi üretiyorlardı. Diğer yandan onüçüncü ve ondördüncü yüzyıllarda Avrupa'yı kırıp geçiren veba salgınının bir sonucu olarak insan gücü eksikliğinin ortaya çıkması bir çok işin makinelerle yapılması zorunluğunu getirmişti. Daha önce de değinmiş olduğum *Kıyamet Günü Kitabı*'na göre bu dönemde İngiltere'de 5900 civarında su değirmeni bulunmaktaydı ve bu değirmenler tahıl öğütme amacının yanısıra dokumacılıkta tezgahtan çıkan kaba kumaşın yıkanması ve dövülmesi işleminde de kullanılmaktaydı.

Ortaçağ Avrupası'nda ticaret alanında önemli gelişmeler ortaya çıkmıştı. Başlangıçta ulaşım güçlüğü nedeniyle hammadde ticareti yapılamıyordu. Önce mısır ve diğer tahılların sınırlı ölçüde alım-satımıyla başlayan ticaret daha sonraları tekstil ürünlerine yönelmiş ve bu biçimiyle kısa bir süre içinde belli başlı bir iş alanı halini almış ve İtalya'da başlayan kumaş ticareti zamanla kuzey ülkelerine, oradan da İngiltere'ye yayılmıştı. 1350 yılına dek İngiltere'de sadece kaba dokumacılık yapılıyor, daha incelikli yöntemler isteyen kumaş türleri için Hollanda'dan dokuma ustaları getiriliyordu. İpek ve yünden dokunan değerli kumaşlar Ortaçağın sonlarına doğru Avrupa'nın bilim ve sanat merkezi durumuna gelmiş olan Floransa'da üretilmekteydi. Bu dönemde Floransa'da yaşayan Mediciler gibi bazı aileler dokumacılık ve kumaş ticareti sayesinde büyük ün ve servete kavuşmuşlardı. İngiltere'nin daha sonraları Hindistan'dan aldığı ham pamuğu işleyip kumaş haline getirdikten sonra tekrar Hindistan'a satması gibi Floransalılar da İngiltere'den aldıkları ham yünü boyayıp dokuduktan sonra bu ülkeye geri satıyorlardı. Bu yöntemle tekstil ticaretinden çok büyük paralar kazanan bu ülkelerde, Endüstri Devriminin başlaması için gereken ölçüde bir sermaye birikimi sağlamış bulunuyordu.

Tarımda Devrim

Dönemin genellikle çok üzerinde durulmayan ve önemi ancak içinde yaşadığımız çağda anlaşılmaya başlayan diğer bir özelliği de, yukarda saydığımız alanların yanısıra tarımda da bir devrimin gerçekleşmesine sahne olmuş bulunmasıdır. Tarım devriminin getirdiği başlıca iki yenilik gübre kullanımının başlaması ve hayvanların kış ayları süresince beslenebilmesi için kuru yemlerin geliştirilmesidir. Daha önceleri özellikle kışların çok soğuk geçtiği ve çok uzun sürdüğü kuzey Avrupa'da etleri için beslenen hayvanların büyük bir bölümü kış mevsiminin başında kesilip tuzlanıyor ve insanlar kış boyunca bu etleri tükettikten sonra ilkbaharda dinsel inançlarına uygun ama aynı zamanda da zorunlu olarak uzunca bir süre et perhizine giriyorlardı. Tarım devriminin başladığı kuzey İtalya'daki Lombardiya bölgesi ve bu bölgenin sınırları içinde yer aldığı Milano Krallığı'nın onbeşinci yüzyılın ortalarındaki yıllık ulusal geliri aynı dönemde İngiltere ve Fransa'nın toplam ulusal gelirine eşit hale gelmişti. Bu zenginliğin başlıca kaynakları besin maddeleri ve insan gücünün bolluğu ile işlenmiş yün ve metal ticaretiydi.

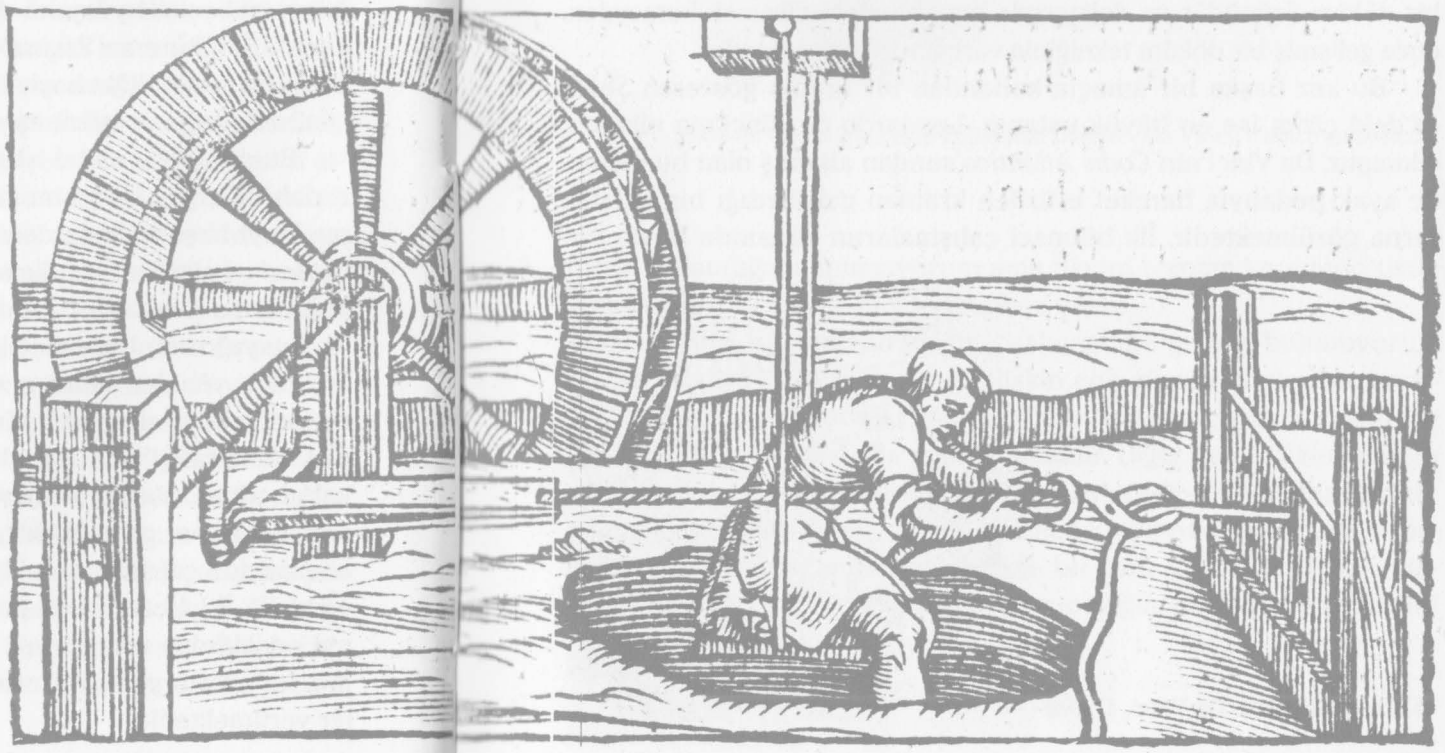
Bu dönemde metal işlemeciliği Avrupa'da belli başlı bir endüstri dalı olmuştu. İtalya bu alanda çok gelişmiş olmasına karşın hammaddeyi başka ülkelerden almak zorundaydı zira kendi toprakları maden yönünden oldukça fakirdi. Buna karşılık zengin yatakların bulunduğu Avusturya, Almanya ve İspanya (daha sonraları da İsveç ve Rusya) metal işlemeciliğinin geliştiği dönemde bu alanda en önemli kaynaklar haline geldiler. Metal endüstrisinin yaygınlaşmasına paralel olarak teknik yöntemlerde de önemli bir gelişme ortaya çıktı. Mineraloji ve bunu izleyen jeoloji bilimlerinin kurucusu olarak kabul edilen Alman bilim adamı Georgius Agricola'nın 1556 yılında yayınlanan ve gelecek iki yüzyıl boyunca madencilik ve metalurji alanlarında çalışanların elkitabı haline gelecek olan oniki ciltlik dev eseri *De Re Metallica*'da maden ocaklarının yapımı, maden filizlerinin ocaklardan çıkarılması ve ocaklarda biriken suyun boşaltılması gibi konuların yanısıra metal işlemeciliğine ilişkin çok önemli bilgiler verilmektedir.



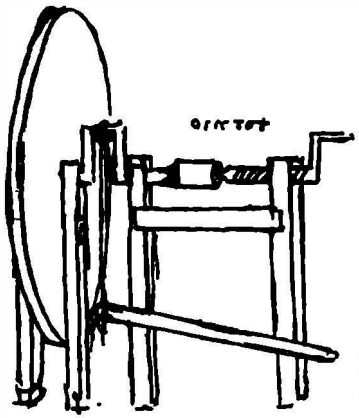
Şekil 42. Pirinç levhaların dövülmesi. Biringuccio'nun *De la Pirotechnia*'sından (Venedik, 1540).

Şekil 42'de Biringuccio'nun 1540'da yayınlanan *De La Pirotechnia* adlı eserinde yer alan ve pirinç levhaların yapımını gösteren bir resim görüyorsunuz. Bu işlem Kraliçe I.Elizabeth'in bu türdeki ilk işyerinin açılışına izin verdiği 1585 yılına dek İngiltere'de uygulanmıyordu. Avrupa'da pirinç levha yapımının başladığı ilk ülke olan Almanya'nın Nüremburg kentinde üretilen levhalar önceleri bilimsel araç-gereç, daha sonraları da harita yapımında kullanılmıştır. Yine aynı yöntemle yapılan demir levhalar ise daha çok zırh yapımı için üretiliyordu.

Yine aynı eserden alınmış olan *Şekil 43*'deki resim tek kişi tarafından çalıştırılan bir tel çekme makinesini göstermektedir. Bu işlemde insan gücü baş roldedir. Suyun döndürdüğü çark tarafından hareket ettirilen krank milinin her öne doğru gelişinde işçi elindeki pense ile teli tutup bükmekte, böylece milin tekrar arkaya dönüşü ile birlikte öndeki delikli tablodan çekilen bir miktar tel bükülerek halat biçimini almakta-



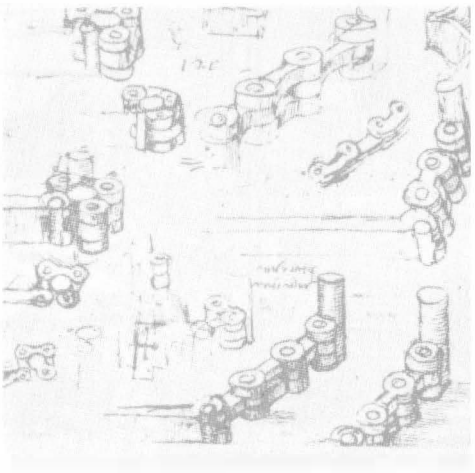
Şekil 43. Tel çekme makinesi. Biringuccio, *De la Pirotechnia*, 1540.



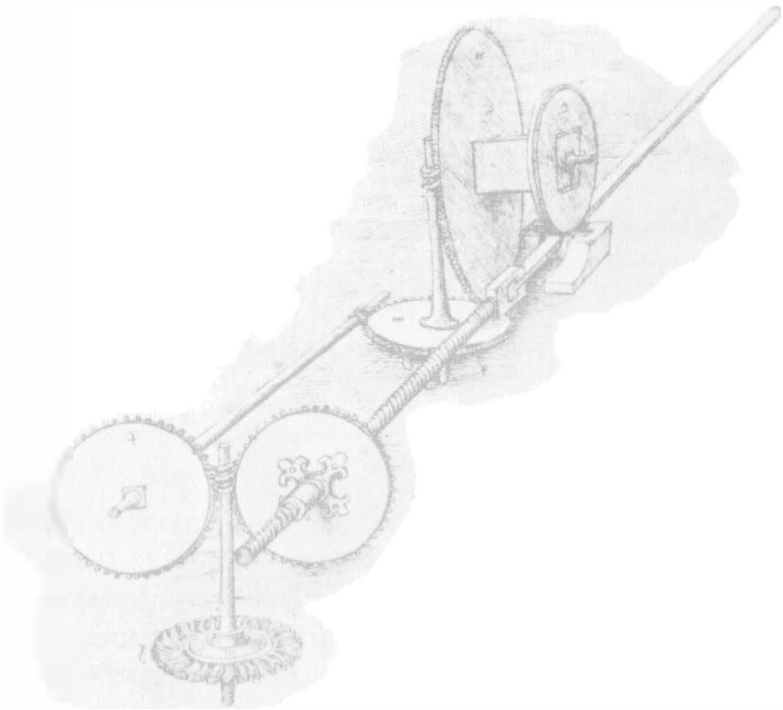
Şekil 44. Volanlı torna. Leonarda da Vinci'nin *Codice Atlantico*'sundan.

dır. Bu yönteme ilişkin olarak bir şeye dikkatinizi çekmek istiyorum: Su çarkının döndürdüğü krank mili aslında yapımı çok incelik gerektiren bir döküm ürünüdür ve dolayısıyla bu resimdeki düzenek herşeyden önce gelişmiş bir döküm tekniğinin varlığını göstermektedir.

Bu kez başka bir amaçla kullanılan bir krankı gösteren *Şekil 44*'deki çizim ise en büyük ustanın, Leonardo da Vinci'nin elinden çıkmıştır. Da Vinci'nin *Codis Atlantico*'sundan alınmış olan bu resimde ayak pedalıyla hareket ettirilen krankın çalıştırdığı bir volanlı torna görülmektedir. İlk bilimsel çalışmalarım sırasında böyle bir



45. Zincir dişlileri. Da Vinci, *Codice Atlantico*.

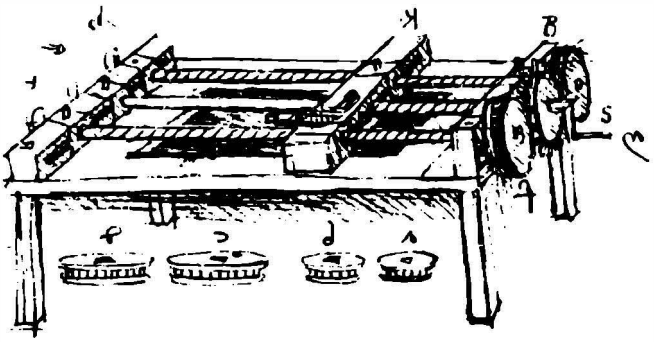


Şekil 46. Metal işlemede kullanılan dişliler. Da Vinci, *Codice Atlantico.*

torna kullandığını anımsıyorum ama benim tornam Leonardo ustanınki denli gelişmiş değildi zira volanı yoktu.

Bu aşamada mekanik çağın başlangıcına gelmiş bulunuyoruz. Leonardo da Vinci bize bu çağa ilişkin çok güzel çizimler bırakmıştır. *Şekil 45*'de bunlardan birini görebilirsiniz. Bu çizimde çeşitli ayrıntılarıyla bir zincir dişlisi yer almaktadır. Diğer yandan zincir dişlisinin Da Vinci'nin buluşu olmadığını söylemeliyim Needham'ın da belirttiği gibi * Da Vinci'den 400 yıl önce Çinliler böyle bir zincir dişlisi ile çalışan olağanüstü güzellikte bir saat yapmışlardı. Da Vinci'nin çizimleri sadece kendi buluşlarını değil, gördüğü ve kendisini etkileyen başka şeyleri de yansıtır.

* J. Needham, *Heavenly Clockwork*, Cambridge, 1960.

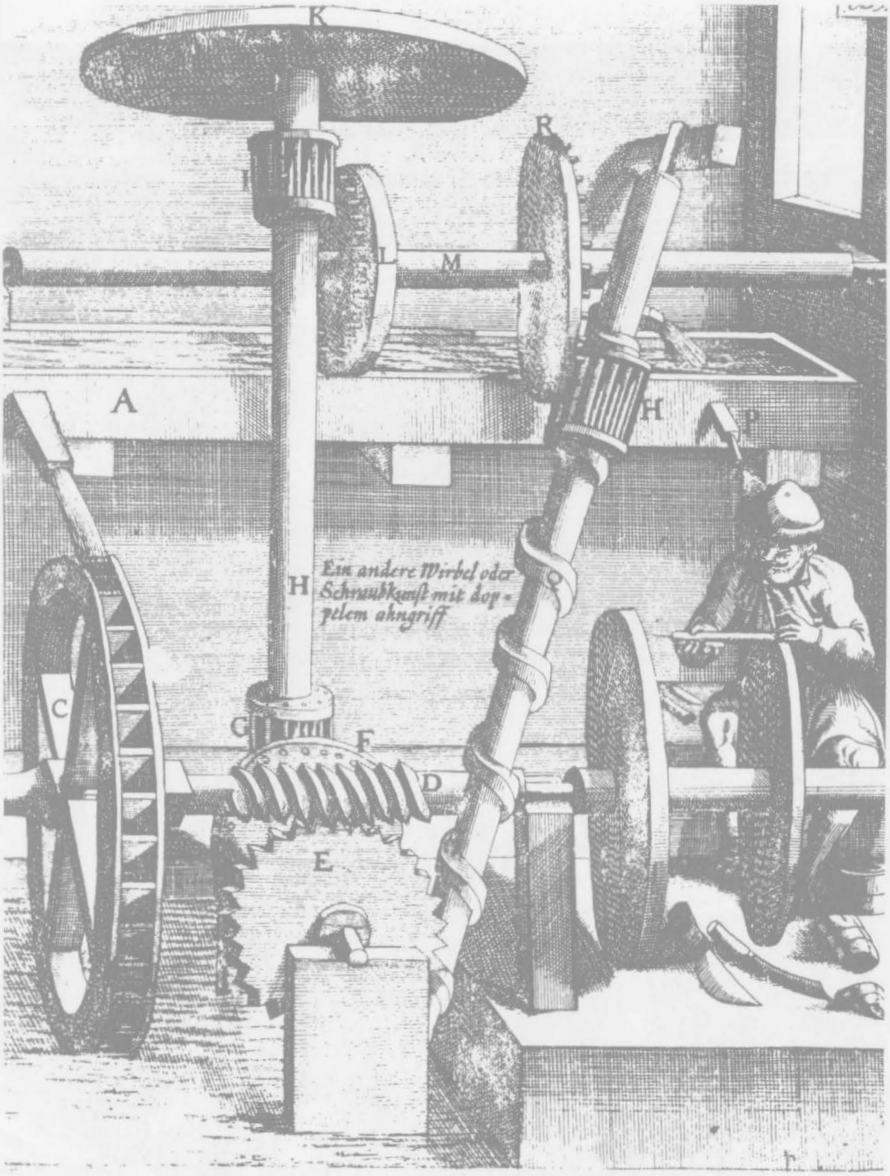


Şekil 47. Burgu tornası. Da Vinci .

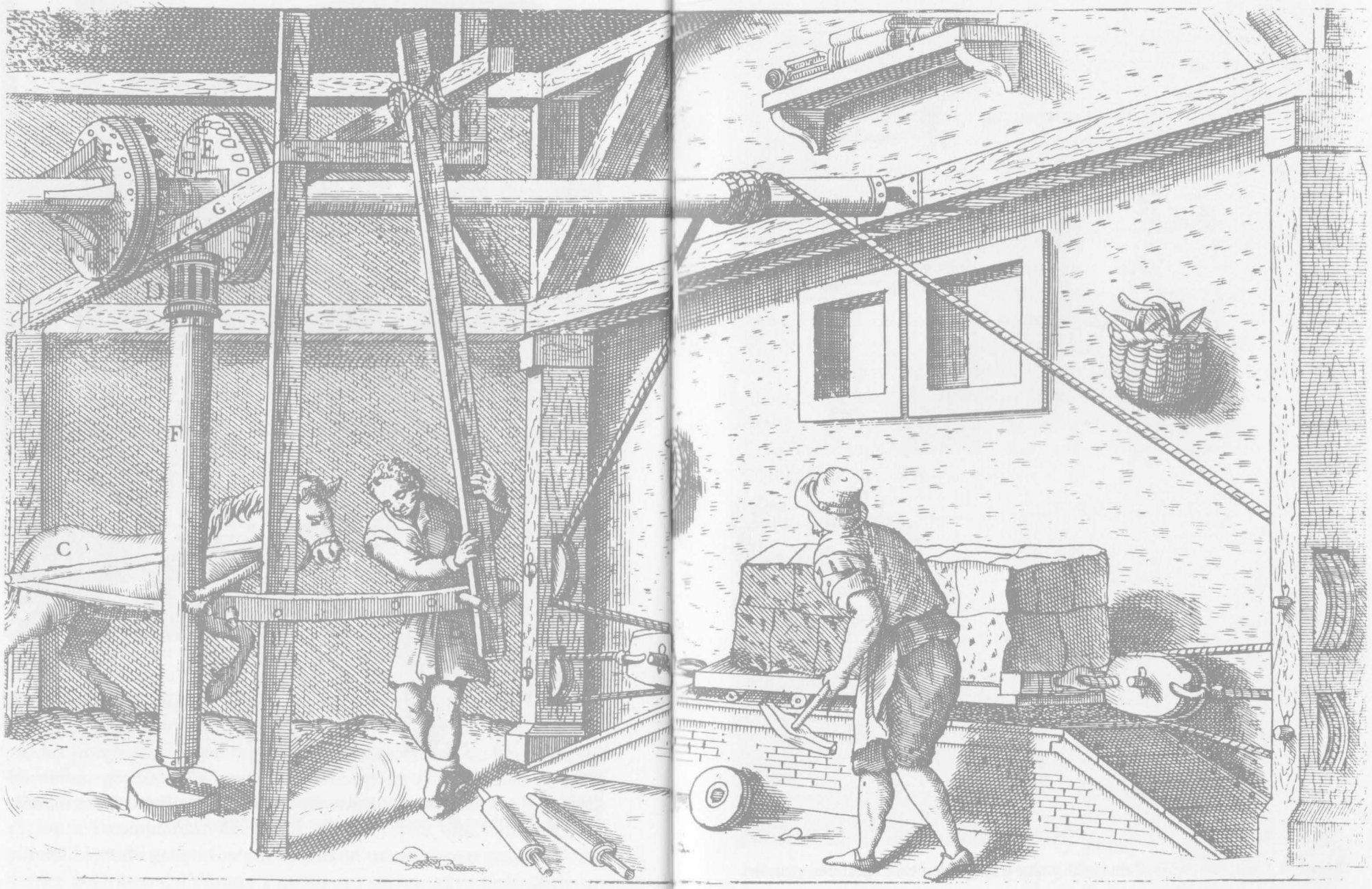
Şekil 46'da metal işlemede kullanılmış olan su türbini ile çalışan oldukça karmaşık bir dişli düzeneği görmektesiniz. Geleneksel yatay şaftlı su çarkının yerini burada dikey şaftlı bir türbin almıştır. Bu makine iki ana elemandan oluşmaktadır: Döner merdane ve bunun yanısıra çarka ek olarak uzun bir sonsuz dişli sistemiyle hareket eden çekme düzeneği. Bütün bunların bir arada çalışmasını sağlamak çok incelikli bir mekanik bilgisini gerektirmektedir.

Şekil 47 çeşitli dişlilerin kullanılmasıyla farklı boyutlarda burgular yapmaya yarayan bir tornayı göstermektedir. Değişik dişlilerin kullanımı değişik burum açıklıklarında burguların yapımını sağlamaktadır. Kesici parça yanlardaki iki kılavuz burgu tarafından hareket ettirilmekte olup burguların kesildiği parça ortada yer almaktadır.

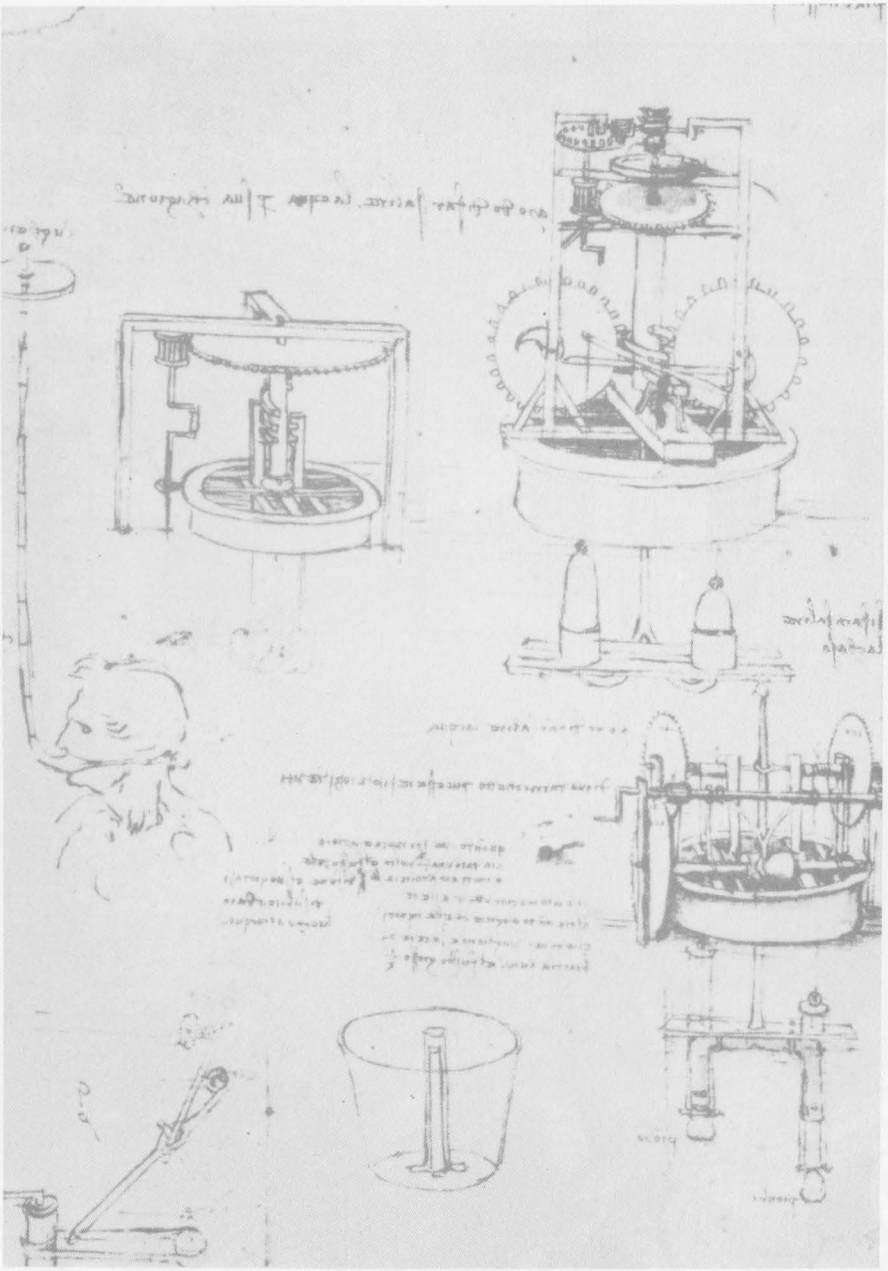
Şekil 48'de ise çok güzel çizilmiş olan ama ne yazık ki kimsenin çalıştırınayı başaramadığı bir mekanizma bulunmaktadır. Sürekli hareket ilkesine dayanan bu makine bıçak, kılıç vb. aletlerin bilenmesi amacı ile tasarlanmıştır. Büyük su çarkı tarafından çalıştırılan Archimedes burgusu suyu yüksekteki hazneye taşımakta ve haznenin sol köşesinde gördüğünüz boşaltma borusundan akan basınçlı su çarkı döndürmektedir. Bu tür bir çark düzeneği aslında yeni bir şey değildi, hatta Yunanlılardan önce bile kullanılıyordu, ama zaman içinde sürekli biçimde geliştirilmişti. Değirmen ustası denen gezgin teknisyenler değirmen çarklarının yapımının yanısıra suyu değirmene taşıyan savakları, su depoları ve kanallarını da yapıyorlardı.



Şekil 48. Bıçak bilemekte kullanılan sürekli hareket makinesi. Georg Andreas Böckler, *Theatrum Machinarum Novum*, Nüremburg, 1673.



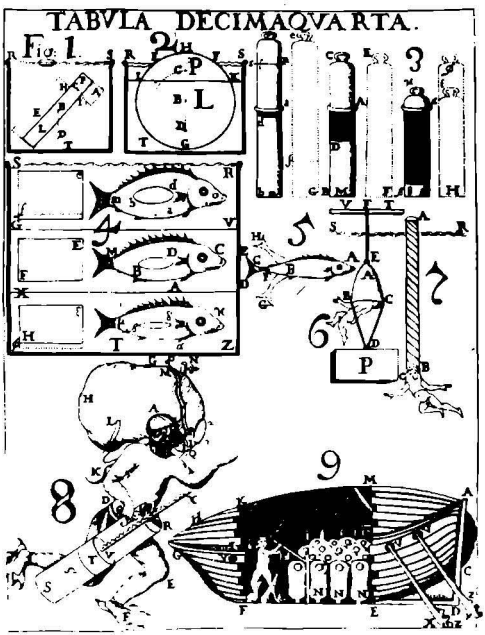
Şekil 49. Yarı-mekanik haddehane. Zonca, *Nuova Teatro di Machine et Edificii*, Padua, 1607.



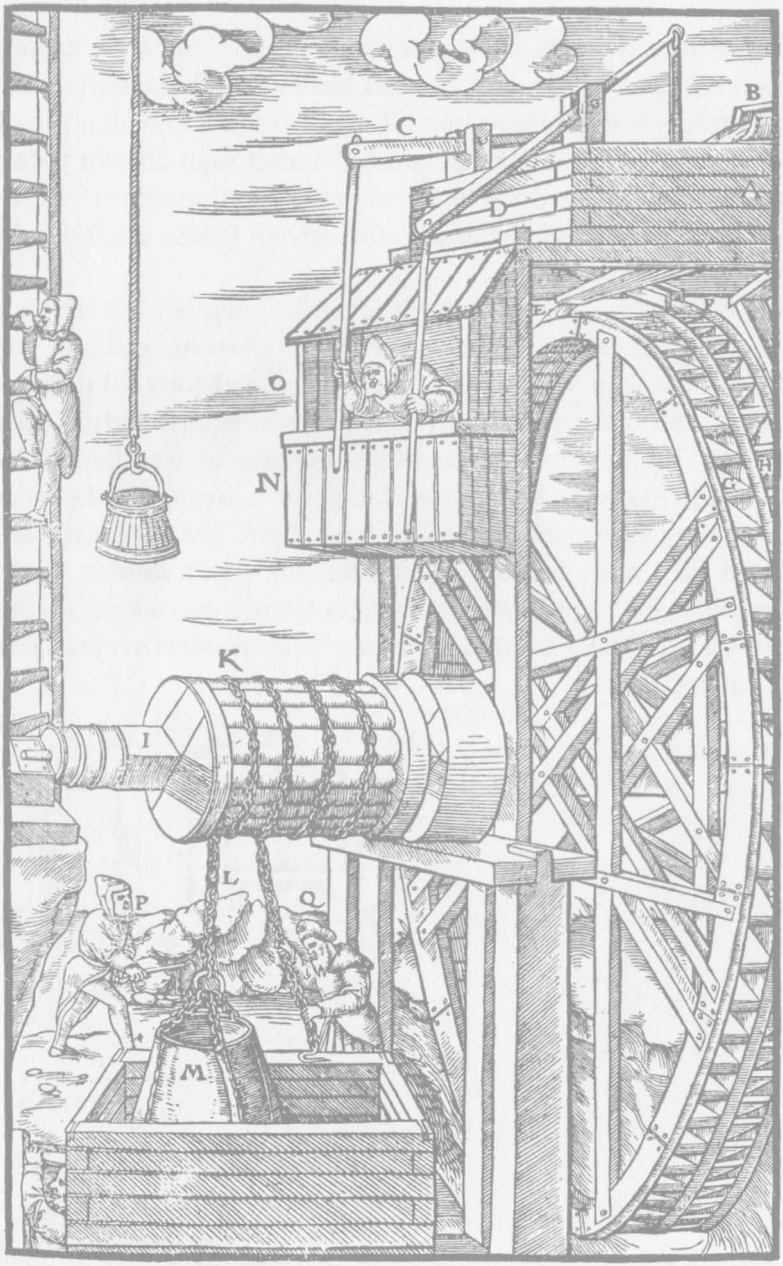
Şekil 50. Leonardo da Vinci'nin çeşitli emme-basma tulumbaları gösteren çizimleri.

Şekil 49 yarı mekanik bir haddehaneyi göstermektedir. Resimdeki atın dönmesiyle dikey şaft hareket kazanır. Taşlarla ağırlaştırılmış olan arabanın merdanelerinin altında üzerinde çalışılan metal levha bulunmaktadır. Soldaki işçinin kullandığı dişli kutusu yatay şafta bağlı olan dişlilerin önce birini, sonra diğerini döndürerek arabanın ileri-geri hareketini sağlamaktadır. Bu tek beygir gücünde de olsa kullanışlı bir düzenektir.

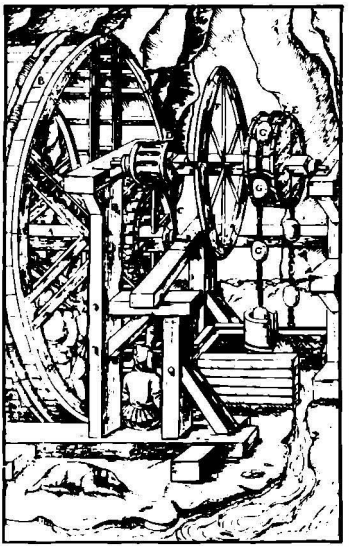
Şekil 50'de yine Leonardo da Vinci'nin kaleminden çıkmış olan ve çeşitli türlerdeki emme-basma tulumbaları gösteren çizimler yer almaktadır. Yunanlılar ve Romalılar da oldukça gelişmiş tulumbalar yapınışlardı ama bunların hiç biri resimde gördükleriniz denli karmaşık değildi. Bu tür tulumbaların büyük bir bölümü özellikle Akdeniz ülkelerinde saray ve büyük malikanelerin bahçelerini süsleyen fıskiye ve yapay çağlayanlarda kullanılmak üzere geliştirilmişti, dolayısıyla da kaça mal oldukları önemli değildi. Diğer yandan ilerde de göreceğiniz gibi bu pompalar bazı diğer işlerde de kullanılıyordu. Çizimlerde gördüğünüz bölümlü burgu mekanizmaları ve kranklar oldukça ilgi çekicidir.



Şekil 51. Dalgıç malzemeleri. G. A. Borelli, *De motu animalium*.



Şekil 52. Maden ocağından su basmaya yarayan bir düzenek. G. Agricola, *De re metallica*, Basel, 1556.



Şekil 53. Ayakla döndürülen çark ve zincirli tulumbadan oluşan diğer bir düzenek. G. Agricola, *De re metallica*, Basel, 1556.

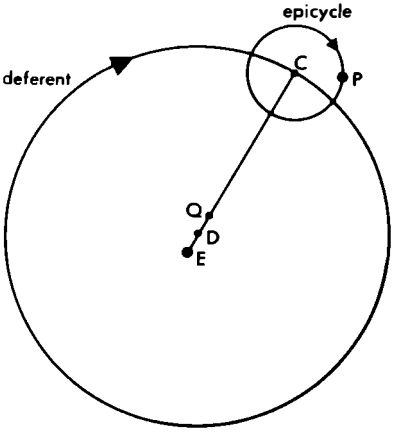
Şekil 51 ise özellikle amatör dalgıçların ilgisini çekecek bir şeyi göstermektedir. Onyedinci yüzyılda Giovanni Alfonso Borelli tarafından tasarımlanmış olan bu dalgıç takımı denizciliğin ve deniz ulaşımının hızla geliştiği bir dönemde insanların su altında yürümeyi ve nefes almayı olanaklı kılacak çözümler aramakta olduklarını göstermektedir.

Yine Georgius Agricola'nın *De Re Metallica* 'sından alınmış olan *Şekil 52*'deki çizimde maden ocaklarında biriken suyun boşaltılması için düşünülmüş bir düzenek görülmektedir. İki bölümden oluşması sayesinde üstteki kabinde bulunan kişinin hangi kolu çektiğine bağlı olarak her iki yönde de dönebilen dev boyutlardaki su çarkının çalıştırdığı bir tür asansör ile ocaktaki su dışarı taşınmaktadır. Buna benzer bir yönteme su çekme amacının yanısıra ocaktan elde edilen madenin yüzeye çıkarılmasında da başvurulmuş olduğunu biliyoruz. Kurulması ve çalıştırılması büyük miktarda keresteyi ve güçlü bir akarsuyun varlığını gerektiren bu düzeneğin özellikle orman ve akarsulardan yana çok zengin olan Almaya'da yaygın biçimde kullanılmış olması doğaldır. Klasik çağda insanların karşılaştığı en önemli sorunlardan biri de akarsuların bulunmadığı bölgelerde tarım ve

teknolojinin çok yavaş gelişmesiydi. Romalılar İspanya'daki zengin madenleri işletebilmek için gerçekten büyük ustalık gerektiren ocaklar yapmış ve yapı tekniğinin bilinen tüm olanaklarını bu uğurda seferber etmiş olmalarına karşın bunlardan istedikleri ölçüde yararlanamıyorlardı zira en azından ocakta biriken suyu boşaltmak için her biri başka bir yerde bulunan türbinlerle çalıştırılan en az yirmi Archimedes burgusu kullanmak zorundaydılar.

Şekil 53'de de yine bir öncekine benzer bir düzenek görüyorsunuz, ancak burada akarsuyun bulunmayışı nedeniyle büyük çark içinde duran işçiler tarafından ayakla döndürülmektedir. Bu ve benzeri yöntemlerin kullanıldığı onaltıncı yüzyıl ortalarında maden ocaklarında kölelerin çalıştırılması geleneği artık ortadan kalkmış bulunuyordu. Bunların yerini ücret karşılığı çalışan işçiler almıştı ve maden sahibinin ücret konusunda oldukça cömert davranması gerekiyordu zira aldıkları paradan hoşnut kalmayan işçilerin gidip kendi madenlerini kurmalarını önleyecek hiçbir yasa yoktu. Örneğin İngiltere'nin zengin kalay yataklarının bulunduğu Cornwall bölgesinde "serbest madencilik" ruhsatı alan herkes istediği yerde ocak açabilir ve elde ettiği kalaydan devletin payına düşeni ayırdıktan sonra geri kalanını dilediği biçimde kullanma ya da satma hakkına sahip olurdu.

Dönemin mekanik ve endüstri alanlarındaki koşullarını böylece özetlemiş bulunuyoruz. Şimdi de aynı dönemde bilim alanında ortaya çıkmış olan gelişmeleri ele alacağız. Buraya dek anlattığım şeylerin hiçbiri prensipte Antik Çağda bilinenlerden öteye gitmiyor ya da diğer bir deyişle tümüyle yeni bir buluşa dayanmıyordu. Ne pompa, ne de dişli sistemi ilk kez ortaya çıkmamış, sadece geçmişe kıyasla biraz daha geliştirilmiş biçimlerde ve daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştı. Dişli sistemlerine ilişkin olarak şunu da eklemek istiyorum: Daha önceki sayfalarda değindiğim büyük boyutlardaki düzenekler içinde yer alan dişlilerin yanısıra saatlerde kullanılan çok daha küçük dişliler de bulunuyordu. Bu dönemde yapılan saatler belli bir ölçüde senkronizasyon sağlayan ve folyo (*folliot*) adı verilen bir şeye dayanan basit bir sistemle çalışmaktaydı; bu da bir saatten daha kısa sürelerle pek fazla ilgilenmeyen Ortaçağ insanı için yeterli oluyordu.



Şekil 54. Episiklik yörünge. *P* gezegeni, *D* deferentin merkezini, *E* Dünya'yı göstermektedir. Episikliğin merkezi *C*, *D*'nin çevresinde düzgün bir yol izlemeyip *CQ* çizgisinin eşit zamanlarda eşit açılardan geçmesini sağlayacak biçimde hareket eder.

Astronomide Devrim

Yeni buluşlar ne zaman ortaya çıkmaya başlamıştır? Burada ilk aşama insanların gökyüzünü tanıma ve anlamada gerçekleştirdikleri devrimdir. Yunanlıların gökyüzü kavramına daha önce değinmiştim. Bu kavram tüm ayrıntıları ile Rönesansın sonuna dek varlığını sürdürmüştür. Yunanlı astronomların büyük bir bölümünün görüşlerini tek bir çerçeve içinde toplayan Ptolemaeios'un tanımları tümü dünyanın çevresinde dolaştığı düşünülen gezegenlerin hareketlerine ilişkin çok kesin ve ayrıntılı bilgiler içermekteydi. Bu hareketlerin açıklanmasında başvurulan iki kavramdan biri daha önce de değinmiş olduğum dışmerkezli yörünge, diğeri ise episiklik çevrim ya da ilmik adını verdiğimiz ve merkezi kendisinden daha büyük diğer bir dairenin çemberi üzerinde bulunan ikinci bir dairesel yörüngeydi (*Şekil 54*). Aslında bu kavram da geometrik açıdan dışmerkezliliğe karşılık gelmektedir. Bazı astronomların tüm episiklik çevrimlerin bir yılda tamamlanmasını kuşkuyla karşılamalarına karşın bu kavramın Rönesans dönemi boyunca geçerliğini koruduğunu hatta Copernicus'un astronomide devrim yaratan teorisi içinde dahi yer aldığını ve ancak Kepler'in gezegenlerin yörüngelerinin eliptik olduğunu bulmasından sonra terkedildiğini görüyoruz.

Daha önce de belirttiğim gibi ayrıntılı astronomik tablolar düzenlemiş olan Araplar astronomi alanındaki çalışmalarının çoğunu

Endülüs İspanyası'nda gerçekleştirmişlerdi. Daha sonra bu bölgedeki Arap egemenliğine son veren Hristiyanlar (Haçlılar ve diğerleri) Araplardan kalan astronomi birikiminin büyük bir bölümünü korumuşlar ve geliştirmeyi sürdürmüşlerdir. Arapların Yunanlılardan devralmış olduğu gezegen tabloları İspanya Kralı Onuncu Alfonso'nun emriyle 1252 yılında Toledo'da yeniden düzenlenmiş ve bugün Alfonsin Tabloları adı altında tanıdığımız bu belgeler bir süre daha kullanılmıştı. Diğer yandan gözlemlerin aralıksız biçimde sürdürülmesi zorunluydu zira bu yapılmadığı taktirde tablolar giderek güncelliklerin yitirirlerdi. Gerçekten de bir süre sonra böyle bir durum ortaya çıkmışsa da aynı dönemde Ermenistan'da büyük bir gözlemevi kurmuş bulunan Tatar kökenli İlhanlıların önderi Uluğ Bey'nin emriyle düzenlenen ve daha sonra İlhanlı tabloları adını alacak olan yeni gezegen tabloları kendileri de zamanla yetersiz duruma gelene dek bir süre daha astronomi alanında çalışanlara ışık tutacaktı.

Şimdi de astronomi tablolarının neden bu denli önem taşıdığına bakalım. Gerek Ortaçağ, gerekse bunu izleyen Rönesans siyasal yönden çok hareketli dönemlerdi. Bu dönemlerde ortaya çıkan yeni tür yöneticiler başarılı olmak için güçlü bir ordu ve gelişmiş savaş tekniklerine sahip olmanın yanısıra daha incelikli yolların da izlenmesi gerektiğinin bilincine varmışlardı. İmparatorluk sınırları içinde kalan halklardan toplanan vergiler sayesinde büyük servet sahibi olan bu yöneticiler genellikle okumuş, aydın kişilerdi ve bilime çok önem verirlerdi. Kendilerinden öncekiler gibi onlar da devlet işlerinin doğru biçimde yürütülebilmesi için bilimin, özellikle de en yüksek bilim olarak gördükleri astronominin yardımının gerekli olduğuna inanıyorlardı. Buna karşılık astrolojik hesapların her zaman doğru sonuçlar vermediği de bir gerçekti. Herşeyden önce yıldızlar gereken ölçüde dikkatle izlenmemiş ya da hesaplarda bir yanılgıya düşülmüş olabilirdi ve bu durumda yıldızların sonunda büyük bir zafer vaad ettiği bir savaş yenilgiyle sonuçlandığı zaman ülkeyi yöneten kişi bilimsel araştırmaları yeterince desteklememiş olmakla suçlanabilirdi. Bu nedenle sarayda imparatordan sonra gelen en önemli kişi imparatorluk astronomu idi. Dünyanın en büyük astronomların-

dan biri olan Johannes Kepler de yaşamının büyük bir bölümünde Alman İmparatoru İkinci Rudolf'un sarayında baş astronom ve matematikçi olarak görev yapmıştı. Avrupa'da Otuz Yıl Savaşları (1618-48) sırasında imparatorluk ordularını yönetmekle görevlendirilen Dük Wallenstein Kepler'den savaşın sonucuna ilişkin olarak yıldızların ne gösterdiğini öğrenmesini istemiş, aslında yıldız falına çok da inanmadığı anlaşılan Kepler de bu isteği zorunlu olarak yerine getirmişti. "Her hayvana karnını doyurabilmesi için bir yol gösteren Tanrı astronomlara da astrolojiyi bağışlamıştır" diyen Kepler böylece bir yandan ekonomik determinizm yasası olarak tanımlayabileceğimiz bir kurala işaret ederken diğer yandan da astroloji konusundaki gerçek duygularını dile getirmekteydi.

Günümüzde bir bilim adamı eğer para kazanmak istiyorsa nükleer fizik ya da roket yapımı alanlarında çalışabilir; geçmişte ise bir astronom bunlardan çok daha zararsız bir iş olan yıldız falıyla uğraşarak ün ve servete kavuşabiliyordu.

Helenistik dönemde İskenderiye'de yaşamış olan Yunanlı astronom Ptolemaios'un tüm yaşamı boyunca yaptığı gözlemlerin sonuçlarını büyük bir titizlikle kağıda aktardığını biliyoruz. Binlerce sayfa tutan bu notlar zaman içinde Yunancadan Süryaniceye, Süryaniceden Arapçaya ve Arapçadan da Latinceye çevrilmişti. Bilimsel konularda yapılan çevirilerde sıklıkla görüldüğü gibi bu çevirilerin her birinde çeşitli yanlışlar yapılmış, çevirmenlerin işlerini iyi bilmemelerinden (ya da emeklerinin karşılığını almadıklarını düşünüp işi savsaklamalarından) dolayı sonuçta ortaya çıkan Arapça metinler neredeyse anlaşılmaz olmuştu. Türkler Konstantinopol'u aldıkları zaman buradan kaçıp başka ülkelere sığınan Yunanlıların arasında bulunan okumuş ve kültürlü kişiler eski Yunan metinlerini ya da Archimedes, Ptolemaios ve Euclid gibi eski filozofların eserleri okuyup anlayabildikleri için kısa sürede astronomi alanında çalışan kişilerin yanında oldukça iyi işler bulmuşlar ve böylece bu eserlerin yeniden incelenmesi ve değerlendirilmesi olanağı doğmuştu.

Bu dönemde çoğu Almanya'da olmak üzere çok sayıda astronom gözlemler yürütmekte ve bu gözlemlerden elde ettikleri sonuçlara dayanarak mevcut astronomi tablolarında düzeltmeler yapmak-

taydı. Burada sadece bunların en ünlüsü olan Regiomontanus'un adını vermekle yetineceğim. Onbeşinci yüzyılda yaşamış olan bu bilim adamı astrolojinin yanısıra matematik alanında da çalışmalar yapmış ve trigonometri adını verdiğimiz matematik dalını bu alana kazandırmıştır.

Denizcilik

Astronominin insanlık tarihi boyunca olduğu gibi bu dönemde de en önemli bilim olmayı sürdürdüğünü biliyoruz. Göklerin gözlemlenmesinin yanısıra astronominin diğer bir uygulanım alanı da denizcilikti. Bu konuyla bilimsel olarak ilgilenen ve pusulanın geliştirilmesinin yanısıra 1440'tan sonra Atlantik Okyanusunu geçmek için kullanılmış üç direkli karavel tipi gemilerin yapımını desteklemiş olan "Denizci" lakaplı Portekiz Prensi Henry 1450 yılında ilk denizcilik okulunu kurmuş ve denizcilik, astronomi ve coğrafya konularında yazılmış tüm kitapları burada toplamıştı. Bu dönemde Avrupa'da Uzakdoğu ülkelerinden getirilen baharat için giderek artan bir talep vardı ve insanlar bu pazardan yararlanmanın yollarını aramaktaydılar. Bunun bir çözümü "Baharat Adaları" olarak bilinen Endonezya'ya gitmekti, ama bu hangi yolla gerçekleştirilecekti? O güne dek izlenmiş olan rota yol üzerinde uğranılması zorunlu limanlarda ödenen vergiler ve buna benzer diğer bazı harcamalar nedeniyle çok pahalıya geliyor ve sonuçta sağlanan kazanç çoğu zaman bu denli uzun ve zahmetli bir yolculuğa değmiyordu. Baharat yolu olarak bilinen bu rota üzerinde sürekli bir gemi trafiğinin bulunmasına karşın yol üzerindeki Mısır ve diğer bazı ülkeler dışında kimse bu işten fazla zengin olmuyordu. Böylece yavaş yavaş Afrika kıtasının çevresini dolaşacak alternatif bir rota arayışı başladı.

Denizcilik önceleri bir noktadan diğerine sürekli biçimde kıyıya yakın bir yol izleyerek gitmekten ibaretti. Diğer yandan Afrika'nın çevresini dolaşmak ve bunu olabildiğince kısa bir sürede gerçekleştirmek için kıyıyı izlemekten vazgeçmek ya da en çok Cape Verde'ye dek kıyıyı izledikten sonra rotayı açık denize çevirip

Brezilya'ya varmak ve bu kez ters yöndeki ticaret rüzgârlarının önüne katılarak bu yolla Güney Afrika'ya ulaşmak gerekiyordu. Bu rotayı izlemek ise uçsuz bucaksız okyanusa açılmak demekti. Bu nedenle uzunca bir süre kimse bunu denemeye yanaşmadı ve Afrika'nın çevresini dolaşmak olanaksız olarak kabul edildi. İlk kez 1487 yılında Portekizli denizciler kıyıyı izleyerek Ümit Burnuna vardılar, ama oradan Hindistan'a ulaşana dek sürekli biçimde karşılarına çıkan Arap korsanları ile savaşmak zorunda kaldılar. Bu dönemde Arapların ve Çinlilerin de denizcilikte Avrupalılar kadar ilerlemiş olduğunu unutmamalıyız. Hatta Cheng Ho adındaki bir Çinli amiral eğer imparator tarafından engellenmeseydi belki de o tarihte İngiltere'de bir Çin devleti kurulmuş olacaktı. Doksan gemici ile yola çıkan Columbus'dan kısa bir süre önce tam 4000 kişilik büyük bir filo kurmuş olan Cheng Ho Çin'den Hindistan'a kadar gitmiş, Seylan'ı ele geçirmiş ve oradan da Afrika sahillerine varmıştı. Burada adamları tarafından canlı olarak yakalanan bir zürafayı gemiye yükleyen Çinli amiral bu ilginç yaratığı imparatora sunmak üzere Peking'e geri dönmüştü. Öyküye göre imparator zürafayı gördüğü zaman, "Bu hayvanı onaylamıyorum, böyle bir hayvanın varolmaması gerekir" demişti, ama belki de asıl düşündüğü şey bir ülkeyi ele geçirecek denli güçlü olan bir amiralin varolmaması gerektiğiydi, zira bundan sonra Cheng Ho'nun yeni bir sefere çıkmasına izin verilmediği gibi tüm gemilerin yabancı ülkelere gitmelerini yasaklayan bir yasa çıkmıştı. Yukarda da belirttiğim gibi denizcilik başlangıçta sadece Avrupalılara özgü bir beceri değildi, ama kısa bir süre sonra öyle oldu.

Belki şaşıracaksınız ama Columbus'un gerçek uzmanlık alanı denizcilik değil, bugün teorik olarak tanımladığımız şeydi. O zamanlar kafası çalışan herkes artık dünyanın top biçiminde olduğunu biliyorsa da bu topun çapı konusunda çok çeşitli görüşler vardı. Columbus dünyanın çevresini dolaşma yolundaki projesini "satmaya" çalıştığı sıralarda dünyanın çapına ilişkin olarak öne sürülen rakamlar arasında en küçüğünü seçmişti zira dünyanın gerçekte ne denli büyük olduğu bilinirse kimseden parasal destek alamayacağının bilincindeydi. Doğal olarak o zamanlar Columbus'un kendisi de dahil

olmak üzere kimse yol üzerinde Amerika'nın bulunduğunu bilmiyordu. Columbus projesine destek sağlamak için aklına gelen her yolu denedikten ve bu uğurda yıllarca kapı kapı dolaştıktan sonra nihayet belki de sadece Portekizlilere üstünlük sağlama amacını güden İspanya Kraliçesi İsabella'dan istediği yardımı sağlayabildi. Portekiz o dönemde Doğu ile ticaretin tekelini elinde bulunduruyordu ve İspanyollar Columbus adındaki bu çılgının dünyanın çevresini dolaşmayı başarması ve söylediği gibi doğu yerine sürekli batıya giderek Çin'e ulaşması durumunda Portekizlilerin denizcilik alanındaki egemenliğinin sarsılacağını umuyorlardı.

Böylece Columbus, 1492'de ilk seferine çıktı. Demin de söylediğim gibi aslında bir tür teorik fizikçi olsa da denizcilik bilgisi tartışılmazdı. Bunun yanısıra çok da akıllı bir adam olmalıydı ki büyük bir titizlikle tuttuğu seyir defterine gerçek rakamlar yerine adamlarını çok daha az yol aldıklarına inandıracak rakamlar yazmaktaydı. Columbus bunu yapmadığı taktirde ilk kez girişilen böyle bir yolculukta karşılaşabilecekleri tehlikelerden zaten ürken ve bir daha asla geri dönemeyecekleri kuşkusu içinde bulunan tayfaların bir de ne denli uzun bir yol gitmek zorunda olduklarını öğrenirlerse ayaklanma çıkaracaklarını biliyordu. Gerçekten de kara görüldüğünde gemi mürettebatı ayaklanmanın eşiğine gelmişti.

Columbus Atlantik Okyanusunu geçerken seyir defterine bazı ilginç gözlemlerini de yazmıştı. Örneğin pusulanın gerçek kuzey noktasından sapma derecesinin önemli ölçüde değişmiş olduğunu not eden Columbus bu sapmanın bulundukları boylam derecesinin saptanmasını kolaylaştıracağını umduğunu da belirtmiştir. Buna karşılık daha sonra pusuladaki sapmanın bir yerden diğerine değişkenlik gösterdiğinin ve aslında boylam derecesinin bu yolla bulunmasının çok da iyi bir sonuç vermeyeceğinin anlaşılması da Columbus'un bu yoldaki çabalarını sürdürmesini engellememiştir. Columbus'un en önemli başarısı dünyanın yuvarlak olduğu görüşünün yerleşmesine hizmet etmek olmuştur.

Daha çok tıp doktoru olarak tanınan ve bugünkü fizyoloji ve patoloji bilimlerinin babası olan, buna karşılık denizcilikle de yakından ilgilenmiş ve hatta 1540 yılında Fransa'dan geçen enlemin eğri-

lik derecesini ölçmüş bulunan Jean Fernel'in 1530'da yayınlanan bir eserinden* alınan aşağıdaki bölüm bu çağda denizcilik ve coğrafya alanlarında sağlanan büyük başarılara değinmesi yönünden ilgi çekicidir:

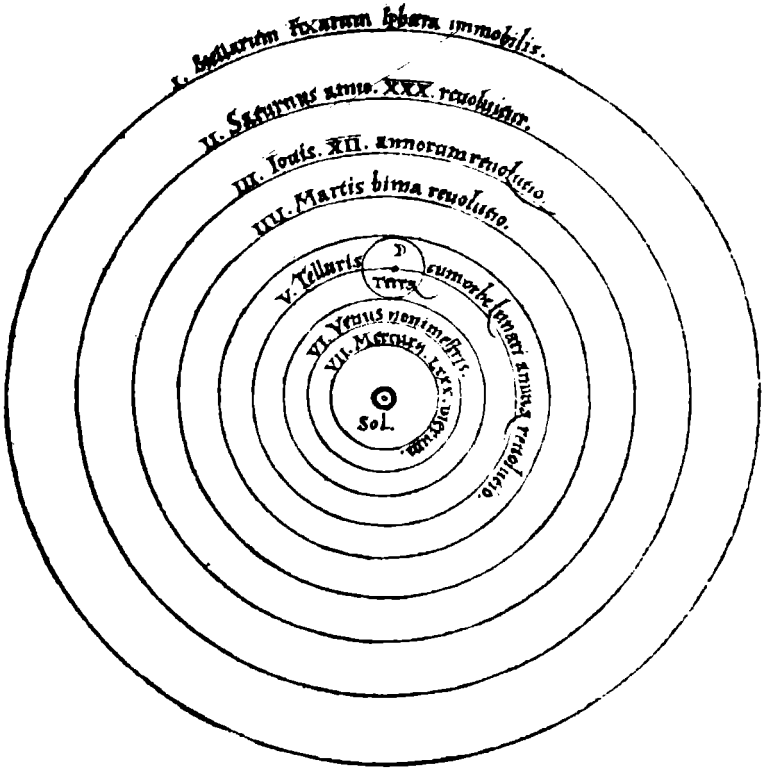
> *Ya büyük babalarımız ve onların büyükbabaları kendilerinden öncekilerin yolunu izlemekle yetinmiş olsalardı?... Hayır, tam tersine düşünürlerin yeni yollar ve sistemler aramaları doğrudur; ne onları bu arayıştan saptırmak isteyenlere, ne eski kültürlerin ağırlığına, ne de yetkenin sesine kulak vermeyip doğru bildiklerinden şaşmamaları gerekir. Böylelikle her çağ kendi bilimini ve kendi sanatını yaratacaktır. İçinde yaşadığımız çağ oniki yüzyıl süren sessizlikten sonra bir kez daha bilim ve sanatın yeniden doğuşuna tanık olmaktadır. Yeni bilimin ve yeni sanatın görkemi şimdi eskininkine eşit olmuş ve hatta onu geçmiştir. Bu çağın insanlarının kendilerini küçük görmeleri ve geçmişteki ünlü düşünürlerin sahip oldukları bilgi birikimine özlem duymaları için artık bir neden kalmamıştır. Çağımızda gerçekleşen buluşları eskiler rüyalarında bile göremezlerdi... Denizcilerimizin korkusuzluğu ve becerisi ile okyanuslar geçilmiş ve yeni ülkeler bulunmuştur. Hindistan'ın en ücra köşelerine erişilmiş, büyükbabalarımızın varlığından bile haberdar olmadığı Yeni Dünya'ya ayak basılmıştır. Astronomi ve coğrafya alanlarında çok ileri görüşlü olduklarını bildiğimiz Platon, Aristoteles, Ptolemaios ve diğerleri şimdi bir kez daha yaşama dönebilselerdi gördükleri dünyayı tanıyamazlardı. Günümüzün denizcileri bize yepyeni bir dünya armağan etmişlerdir.*

Bugün insanlar "Rönesans" ya da "Bilimsel Devrim" dedikleri zaman artık çok geçmişte kalmalarına karşın dünyanın görünümünü değiştirmiş olan olaylardan bahsettiklerini bilmektedirler. O çağlarda yaşayıp Rönesansın, Bilimsel Devrimin ve diğer büyük değişimlerin ortaya çıkmasına tanık olanlar da bunların ne olduğunu ve ne anlam taşıdığını çok iyi anlamaktaydılar. Bu kişilerin genişlemiş bir dünyanın ve özellikle de denizcilik ile astronomi arasındaki bağlantının öneminin bilincinde olduklarını yukardaki alıntıdan daha iyi anlatan bir şey olamaz.

* Jean Fernel, *Dialogue*, 1530.

Copernicus Devrimi

Çağdaş astronominin babası olan Nicolaus Copernicus 1473 yılında Polonya'da dünyaya geldi. Piskopos olan amcasının desteğiyle Crakow, Bologna ve Padua'daki üniversitelerde matematik, astronomi, hukuk, felsefe ve tıp öğrenimi gördü. Bunların yanısıra denizcilikle de ilgilenen Copernicus bu konuda çeşitli bilimsel makaleler yazdı. Astronomi ve coğrafya konularında bulabildiği herşeyi okuduğu gençlik yıllarından başlayarak Ptolemaios sistemine eleştirel bir açıdan yaklaştı. Bu dönemde Ptolemaios'un görüşleri başkaları tarafından da ciddi biçimde eleştiriliyordu. Copernicus



Şekil 55. Copernicus'un Evreni. *De Revolutionibus orbium coelestium* (1543). (I) Sabit yıldızların küresi; (II) Satürn'ün yörüngesi; (III) Jüpiter'in yörüngesi; (IV) Mars'ın yörüngesi; (V) Dünya ve Ay'ın yörüngesi; (VI) Venüs'ün yörüngesi; (VII) Merkür'ün yörüngesi. Merkezde güneş yer almaktadır.

günümüz standartlarına göre çok parlak bir astronom sayılmazdı; yaptığı gözlemlerde yanılgı payı çok yüksek olduğu gibi düzenlediği gezegen tabloları da türünün en iyi örnekleri değil. Diğer yandan bir Rönesans düşünürüne yakışır biçimde devrimci görüşlere sahip olan Copernicus herşeyden önce göksel sisteme ilişkin eski anlayışın baştan sona dek yanlış olduğuna, dışmerkezli yörüngeler ve episiklik çevrimlerle dolu Ptolemaios teorisinin gerçekleri yansıtmaktan uzak kaldığına inanıyordu. Copernicus'a göre doğada bu denli bir karmaşıklığa yer yoktu ve dolayısıyla bu durum insanların kafalarının içindeki birtakım bulanık kavramlardan doğan bir karmaşıklık olmalıydı.

Şekil 55'de Copernicus'un *Gök Cisimlerinin Devirleri* adlı ünlü eserinde yer alan ve Güneş, Ay, dünya, gezegenler ve sabit yıldızların yörüngelerini gösteren bir çizim bulunmaktadır. Gördüğünüz gibi Güneş tam ortada olup çevresinde Merkür, Venüs, hemen yanındaki Ay ile Dünya, Mars, Jüpiter ve sabit yıldızların yeni küresi gösterilmiştir.

Bunların Güneş'in çevresinde dönmesini temsil eden daireler sonradan eklenmişti (o sırada eliptik yörüngeler henüz bilinmiyordu).

Ptolemaios sistemindeki eski kürenin bu olağanüstü büyük mesafeyi yirmidört saat gibi kısa bir sürede aldığı düşünülüyor ve bunu sağlayan oldukça karmaşık bir göksel mekanizmanın varlığına inanılıyordu. Buna karşılık yeni sistemde yer alan kürenin açıklanması daha kolaydı, bunun için sadece birkaç gezegenin yerlerinin değiştirilmesi yeterliydi. Copernicus'un kendisi bu konuda şöyle diyordu:

> *Atalarımız düzenlilik ilkesi içinde gezegenlerin gözle görülebilir hareketlerini açıklamak amacıyla çok büyük bir sayıda gök cisminin varolduğunu kabul etmek zorunda kalmışlardı, zira kusursuz bir küre biçimindeki bir gök cisminin değişmeyen bir düzen içinde hareket etmemesi için bir neden görmüyorlardı. Düzenli hareketleri çeşitli biçimlerde birleştirmek ve birbirine bağlamak yoluyla herhangi bir gök cisminin herhangi bir konuma getirilebileceğini düşünüyorlardı.*

(Gördüğünüz gibi bu salt matematiksel bir sorun ya da bir tür "görünüşü kurtarmak" çabasıydı.)

Bu nedenle dışmerkezli yörüngeler ve episiklik çevrimlerin kullanılması daha akla yakın geldi ve çoğu bilim adamı sonuçta bu sistemi kabul etti. Buna karşılık Ptolemaios ve diğer bir çok astronom tarafından benimsenen gezegenler teorisi matematiksel yönden eldeki bilgilere uymasına karşın yine de birtakım güçlükler içeriyordu, zira bu teori belli eşitliklerin yokluğunda yetersiz kalıyordu; bu taktirde de bir gezegenin ne ana yörünge, ne de episiklik çevrimin merkezi çevresinde düzenli bir hızla hareket etmediği ortaya çıkıyordu.

Ptolemaios sisteminin içerdiği bu yetersizliklerin farkına vardıktan sonra dairelerin daha mantıklı bir biçimde düzenlenmesi olanağının bulunup bulunmadığını ve böyle bir düzen içinde herşeyin mutlak hareket kuralının gerektirdiği gibi kendi dairesinin merkezi çevresinde düzenli bir hareket göstermesinin söz konusu olup olmayacağını düşünmeye başladım. Bu çok güç ve neredeyse çözümsüz problemle uzun bir süre uğraştıktan sonra bazı varsayımların (ki bunlara aksiyomlar da denebilir) gerçek olması durumunda problemin geçmişte başvurulanlara kıyasla daha az sayıda ve çok daha basit birtakım yollarla çözülebileceğini buldum. Bu varsayımlar şunlardır:

1. Tüm dairelere ait tek bir merkez yoktur;

2. Dünya'nın merkezi evrenin değil sadece yerçekiminin ve Aykürenin merkezidir;

3. Tüm küreler Güneş'in çevresinde dönerler ve bu nedenle de evrenin merkezi güneştir;

4. Dünya'nın Güneş'e uzaklığı ile evrenin en dışında bulunan sabit yıldızlar bölgesine olan uzaklığı arasındaki orantı Dünya'nın yarıçapı ile Güneş'e uzaklığı arasındaki orantıdan çok daha küçüktür, öyle ki Dünya'nın Güneş'e uzaklığı dünyanın sabit yıldızlar bölgesine uzaklığının yanında adeta bir hiçtir.

Böylece evren bilinen sınırlarının çok ötesine taşmakta, dolayısıyla da felsefe ve teoloji alanlarında farklı bir kavram ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan Archimedes'in Aristarchus'a ilişkin

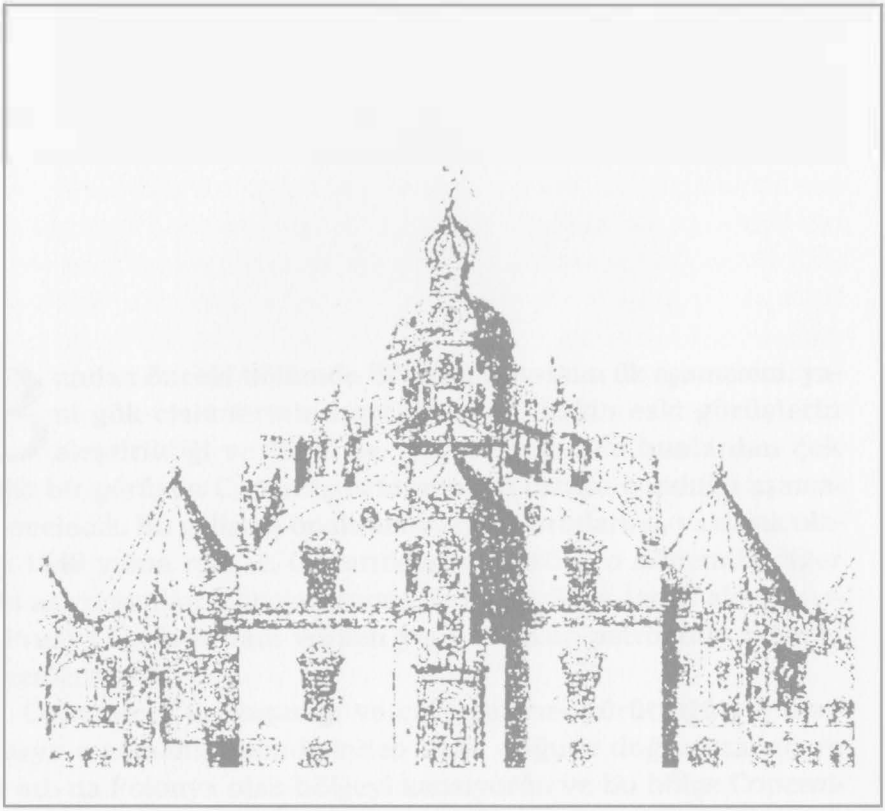
olarak söylediklerini anımsıyorsanız burada gerçekten yeni olan bir şeyin bulunmadığını görürsünüz. Copernicus'un yaşadığı çağda Archimedes'in eserleri çeşitli dillere çevrilmiş olup Copernicus'un da bir bilim adamı olarak bunları okumuş ve bu arada Archimedes'in evrenin büyüklüğüne ilişkin görüşüne de rastlamış olduğunu varsayabiliriz.

Copernicus kitabının daha ilerki bir bölümünde Dünya'nın üç ayrı türde hareketi bulunduğunu belirtmektedir. Bunların ilki Dünya'nın güneşin çevresindeki bir yıl süren turu, ikincisi kendi ekseni çevresindeki dönüşü, üçüncüsü ise Dünya'nın ekseninin Dünya ile Güneş'i birleştiren doğru yönündeki eğiminde ortaya çıkan değişmelerden kaynaklanan harekettir. Dairenin merkezine olan uzaklığı nedeniyle Güneş'in gözle görülebilir hareketi düzenli değildir. Bu düzensizliğin açıklanması o zamanlar astronomları en çok uğraştıran sorunlardan biriydi. Yaz ve kış neden eşit uzunlukta değildi? Neden gece ile gündüzün eşit uzunlukta olduğu günler yılın ortasına, yaz ve kış dönümlerinin arasına rastlamıyordu? Bu soruların yanıtı o dönemde düşünüldüğü gibi Güneş'in (ya da bugün bildiğimiz gibi Dünya'nın) yılın bir bölümünde diğer bölümüne kıyasla daha yavaş hareket etmesiydi. Doğal olarak bu yanıta ulaşana dek çok uğraşmak gerekiyordu ve sonuçta bunu bulan Kepler olacaktı. Diğer yandan yukardaki alıntıda da gördüğünüz gibi Copernicus da çözüme çok yaklaşmış ve gerçekten çok önemli açıklamalar yapmıştı. Bir de Copernicus'un gezegenleri tanımlamasındaki şiirselliğe bakalım:

> *Herşeyin tam ortasında Güneş tahtında oturur ve tüm gökyüzünü aydınlatır. Tapınakların bu en görkemlisinde ışıkların en parlağını koyacak bundan daha iyi bir yer olabilir mi? İnsanların Güneş'e, Büyük Zeka, Evrenin Kralı gibi adlar yakıştırmış olmaları boşuna değildir. Hermes Trismegistus Güneş'e görünen tanrı adını vermiş, Sophocles ise Electra'sında ondan Herşeyi Gören olarak bahsetmiştir Böylece Güneş tahtında oturur ve çevresinde dolaşan çocuklarını, yani gezegenleri yönetir. Ay Dünya'nın hizmetindedir. Aristoteles'in de Animalibus'unda dediği gibi Dünya ve Ay gökyüzündeki en yakın dostlardır. Dünya Güneş'ten hamile kalır ve her yıl yeni baştan Doğayı doğurur.*

İşin ilginç yanı bu ifadenin tüm şiirselliğine karşın gerçeği yansıtmasıdır. Diğer yandan bir görüşün doğmasına yol açan nedenlerin mutlaka o görüşün doğruluğunu kanıtlayan nedenlerle aynı olması da gerekmez. Copernicus tüm bunları ünlü eseri *Gök Cisimlerinin Devirleri*'nde anlatmaktadır. Aslında küreler aynı kürelerdi ve Copernicus da gezegenlerin içleri boş kristal topların üzerinde bulunduğunu düşünüyordu ama eskisine kıyasla çok daha basit bir göksel mekanizma oluşturmuştu. Diğer yandan yeni mekanizma aynı zamanda eskisinden çok daha büyüktü ve bu durum ilerde birtakım sorunlara yol açacaktı. Copernicus kitabını yazmayı bitirdikten sonra dönemin geleneğine uyarak onaylaması için Papa'ya sundu. Gerçi kitap Protestan bir basımcı tarafından basılmıştı ve o zamanlar Katoliklerin dışındaki mezheplere pek iyi gözle bakılmıyordu ama Papa kitabı çok beğenmiş olacak ki onayını esirgemedi. Bu eser yayınlandığı 1543'den 1615'e dek, yani yüz yıla yakın bir süre saygınlığını korudu ve ancak bundan sonra bazı yönleriyle ele alınıp ciddi biçimde eleştirilmeye başlandı.

Gördüğünüz gibi önce yeni bir teori bulunuyor, sonra da sıra bunu destekleyen nedenlerin ortaya konması ve eleştirilerin yanıtlanmasına geliyordu. Çoğu zaman da bu eleştiriler çok sayıda oluyordu. Bundan sonraki bölümde bu konuyu da ele alacağız.



Bundan önceki bölümde Bilimsel Devrimin ilk aşamasını, yani gök cisimlerinin hareketlerine ilişkin eski görüşlerin eleştirildiği ve tümüyle yeni olmasa bile bunlardan çok farklı bir görüşün Copernicus tarafından ortaya konduğu aşamayı inceledik. Bu gelişme onaltıncı yüzyılın ortalarına, yaklaşık olarak 1540 yılına rastlar. Copernicus'un görüşü o dönemde diğer bazı astronomlarca benimsenmiş ve bu görüşün temel alınmasıyla Prusya Tabloları adı verilen yeni bir grup astronomi tablosu düzenlenmişti.

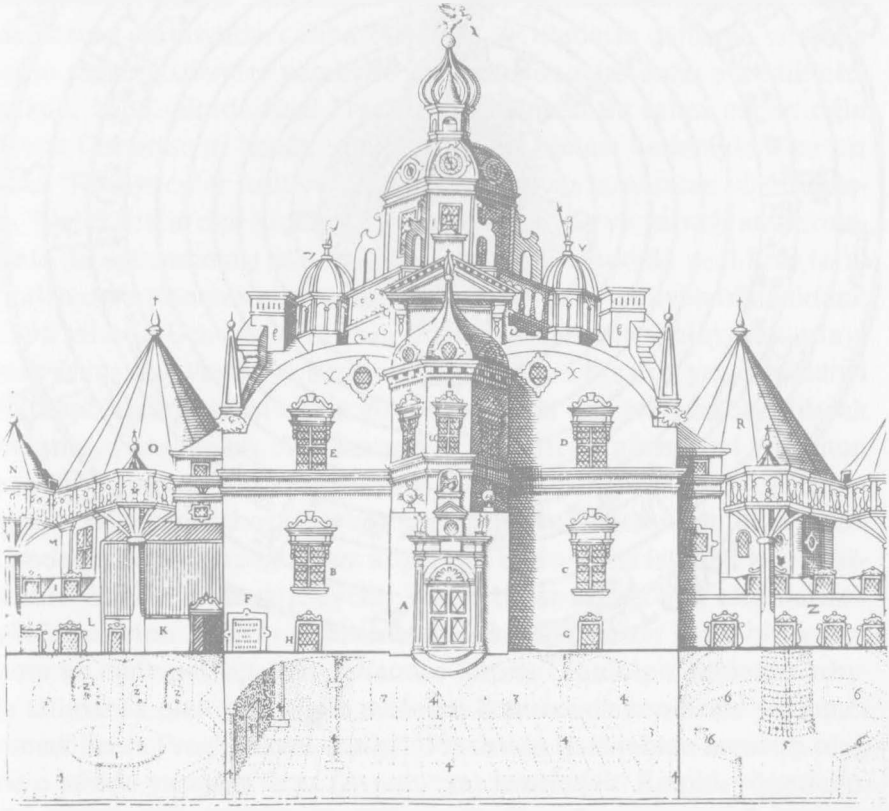
Copernicus'un yaşadığı ve çalışmalarını yürüttüğü yer olan Prusya o zamanlar şimdikinden daha doğuya doğru uzanan ve bir adı da Polonya olan bölgeyi kapsıyordu ve bu bölge Copernicus'la birlikte astronominin merkezi durumuna gelmişti. Yeni görüşü benimsemelerine karşın zorunlu olarak hâlâ eski yöntemleri kullanmakta olan astronomlar özellikle denizcilik alanında astronominin daha yararlı kılınması yolunda çok daha incelikli ölçümler yapılması gereğinin bilincine varmışlardı.

Tycho Brahe

Geçmişte yapılmış olan gözlemler gerek kullanılan aletlerin yetersizliği, gerekse gözlemcilerin düştükleri yanılgılar sonucu belli sınırların ötesine geçememişti. Bu dönemde Danimarka Krallığı Baltık Denizine açılmak için kendi denetimi altında bulunan kanallardan geçen gemilerden aldığı vergiler sayesinde zengin bir ülke haline gelmişti.

Kral İkinci Frederick'in maiyetindeki soylulardan biri olan ve astronomiyle yakından ilgilenen Tycho Brahe de bu zenginlikten payını aldığı gibi Kral tarafından kendisine gözlemlerinde kullanılmak üzere bir de ada bağışlanmıştı. Danimarka ile İsveç arasında yer alan Hveen adlı bu adanın üzerinde çok büyük bir gözlemevi yaptıran Brahe çeşitli aletlerle donattığı bu gözlemevine Uranienborg (Gök Şatosu) adını vermiş ve yirmi yılı aşkın bir süre ile burada kalarak gök cisimlerinin hareketlerini izlemiştir (*Şekil 56*). Bilime meraklı olduğu kadar epeyce geçimsiz ve kavgacı bir karaktere sahip bulunduğu da anlaşılan, hatta bir düello sırasında burnu koptuğu için ömrünün sonuna dek gümüşten yaptırdığı bir burunla dolaşmak zorunda kalan Brahe adada kiracıları olan köylülere de çok kötü davrandığı için yirmi yıl sonra ilk kez adadan ayrıldığında ada halkı gözlemevini basmış ve tüm aletleri kırmıştı.

Uranienborg o dönemde soyluların içinde yaşamak üzere yaptırdığı şatolardan farklı değildi, ancak büyük bir bölümü gözlemler için kullanılıyor, bodrum katı ise tümüyle kimya laboratuarlarından oluşuyordu. Böylelikle astronominin yanısıra diğer bilimlerle de ilgilenmek olanağına sahip olan Brahe' nin servetinin büyük bir bölümünü bu işlere harcadığı anlaşılıyor. Brahe Copernicus'un çalışmalarını yakından izlediği gibi ünlü eserini de Danimarka diline çevirmiş, ancak bunun yanısıra sistemin merkezinde Dünya'nın bulunduğu, Güneş ve Ay'ın Dünya'nın çevresinde dolaştığı ve sadece gezegenlerin Güneş'in çevresinde döndüğü yolundaki kendi görünüşünü de eklemişti. Bu teori geometri yönünden kabul edilebilir olsa da fiziksel açıdan olanaksızdı zira yine eskisi gibi tüm sistemin yirmidört saat içinde Dünya'nın çevresini dolaştığı varsayımından yola



56. Tycho Brahe'nin Uranienborg Gözlemevi.



Şekil 57. Aristoteles kozmolojisi. Peter Apian'ın *Cosmographius Liber* (1524) adlı eserinden Gemma Phrysius tarafından alıntılanarak *Cosmographia*'da (1539) düzeltilmiş biçimi ile yayınlanmıştır.

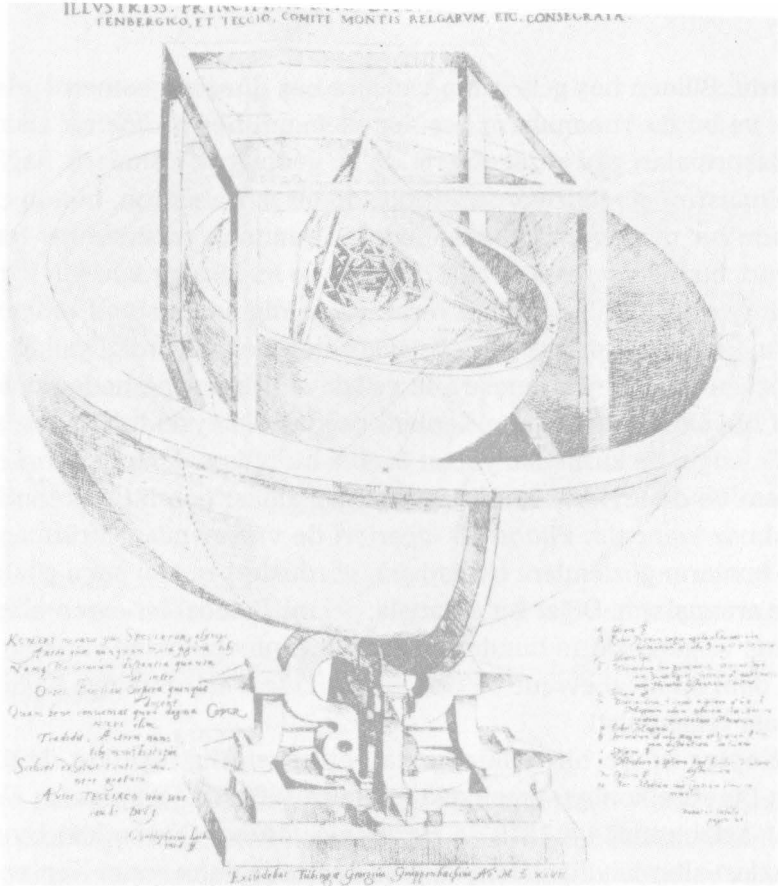
çıkıyordu. *Şekil 57'de* Brahe'nin teorisinde öne sürülen sisteme benzeyen ve *Şekil 55'de* gördüğünüz Copernicus sisteminden tek farkı merkezi olan eski Aristoteles kozmolojisini görmektesiniz. Sistemin merkezinde hayvanları ve bitkileriyle Dünya ve çevresinde toprak, su, ateş ve havadan oluşan dört doğal element yer almakta, bunları Güneş, Ay ve gezegenler izlemektedir. Zodyakın dışında ve çizimin üst bölümünde Tanrının ve seçme kullarının bulunduğu gökyüzünün yedinci katmanı görülmektedir.

Gözlemlerinde doğruluğa çok önem veren Tycho Brahe bunu sağlamak amacıyla Uranienborg'u o dönemin en gelişmiş aletleriyle donatmıştı. Bunlar ilke olarak geçmişte kullanılanlardan çok farklı değillerse de boyutları daha büyüktü. Bu aletlerle daha sık ve daha uzun süreli gözlemler yapılıyor ve çıkan sonuçlar daha ayrıntılı oluyordu. 1588 yılında Kral Frederick'in ölmesi ile tahta geçen oğlu Prens Christian'ın henüz çok genç yaşta olması nedeniyle ülke bir süre "Koruyucular "adı verilen bir grup soylu tarafından yönetilmişti. Tycho Brahe'den hiçbir zaman hoşlanmamış ve yaptığı araştırmalarla da ilgilenmemiş olan bu kişilerin etkisi altındaki yeni Kral tarafından da dışlanan ve ünvanları elinden alınan bu büyük bilim adamı 1596 yılında Uranienborg'daki gözlem aletlerini toplayarak adayı terk etmiş ve Avusturya Kralı olmasına karşın Prag'da yaşayan İkinci Rudolph'un koruması altına girerek sarayda baş matematikçi olarak çalışmaya başlamıştı. Kral burada Brahe için bir gözlemevi ve bunun yanısıra bugüne dek olduğu gibi korunmuş bulunan çok gelişmiş kimya ve simya laboratuarları yaptırmış ve kendisi için sürekli biçimde yıldız falları sağlaması koşuluyla astronomu istediği gibi çalışmakta özgür bırakmıştı. Tycho Brahe bu sıralarda gök cisimlerinin yörüngelerine ilişkin çalışmalarıyla dikkatini çeken genç bir astronom ve matematikçi olan Johannes Kepler'i Rudolph Tabloları adıyla tanınacak olan yeni yıldız tabloları konusunda kendisine yardımcı olmak üzere Prag'a davet etmişti. Protestan mezhebine mensup olan ve o sırada yaşadığı Graz (Avusturya) kentindeki Katolik yöneticilerin baskısından bunalan Kepler de bu daveti kabul ederek 1599'da Prag'a gelmiş ve Brahe'nin 1601'deki ölümünden sonra da saray matematikçisi ve astronomu olarak çalışmalarını burada sürdürmüştü.

Tycho Brahe'nin o güne dek yapmış olduğu tüm gözlemlere ait kayıtlarını Kepler'e bırakması Brahe'nin ailesi ile genç asistanı arasında uzun süren bir çatışma çıkmasına neden olmuşsa da Kepler sonunda bu belgeleri alıkoymayı başarmıştı. O zamanlar yaygın olan geleneğe göre bir astronomun yaşamı boyunca yapmış olduğu çalışmalara ilişkin tüm kayıtlar kendisi öldüğü zaman ailesine kalır ve eğer varsa oğullarının bu çalışmaları sürdürmeleri beklenirdi. Diğer yandan Tycho Brahe'nin oğulları matematik ve astronomiyle ilgilenmedikleri ve bu konularda neredeyse tümüyle yeteneksiz oldukları için sonuçta herşeyi Kepler'e bırakınayı kabul etmek zorunda kalmışlardı. Astronomi kayıtlarının babadan oğula devredilmesi geleneğinin tipik bir örneği onyedinci ve onsekizinci yüzyıllarda Fransa'da yaşamış olan Cassini ailesidir. Astronom Cassini'yi oğlu Cassini II izlemiş, bundan sonra sırasıyla Cassini III,ve Cassini IV olarak adlandırılan ve tümü de yetenekli astronomlar olan torunları ve torun çocuklarının bu geleneği sürdürmesiyle bu ülkede yüzyirmi yılı aşkın bir süre ile saray astronomluğu alanında Cassiniler'in egemenliği sürmüştür.

Johannes Kepler

1571 yılında Almanya'nın Württemberg eyaletinde doğan Johannes Kepler dünyanın gelmiş geçmiş en büyük astronomlarından biri ve çağdaş astronominin kurucusudur. Bu alanda bir devrim gerçekleştiren bu büyük bilim adamının yaşamının Tycho Brahe ile bağlantılı olan bölümüne yukarda değinmiş bulunuyoruz. Fazlaca biyografik ayrıntıya girmeden öyküyü bu noktadan sürdüreceğiz. Tycho Brahe'den devraldığı gözlem kayıtları Kepler'e çalışmalarında önemli ölçüde ışık tutmuşsa da gerek bunların doğru biçimde yorumlanması, gerekse uzun yıllar süren kendi gözlemleri sırasında gerçekleştirdiği önemli bulgular bugün Kepler Devrimi olarak adlandırdığımız olguyu ortaya çıkarmıştır. Kepler'in başlıca amacı genel astronomik tablodan bir anlam çıkarmaktı. Kepler gezegenlerin sürekli biçimde hareket ettiklerini kendi gözleriyle de görebiliyor, hatta daha önce yapılamayan bazı ölçümleri de Copernicus sistemini temel alarak gerçek-



Şekil 58. Kepler'in gezegenlerin hareketlerine ilişkin ilk yorumu. *De Harmonice Mundi*, Linz, 1619.

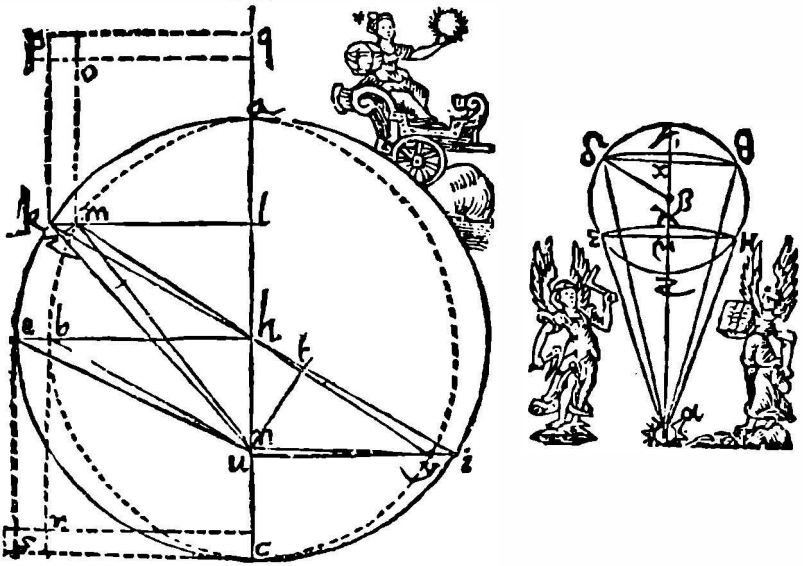
leştirebiliyordu. Karşılıklı uzaklıkların ölçülmesi ve gezegenlerin tam olarak nasıl hareket ettiklerinin anlaşılması da artık olanaksız olmaktan çıkmıştı. Diğer yandan Kepler bunlarla yetinmiyor, bilinen herşeyi kapsayan ve bunların arasında mutlak bir uyum sağlayan bir sistemin varolması gerektiğini düşünüyordu. Bu sistemi belirlemek yolundaki ilk çabası gezegenlerin dolaşımını tipik Yunan görüşlerine uyan bir biçimde yorumlamak oldu *(Şekil 58)*. Kepler çeşitli gezegenlerin birbirini izleyen yörüngelerinin birbiri içine geçmiş durumdaki bir grup polihedrona uyacak şekilde düzenlenmiş olduğuna ina-

nıyordu. Bilinen beş gezegenin yanısıra beş düzgün geometrik cisim vardı ve bu da Yunanlıların beş ana elementi beş geometrik cisimle bağdaştırmaları gibi gezegenlerin de bu geometrik cisimlerle bağlantılı olmalarını gerektiriyordu. Merkezde bir ikosahedron, bunun çevresinde bir pentagonal dodekahedron, bunun çevresinde bir tetrahedron, bunun çevresinde bir küp vardı ve bu küp bir kürenin içinde bulunuyordu. Bunların tümü biraraya geldiğinde sistemi oluşturuyordu. Bu teori tümüyle gerçeğe aykırı değilse de içerdiği yanılgı payı gözlem ve deney sonuçları ile çelişkiye düşmesine neden olacak denli büyüktü. Buna karşın Kepler'i çağdaş deneysel fiziğin yanısıra teorik fiziğin de kurucusu yapan özellik bu bilim adamının teorilerin gözlem ve deneylerle mutlak uyum sağlaması gerektiği yolundaki sarsılmaz inancıdır. Platon ve diğerleri de varsayımlar yürütmüşler, ama bunların gözlemlere uymadığını gördükleri zaman suçu gözlemlerde aramışlardı. Diğer bir anlatışla, geçmişte ideal bir evren oluşturulmuş ve gerçeklerin bundan farklı olduğunun bilincine varıldığı zaman dahi bu ideal evrene ve onu yaratan ideal astronomiye bağlı kalınması yeğlenmişti.

Kepler böyle bir açıklamayla yetinecek bir kişilikte değildi. Uzun bir süre konuyu inceledikten sonra 1609'da *Astronomica Nova* (Yeni Astronomi) ve 1619'da *Harmonice Mundi* (Evrendeki Uyum) başlıkları altında yayınlanan iki ünlü eserinde daha sonra Kepler Yasaları olarak tanınacak olan görüşlerini açıkladı.

Kepler'in yanıtlamak istediği sorulardan biri de gezegenlerin neden düzgün bir hızla hareket etmek yerine kimi zaman daha yavaş, kimi zaman daha hızlı yol aldıklarıydı. Eski sistem bu soruna dışmerkezli yörüngeler, episiklik çevrimler ve buna benzer matematiksel açıklamalarla çözüm getirmeye çalışmış, ama bu çözümler görünüşü kurtamaktan başka bir işe yaramamıştı. Yeterli sayıda değişmez kullanarak görünüşü kurtarmak olanağı her zaman vardır. Bunun gibi yeterli sayıda alt-periyod kullanarak yeni bir devir periyodu da oluşturabilirsiniz.

Diğer yandan Kepler daha az karmaşık bir açıklama istiyordu ve biraz uzun yoldan da olsa sonunda bunu elde etti. *Şekil 59*'da *Astronomica Nova*'dan alınmış bir çizim görmektesiniz. Bu kitapta Kepler



Şekil 59. Kepler'in Mars'ın eliptik yörüngesini gösteren çizimi. *Astronomica Nova*, Prag, 1609.

Mars gezegeninin hareketine ilişkin gözlemlerini ve bu gözlemlerden çıkardığı sonuçları anlatmaktadır. Mars'ı seçmesinin nedeni ise bu gezegenin dünyamıza en yakın gezegen oluşu ve bunun yanısıra her zaman görülebilmesiydi (Mars'ın periyodu Dünyanınkinin yaklaşık olarak üçte ikisi kadardır). Kepler Mars'ın yörüngesi için çeşitli eğriler de denemiş ama hiç birinin uymadığını görmüştü. Geçmişte kullanılmış olan episiklik çevrimler uyabilirdi ama bunlar da yay'ın sekiz dakikası kadar fark gösterdiğinden tam anlamıyla doğru sayılmazlardı. Geçmişte böyle bir farkın anlamı yoktu zira bu denli incelikli bir ölçüm zaten yapılamıyordu, ama Kepler'in -daha doğrusu Brahe'nin- ölçümlerindeki doğruluk bunu önemli kılacak düzeydeydi. Teoriyle gözlemin uyumu üzerinde bu denli titizlikle duran Kepler olmasaydı belki insanlar bir teorinin varlığına gereksinim duymadan ölçümler yapmayı sürdürecekler ve bu ölçümler de doğru olacaktı, zira teorinin yardımı olmaksızın da giderek daha doğru gözlemler yapılması olanaksız değildir. Buna karşılık Kepler daha

kesin ölçümler yapmış olsaydı belki de bu denli başarılı olmayacaktı zira eliptik bir yörünge Kepler'in ölçümlerinin doğruluk derecesine uyuyordu.

Kepler Mars'ın Güneş'in çevresindeki yörüngesinin eliptik olduğu sonucuna varmıştı. Yine *Astronomica Nova*'dan alınan *Şekil 59*'daki çizimde Kepler'in dairesel yörüngenin belli bir bölümü olarak geliştirdiği elipsi ve elipsin iki merkezinden birinde Güneş'i görüyorsunuz. İlk yasasını buradan yola çıkarak bulan Kepler'in doğrudan gözleme dayanan bu yasanın dinamik açısından bir anlam taşıdığını bilmesine olanak yoktu zira o dönemde dinamiğe ilişkin hiç bir şey bilinmiyordu. Gözlem yönünden ise elips Yunanlılar tarafından da ele alınmış olan ve basitlik yönünden daireden sonra gelen ikinci kavramdı. Kepler Mars'ın eliptik bir yörüngeye sahip olduğuna karar verdikten sonra buna dayanarak diğer gezegenlerin de merkezinde Güneş'in yer aldığı eliptik yörüngeler izlemeleri gerektiği sonucuna vardı ve bunun yanısıra Ay'ın da Dünya'nın çevresindeki dönüşü sırasında yine aynı biçimde bir yörünge çizdiğini açıkladı. Bu Kepler'in Birinci Yasası idi ve kendisi bundan çok hoşnut kalmış olacak ki ikinci ve üçüncü yasalar bundan uzunca bir süre sonra geldi.

Bu aşamada iki merkezinden birinde Güneş'in bulunduğu eliptik bir yörünge görüşü Mars'ın bu yörünge üzerinde ne hızla yol aldığı sorusunun ortaya çıkmasına neden oldu. Kepler'in buna verdiği yanıt gezegenin bu yörünge üzerinde Güneş'e yaklaştığı zaman daha hızlı ve uzaklaştığı zaman daha yavaş hareket ettiği yolundaydı. Bundan da Mars'ın gerçek hızının eşit alanları eşit sürelerde taramasını sağladığı sonucu çıkıyordu ki bu da Kepler'in İkinci Yasası'dır. Böylece Dünya üzerinde mevsimlerin farklı zamanlarda farklı uzunluklarda oluşuna, örneğin Dünya'nın Güneş'e uzak olduğu süreye rastlayan yazların Güneş'e yakın olduğu süreye rastlayan kışlardan daha uzun oluşuna da bir açıklama getirilmiş bulunuyordu. Kuzey yarıkürede yaz mevsiminin Güney yarıküreye kıyasla daha sıcak olmasının nedeni Güneş'in buraya daha yakın olması değil, Dünya'nın bu bölümünün güneş ışınlarını daha dik bir açıyla ve daha uzun günler boyunca almasıydı. Kısaca anlatırsak İkinci Yasanın

özünde Dünya'nın Güneş'in çevresinde izlediği yörünge üzerindeki momentumunu koruması (yani hız ile yarıçap vektörünün çarpımının aynı kalması) yatmaktadır.

Buraya kadar Kepler tek bir gezegenin, yani Mars'ın hareketini tanımlayan kuralları saptamış bulunuyordu. Diğer gezegenlere ilişkin olarak aynı şeyin yapılabilmesi için de bu gezegenlerin Güneş'in çevresinde dönüş periyodları ile Güneş'e olan uzaklıkları arasındaki bağlantıları bilmesi gerekiyordu. Bu konuda yıllar süren çalışmalardan sonra gezegenlerin periyodlarının karesi ile Güneş'e olan uzaklıklarının küpünün birbiri ile doğru orantılı olduğunu ortaya çıkaran Kepler böylece Üçüncü Yasa'yı da formüle ederek gezegenlerin hareketlerine ilişkin nicel bir tanımlamayı eksiksiz biçimde yapmış oluyordu. Kepler'in bulduğu yanıtlar gezegen sistemi ile ilgili kuvvet yasalarının saptanması için gerekli olan temeli sağlamış ve Copernicus'un sezgilerine anlam kazandırmıştı. Diğer yandan teorinin tam olarak yerine oturması için önce sistemin olanaklılığının gözlem yoluyla doğrulanması gerekiyordu ki bunu yapmak da bir başkasına düşecekti.

Galileo Galilei

1564 yılında İtalya'nın Pisa kentinde doğan Galileo Galilei bir süre Pisa Üniversitesi'nde tıp öğrenimi görmüşse de bu konu çok fazla ilgisini çekmediği için öğrenimini yarıda bırakarak matematiğe yönelmişti. Astronomi ve fiziğe geleneksel biçimde felsefe açısından yaklaşma yerine matematiksel bir yaklaşımı seçen Galileo'dan önce fizik, deneysel bir bilim olarak kabul edilmemekte ve daha çok Aristoteles felsefesinin bir kolu olarak görülmekteydi. Galileo yirmi yıl boyunca Pisa Üniversitesi'nde matematik ve askeri mühendislik konularında ders vermiş, bu sürenin sonlarına doğru Aristoteles felsefesini yadsıyan görüşleri nedeniyle meslektaşları tarafından ağır biçimde eleştirilmesi üzerine düşünce özgürlüğünün Venedik Dükalığı'nın güvencesi altında bulunduğu Padua Üniversitesi'ne geçmişti. Gerek yönetimde gerekse kilise çevrelerinde güçlü dostları bulunan

Galileo çok tutulan bir konuşmacı ve iyi bir yazardı. Konferans ve makalelerinde çok geniş bir alanı ele alması nedeniyle kısa bir sürede çeşitli bilim alanlarında adını duyurmuştu. Zamanının tüm bilim adamları gibi Galileo da tek bir bilim üzerine yoğunlaşmak yerine matematik, fizik, astronomi, hidrostatik ve mekanik gibi çok çeşitli alanlarda çalışmalar yapmaktaydı. Diğer yandan genellikle düşünülenin aksine Galileo bir astronom değildi. Astronomi alanında yaptığı çalışmaların büyük bir bölümü Jüpiter ve Satürn gezegenlerinin uydularına ilişkin bir dizi gözlemden ibarettir. Galileo 1610'da *Siderius Nuntius* (Yıldızlardan Gelen Haberci) başlığı altında yayınladığı kitabının önsözünde şöyle demektedir:

> *kendi yaptığım bir teleskopla çok güzel ve şaşırtıcı görüntülere tanık olan ben Padua Üniversitesi Matematik Profesörü Floransalı Galileo Galilei, Ay'ın yüzeyini, sayısız sabit yıldızı, Samanyolu'nun, nebula yıldızlarını ve özellikle de Jüpiter gezegeninin çevresinde dönen dört yıldızı incelemiş bulunuyorum. Jüpiter'in çevresinde farklı uzaklıklarda ve farklı periyodik zamanlarda şaşırtıcı bir hızla dönen bu gökcisimlerini bugüne dek bilinmedikleri ve ilk kez tarafımdan görülmüş oldukları için "Medici Yıldızları" olarak adlandırdım.*

Floransa'da koruması altında yaşadığı Medici ailesini, bu biçimde onurlandırmak isteyen Galieo'nun bilim adamlığının yanısıra iyi bir reklamcı olduğu da anlaşılıyor, zira bu yoldan kitabının görülmemiş bir hızla basılmasını da sağlamıştı. Kitap astronomi çevrelerinde büyük bir coşku yaratmış ve kısa zamanda en çok okunan bilimsel eser olmuştu. Galileo ile aynı dönemde yaşayan ve astronomiye merakı ile de tanınan ünlü İngiliz ozanı John Donne da bu kitaptan etkilenerek yazdığı *Kardinal Ignatius* adlı eserinin bir bölümünde Galileo'ya değinmiştir.

Galileo'nun *Siderius Nuntius*'u şu sözlerle başlar:

> *On ay kadar önce bir Hollandalının teleskop denen bir alet yaptığını duydum.*

(Burada değinilen Hollandalı Lippershey'di ve yaptığı teleskop da aslında askeri bir sırdı zira o sırada Hollanda ile İspanya savaş durumunda bulunmakta ve söz konusu teleskop büyük bir olasılıkla askeri amaçlarla kullanılmaktaydı. Buna karşılık teleskopla ilgili söylentiler Galileo'nun kulağına da gelmiş ve Paris'deki bir dostundan aldığı bir mektup da bunu doğrulamıştı. Bu teleskopa daha ilerde optik konusunu incelerken değineceğimiz için burada ayrıntıları üzerinde durmuyorum.) Galileo teleskopla ilgili sözlerini şöyle sürdürür:

Işığın kırılım teorisini derinlemesine inceledikten kısa bir süre sonra ben de böyle bir alet yapmayı başardım.

(Teorinin gerçekten de derinlemesine incelenmiş olması gerekir zira o günlerde Snell Yasası henüz bilinmiyordu. Buna karşılık önemli olan Galileo'nun teleskopunun çalışmasıydı.)

Bundan sonra gözümü içbükey merceğe yaklaştırdığımda teleskopun cisimleri istediğim gibi büyüttüğünü ve yaklaştırdığını gördüm. Böyle bir aletin karada ve denizde sağlayacağı yararların saymakla bitmeyeceği açıktır. Buna karşın ben yeryüzünde olup bitenlerle ilgilenmeyip bunun yerine teleskopumu göklere çevirmeyi seçtim.

Doğrusu Galileo'nun yeryüzünde olup bitenlerle ilgilenmediği söylenemez. "Dünyevi" konularla oldukça yakından ilgileniyor ve zaman zaman bunun yararını da görüyordu. Yaptığı teleskopu deniz savaşlarında kullanılmak üzere Venedik Senyörüne "armağan" eden Galileo bu armağanına karşılık kendisine sunulan 500 scudi'yi de geri çevirmemişti. Burada erken davranmış olmasının yararını gördüğünü söyleyebiliriz, zira Brecht'in *Galileo Galilei* adlı oyununda görmüş olabileceğiniz gibi aradan bir yıl bile geçmeden Hollanda yapımı teleskoplar Venedik'te üç-beş scudi karşılığında satılmaya başlamıştı. Galileo teleskopuyla ilk kez Ay'a baktığı zaman Ay'ın yüzeyinin girintili çıkıntılı olduğunu görmüştü, ama bundan da önemlisi gökyüzünde o güne dek düşünülen sayının çok ötesinde yıldızın bu-

lunduğunu anlamış olmasıydı. Çıplak gözle görülebilen yıldızların sayısının yaklaşık 2000 olmasına karşılık Galileo teleskopunu gökyüzüne çevirdiği zaman yıldızların gerçekte sayılamayacak denli çok olduğunu görebiliyordu.

Daha önce bilinmeyen yeni yıldızların resimlerini de çizen Galileo şöyle diyordu:

> *Dünyanın başlangıcından günümüze dek kimsenin görmemiş olduğu dört yeni yıldız bulduğumu ve son iki ay boyunca bunların konum ve hareketlerini izlemiş olduğumu açıklar ve tüm astronomları kendi zamanımın kısıtlı oluşu nedeniyle bugüne dek gerçekleştirme olanağını bulamadığım gerekli gözlem ve ölçümleri yaparak bu yeni yıldızların periyodlarını saptamaya davet ederim. Diğer yandan bu gözlemlerin ancak bir teleskop yardımıyla yapılabileceği konusunda kendilerini uyarmak istiyorum.*

Bu açıklama üzerine tüm İtalyan üniversitelerindeki astronomlar biraraya gelerek bu yeni yıldızların çıplak gözle görülmemesi, üstelik de Aristoteles'in bunların varlığına değinmemiş olması nedeniyle Galileo'nun önerdiği gözlemlerin yapılmasının gereksiz olduğunu, bunun yanısıra teleskop denen aletle gözlem yapmanın herhangi bir yarar sağlayacağına inanmadıklarını ilan ettiler (İlginçtir ki bundan yüzyıllar sonra, günümüze çok yakın bir tarihte bazı kişiler elektron mikroskopu ile ilgili olarak buna benzer bir tavır takınacak ve iyi bir biyoloğun elektron mikroskopuna gereksinim duymayacağını zira bu aletin sağlayacağı ileri sürülen bilgilere zaten sahip olması gerektiğini söyleceklerdi).

Galileo gerçekte Jüpiter gezegeninin uyduları olan bu "yeni yıldızları"nasıl bulduğunu şöyle anlatmaktadır:

> *İçinde bulunduğumuz yılın (1610) ocak ayının yedinci gününü izleyen gecenin ilk saatlerinde teleskopumla gökyüzüne bakarken Jüpiter gezegenin yakınında daha önce hiç görmemiş olduğum üç küçük yıldızın varlığını farkettim. Önce bunların sabit yıldızlar olduğunu düşündümse de bu açıklama bana yeterli gelmedi zira bu yıldızlar eklip-*

tiğe paralel düz bir çizgi oluşturacak biçimde dizilmiş durumdaydılar ve büyüklük bakımından kendilerine eşit olan diğer yıldızların tümünden daha parlak görünüyorlardı. Jüpiter'e göre konumları şöyleydi: İkisi gezegenin bir yanında, üçüncüsü diğer yanında bulunuyordu. Başlangıçta bunları sabit yıldızlar sandığım için Jüpiter'e yakınlıkları üzerinde durmadım ama ertesi gece, yani 8 Ocak gecesi gökyüzünün bu bölümüne tekrar baktığım zaman çok farklı bir durumla karşılaştım. Bu kez üç küçük yıldız Jüpiter'in batısında biraraya gelmişlerdi ve bir gece öncesine kıyasla gezegene daha yakın bir konumdaydılar. Birbirlerine olan uzaklıkları da eşitlenmişti. Bu durum beni çok şaşırttı ve Jüpiter'in nasıl olup da bir gece önce bu yıldızların batısında bulunurken ertesi gece doğusunda olabileceğini düşünmeye başladım. Gezegenin astronomların tüm hesaplarından farklı bir yol izliyor olması olasılığı beni ürkütmüştü. 9 Ocak gecesini büyük bir sabırsızlıkla bekledim ama o gece kötü bir rastlantıyla gökyüzü bulutlarla örtülü olduğundan hiçbir şey göremedim. 10 Ocak gecesi hava açmıştı ve gökyüzüne baktığım zaman bu kez yıldızların ikisinin Jüpiter'in bir yanında yer aldığını, üçüncünün ise görünürde olmadığını farkettim ve bunun gezegenin arkasında kalmış olabileceğini düşündüm. 11 Ocak gecesi bu iki yıldızın yine Jüpiter'in doğusunda yer aldıklarının gördüm. Böylece bu üç yıldızın Jüpiter'in çevresinde dolaştıkları sonucuna vardım ki bunları izleyen çok sayıdaki gözlemden de bu görüşümü doğrular nitelikte sonuçlar almış bulunmaktayım.

Burada matematiğin yardımı olmaksızın salt gözlem yoluyla elde edilen bir kanıt söz konusuydu. Ne astronomların ölçümleri ne de Kepler'in yasaları bu denli inandırıcı değildi. Galileo da bunun önemini kavramış ve bu yeni gök cisimlerinin gerçekte şaşmaz bir tür saat olduğu farketmişti. Böylece denizcilerin çok gereksinim duydukları boylamların bulunması olanağı da belirmiş oluyordu. Bunun için gereken tek şey Jüpiter'in uydularına ilişkin bir tabloya bakarak (ki daha sonra bu tablo denizci almanaklarında yerini alacaktı) uyduların mutlak zamanda konumlarının belirlenmesi ve bundan sonra yerel saat gözönüne alınarak boylamın saptanmasıydı.

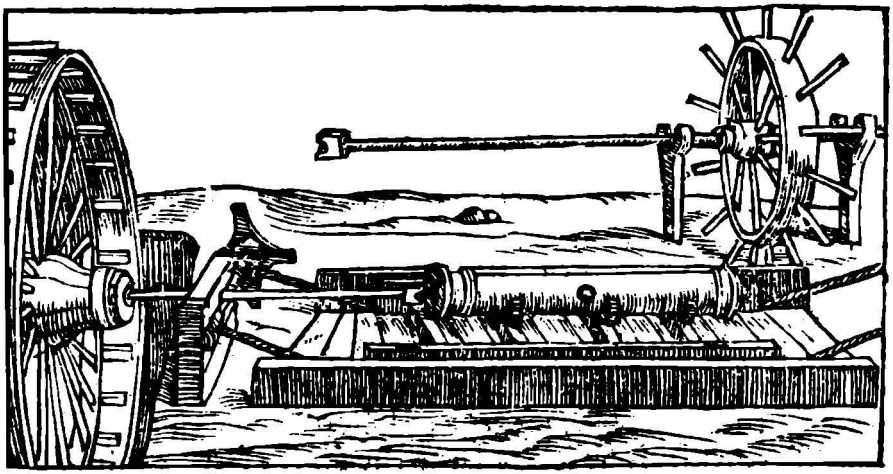
Bunun çok iyi bir fikir olduğunu düşünen Galileo bu fikri pazarlayarak para kazanmanın yollarını aramaya koyuldu. Babasının ölümünden sonra annesi ile iki kız ve bir erkek kardeşine bakmak zorunda kalan Galileo'nun ayrıca yirmi yıldan beri parasızlıktan evlenemediği bir metresi ve yetişkin çağa gelmiş iki kızı vardı. Bu kalabalık aileyi üniversiteden aldığı ücretle geçindirmekte güçlük çeken Galileo bu nedenle sürekli bir para arayışı içindeydi. Boylam saptanmasına ilişkin olarak bulduğu yöntemi önce İspanya Kralı'na yazdığı bir mektupta açıklayarak bunun amatör bir astronom olarak kendisine bir fayda sağlamayacağını, buna karşılık çok geniş bir ülkeyi yöneten ve büyük bir donanmaya sahip olan Kral için böyle bir buluşun büyük önem taşıyacağına inandığını anlattı ve "tek başına karar verebilecek bir konumda olması dolayısıyla" Kral'ın hiç vakit geçirmeden bu buluşu satın alacağını umduğunu da ekledi. Buna karşılık İspanya Kralı Galileo'ya konuyu incelemek için uzmanlardan oluşan bir heyet toplamayı daha uygun bulduğunu bildirdi. Üç yıl süren bu incelemenin sonunda heyet Jüpiter'in uydularının deniz üzerindeki bir gemiden gözlemlenmesinin her zaman olanaklı olmayacağını, dolayısıyla da bu yöntemin uygulanabilirliği bulunmadığını ileri sürerek Galileo'nun önerisini reddetti. Bu arada Jüpiter'in uydularına adını vermiş olduğu Medici ailesinden de beklediği ödülü alamayan Galileo buna kızarak Medici Yıldızları adını geri almış ve bunun yerine yeni yıldızlara mitolojiden alınma adlar bulmuştu (Diğer yandan Jüpiter'in bu ilk dört uydusu için bugün kullandığımız Io, Europa, Ganymede ve Callisto adlarının Galileo'nun değil, onunla aynı zamanda bunları görmüş olan Simon Marius adlı bir Alman astronomun verdiği adlar olduğunu da belirtmeliyim).

İspanya Kralı'na göndermiş olduğu mektubu biraz değiştirerek bir kaç yıl sonra Hollanda hükümetine de yollayan ve bu kez yöneticilerin "bir kişinin hükmü altında bulunmayıp demokratik bir yönetim biçimi uyguladıkları için" bu yöntemin ne denli yararlı olacağını hemen göreceklerine inandığını belirten Galileo'yu daha da büyük bir düş kırıklığı bekliyordu. Hollandalılar önerisini geri çevirmemişler, buna karşılık mektupta açıkladığı yöntemi uygulamaya girişmelerine karşın Galileo'ya istediği ödemeyi yapmamışlardı. Diğer yan-

dan bir süre sonra bu yöntemin işe yaramadığı ve hiçbir zaman da yaramayacağı ortaya çıkacaktı. Bugün bunun ışığın hızı ile ilgili bir nedeni olduğunu biliyoruz.

Dinamiğin Temelleri

Galileo'ya tekrar döneceğiz ama şimdi biraz da Güneş sistemi teorisinin diğer bir yanını oluşturan dinamik konusuna bakalım. Bunun için tarihte biraz geriye gidip çağdaş dinamik biliminin temelinde yatan birtakım buluşları incelememiz gerekiyor. Dinamik alanına giren bazı deneyler yapmış olan Aristoteles'in bu konuda geliştirmiş olduğu bazı teoriler vardı. Aristoteles'e göre her madde doğada ait olduğu yere dönmek eğilimini taşır ve bu her maddenin ait olduğu doğal element tarafından belirlenirdi; toprak grubuna giren katı maddeler hava ya da suyun içinden geçerek yere yani toprağa düşer, buna karşılık ateş yukarıya, gökyüzündeki tanrısal ateşe (güneş, yıldızlar vb) ulaşmaya çalışırdı. Bunlar doğal hareketlerdi ama bir de doğadan kaynaklanmayan ve Aristoteles tarafından "hızlı" ya da "şiddetli" olarak tanımlanan, bir mızrağın, taşın ya da okun fırlatılması ile ortaya çıkan türdeki hareket vardı ki bu nasıl açıklanacaktı. Aristoteles'in bulduğu açıklama şöyleydi: Bir ok ya da benzeri cisim fırlatıldığı zaman önünde bulunan ve yerini aldığı hava sürekli biçimde cismin arkasına geçer ve onu iterek yol almasını sağlardı. Doğal olarak bir süre sonra bu biçimde okun önünden arkasına geçen hava gücünü yitirdiği için de ok yere düşerdi. Bu açıklama 2000 yıla yakın bir süre çoğu insana yeterli geldiyse de bu konuda kuşkuya düşenler de yok değildi. Bu kuşkuyu dile getiren ilk kişi İsa'dan sonra altıncı yüzyılda yaşayan Johannes Philiponos adlı bir filozof oldu. Philiponos'a göre fırlatılan bir cisimde *imepetus* denen bir kuvvet bulunuyor ve bu söz konusu cismi ileriye doğru itiyor, impetus tükendiği zaman da cisim yere düşüyordu. Philiponos'un bu görüşü ortaya koyduğu çağda Hıristiyan dünyası Aristoteles'in söylediği herşeyin yanlış olduğu kanısına varmış ve bu nedenle yeni açıklamalar bulma çabası içine girmişti.



Şekil 60. Top namlusunun içinin oyulması. Biringuccio, *De la Pirotecnia*, Venedik, 1540

Philiponos'un impetus teorisinden yola çıkarak biraz da eski toplardan ve bunlarla atılan taş ya da demir güllelerden bahsedeceğiz. Kuşatılmış olan bir kaleye atılan bir gülle ya havada bir kavis çizerek kale duvarının üzerinden aşıyor ve kalenin içine düşüyor ya da -eğer düz bir çizgi izlemesini sağlayacak biçimde nişan alınmışsa- kale duvarına çarpıp duvarın o bölümünü yıkıyordu. Atları ürkütmek dışında ilkel topların sağladığı tek yarar buydu. Ortaçağda İngiltere ile Fransa arasında cereyan eden Yüzyıl Savaşları'nın ilki olan 1346 Crécy savaşı sırasında İngiliz toplarının gürültüsü Fransız süvarilerinin darmadağın olmasına yol açmıştı. Daha doğrusu Fransız tarihçi Froissart'ın Crécy'e ilişkin ilk anlatımı böyledir, ama daha sonra İngilizlerin savaşı kazanmakta oldukları ortaya çıkınca Froissart ağız değiştirerek savaşı daha farklı bir biçimde anlatmış ve bu kez topların varlığına değinmemişti, zira o dönemde savaşta top kullanımının "centilmenliğe" sığmadığı düşünülüyordu. Bu yüzden Froissart'ın kitabının İngilizler açısından yazılmış versiyonunu okuduğunuz zaman Crécy savaşında hiç top kullanılmadığı izlenimini edinebilirsiniz ki bu doğru değildir.

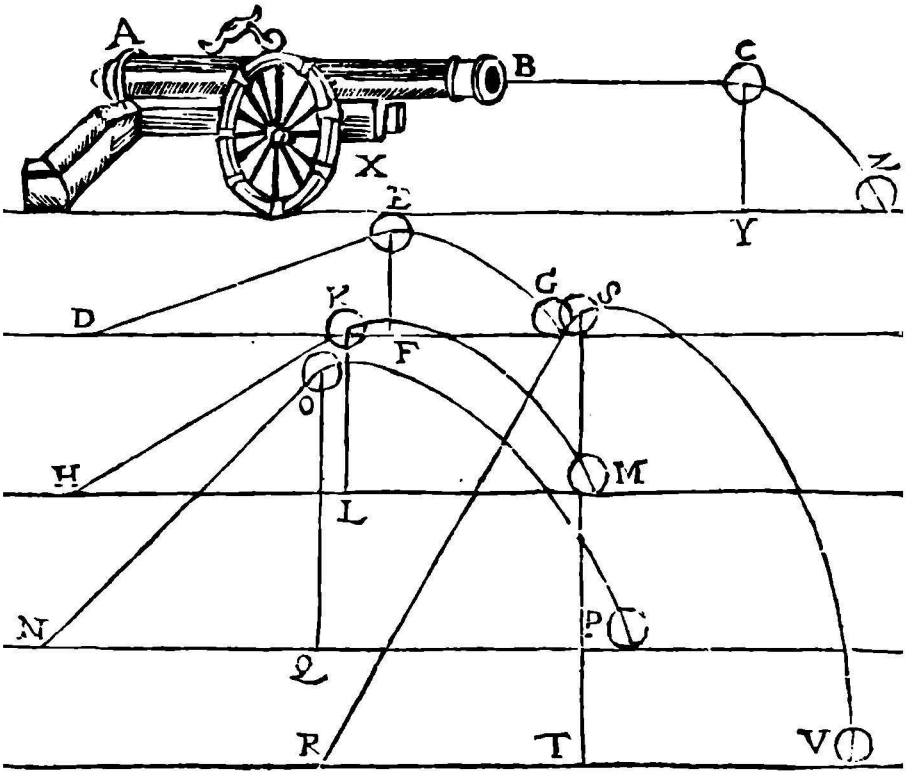
Şekil 60'da yapımı gösterilen türde toplarla çok iyi nişan alınması çoğu zaman olanaksızdı. Top gülleleri de çok iyi yapılamıyor



Şekil 61. Top nişancısının sanatı. W. Ruff, *Der ... Mathematischen und Mechanischen Kunst Eygentlicher Bericht,* Nüremburg, 1547.

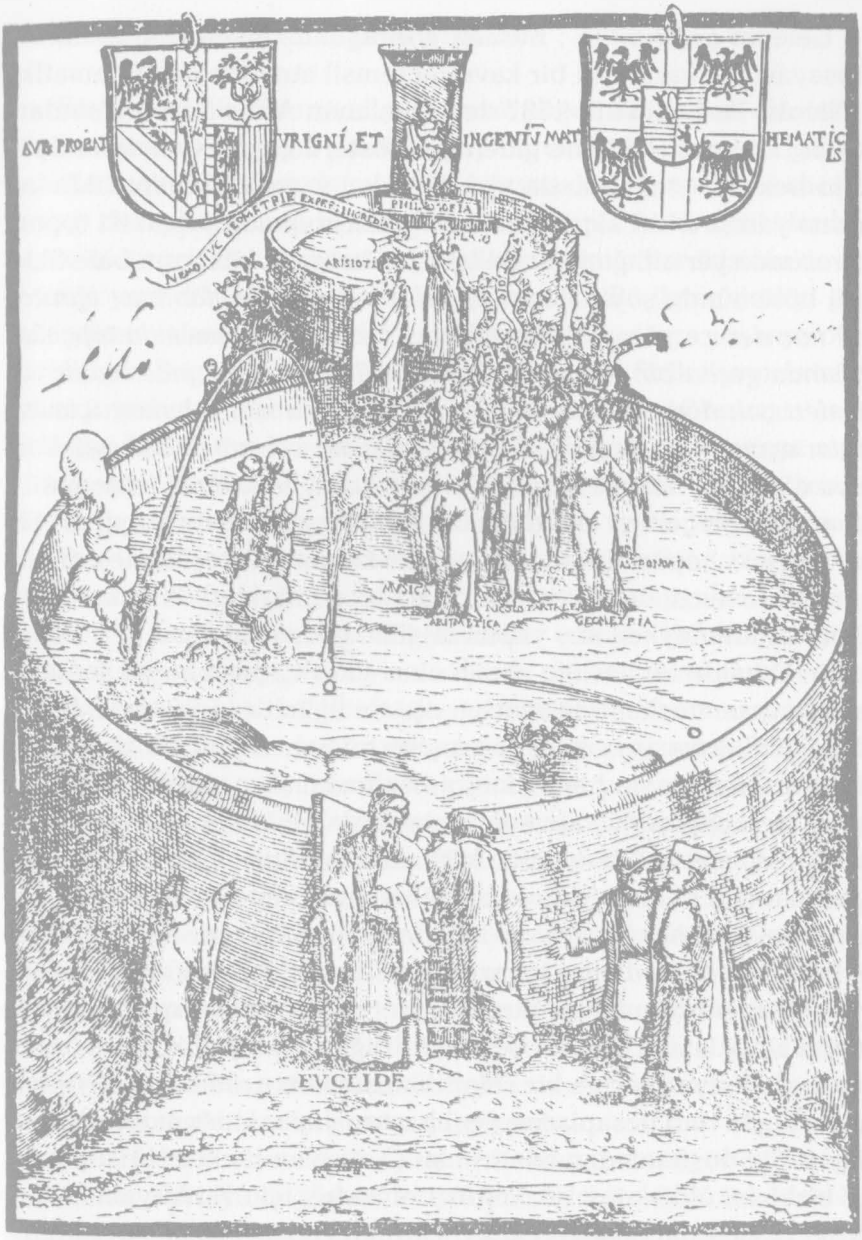
ve gülle ile namlunun çapları arasındaki uyumsuzluktan dolayı gülle namlunun içinde yuvarlanıp duruyordu. Bu ve diğer nedenlerle bu silah tarih boyunca savaşlarda etkili bir rol oynamadı; ta ki İkinci Dünya Savaşı'nda uçaksavar toplarının kullanılmasına dek. Yanlış hatırlamıyorsam Boyle bu konuda şöyle demişti: "Topun sesi savaş alanından çok felsefede duyulmuştur".

Şekil 61'de nişan almak için gerekli ölçümleri yapmakta olan topçuları görüyorsunuz. Topun namlusu kamaların yardımıyla alçaltılıp yükseltilmekte ve namlunun ağzına yerleştirilen yükseklik ölçme aletine bağlı çekül yükselti açısını saptamaya yaramaktadır.



Şekil 62. Cespedes'in *Instrumentos Nuevos de Giometria* (1606) adlı eserinden bir balistik çalışması.

Şekil 62 onyedinci yüzyıl başlarına ait bir balistik çalışmasını göstermektedir. Gülle önce uzunluğu namlunun eğimine göre değişen düz bir yol izlemekte, sonra aşağı doğru bir eğri çizerek düşmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi bu eğrinin son bölümü bir parabolle oldukça yakın bir benzerlik göstermektedir doğal olarak bu denli düşük bir hızda güllenin tam bir parabol çizmesi sözkonusu değilse de en azından insanların konuyu prensipte kavramış olduklarını görebilirsiniz. Topun namlu düz konumdayken ateşlenmesi durumunda güllelerin erişeceği uzaklık pek fazla değildir. Namlunun sıfır ile 45 °lik açı arasında değişen konumlarında menzil uzamakta, 45 °den sonra tekrar kısalmaktadır. Çağdaş balistik biliminin bu tür çalışmalarla başlamış olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 63. Yeni Bilim kavramı, Nicolo Tartaglia, *Nova Scientia*, Venedik, 1537.

Gelelim *Şekil 63*'e Burada gördüğünüz çizim tüm bilimleri kapsayan çok karmaşık bir kavramı temsil etmektedir. Matematikçi Nicolo Tartaglia'nın 1537'de yayınlanan *Nova Scientia*'sından alınan bu çizimde bilime giden yol gösterilmiştir. Kapısında Euclid'in bekçilik ettiği alanda tüm bilim ve sanatlar bulunmaktadır. Bunun yanısıra biri alçaktan diğeri yüksekten atış yapan iki topun da resimde yer aldığını görebilirsiniz. Tartaglia kitabının balistikle ilgili bölümünde şöyle der: "*En uzun menzilin sağlanması için topun kaç derece yüksekliğe getirilmesi gerektiği konusunda topçular arasında geçen bir tartışmaya tanık oldum. Konuyu matematik yönünden çok dikkatli bir biçimde inceledikten sonra bunun için en uygun açının 45° olması gerektiği sonucuna vardım.*" Tartaglia'nın hava direncini hesaba katmadığını bir yana bırakırsak matematiksel açıdan gerçekten en iyi çözümü bulmuş olduğunu söyleyebiliriz. Şöyle ki, topun tümüyle yatay bir konumda ateşlenmesi prensipte sıfır menzil demektir. Buna karşılık namlu dimdik yukarı çevrilmiş konumdayken atış yapılırsa gülle çıkış noktasına geri dönecektir. O halde bu ikisinin ortası olan 45° lik açının en iyi sonucu, yani en uzun menzili sağlayacağı açıktır. İlginçtir ki Tartaglia balistikle ilgili bunca araştırma yapmış ve bu konuda bir de kitap yazmış olmasına karşın henüz kitabı basılmamışken birdenbire yanlış bir iş yaptığını düşünmeye başlayarak "Hıristiyanların birbirlerini öldürmelerine" bu yoldan katkıda bulunduğu için kendini suçlayacaktı (Bu bilim tarihinde bir bilim adamının vicdanı ile hesaplaşmasının bilinen ilk örneğidir). Sonuçta böyle bir sorumluluğu üstlenmek istemediğine karar veren Tartaglia kitabının müsveddelerini ve bu konuda tutmuş olduğu tüm notları yırtıp atarak vicdanını rahatlamak yolunu seçmişti. Diğer yandan bir süre sonra Türklerin İtalya üzerine bir sefer düzenlemekte oldukları duyulunca Tartaglia tüm hesaplarını yeni baştan yapıp kitabını tekrar yazmış ve hiç düşünmeden bastırmıştı (Anlaşılan bu kez Hıristiyanların birbirini öldürmesi sözkonusu olmadığı için Hıristiyanlık ilkelerine bağlı kalınması gerekmiyordu). Tartaglia'nın balistik konusunda başlattığı bu çalışma daha sonra Galileo tarafından tekrar ele alınacaktı.

Düşen Cisimlere İlişkin Yasalar

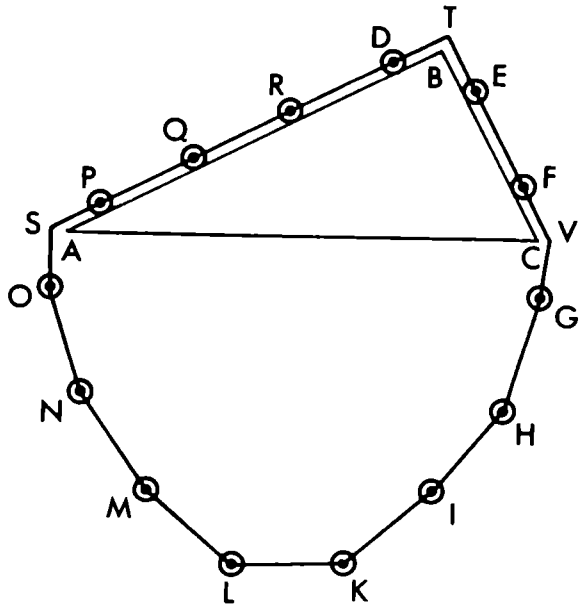
Böylece Galileo'nun çalışmalarının diğer bir yanını oluşturan düşen cisimler ve doğal ya da yapay hareket gibi konulara geliyoruz. Galileo'nun düşen cisimlere ilişkin yasaları saptamak amacıyla yaptığı deneyler sırasında Pisa Kulesine çıkarak farklı ağırlıklardaki iki cismi birçok kez buradan boşluğa bıraktığı ve her ikisinin de aynı anda yere düştüğünü gözlemlediği anlatılır. Bu ilginç deneyi gerçekleştiren aslında Galileo değil, ondan bir süre sonra yaşamış olan bir keşiştir. Bugün de aynı deney İngiltere Ulusal Fizik Kurumu laboratuarlarında yerçekimine bağlı ivme değeri g'nin saptanması amacıyla yapılmaktadır. Bunun için kuvars bir bilya önce havaya atılır ve erişebildiği yüksekliğe çıkması için geçen süre ile yere düşmesine dek geçen süre milimetrik biçimde ölçülür ve bu yoldan g bulunur. Bu yöntem aynı amaçla herhangi bir sarkaç kullanılarak yapılan deneylerden daha doğru sonuç vermesine karşın uygulamada daha güçtür zira bilyanın havaya atılışında her zaman dümdüz bir çizgi izlemesi sağlanamadığı gibi yere inişinde de her zaman aynı noktaya düşmesi olanaklı değildir.İngiltere Ulusal Fizik Kurumu çalışanları da bu gibi sorunları henüz tam olarak çözümleyememişlerdir. Yukarda değindiğim gibi Pisa Kulesi deneyinin patenti Galileo'ya ait değilse de bu ünlü bilim adamının bu konuyla ilgilendiğini ve birtakım "düşünsel" deneyler yürüttüğünü biliyoruz. Örneğin iki parçadan oluşan bir cismin boşluğa bırakılması ile bu parçaların yere sanki birbiriyle bağlantılıymışcasına aynı hızla düştüklerini gözünde canlandıran Galileo varlığını bildiği hava sürtünmesi öğesini bilinçli olarak hesaba katmayarak tüm cisimlerin aynı hızla düştüğü sonucuna varmıştı. Böylelikle teorik fizikte çok sık görülen bir idealizm örneği veren Galileo cisimlerin uzayda ya da vakum koşullarında nasıl davranacaklarını anlamaya çalışıyordu.

Daha önce Aristoteles'den bahsederken unutmuş olduğum çok önemli bir noktaya değinmek istiyorum. Aristoteles'in fırlatılan bir okun yerini aldığı havanın sürekli biçimde önden arkaya geçerek oku itmek suretiyle ilerlemesini sağladığına ilişkin teorisi ancak havanın varlığı ile geçerlik kazanacağı için filozof vakumun olanaksız

olduğunu ileri sürmüştü. Aristoteles'e göre eğer vakum diye bir şey olsaydı herhangi bir cismin hareketini değişmez bir hızda ve düz bir çizgi üzerinde sürdürmesi gerekiyordu ki bu da olanaksız olduğundan vakumun varlığı söz konusu olamazdı. Gerçekte bunu söylerken kendisinden çok sonra gelecek olan bir yasayı, Newton'un Birinci Yasasını dile getiren Aristoteles bu görüşü vakumun varlığını yadsımak için kullanmıştı. Bu da bir şeyin olanaksız olup olmadığına karar verirken iyi düşünmek gerektiğini gösteren bir örnektir. Doğal olarak bazı şeyler gerçekten olanaksızdır-bir cismi bir masanın üzerinde iterek ilerletebilirsiniz ama bunu sonsuza dek düz bir çizgi üzerinde sürdüremezsiniz, ya da düz bir yol üzerindeki bir at arabasının hareket etmesini-eğer arabaya bir at koşulu değilse bekleyemezsiniz. Aristoteles'in dinamik anlayışı gerçeklerle az çok benzerlik gösteriyorsa da genel kavramların tam olarak anlaşılmadan kullanılmasının sakıncalarını ortaya koyduğu da kesindir.

Galileo düşen cisimlerle ilgili gerçekleri, yani Aristoteles'in teorisindeki doğal hareketi çözümlemişti. Bir cismin yüksekten düşmesi sırasında yere yaklaştığı oranda hızlandığını herkes, hatta Aristoteles bile biliyordu. Diğer yandan Aristoteles bu konuda şöyle der: "Düşmekte olan bir cisim yere ulaşmak istediği için tıpkı bir atın ahırına yaklaştıkça hızlanması gibi yere yakınlaştıkça hız kazanır" Bu aslında sonuçsal nedenler doktrini adı verilen bir şeydir; olayları belirleyen öğe onların nasıl başladıkları değil, nasıl bitecekleridir. Doğru zamanda ve doğru yerde kullanılması koşuluyla bu çok iyi bir teoridir. Aristoteles'in sorunu onun gerçekte bir biyolog olmasından kaynaklanmaktaydı. Atın ahırına yaklaştıkça hızlandığı görüşü atlarla sınırlı kaldığı sürece iyi bir görüştür ama cansız varlıklar için geçerli olduğu söylenemez. Bunun gibi sonuçsal nedenler doktrini de biyolojide çok işe yarar ama fizik bağlamında kullanılırlığı pek yoktur.

Daha önce de değindiğim gibi Galileo ve diğer bazı düşünürler Aristoteles'in öğretisine karşı çıkmaktaydı. Ortaçağın sonlarına doğru bu öğreti tekrar ele alınmış ve o denli yaygın biçimde benimsenmişti ki o dönemde neredeyse tüm bilimleri yönlendirdiği söylenebilir. Aristoteles'i destekleyenler Katolik Kilisesi'nin Dominiken ka-



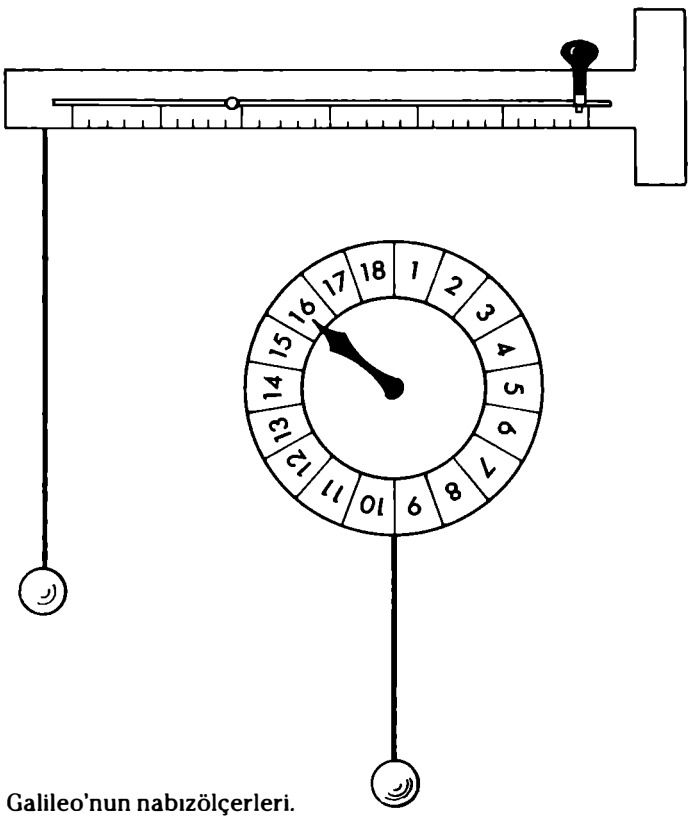
Şekil 64. Dikaçılı prizma üzerinden sarkıtılmış sürtünmesiz zincir halka,

nadına bağlı kişilerdi ve aralarında ünlü dinbilimci Aziz Thomas Aquinas da bulunmaktaydı. Belki de salt bu nedenle, yani Aquinas'ın Dominiken olması nedeniyle Fransiskenler Aristoteles öğretisini yadsımayı seçmişler ve özellikle Duns Scotus adlı bir düşünür ile onun öğrencilerinden Buridan Aristoteles'in görüşlerinin aksini kanıtlamayı amaçlayan çalışmalara yönelmişlerdi. Böylece Oxford ve Paris okulları olarak adlandırılan felsefe okulları içinde Aristoteles'e karşı bir akım gelişmiş ve onu destekleyenlerle eleştirenler arasında sonu gelmez tartışmalar başlamıştı. Din ve felsefe konularında yoğunlaşan bu tartışmaların tümüyle soyut bir nitelik taşımasına karşılık Galileo, Aristoteles öğretisiyle savaşımını somut yani deneysel yöntemlerle sürdürmeye kararlıydı. Diğer yandan düşen cisimlerle ilgili deneylerinde boşlukta düşmekte olan bir cismin ivmesini elindeki aletlerle saptama olanağından yoksun olduğu için ya ivmenin daha az belirgin olduğu, bir cismi yokuş aşağı yuvarlamaya dayanan yönteme başvurmak ya da istediği ölçüde yavaşlata-

bildiği sarkaçlarla çalışmak zorundaydı. Yokuş aşağı yuvarlanan cisimlerdeki ivmeye ilişkin yasayı Galileo ile aynı zamanda Brugesli matematikçi Simon Stevinus da bulmuştu. Bu yasa farklı yönlerde etkinlik gösteren kuvvetlerin nasıl birleştirileceğinin bilinmesiyle bağlantılıdır. Yunanlılar bunu hiç yapmamışlardı. Archimedes tüm deneylerinde sadece kaldıraç yasalarındaki paralel kuvvetler üzerinde durmuştu. Buna karşılık Stevinus'un düşünsel deney alanında çok iyi bir örnek bulmuş olduğunu söyleyebiliriz. *Şekil 64*'de düzgün bir dikaçılı prizma üzerinden sallandırılmış sürtünmesiz durumda bir zincir halka gösterilmiştir. Böyle bir halka kendiliğinden hareket etmez, eğer edebilseydi sonsuz hareket olanak dışı olmazdı. Halkayı uçlarından kestiğimizi varsaysak da sonuç yine değişmeyecektir. O halde halkanın bir yanda asılı kalan bölümünün diğer yandakini dengelemesi ya da diğer bir anlatımla kuvvet ile uzunluğun birbiriyle ters orantılı olması söz konusudur. Bu durumda çok az eğimli bir yokuşta kuvvet ve buna bağlı olarak ivme de çok az olacak, dolayısıyla ivmenin ölçülmesi kolaylaşacaktır.

Galileo çeşitli açılarda eğimleri olan bir yüzey üzerindeki düşüşü izlemek amacıyla özel bir düzenek yapmıştı. Ben de derste kullanmak üzere buna benzer bir şey yapmaya çalıştımsa da çok başarılı olduğumu söyleyemem. Galileo'nunki tahtadandı, bense çelik kullanmayı denemiştim. Bu tahta yüzey üzerine parşömenle kapladığı V şeklinde bir oyuk yapan Galileo pirinçten yapılmış bir topu buradan aşağı yuvarlıyordu. Bu deneyin başlıca amacı zamanın nasıl ölçüleceğini bulmaktı. Galileo bunu zamanı "tartmak" yoluyla gerçekleştirdi. Eşit düzeyli ve içinden iplik inceliğinde su akıtan bir su saati aldı ve top yuvarlanmaya başladığı zaman su saatinin altına bir kap koydu, top eğimin sonuna gelip durduğu ya da daha önce işaretlediği bir noktaya eriştiği zaman da kabı suyun altından çekerek tarttı. O tarihte zamanı ölçmek için başvurabileceği başka bir yöntem yoktu. Bu deneyden sağladığı ilk sonuç topun karşılıklı zamanlarda aldığı mesafenin zamanın karesi olduğuydu, buradan yola çıkarak da cisimlerin hareketlerine ilişkin yasayı buldu. Bu ilk kez Galileo tarafından ortaya konmuş olan ve dinamik açısından çok büyük önem taşıyan bir yasaydı.

Galileo bundan önce sarkaç hareketi ile ilgili olarak rastlantıdan kaynaklanan ve tam olarak ne anlama geldiğini ancak çok sonraları anlayabileceği bir gözlem yapmıştı. Pisa Katedrali'nde bulunduğu bir sırada uzun zincirlerle kubbeden sarkıtılmış olan yağ kandillerinin katedralin içindeki hava akımının etkisiyle sallanmaları dikkatini çekmiş ve kandiller hareketsiz kalana dek süren bu salınımların (ister küçük, ister büyük olsun) aynı uzunluktaymış gibi görünen bir süre içinde gerçekleştikleri izlenimine kapılmıştı. Bunun gerçek olup olmadığını nasıl anlayacaktı? O zamanlar kronometreli saatler henüz bulunmadığı için çözümü lambaların sallanış süresini kendi nabzını sayarak ölçmekte buldu. Bu yöntemle erişilebilecek doğruluk sınırları içinde vardığı sonuç kandilin salınım süresinin sarkacın



Şekil 65. Galileo'nun nabızölçerleri.

genliğinden tümüyle bağımsız olduğu yolundaydı. Daha sonra evine döndüğünde aynı şeyi farklı uzunluktaki sarkaçlarla da denedi ve sarkacın salınım süresi ile uzunluğu arasındaki bağlantıyı, yani kare kökü yasasını buldu.

Pratik düşünebilme yeteneği çok yüksek olan Galileo bundan sonra işlemi tersine gerçekleştirmeyi denedi: Önce sarkacın salınım süresini bulmak için nabzını kullanmıştı, bu kez de nabzını sayarken sarkaçtan yararlandı ve böylece tıpta kullanabileceğini düşündüğü bir aleti, ilk nabızölçeri buldu. *Şekil 65*'de Galileo'nun nabızölçerinin iki farklı biçimini görüyorsunuz. Üsttekinde sarkacın uzunluğu, salınımlarının nabız atışları ile senkronize olmasını bağlayacak biçimde ayarlanır ve atışları saymaya gerek kalmadan T biçimindeki göstergeden süreye bakılır. Alttaki nabızölçerde de yine aynı işlem yapılmakla birlikte burada üzerinde sayılar bulunan göstergenin çevresine sarılı olan bir ipin uzunluğu göstergeden saptanır. Bu ayarlanabilen bir alettir.

Galileo sarkaca bağlanmış bir ipin ucundaki bir cismin düşüşünün ip tarafından etkilenmemesi nedeniyle bir yere bağlı olmayan bir cismin boşlukta düşmesine örnek oluşturduğunu düşündüğü için böyle bir düzeneği kullanarak yükseklikle ilgili bazı deneyler yapmıştı. Bu deneylerden çıkardığı sonuca göre sarkaca bağlı cismin enerjisi düştüğü yükseklik tarafından belirleniyordu. Dinamik alanında yaptığı bu gibi deneyler ve bunlardan çıkardığı sonuçlar Galileo'nun 1638'de yayınlanan *İki Yeni Bilimle İlgili Söyleşiler ve Matematiksel Deneyler* başlıklı son kitabında yer almaktadır. Bu iki yeni bilim dinamik ve statik bilimleridir.

Galileo ve Engizisyon

Galileo'nun yaşamı ve çalışmalarına ilişkin bu anlatıda son olarak ünlü bilim adamının Katolik Kilisesi ile kavgasına değinmek istiyorum. Bunu başlatan ilk olay Galileo'nun 1632 yılında yayınladığı *İki Dünya Sistemine İlişkin Diyalog* başlıklı eseri olmuştu. O dönemde bilimin dilinin Latince olmasına karşın bu kitap İtalyanca

olarak ve oyun biçiminde yazılmıştı, üstelik diyalog da sayılmazdı zira iki yerine üç kişi arasında geçiyor ve bu üç karakter durmaksızın birbirleriyle tartışıyorlardı. Bunlardan biri olan Simplicio adındaki yaşlı adam Aristoteles öğretisini savunmakta ve bu nedenle diğer ikisi tarafından sürekli biçimde alaya alınmaktaydı. Sagredo adlı karakter Galileo'nun kendisi, üçüncü karakter ise Sagredo'nun söylediği her şeyi onaylayan bir dosttu. Bu üç kişi arasında geçen tartışmaları eski astronomi ve fizik kavramlarının yanısıra dönemin felsefesini de çürütmek amacıyla kullanan Galileo buna karşılık Copernicus sistemini savunuyor ve gözlemin yanısıra matematiksel kanıtlara dayanan teorilerin üstünlüğünü ileri sürüyordu.

Galileo'nun Katolik Kilisesi içinde başta tanışıklıkları çok eskiye dayanan Papa Sekizinci Urban olmak üzere çok güçlü dostları vardı, ama bunun yanısıra Aristoteles öğretisine karşı çıkışları ve astronomi konusundaki devrimci görüşleri nedeniyle çok sayıda düşman da edinmişti. Bir söylentiye göre bunlardan biri Papa'nın kulağına kitapta modası geçmiş görüşlerinden dolayı alaya alınan yaşlı Simplicio'nun kendisini temsil ettiğini fısıldamış ve bu da Kilise açısından bardağı taşıran son damla olmuştu. En azından o zamana dek kendisini desteklemiş olan Papa'nın kitabın yayınlanmasını izleyen dönemde Galileo'ya düşman kesildiğini ve engizisyon mahkemesince yargılanması emrini verdiği biliyoruz.

1615 yılında, yani Galileo'nun *İki Dünya Sistemi*'ni yayınlamasından on yedi yıl önce, o dönemde Papa olan Beşinci Paul dünyanın dönüşüne ilişkin Copernicus teorisinin incelenmesi için Katolik Kilisesi ileri gelenlerinden oluşan bir heyet atamış ve bu heyet bir yıl süren çalışmalardan sonra teorinin İncil'e aykırı olduğu ve dinsizliğe çağrı çıkardığı gerekçesiyle Copernicus'un eserlerini "düzeltilene dek" yasaklamıştı. Copernicus yasalarının baş savunucusu olan Galileo'ya da bu öğretiye bağlı kalması ve sözlü ya da yazılı olarak savunmayı sürdürmesi durumunda engizisyon mahkemesine çıkarılacağı yolunda bir uyarı yapılmıştı. Bundan sonra astronomi konusunda uzun süre sessiz kalan Galileo bunun yerine teleskopun denizcilik alanında kullanılması ile mekanik ve statik gibi "zararsız" konulara yönelmişti. 1924'de eski dostu Maffeo Barberini'nin

Sekizinci Urban adı altında Papalığa seçilmesinden yüreklenerek Roma'ya giden ve yeni Papa'yı 1616 yılında çıkarılan ve Copernicus'un eserlerini yasaklayan yasanın yürürlükten kaldırılmasına razı etmeye çalışan Galileo bunu başaramamışsa da tarafsız bir dil kullanması koşuluyla eski ve yeni astronomileri karşılaştıran bir kitap yazmak için izin almıştı. Sonuçta ortaya çıkan *İki Dünya Sistemi*'nde Galileo hernekadar görünüşte Simplicio ve Sagredo adlı karakterlerin ağzından her iki görüşü de dile getirerek tarafsız olduğu izlenimini vermeye çalışıyorsa da gerçekte Copernicus sisteminin savunmasını üstlenmişti. İşte Galileo'nun sonunda engizisyon yargıçlarının önüne çıkmasını hazırlayan gerekçe de buydu.

Yargıçlarla Galileo arasında mahkeme salonunda süren tartışmanın gerçek konusu Dünya'nın Güneş'in çevresinde dönüp dönmediğinden çok bu görüşün benimsenmesinin Kilise açısından ortaya çıkaracağı sakıncalardı. Şöyle ki: Eğer yeni sistem geçerliyse, eski sisteme göre Tanrının ve onun seçilmiş kullarının bulunduğu gökyüzünün yedinci katmanı ne olacaktı? Yeni sistemde buna yer verilmiyor ve bu durum Kilise için önemli bir sorun yaratıyordu. Bunun yanısıra yeni sistem dünyamızdan başka dünyaların da varolduğunu ileri sürüyordu (Buralarda da insanlar yaşıyorsa o zaman ne olacaktı?). Bu insanlar Hıristiyan mıydı? Değillerse neden değillerdi? Varsayımsal dünyalarda yaşayan varsayımsal insanların dinlerinin bazı kişileri bu denli ilgilendirmiş olmasının nedenini bilmiyorum ama gerçekten de engizisyon mahkemesinin ileri sürdüğü sakıncalardan biri buydu.

Galileo'nun engizisyon mahkemesince yargılanmasından bir süre önce Rönesansın ünlü adlarından bir olan İtalyan filozof, yazar ve ozan Giordano Bruno da (1548-1600) buna benzer bir durumla karşılaşmıştı. Galileo gibi Bruno da Aristoteles öğretisinin ve Kilise baskısının bilimin gelişimini engellediğini düşünüyor, Dünya'nın gezegen sisteminin merkezi olduğu ve evrenin sınırları bulunduğu yolundaki (Aristoteles felsefesinden kaynaklanan) Katolik inancını yadsıyordu. Copernicus gibi Güneşmerkezli bir sistemin varlığına inanan Bruno bunun yanısıra sonsuz bir evrenin Hıristiyanlarca Tanrıya atfedilen sonsuz yaratıcı gücün kanıtı olduğunu ileri

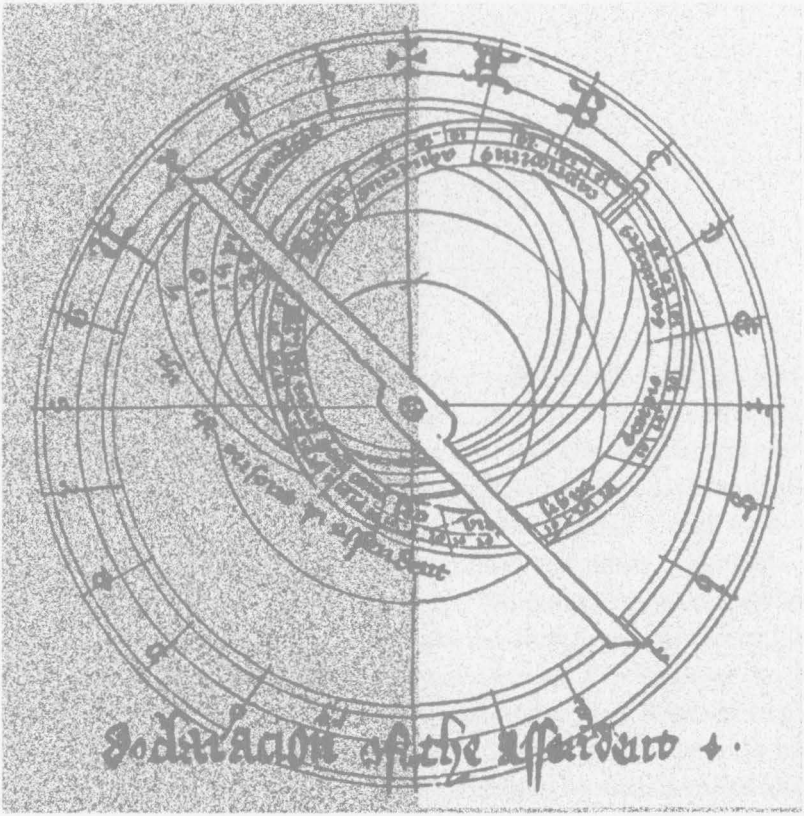
sürüyordu. Onbeş yıl boyunca tüm Batı Avrupa ülkelerini dolaşarak görüşlerini savunan konferanslar veren ve Copernicus sistemi ile evrenin sonsuzluğunu konu alan çok sayıda eser yazan Bruno sonunda engizisyonun dikkatini çekecek ve yedi yıl süren yargılanmasının ardından Tanrıya karşıgelmek ve dinsizliği savunmakla suçlanarak yakılacaktı. Bu kararı kendisine bildiren yargıçlara Bruno şöyle diyordu: "Ölmemi buyuran sizler şu anda belki de benden daha çok titriyorsunuz"

Galileo Bruno ile aynı sonu paylaşmadı. Copernicus'un yasaklanmış olan görüşlerini savunmaması yolunda Papa'dan resmi bir emir değil, sadece bir uyarı almış olduğunu tanıklarla kanıtladı ve ayrıca o zamandan beri Dünya'nın Güneş'in çevresinde döndüğü yolundaki görüşe sözlü ve yazılı olarak değinmekten kaçınmış bulunduğunu ileri sürdü. Sonunda kitabında tartışmanın bir yanına ağırlık verirken diğer yanını yeterince savunmayarak tarafsızlık konusunda Papa'ya verdiği sözü tutmamış olduğunu itiraf ettiği için ölüm cezası yerine ömür boyu hapse mahkum edildi. Mahkeme ayrıca tartışmalı kitabın yakılmasına ve Galileo'nun diğer tüm eserlerinin de yasaklanmasına karar verdi. Galileo'nun ilerde yeni bir kitap yazması durumunda bunun İtalya'da basımının yasak olduğu tüm yayıncılara duyuruldu. Güçlü dostlarının yardımıyla hapis cezası ömürboyu gözaltına çevrilen Galileo Floransa yakınlarındaki Arcetri'de bulunan villasında inzivaya çekildi. Burada daha önce değindiğim son kitabı olan *İki Yeni Bilimle İlgili Söyleşiler ve Matematiksel Deneyler*'i kaleme alan Galileo'nun astronomi konusundan uzak durduğu ve dinamik ile statik bilimlerini ele aldığı bu kitabının taslağı onun ölümünden sonra dostları tarafından gizlice İtalya dışına çıkartılarak 1668 yılında Leiden'de yayınlanacaktı. 8 Ocak 1638'de Arcetri'de ölen Galileo Galilei bundan kısa bir süre önce Papa tarafından affedilmesini sağlamak için uğraşan bir dostuna sadece suçluların affedilebileceğini, buna karşılık kendisi gibi haksız biçimde suçlanan kişilerin asla böyle bir şey beklememesi gerektiğini, zira onları suçlayanların kendi vicdanlarını susturabilmek için onların sözde suçlarını daha da ağır göstermeye çalışmak zorunda olduklarını söylemişti. Katolik Kilisesi Galileo'yu mahkum

etmek ve eserlerinin basımını yasaklamak yoluyla Güneşmerkezli sistem konusunun bir daha açılmamak üzere kapanmasını sağlamayı umuyordu. Bu beklentinin tam tersine bunu izleyen dönem bu görüşün yaygınlaşmasının başlangıcını oluşturmuştur.

Bu bölümü bitirmeden önce size daha önce değinmiş olduğum büyük İngiliz ozanı John Donne'un *Kardinal Ignatius* adlı satirik eserinden aldığım bir öyküyü anlatmak istiyorum. Bu öyküye göre öbür dünyanın ileri gelenleri bir toplantı yaparak cehenneme bir yönetici seçmeyi kararlaştırırlar. Adaylarda aranan tek koşul ölmeden önce dünyanın başına çok büyük dertler açmış olmalarıdır. Herkes tek tek söz alıp hayattayken yapmış olduğu kötülükleri anlatır. Bu arada Copernicus da aday olduğunu açıklayınca Ignatius buna karşı çıkar ve bir astronomun cehennemde işi olmadığını söyler. Copernicus şöyle der: "Şimdiye dek konuşanlar dünyada yapmış oldukları kötülükleri anlattılar. Oysa ben tüm evrenin altını üstüne getirdim, bundan daha kötü ne olabilir?" Ignatius'un yanıtı şöyledir: "Sen sadece bir varsayım açıkladın. Bunda bir kötülük yok, zira varsayımların insanlara bir zararı dokunmaz. Ama eğer varsayımın Papa tarafından lanetlendiyse artık varsayım olmaktan çıkmış ve doğruluğu kanıtlanmış demektir. İşte o zaman sen de cehenneme gidebilirsin, seni lanetleyen Papa da"

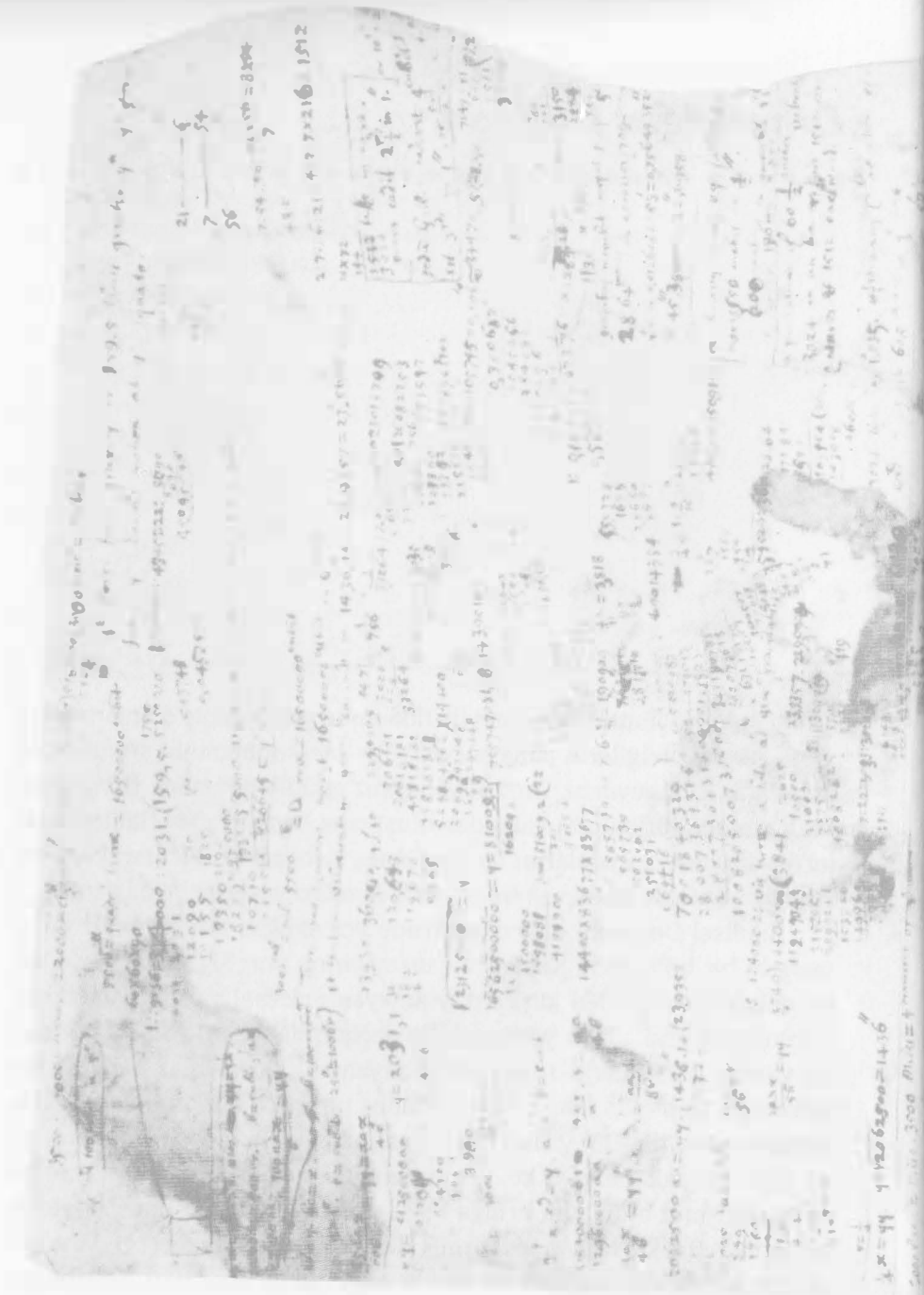
John Donne bu satırları 1611'de yazmıştı. Buna karşılık Copernicus 1616'da, Galileo ise 1632'de Kilisenin hışmına uğrayacaklardı. Bu da ozanın ne denli ileri görüşlü olduğunu kanıtlamıyor mu?



Dinamiğin Doğuşu

Böylece Bilimsel Devrimin ilk dönemde yok edilmiş olanların yerini yeni bilgilerin almaya başladığı orta döneminin sonuna gelmiş bulunuyoruz. Anımsayacağınız gibi ilk dönemde Dünyamerkezli sistem görüşünde çatlaklar oluşmaya başlamış ve Galileo Galilei'nin Jüpiter ve uydularını bir tür Güneş sistemi modeli olarak ortaya koymasıyla Güneşmerkezli fiziğin ilk tohumları yeşermeye başlamıştı.

Bilimsel Devrimin orta döneminde yer aldığını gördüğümüz gelişmelerin bir bölümünü Kepler'in çalışmalarına borçluyuz. Kepler o güne dek gerçekliğinden kuşku duyulmayan dairesel ya da dışmerkezli yörüngeleri yeni eliptik yörüngelerle değiştirmiş ve bu yoldaki görüşünü yaptığı gözlemlerin sonuçlarına dayanarak tartışılmaz biçimde kanıtlamıştı. Kepler'in İkinci Yasası-kendisi o zaman bunun önemini kavramamış olsa da -Dünya'nın yörüngesi üzerindeki momentumunun ya da diğer bir anlatımla bir kuvvet tarafından etkilenmeyen bir cismin hızının değişmez olduğunu ortaya koyuyordu. Kepler'den önce Aristoteles'in impetus kavramını eleştirmiş olan kişiler de bu gerçeği daha genel bir biçimde görmüşler ve bu da impetus ile sonraları Newton'un eylemsizlik olarak adlandıracağı kavram arasındaki geçişte bir aşama



Şekil 66. Isaac Newton'un notlarından bir sayfa.

oluşturmuştu. Bunu izleyen diğer aşamalarda ise Galileo'nun düşen cisimler, fırlatılan taş, ok, gülle ve benzeri cisimlerin izlediği yol ve sarkaç hareketi gibi konularda ortaya koyduğu görüşlerden yola çıkılarak eylemsizlik kavramına giden yolda önemli adımlar atılacak ve bu süreç Newton'un eylemsizliği kesin biçimde tanımlamasıyla sona erecekti.

Isaac Newton

Newton Galileo'nun öldüğü yıl olan 1642'de doğmuştu; yani aralarında ortalama bir yaşam süresi bulunuyordu. Buna karşılık bu iki bilim adamını doğrudan birbirine bağlayan özellikler çok fazladır. Herşeyden önce Newton'un kendi çalışmalarına Galileo'nun bıraktığı noktadan başladığını, yani bu ikisinin arasında bir geçiş aşaması oluşturan üçüncü bir kişinin bulunmadığını biliyoruz. Newton dünyaya yaklaşık olarak iki ya da üç yüzyılda bir geldiğini söyleyebileceğimiz ender görülen türde bir bilim adamıdır, üstelik bu özelliği yaşamının çok erken bir aşamasında kendini belli etmiştir. Son zamanlarda fizik çevrelerinde Newton'un başarısının gereğinden fazla abartılmış olduğunu düşünme yolunda bir eğilim ortaya çıkmıştır (Daha az bir ölçüde de olsa zaman zaman benim de bu görüşe katıldığımı itiraf etmeliyim). Çağdaş fizikçilerin büyük bir bölümü bugün Newton'un buluşlarının gerçekte sanıldığı denli büyük bir önem taşımadığını, fizik alanında Newton'a gelene dek erişilmiş olan düzey gözönüne alındığında Newton olmasa da çağdaşlarından herhangi birinin bu buluşları gerçekleştirmiş olacağını ileri sürmektedirler. Buna karşılık Newton'u çağdaşlarından ayıran bir özellik onun yanıtlara çok kısa bir süre içinde erişmiş olmasıdır (Hernekadar bunu açıklaması için aradan yirmi yıl geçmesi gerektiyse de yanıtların hemen hemen tümünü daha yirmibir yaşındayken biliyordu).

Copernicus, Kepler ve özellikle Galileo'nun bilimin henüz varlığını sürdürebilme yolunda savaş vermek zorunda olduğu bir çağda yaşamış olmalarına karşılık Newton bu savaşın artık kazanılmış bulunduğu bir dünyaya gelmişti ve bu yüzden de kendisinden öncekilere kıyasla daha şanslıydı. Diğer yandan bazı yönlerden olumsuz olarak tanımlanabilecek bir kişiliğe sahip olduğu da söylenebilir. Örneğin kuruluşun-

dan bu yana Kraliyet Bilim Derneği'nden istifa eden çok az sayıdaki bilim adamından biri olan Newton'un bunu yapmasının nedeni diğer üyelerin kimi zaman onun görüşlerine katılmaması ve hatta bunların aksini ileri sürmeye kalkışmalarıydı (Buna karşılık yaşamının daha sonraki bir evresinde "yuvaya dönmeye" razı edilmiş ve son yirmibeş yılını Derneğin başkanı olarak geçirmiş olduğunu da eklemeliyim).

Newton çalışmalarını kimsenin yardımına başvurmaksızın tek başına yürütmeyi seçen bilim adamlarından biriydi. Buluşlarının en önemlilerini Londra'da veba salgınının başgöstermesi üzerine 1665 yılında buradan kaçarak sığındığı doğum yeri olan Lincolnshire'daki Woolsthorpe kasabasında kaldığı süre içinde gerçekleştirmişti. Küçük bir çiftçi olan babası kendi doğumundan kısa bir süre önce ölmüş bulunduğu için Woolsthorpe'da ve daha sonra girdiği Cambridge Üniversitesi'ndeki öğrenimi sırasında tüm harcamaları amcası tarafından karşılanmıştı. Cambridge'deki öğrenciliği boyunca önemli sayılabilecek bir başarı elde etmediyse de tanınmış bir matematikçi olan Profesör Barrow ile yakın bir dostluk kurmuş ve bunun etkisiyle matematiğe yönelmişti. Newton'un gençlik yıllarına rastlayan onyedinci yüzyıl başları matematik biliminin son biçimini almaya başladığı dönemdi. Bugün de kullanmakta olduğumuz matematiksel simgeler, diferansiyel kalkülüsün ilk aşamaları, matematiksel dizilere ilişkin hesaplar, Descartes tarafından bulunmuş olan koordinatlar geometrisi ve diğer temel geometrik kavramlar bu dönemde ortaya çıkmıştı. Uygulama yönünden bunlardan daha da önemlisi sıradan çarpım işleminin yanısıra trigonometriye de büyük ölçüde hizmet eden logaritmaların bulunmuş olmasıydı. Bu gelişmeyi çağımızda bilgisayarın ortaya çıkmasına benzetebiliriz, zira bu sayede astronomi hesaplarının çok daha kolay biçimde ve kısa sürede yapılabilmesi olanağı doğmuştu.

Şekil 66'da Newton'un yayınlanmış çalışmalarının yanısıra yapmış olduğu matematiksel araştırmaları içeren binlerce sayfalık not arasından önemi dolayısıyla seçtiğim bir örneği görebilirsiniz. 1961 yılında günışığına çıkan bu belge de diğerleri gibi uzun matematiksel işlemlerle dolu olup günümüzde bunların incelenmesi ve çözümlenmesi ile Newton'un buluşlarına hangi yollardan geçerek vardığının anlaşılması mümkün olmaktadır.

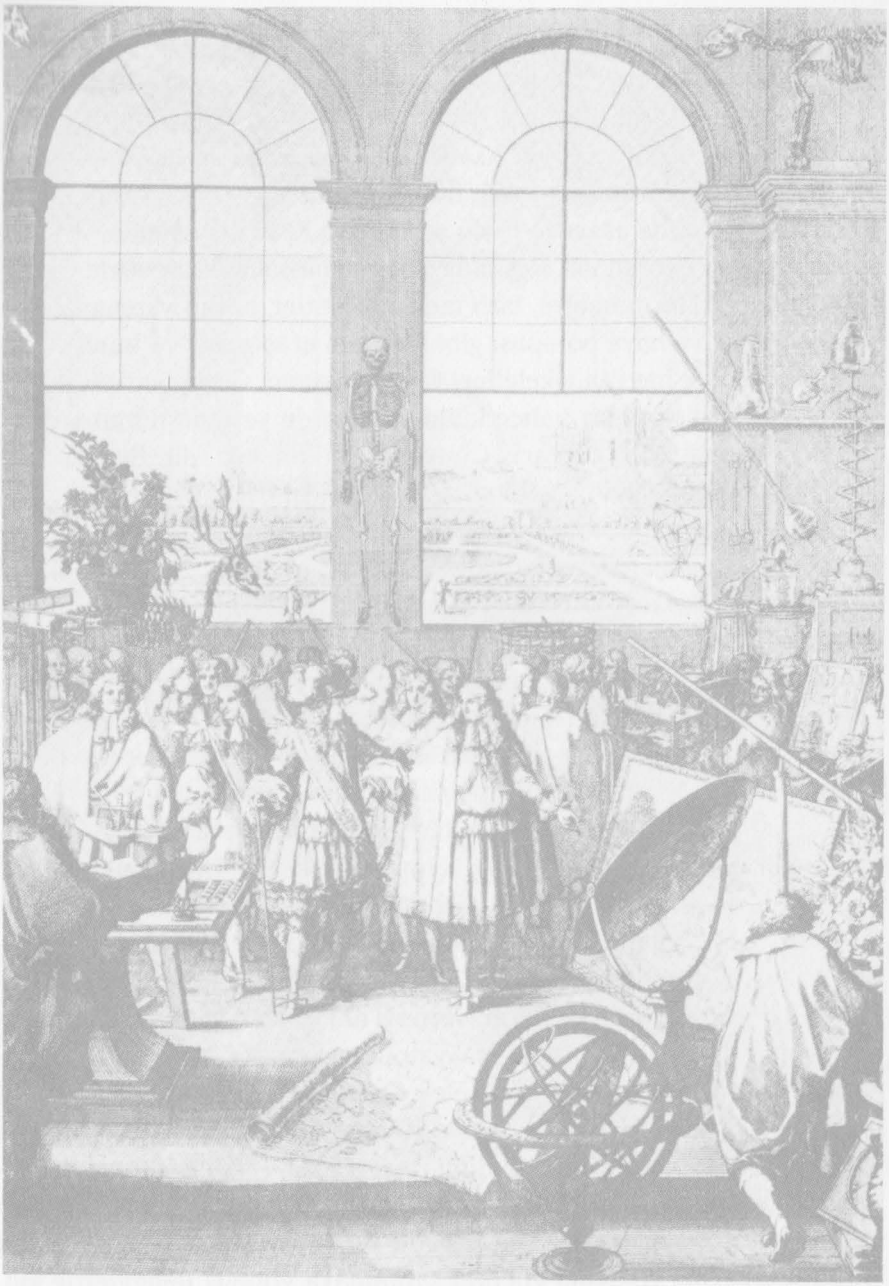
Bilimsel Kuruluşlar

Newton'un yaşadığı dönemde bilimin gelişimini olumlu yönde etkilemiş olan bir olgu çeşitli bilimsel kuruluşların ortaya çıkmasıdır. Bunların ilk örneği 1600-1630 yılları arasında Roma'da Lincei Akademisi *(Accademia Dei Lincei)* adı altında bilimsel çalışmalar yürütmüş ve bugün yazarlarının hiç birini tanımadığımız çok sayıda makale yayınlamış olan kuruluştur. Bu kuruluşun günümüzdeki bir benzeri de Fransa'da 1939 yılından başlayarak uzun bir süre Nicolas Bourbaki adı altında etkinlik gösteren ve üyelerinin gerçek kimlikleri bugün de tam olarak bilinmeyen bir matematik derneğidir.

1645 yılında Oxford Üniversitesi Gresham Koleji'nde Doğal Bilimleri Araştırma Derneği adıyla örgütlenen ve düzenli biçimde haftalık toplantılar yapmaya başlayan bir grup bilim adamı bu yolla günümüze dek varlığını sürdürmüş en eski bilimsel topluluk olan Kraliyet Bilim Derneği'nin (Royal Society) temellerini atmıştı. Bu topluluğun kurucu üyeleri arasında Robert Boyle ve o tarihlerde asistanı olan Robert Hooke gibi tanınmış bilim adamları vardı. Böyle bir topluluk oluşturulması fikrini ilk kez ortaya atan kişi ise kendisi bilim adamı olmamasına karşın bilim konusunda bugüne dek dile getirilmiş en sağduyulu görüşlerin sahibi olan yazar Francis Bacon'du. Bacon'un deneysel bilimin yeri ve değeri, bilimsel araştırmaların sınıflandırılması ve düzenlenmesi gibi konulara ilişkin görüşleri o dönemde bilim adamları için önemli bir esin kaynağı olmuştur.

1662 yılında Lord Brouncker'in başkanlığı altında ilk kez resmi biçimde kurulan Kraliyet Bilim Derneği'nin adındaki "kraliyet" sözcüğü aslında gerçeği yansıtmaktan uzak bulunuyordu. 1660'da İngiltere'de Stuart hanedanının yönetimi tekrar ele geçirmesi ile tahta geçen Kral Charles II kurulmasını desteklediği bu derneğe parasal olarak arka çıkmaya yanaşmadığı gibi yaşamı boyunca da tek bir toplantısını varlığıyla onurlandırmayacaktı. Dolayısıyla Kraliyet Bilim Derneği tümüyle özel bir kuruluş niteliğini taşımaktaydı.

Kral Charles II, o dönemde Fransa Kralı olan Louis XIV tarafından destekleniyor ve Fransa'dan ikidebir parlamentoyu toplayıp vergileri arttırmasına gerek kalmayacak ölçüde parasal yardım alıyordu. *Şekil*



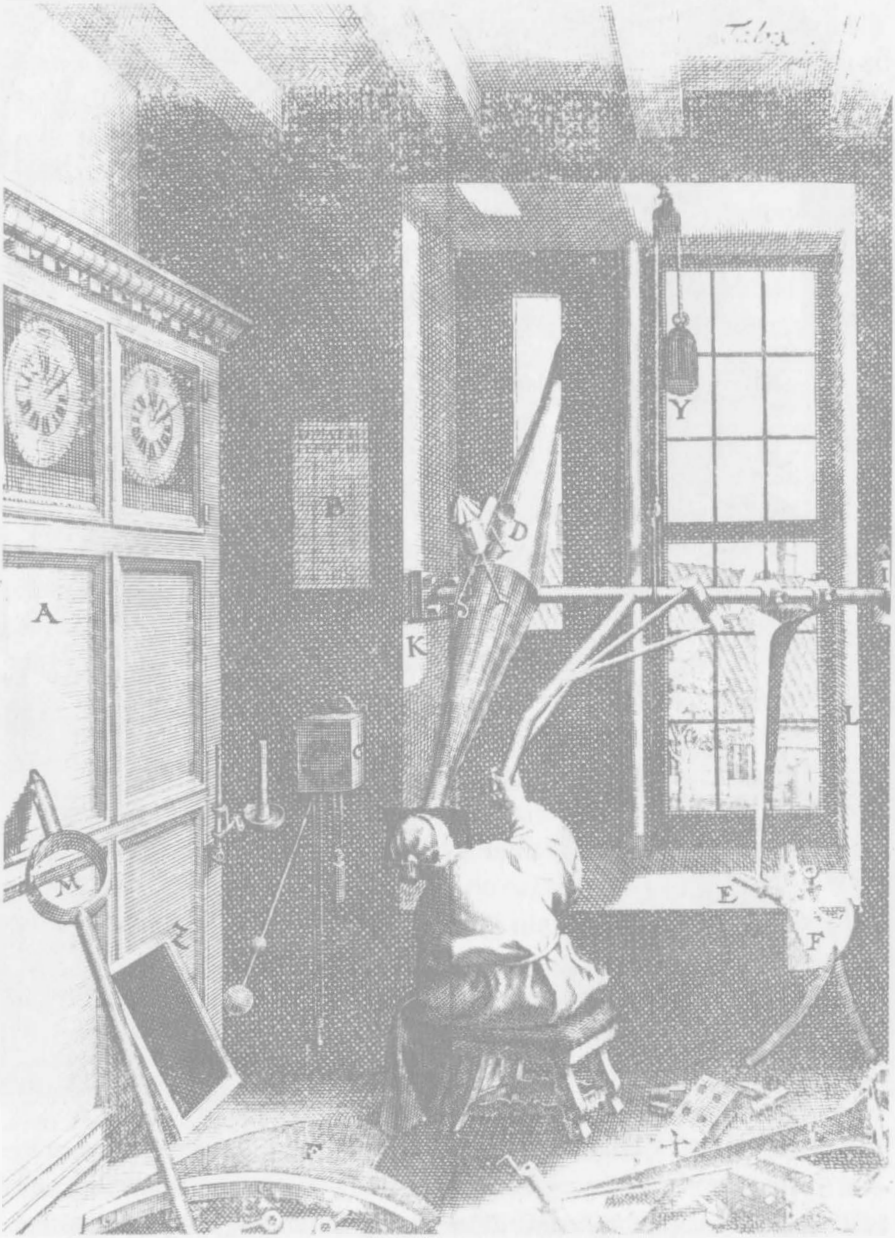
Şekil 67. Kraliyet Bilim ve Sanat Akademisi'ni ziyaret eden Louis XIV.

67'de Louis XIV'nin Kraliyet Bilim Derneği'nin Fransa'daki karşılığı olan Kraliyet Sanat ve Bilim Akademisi (Academie Royale des Arts et Sciences) adlı kuruluşa yaptığı bir ziyareti gösteren bir resim bulunmaktadır. En önde asası ve tüylü şapkasıyla Kralı ve yanında Akademi başkanını görüyorsunuz. Resimde o zamanlar bilimsel deneylerde kullanılan imbik, termometre, bazı mekanik aletler, hesap yapmaya yarayan cihazlar ve hava pompası gibi birtakım araç-gereç ve bunların yanısıra insan ve hayvan iskeletleri yer almaktadır. Geri plandaki pencerelerden görülen geniş bahçe içinde bugün de yerinde duran ve aynı amaçla kullanılan ünlü Paris Gözlemevi bulunmaktadır. Bu Akademi ile İngiltere'deki Kraliyet Bilim Derneği arasındaki tek fark Akademi üyelerinin devletten maaş almalarına karşılık İngiliz meslektaşlarının üye olabilmek için Derneğe aidat ödemek zorunda oluşlarıydı. Bunu pek düzenli olarak yaptıkları söylenemez; çoğu üye ayda dört şilin tutan üyelik aidatını yıllar boyunca ödemiyor ve bu nedenle Dernek parasal sorunlar içinde yüzdüğü gibi zaman zaman da iflasın eşiğine geliyordu. Her hafta iki yeni ve önemli deney yapması beklenen zavallı Hooke bu çabası karşılığında para alamadığı gibi gerekli harcamalarını karşılayabilmek için Belediye'de çalışıyor ve Londra'nın yarısını kasıp kavuran büyük yangından sonra kenti karış karış gezerek zararı saptamak gibi işler yapmak zorunda kalıyordu. Bakmakla yükümlü olduğu bir ailesi olmamasına karşın öldüğü zaman evinde bulunan bir sandık dolusu altını Derneğe bağışlamamış olması diğer üyeleri çok kızdırmışsa da bu koşullarda kanımca hiç de şaşırtıcı değildi.

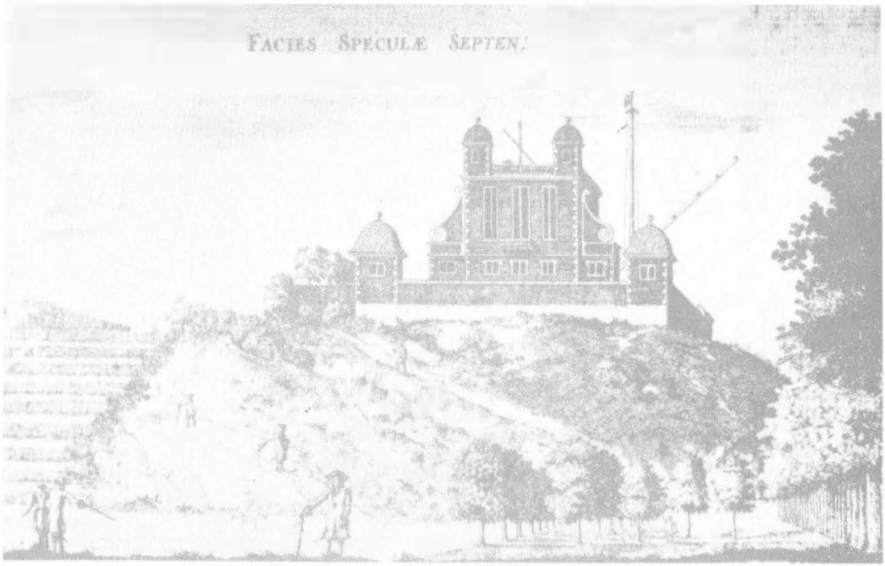
Şekil 68'de Kraliyet Bilim Derneği'nin başlangıçtaki etkinliklerinin hemen hemen tümünü kapsayan bir resim görüyorsunuz. Kanatları ve borazanıyla tipik bir melek tarafından taçlandırılmak üzere olan büst Kral Charles II'ye aittir. Büstün sağında Derneğin kuruluşunda görüşlerinden esinlenilmiş olan Yazar Francis Bacon ve solunda Derneğin ilk başkanı Lord Brouncker görülmektedir. Geri planda o dönemde kullanılan türde bir teleskop ile Brouncker'in mermilerin hızı ve delici gücünü saptamaya yönelik deneylerde kullandığı bir tüfek yer almaktadır. Resim Derneğin kurucu üyeleri arasında bulunan Thomas Sprat'ın 1667'de yayınlanan *Kraliyet Bilim Derneğinin Tarihçesi* adlı eserinden alınmıştır.



Şekil 68. Thomas Sprat'ın *Kraliyet Bilim Derneğinin Tarihi* (1667) adlı eserinin girişiminde yer alan bu resim Lord Brouncker, Kral Charles II ve Francis Bacon'ı göstermektedir.



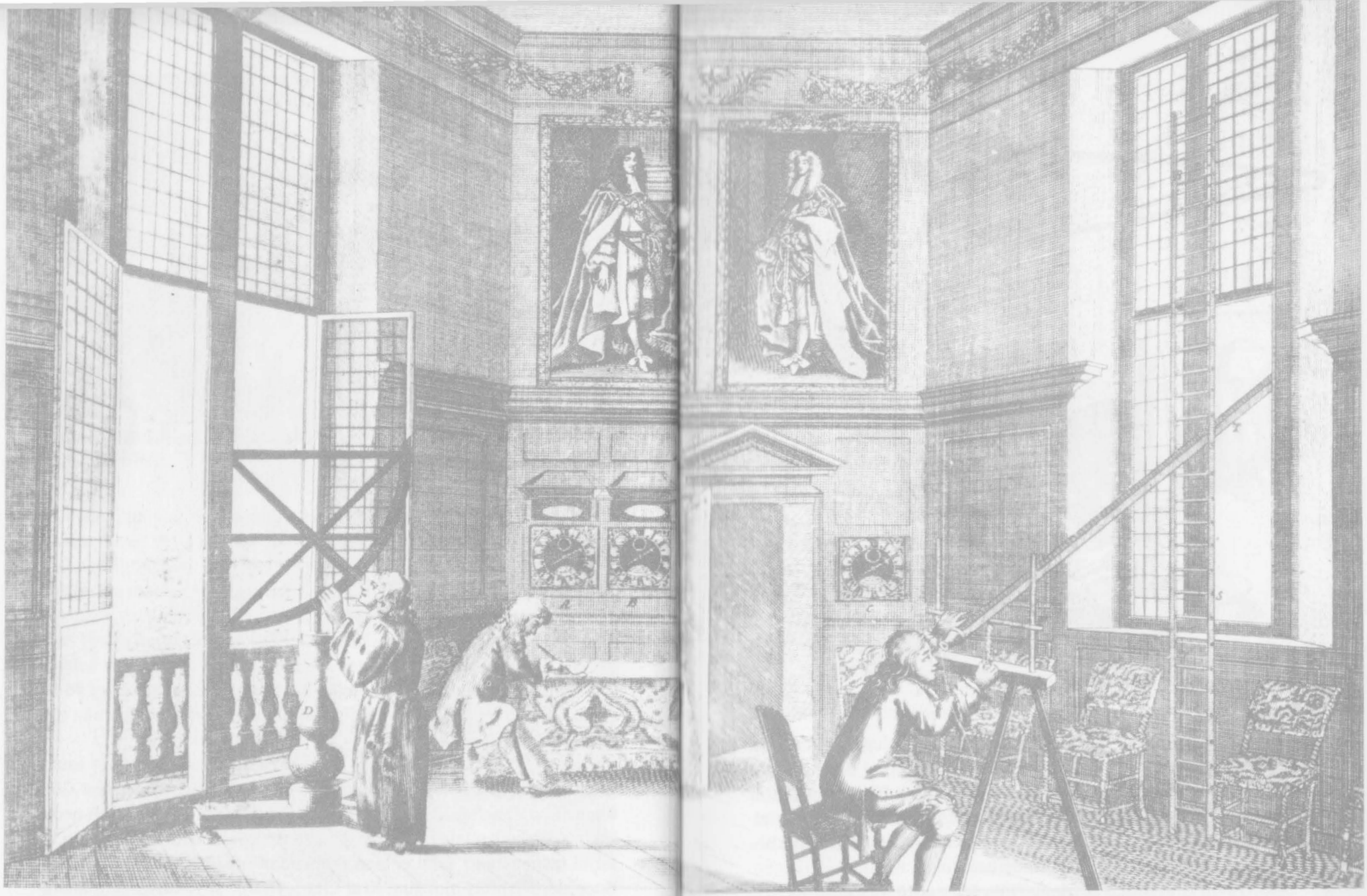
Şekil 69. Romer teleskopu. Peder Horrobow'un *Basis Astronomieae Harniae*'sinden (1735).



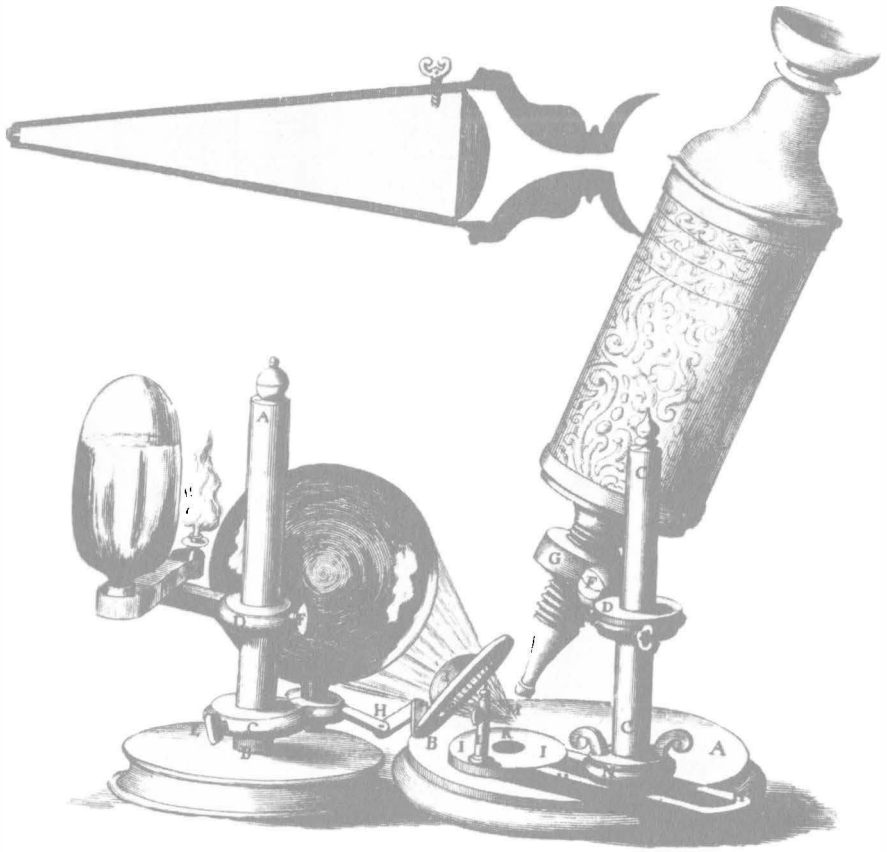
Şekil 70. Greenwich Kraliyet Gözlemevi

Şekil 69'da onsekizinci yüzyılda gök gözlemlerinde kullanılan oldukça gelişmiş türde bir teleskop görülmektedir. Bu tür teleskopların yapımından önce Tycho Brahe ve Kepler gibi astronomlar gözlemlerini ya çıplak gözle ya da gök cisimlerini bir ölçüde yaklaştıran ama ölçüm yapmaya yaramayan dürbünlerle gerçekleştiriyorlardı.Resimdeki çift kanatlı büyük pencerenin yarısı teleskopun ucunun dışarı çıkarılması için ortasında dikdörtgen biçiminde bir delik kalacak şekilde kapatılmıştır. Resimde ayrıca ölçüm amacıyla kullanılan saatler ve teleskopa ait çeşitli parçalar da gösterilmiştir. Burada gördüğünüz türdeki teleskoplarla çok doğru ölçümler yapılabilmekteydi.

Şekil 70'de kralın emri ile 1675 yılında kurulan ve Kraliyet astronomu John Flamsteed'in yönetimine verilen Greenwich Kraliyet Gözlemevini o dönemdeki haliyle görebilirsiniz. Bugün hava kirliliği nedeniyle artık kullanılmayan bu gözlemevi tipik Felemenk mimarisinin izlerini taşımaktadır. Elini cebine sokmaktan pek hoşlanmadığına daha önce de değinmiş olduğum Kral Charles II bir söylentiye göre kendisinden önceki İngiltere krallarından birinin metresi için yaptırmış olduğu bir saraydan artan yapı malzemesinin bu gözlemevi için kullanıl-



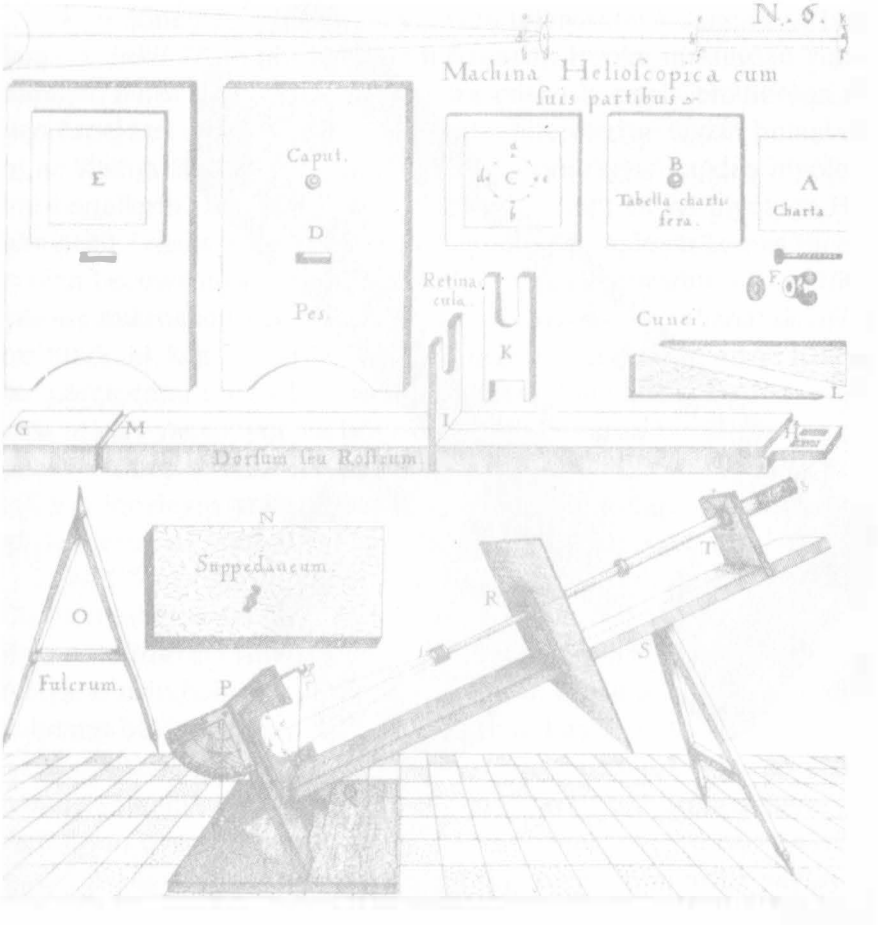
Şekil 71. Greenwich Gözlemevinde teleskop ve kuadrant ile gözlem yapan astronomlar.



Şekil 72. Hooke'un bileşik mikroskopu.

masını buyurmuştu. *Şekil 69*'da dikkatinizi çekmiş olduğum çift kanatlı yüksek pencereler burada da görülmektedir. Kraliyet Baş Astronomu Flamsteed gözlemevi için gereken aletleri kendi kesesinden satın almak zorunda kalmasına ve geçimini ancak Donanma Koleji öğrencilerine ders vererek sağlayabilmesine karşın burada çalıştığı yıllar boyunca gözlemlerini aralıksız sürdürmüştü.

Şekil 71'de Greenwich Gözlemevinin içini görüyorsunuz. Resimde Kralın ve York Dükünün portreleri, ölçüm aleti ve teleskopu kullanarak gözlem yapan iki kişi ile not almakta olan üçüncü bir şahıs ve



Şekil 73. Scheiner'in helyoskopu, 1630.

kapının iki yanında yer alan saatler görülmektedir. Teleskopun yükseklik ayarının oldukça ilkel bir biçimde yapıldığını, yükseltilmesi ya da alçaltılması istendiği zaman her seferinde pencereye dayalı merdivenin basamakları arasından geri çekilip daha yüksekteki ya da daha alçaktaki iki basamak arasına tekrar yerleştirilmesi gerektiğini görebilirsiniz. Teleskopun alt ucundaki elle çalıştırılan ayar mekanizması daha ince ayarlar için kullanılmaktaydı.



Şekil 74. Newton'un yansıtıcı teleskopu.

Aynı dönemde teleskopun yanısıra mikroskop kullanımı da başlamıştı. *Şekil 72*'de gördüğünüz mikroskop Hooke tarafından kullanılmıştı. Sinek ve böceklerin yanısıra mikroskopuyla bitkilerden aldığı örnekleri de inceleyen Hooke bitki hücrelerine ilişkin buluşlarını açıkladığı 1665'te yayınlanan *Micrographia*'sıyla çağdaş biyolojinin temellerini atmıştır. Diğer yandan dönemin en iyi biyoloğu Hooke değil, Leeuwenhoek adlı bir Hollandalıydı. Aslında kumaş tüccarı olan Leeuwenhoek biyoloji ile amatörce ilgilenmesine karşın 1667 yılında mikroskop yerine kendi yaptığı mercekleri kullanarak bilim tarihinde ilk kez bakteriler ve spermleri görmeyi başarmıştı. Küçük bir parça camı eriten Leeuwenhoek bunu damlacıklar halinde sağa sola atarak yassıltıyor ve böylece yaklaşık olarak bir milimetre çapında mercekler elde ediyordu. Daha sonra bu küçücük mercekleri tek tek inceleyip aralarından en iyilerini seçen Leeuwenhoek tüm gözlemlerini bu yöntemle yaptığı merceklerle gerçekleştirmişti.

Şekil 73'de astronomi alanındaki çalışmalarıyla tanınan bir dizi Cizvit rahibinin ilki olan Scheiner'in helyoskopunu görüyorsunuz. Bir perde üzerine Güneş'in izdüşümünü yansıtmaya yarayan bir tür teleskop olan helyoskopla ilk kez Güneş'in üzerindeki lekeleri gören Scheiner böylece güneş lekeleri gözlemini başlatmıştı.

Teleskopun kullanımıyla birlikte ortaya çıkan bir sorun o dönemde yapılan teleskop merceklerinin yetersiz olması nedeniyle görüntülerin çevresinde renkli saçakların oluşması ve bunların görüntünün netliğini bozmasıydı. Aralarında geçimini bu yolla sağlayan ünlü filozof Spinoza'nın da bulunduğu mercek yapımcıları ne denli uğraşırlarsa uğraşsınlar bunun önüne geçemiyorlardı. Bir süre sonra bu durum Newton'un ilgisi çekecekti.

Kalkülüs

Newton'un sayısız buluşlarının ayrıntılarına girmek ayrı bir kitap yazmayı gerektireceğinden burada bu konuyu sadece anahatlarıyla ele alacağım. Newton'un salt matematik alanında gerçekleştirmiş olduğu ve başta ikiterimli teorem olmak üzere matematiğe yeni

kavramların eklenmesiyle sonuçlanan çalışmalar kalkülüsün doğmasına yol açmıştı. Kendine özgü matematiksel simgeler kullanan Newton örneğin yönsel hız gibi bir nicelikteki değişimi tanımlarken x'in ilk türevini $\dot{x}$ ve ikinci türevini $\ddot{x}$ olarak gösteriyordu. Çağdaşlarından biri olan Leibniz'in dy/dx simgesini bulmuş olmasına karşın İngiltere'deki Cambridge ve diğer büyük üniversitelerde Newton'a bağlılık duygusunun yol açtığı bir tür bağnazlık yüzünden dx ve dy'nin kullanımına ancak ondokuzuncu yüzyılın ortalarında izin verilmiştir. Kalkülüsün ortaya çıkmasıyla Newton bir matematik sihirbazı haline gelmişti zira çok uzun bir süre boyunca onun dışında hiç kimse diferansiyel denklemlerin içinden çıkamıyordu. Öyle ki Newton *Principia*'sını yazarken anlaşılamayacağı kaygısıyla diferansiyel hesap diline başvurmak yerine teoremlerin kanıtlanmasında Yunan geometrisini kullanmak zorunda kalmıştı.

Şekil 74'de Newton'un özgün teleskopunu görüyorsunuz. Sadece 15 santimetre uzunluğundaki bu yansıtıcı teleskop çok güçlü olmasına karşın kullanımda fazla yarar sağlamamıştı. Diğer yandan burada önemli olan Newton'un (en azından prensipte) görüntüyü bozan renkli saçakların nasıl ortadan kaldırılabileceğini bulmuş olmasıdır. Aynanın prizmatik ya da kromatik sapmaya yol açmaması yönünden net bir görüntü sağlayabileceğini düşünen Newton buna karşın istediği nitelikte bir ayna bulamıyordu. Resimde ön planda görülen iki aynayı kendisi yapmıştı ama bunların da zamanla lekelenmesini ve kararmasını önleyemiyordu. Bu yüzden teleskopu pek işe yaramayan Newton'un bu aletle herhangi bir gözlem yapmış olduğuna ilişkin bir kayıt yoktur. Buna karşın Newton'un teleskopu ilke olarak türünün çok iyi bir örneğiydi. California'daki Palomar Gözlemevinde bulunan 508 santimetrelik dev bir reflektörle donatılmış yansıtıcı teleskop ve bunun günümüzde kullanılan çok sayıdaki benzerleri doğrudan Newton'un teleskopundan yola çıkılarak yapılmış aletlerdir.

Bu sıralarda Newton Cambridge Üniversitesi'ne bağlı Trinity Koleji'nde ders vermekte olmasına karşın sözkonusu Koleje ilişkin olumsuz görüşlerini her fırsatta dile getirmekten kaçınmaması nedeniyle akademik kariyerinde istediği aşamaya gelemiyordu. 1672'de küçük teleskopunu yanına alarak Londra'ya gitti ve burada kendisini coş-

kuyla karşılayan Kraliyet Bilim Derneği üyelerinin yaptığı öneriyi kabul ederek aralarına katıldı. Kısa bir süre sonra da bu bölümün başında da belirtmiş olduğum gibi görüşlerine karşı çıkan Dernek üyeleri ile anlaşmazlığa düşerek istifa etti. Newton'un bu anlaşmazlığın konusunu oluşturan ışık hakkındaki görüşlerini ve bu alanda yaptığı çalışmaları daha ilerde anlatacağım. Bundan önce Newton'un en önemli buluşlarından biri olan gravitasyon teorisini ele alacağız. Bunu yapmadan bu teorinin geçmişine kısaca bakmakta yarar var.

Galileo'ya ilişkin bölümde bu bilim adamının Jüpiter'in uydularını bulmanın yanısıra diğer bazı konulara da yeni görüşler getirmiş olduğuna değinmiştim. Galileo Dünya'nın Güneş'in çevresindeki dönüşünden ayrı olarak kendi ekseni çevresinde de döndüğüne inanıyor ama bu görüşünün önüne dikilen fiziksel engellerin hangi yoldan ortadan kaldırabileceğini tam olarak bilmiyordu. Bu engellerin en başında gelen sorun şuydu: Eğer Dünya gerçekten kendi ekseni çevresinde dönüyorsa bu dönüşün aksi yönünde Dünya yüzündeki herşeyi yerinden uçuracak denli güçlü bir rüzgârın oluşması gerekirdi. Böyle bir şey olmadığına göre de böyle bir dönüş söz konusu olamazdı. Eğer havanın sonsuza dek uzandığına ve tüm evreni doldurduğuna inanıyorsanız- ki o dönemde buna inanmamak için bir neden yoktu- böyle düşünmemeniz olanaksızdı. Atmosferin sonlu olduğu gerçeği ancak Galileo'nun ölümünden sonra, vakum ve barometre gibi buluşların gerçekleşmesi ile anlaşılacaktı. Buna karşılık Galileo görüşlerinde ayak diremekteydi ve hernekadar bu görüşleri kanıtlamak için ileri sürdüğü deliller çok güçlü sayılmazsa da Newton'un devreye girdiği tarihe kadar Copernicus'un Güneşmerkezli sistem teorisi (henüz tam olarak anlaşılmamasına karşın) oldukça yaygın biçimde kabul görür olmuştu.

Eylemsizlik

Ortaçağda bilimle uğraşanları yakından ilgilendiren sorunlardan biri de eylemsizlikti. Gezegenlerin gökyüzünde hareket etmeleri için onları "iten" bir gücün varolması gerektiği düşünülüyor ve baş-

ka bir açıklama getirilemediği için de bu sorunun çözümü meleklerde aranıyordu. Bu yüzden göksel mekanizmayı betimleyen tüm Ortaçağdan kalma resimlerde her gezegenin ardında onu hareket ettiren ve yolundan sapmamasına sağlayan bir meleğin yer aldığını görürsünüz. Bundan önce bulunmuş olan çözüm daha mekanik bir nitelikteydi (Bir dizi saydam kürenin varlığına dayanan bir açıklama ister istemez bunların tümünün otomatik biçimde ve aynı anda hareket etmesini sağlayan bir mekanizmayı çalıştırmakla yükümlü tek bir varlığın bulunmasını gerektiriyordu). Copernicus'un yaptığı gibi saydam küreleri kırarsanız bunun yerine meleklere sığınmak zorunda kalacağınız açıktır. Bir cismin kendiliğinden hareket edebilmesi, özellikle de şu ya da bu biçimde "itilmeden" kendi başına daireler çizerek yol alabilmesi o çağın insanları için akılalmaz bir kavramdı.

İşin ilginç yanı şu ki 1900'lerin başında bizler de bir elektronun yörüngesi üzerinde nasıl yol aldığını-özellikle de bunu ışınım yapmadan nasıl gerçekleştirebildiğini-kavramakta aynı ölçüde zorlanmıştık. Yörüngesi üzerinde hareket etmekte olan bir elektron merkezcil bir ivme gösterir. Herkesin bildiği gibi yüklü bir parçacık ivmelendiği taktirde Maxwell yasaları gereğince ışınım yapacağından giderek yavaşlayarak sonunda çekirdeğe düşmesinin kaçınılmaz olması gerekir. Bu görüşe varmak tüm kuralların çiğnenmesini zorunlu kılıyordu ki önce Planck'ın ve daha sonra da Bohr'un yaptığı da buydu.

Buna karşılık Ortaçağda Galileo'nun gezegenlerin hareketlerini açıklamada karşılaştığı güçlük ve bu yolda karşısına dikilen engeller en az bizim düştüğümüz ikilemler denli ciddiydi ve bu sorun Newton'un ortaya çıkmasına kadar da çözümlenmeden kalacaktı. Özellikle Galileo'nun sarkaç deneylerini inceledikten sonra Newton'un kafasında biçimlenmeye başlayan bir kavram da merkezkaç kuvvetiydi. Bu buluşun 1673 yılında Huygens tarafından gerçekleştirildiği genellikle kabul edilse de bugün Newton'un daha 1665'de yani Huygens'den sekiz yıl önce bu sonuca varmış olduğu kesinlik kazanmıştır. Diğer yandan bu denli önemli bir görüşü kimseye açmayıp konuya sadece tuttuğu notlarda değinmekle yetinmesi anlaşılır gibi değildir. Merkezkaçla ilgili hesapların yer aldığı *Şekil 66*'da görmüş olduğunuz sayfadan ayrı olarak diğer bir defterde de bu konunun ele alındığı bir

bölüm bulunmaktadır. Söz konusu notlarda Dünya ile Güneş arasındaki kuvvetin yerçekimine orantısına ilişkin çok uzun hesapların yer aldığı görülebilir. Newton'un merkezcil kuvvetle ilgili varsayıma dairesel bir sarkaçtan yola çıkarak eriştiği ve kullandığı sayısal değerleri doğrudan Galileo'nun *İki Yeni Bilim*'inden aldığı anlaşılıyor zira her iki bilim adamının da sayısal değerleri aynı yanılgıları içermektedir. Galileo Dünya'nın Ay'a ve Güneş'e olan uzaklıklarıyla ilgili olarak kullandığı mutlak değerlerde o dönem için kaçınılmaz olan bazı yanılgılara düşmüştü ve bu nedenle de teoride haklı olmasına karşın vardığı tüm sonuçlar yanlıştı. Newton'un bu aşamada konuyu bir yana bırakmasına yol açan başlıca nedenin bu olduğu sanılmaktadır.

Salınımlı sarkacın incelenmesi dairesel sarkacın incelenmesine, dairesel sarkacın incelenmesi ise merkezkaç kuvveti görüşünün ortaya çıkmasına yol açmıştı. Buradan da boşlukta serbestçe dolaşan gezegenleri etkileyen bir çekim kuvvetinin bulunması gerektiği görüşüne varılması kaçınılmazdı. Newton bu noktaya geldikten sonra geri kalanını çıkarabilirdi. O bir matematikçiydi, dolayısıyla tümünü kağıda aktarmış olduğu onsekiz rakama neden gerek duyduğu merak konusudur. Bunların en azından ikincisi yanlış olduğuna göre bunu izleyenlerin de bir anlamı kalmıyordu; ama yine de hepsi orada, kağıdın üzerindeydi.

Newton bundan bazı sonuçlar çıkarmıştı; örneğin, yerçekimi kuvvetinin bir cismin içinde 100.826.500.737.600 *brace*'lik bir mesafede 83.677 dakikada hareket etmesi gerekiyordu (*Brace* bir İtalyan uzunluk ölçüsü olan *braccia*'nın İngilizcedeki karşılığı olup Newton'un bu sayıları doğrudan Galileo'dan aldığının diğer bir kanıtıdır). Bunların tümü Newton'un notlarında vardır ama bu görüşleri neden kendine sakladığını bilmiyoruz.

Newton'ın dışında başkaları da gezegenlerin yörüngelerinden sapmamalarını sağlayan bir kuvvetin varlığını ve buna bağlı olarak gök cisimlerinin hareketlerinin sonsuza dek aynı biçimde sürmesi olasılığını araştırmaktaydılar. Bunların arasında bulunan Hollandalı Christiaan Huygens ile İtalyan Giovanni Alfonso Borelli de Newton ile aynı sonuçlara varmışlardı, ama bugün bildiklerimizin ışığında Newton'un bu alanda ilk olduğunu rahatça söyleyebiliriz.

Güneş Sisteminin Dinamiği

Doğal olarak tüm bu çabalar, soruna farklı bir açıdan yaklaşmayı olanaklı kılabilmek üzere Güneş sisteminin dinamiğini anlamaya yönelikti. Güneş sistemi gibi bir kavramın irdelenmesi zorunlu olarak üç aşamada gerçekleşir. Bunların ilki pasif gözlemlerdir: Güneşin, ayın ve yıldızların ne zaman doğup ne zaman battıklarını, tutulma olaylarının ne sıklıkta ortaya çıktığını ve buna benzer diğer birtakım olguları saptar ve not edersiniz. Benim uzmanlık alanım olan kristalografide de bu böyledir. Belli bir olguyu incelemek için o olgunun görüldüğü örneği tanımak gerekmez, sadece sözkonusu olgunun ne sıklıkla yinelendiğine bakar ve buna dayanarak bazı tahminler yürütürsünüz. Astronomi alanında bu ilk aşamayı gerçekleştiren Babilliler olmuştu. Bunu izleyen aşamada ise Yunanlıların yaptığı gibi kinematik bir model oluşturursunuz, yani olgunun varlığını bilmekle yetinmeyip bunun *ne zaman* ortaya çıkacağını saptarsınız. Örneğin, "Eylül'ün 17'sinde saat 17:00'de x yıldızı gökyüzünde görünecek" dersiniz, zira x yıldızını daha önce de bir çok kez görmüş ve bunları not etmiş bulunduğunuzdan bu durumun ne sıklıkla yinelendiğini ve buna dayanarak da bir daha ne zaman ortaya çıkacağını bilirsiniz. Bunun yanısıra yıldızın şu ya da bu biçimde gökyüzünde hareket ettiğini söyler ve bunu açıklayan bir de resim çizersiniz. Yunanlılar x yıldızının (ve diğerlerinin) neden gökyüzünde dolaşıp durduğunu bilmiyorlardı ama belli bir yerde ve belli bir zamanda ortaya çıkışını açıklamak için en kolay yol olarak bunu bulmuşlardı. Böylece Kepler'in yapmış olduğu gibi kinematik tanımlamayı da geride bıraktığımız zaman sıra son aşamaya, yani dinamik tanımlamaya gelir, bu kez x yıldızının *neden* hareket ettiğini bilmek istersiniz, zira bu aşamada ancak bunu öğrendiğiniz zaman ilerde ne olacağını şaşmaz biçimde söyleyebileceğinizin bilincine varmışsınızdır.

Newton'un yaşadığı dönemde artık kimse astrolojiye ciddi olarak inanmıyordu. O zamana kadar insanların gökyüzünün sırlarını çözme isteği tarırsal güçler ile evren arasındaki bağlantıları anlamak gereksinimden kaynaklanmış ve astroloji de bu yüzden çağlar boyunca vazgeçilmez bir uğraş olarak kalmıştı. Şimdi ise gökkubbe-

de olup bitenlerin anlaşılması, boylam derecesinin bulunması gibi daha pratik amaçlara hizmet etmesi açısından önem kazanmış bulunmaktaydı. Jüpiter'in uyduları ve saatlerle çalışan Galileo gibi Newton da boylam konusuyla yakından ilgileniyordu. Newton'un asıl istediği şaşmaz doğruluktaki yıldız tablolarının düzenlenebilmesini olanaklı kılacak olan hareket yasalarını bulmaktı. Diğer yandan bu amaca yönelik çabalarının gerçek hedefi yıldız tabloları yapmak değildi; Newton sadece evreni yöneten ilkeleri bilmek istiyordu.

Newton'un 1666 yılında Londra'daki veba salgınından kaçmak için sığındığı Woolsthorpe'de bu amaca yönelik çalışmalarını sürdürdüğü tarihlerde yerçekimi teorisinin hangi aşamada bulunduğuna kısaca bir göz atmakta yarar var. O yıl içinde Borelli'nin gezegenlerin hareketleri konusunda ileri sürdüğü görüşler bu İtalyan bilim adamının merkezkaç kuvvetinin yanısıra bunu dengelediğini düşündüğü ve merkezcil kuvvet (gravitasyon) olarak tanımladığı diğer bir kuvvetin de bulunduğu varsayımına dayanıyordu. Borelli'den bir yıl önce Newton da bu sonuca varmıştı ve her ikisinin de konuya ilişkin görüşleri Galileo'nun çalışmalarından yola çıkmaktaydı. Gezegenlerin izledikleri eliptik yörüngeler üzerinde Güneş'e daha yakın oldukları yerlerde hız kazandıkları görüşünü destekleyici bir varsayım olarak her iki bilim adamı da artan merkezkaç kuvvetinin dengelenebilmesi için merkezcil kuvvetin de artması gerektiği sonucuna varmışlardı. Dolayısıyla da yerçekimi uzaklığın bir işlevi olmalıydı, ama hangi işlevi? Yerçekiminin uzaklıkla doğru orantılı biçimde azaldığını düşünen diğer bir bilim adamı da Hooke idi. Hooke bu teorisini kanıtlayabilmek için belli bir cismin ağırlığını yerde, bir maden ocağının derinliklerinde ve yüksek bir kulenin tepesinde ölçmek yoluyla aradaki farklılıkları saptamaya çalışmış ama ölçümlerinin yeterli doğrulukta olmaması nedeniyle beklediği sonuçları alamamıştı. Descartes de yerçekimine fiziksel bir açıklama getirmeye çalışanların arasındaydı. Güneş sistemini gözünün önünde bir tür girdap olarak canlandıran Descartes nasıl ki bir girdap içine düşen her şeyi merkezine doğru çekerse bu sistemdeki cisimlerin de aynı biçimde sistemin merkezine doğru çekildiğini ama bu cisimlerin büyük bir hızla kendi eksenleri çevresinde dönüyor olmaları nedeniyle çekim kuvvetine karşı koyan bir başka kuvve-

tin oluştuğunu düşünüyordu. Newton da bir süre için aynı görüşe varmıştı ama daha sonra *Principia*'da bunun saçma olduğunu, zira bir girdabın hareketini etkileyen yasalarla gezegenlerin hareketlerini belirleyen yasalar arasında hiç bir benzerlik bulunmadığını ileri sürecekti. Yine de bu oldukça çekici bir görüştü. Çok sayıda bilim adamı periyodun karesinin yarıçapın küpü ile doğru orantılı olduğu ve bu nedenle de merkezkaç kuvvetini dengeleyen merkezcil çekimin kendi küpüne bölünmüş yarıçapla- yani yarıçapın karesi ile- ters orantılı olması gerektiği kanısındaydı. İşin ilginç yanı bu görüşün doğrudan Kepler'in Üçüncü Yasasından kaynaklanmasına karşın zamanında Kepler'in kendisinin bunu görememiş olmasıdır. Oysa merkezcil çekimi anlamak için gereken tek şey Kepler'in Üçüncü Yasasını bilmektir. 1679 yılına erişildiği sırada Borelli'nin dışında Halley, Hooke ve Wren de bu gerçeğe varmış bulunmaktaydılar.

Principia

Konuya ilişkin çeşitli tartışmaların sürmekte olduğu bu aşamada diğerlerinden çok daha genç bir bilim adamının ortaya çıktığını görüyoruz. Astronomiye büyük bir tutkuyla bağlı olan Edmund Halley (1656-1742) yirmi yaşındayken öğrenim gördüğü Oxford'dan ayrılıp St. Helena'ya gitmiş ve burada Güney Yarıküre astronomisi konusunda üç yıl sonra yayınlayacağı *Catalogus Stellarum Australium* (Güney Yarıküre Yıldızları Kataloğu) adlı esere temel oluşturacak araştırmalarını başlatmıştı. Daha sonra İngiltere'ye dönen Halley kuyrukluyıldızlarla ilgili gözlemler yapmış ve 1682'de gördüğü, bugün kendi adını taşıyan böyle bir gök cisminin 1758'de tekrar görülebileceğini ileri sürmüştü. Bu tahminin Halley'in ölümünden onaltı yıl sonra doğrulanması Newton'un en inatçı karşıtlarını bile ikna etmeye yetecekti. Newton'un hayranlarından ve destekleyicilerinden biri olan ve merkezcil kuvvetin yarıçapın karesi ile ters orantılığı yasasının kanıtlanması için sırasıyla Hooke, Wren ve Newton'a başvuran Halley sonuçta aradığı kanıtı buluşlarını yayınlaması konusunda yüreklendirdiği Newton'un ünlü *Principia*'sında bulacaktı. *Principia* bilimin ve özellik-

le de fizik biliminin kutsal kitabıdır. Ne yazık ki bugün, diğer kutsal kitaplar gibi *Principia* da çok az okunmakta, ya da en azından (benim de yapmış olduğum gibi) başından sonuna dek atlamadan okunmamaktadır. Kısaca *Principia* olarak bilinen ve gerçek adı *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) olan bu eserin önsözünden alıntıladığım aşağıdaki bölüm *Principia*'ya ilişkin genel bir fikir edinmenize yarayacaktır:

> *Antik Çağ düşünürlerinin mekanik bilimini doğal olguların araştırılmasında en önemli araç olarak görmüş olmaları, doğadışı tanımlamaları yadsıyan çağdaş bilim adamlarının da bu olguları matematik yasaları ile açıklamaya çalışmaları nedeniyle bu kitapta matematiği felsefe ile bağlantılı olarak ele almayı uygun buldum.*
>
> *Eskiler mekanik bilimini biri teoriye diğeri uygulamaya dayanan iki ayrı biçimde incelemişlerdir. İnsanların elleriyle oluşturdukları herşey uygulamalı mekanik alanına girer. Diğer yandan bu yoldan ortaya çıkarılanlar kusursuz bir doğruluk düzeyinde olamadığı için mekanik ile geometri arasında mekaniğin aleyhine bir farklılık belirmekte ve kusursuz olanın geometrik olarak tanımlanmasına karşılık bu düzeye erişmeyenler mekanik alanında yer almaktadır. Buna karşılık kusur sanatın kendisinde değil, sanatçıda aranmalıdır. Mekanik ustası yeterli titizliği gösterirse mekanik bilimi de geometrinin kusursuzluğuna sahip olacaktır, zira geometrinin temelini oluşturan doğruların ve dairelerin kusursuzluğunu tanımlayan bilim mekaniktir.*

(Einstein'ın görecelik teorisini düşünürseniz bunun önemini daha iyi kavrayabilirsiniz. Einstein şöyle der:

> *Geometri bize bu çizgileri çizmeyi öğretmez ama çizilmelerini ister, zira kişinin geometri alanına girmeden önce çizgileri doğru biçimde tanımlamayı öğrenmesi gerektiğini öne süren geometri ancak bundan sonra sorunların çözümüne giden yolu göstermektedir.*

Bu sözler aksiyomcu yönteme bir giriş olarak görülebilir. Şimdi yine Newton' a kulak verelim.)

Diğer yandan ben sanatla değil felsefeyle ilgileniyorum ve insan eliyle yapılandan çok doğanın eserlerini anlatmak amacını taşıyorum. Yerçekimi, gravitasyon, esneklik, sıvıların direnci ve benzeri diğer kuvvetlerle ilgili konulara yöneldiğim için de bu kitabı felsefenin matematiksel ilkeleri olarak sunuyorum, zira kanımca felsefenin tümü (ki bunun yaldızlı harflerle yazılması gerekir) doğadaki kuvvetlerin araştırılmasından ve bu kuvvetlerden yola çıkarak diğer olguların anlaşılmasından oluşmaktadır.

Bizler Newton'un bu görüşünü paylaşmıyor olabiliriz. Einstein'dan bu yana fizikçiler kuvvetlerden bahsetmeyi pek sevmiyorlar, ve bu sözcüğü hâlâ kullanıyor olsalar bile bunu bir tür alışkanlıkla yapıyor ve gerçekte bir "kuvvet"in sözkonusu olmadığını biliyorlar. Aslına bakarsanız çağdaş fizikçilerin Newton'a yönelttikleri eleştirilerin büyük bir bölümü de buradan kaynaklanmaktadır. Daha Newton'un zamanında bile Leibniz gibi konuya daha düşünsel bir açıdan yaklaşan kişiler vardı.

Newton bundan sonra kendi deyimiyle Dünya sistemine ilişkin uzun bir açıklamaya geçmektedir (Newton'un zamanında bu deyim Güneş sistemi anlamında kullanılmaktaydı). Bu açıklamada tanımlamalar biçiminde aksiyomların yer aldığını ve gerçekte tanımlanması olanaksız olan bir kavrama ilişkin olarak şu kurala yer verildiğini görüyoruz: *Hareketin nicelliği, yoğunluğu ile hacminin bileşiminden elde edilen ölçüdür.* Gördüğünüz gibi Newton birtakım şeylerin ölçülebileceğine inanıyordu. Böylece başlangıçtaki ölçünün ne olduğu sorununa geri dönüyoruz. Hacim ölçülebilir ama Newton yoğunluğun maddenin ayrılmaz bir özelliği olduğuna ve dolayısıyla maddenin nicelliğini, yani kütle dediğimiz şeyi ölçmenin temelde olanaklı olduğunu düşünmekteydi. *Hareketin nicelliği, yönsel hız ile maddenin nicelliğinin bileşiminden elde edilen ölçüdür.* Yönsel hızın nasıl ölçüldüğüne değinmeyen Newton sözlerini şöyle sürdürmektedir: *Vis insita, ya da maddenin içinde var olan kuvvet* (yani bugün eylemsizlik dediğimiz şey) *her maddenin taşıdığı özelliğe göre düzgün bir hareketi ya da hareketsizlik durumunu sürdürmesini sağlayan bir dirençtir.* Newton daha sonra kuvveti şöyle tanımlıyor: *Kuvvet,*

cisimleri hareketsizlik durumu ya da düzgün hareketi değiştirecek biçimde etkileyen bir eylemdir. Böylece kuvvetin dinamik açısından bir tanımlamasını yapan Newton merkezcil kuvvetlere ilişkin olarak da şunu söylemektedir: *Merkezcil bir kuvvet cisimleri bir merkeze ya da belli bir noktaya doğru çeker ya da çekilme eğilimi içinde bulunmalarına yol açar.* Newton'un verdiği temel tanımlamalar bu kadardır. Daha sonra gelen merkezcil kuvvetler ve benzeri kavramlara ilişkin daha ayrıntılı tanımlamalardan önce de şöyle der: *Zamanı, uzayı, yeri ve hareketi tanımlamıyorum zira bunlar herkesin bildiği şeylerdir* (Oysa bu kavramlar bizi çok uğraştırmıştı ve bunları tanımlayabilmek için işin başlangıcına hatta ondan daha da geriye gitmemiz gerekmişti. Anlaşılan bizler bunları Newton kadar iyi tanımıyoruz).

Newton bundan sonra ünlü yasalarına geçmektedir:

> *I. Her cisim bir kuvvet tarafından etkilenmediği sürece içinde bulunduğu hareketsizlik durumunu korur ya da düzgün hareketini sürdürür.*

(Bu aslında yukardaki tanımlama ile aynı şeydir, ancak burada bir aksiyom biçiminde verilmiştir.)

> *II. Hareketle oluşan değişim cisimlere uygulanan kuvvet ile doğru orantılı olarak ve bu kuvvetin etkisinin doğrultusunda ortaya çıkar.*
>
> *III. Her etkinin karşısında buna eşit ve ters yönde bir tepki vardır.*

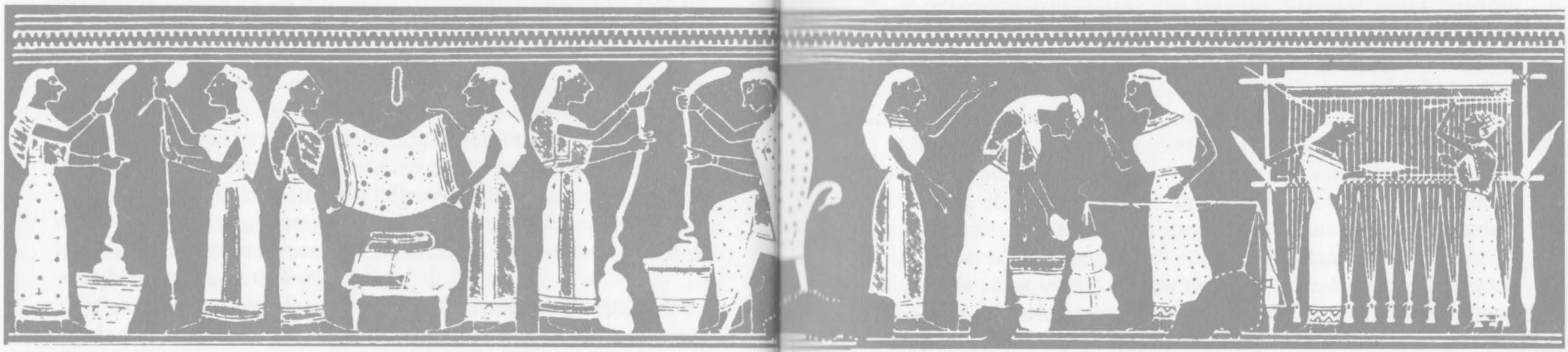
Daha sonra kinematik ile geometri arasında bağlantı kuran Newton şu tanımlamayı yapmaktadır. *Aynı anda iki ayrı kuvvet tarafından etkilenen bir cisim bu kuvvetlerin çizdiği paralelkenarın köşegeni boyunca hareket eder.* Kuvvetleri bir cisimde oluşturdukları hareketin niceliği ile ölçen Newton buradan yörüngelerin saptanmasına geçmektedir. Buna bir örnek verelim: *Sabit bir kuvvet merkezinin çevresinde dönmekte olan bir cismin yarıçap vektörünün taradığı alan tarama süresi ile orantılıdır.* Newton böylece Kepler'in İkinci Yasasını genelleştirmekteydi, zira Birinci ve İkinci Yasaların

tersine Üçüncü Yasa kuvvetin özelliğine ya da kuvvetin neye dayandığına bağlı değildir. Kuvvet I/r de, I/r^3 de olsa bu İkinci Yasayı etkilemez zira bu yasanın tek söylediği momentumun korunduğudur.

Newton'un *Principia*'da ileri sürdüğü teorinin ayrıntılarına daha fazla girmeyeceğim. Ancak şunu belirtmek istiyorum ki kitapta sadece teoriye ilişkin açıklamayı değil, bunun yanısıra gezegenlerin ve diğer gök cisimlerinin yörüngelerinin hesaplanması için gerekli olan tüm matematiksel değerleri de bulabilirsiniz. Newton bir önermede herhangi bir gök cisminin yörüngesinin üç gözlemle saptanmasını da anlatır. Bu gözlemlerden sağlanan tabloları kullanarak ayın yörüngesi üzerindeki hareketinin nasıl bulunabileceğini de belirten Newton aslında bu noktada yanılgıya düşüyordu zira anlattığı yöntem uygulamada işe yaramayacak denli karmaşıktı. İyi düzenlenmiş Ay tablolarınız varsa Ay'ın gökyüzündeki konumunu kolaylıkla bulabilirsiniz zira Ay her zaman yıldız yörüngelerini kesmektedir ve böylelikle çok doğru sonuçlar elde etmek olanağı vardır, ama Newton'un elinin altında böyle tablolar yoktu. Sonuçta boylam sorununu çözümleyen Newton değil, bir saat yapımcısı oldu. Bunu yapabilmek için ya mutlak zamanın saptanmasını sağlayan göksel bir olguya ya da ara aşamada kullanılacak çok hassas bir kronometreye gereksinim vardır. Newton'un ölümünün üzerinden yüz yılı aşkın bir süre geçtikten sonra John Harrison (1693-1776) adlı bir saat yapımcısı ilk gemi kronometresini gerçekleştirdi ve boylam bulmaya yarayacak herhangi bir pratik yöntem için Donanma Bakanlığı'nca verileceği açıklanan 20.000 sterlinlik ödülü kazandı (Gerçi ödülü alabilmek için Bakanlığı dava etmesi gerekmişti ama sonunda parasına kavuştuğunu biliyoruz). Harrison'un kronometresi telsiz ve diğer gelişmiş yöntemlerin ortaya çıkmasına dek boylam bulmada hemen hemen şaşmaz sonuçlar alınmasını sağlamış ve uzun bir süre başarı ile kullanılmıştır.

Çekimsel etki altındaki cisimlerin davranışlarına ilişkin bütün sorular sonuçta yanıtlanmış ve aynı süreç içinde fiziğin tüm temel ilkeleri de ortaya çıkmıştı. Newton'un *Principia*'sında kütle, değişken hareket, hareketin diferansiyel denklemleri, titreşimle ilgili araştırmalar, kısacası klasik fiziği oluşturan herşeyi bulabilirsiniz; üs-

telik bu Newton'un büyük eserlerinden sadece biridir. Bundan sonraki bölümde ele alacağım *Opticks*'in ise bir bakıma fiziğin geleceğini *Principia*'dan daha çok etkilemiş olduğu söylenebilir.



Işık ve Renkler

Bu bölümde Newton'un fiziğin diğer bir alanına -optiğe- yaptığı katkıları anlatacağım. Klasik Çağ düşünürlerinin başlattığı astronomi araştırmalarının bundan yüzyıllar sonra Newton tarafından sonuçlandırılmış olması gibi optik alanına da ilk kez Klasik Çağda el atılmış ve konuya duyulan ilginin Ortaçağ boyunca da eksilmemiş olmasına karşın Newton'a gelene dek bu alandaki çabalardan önemli bir sonuç alınamamıştı.

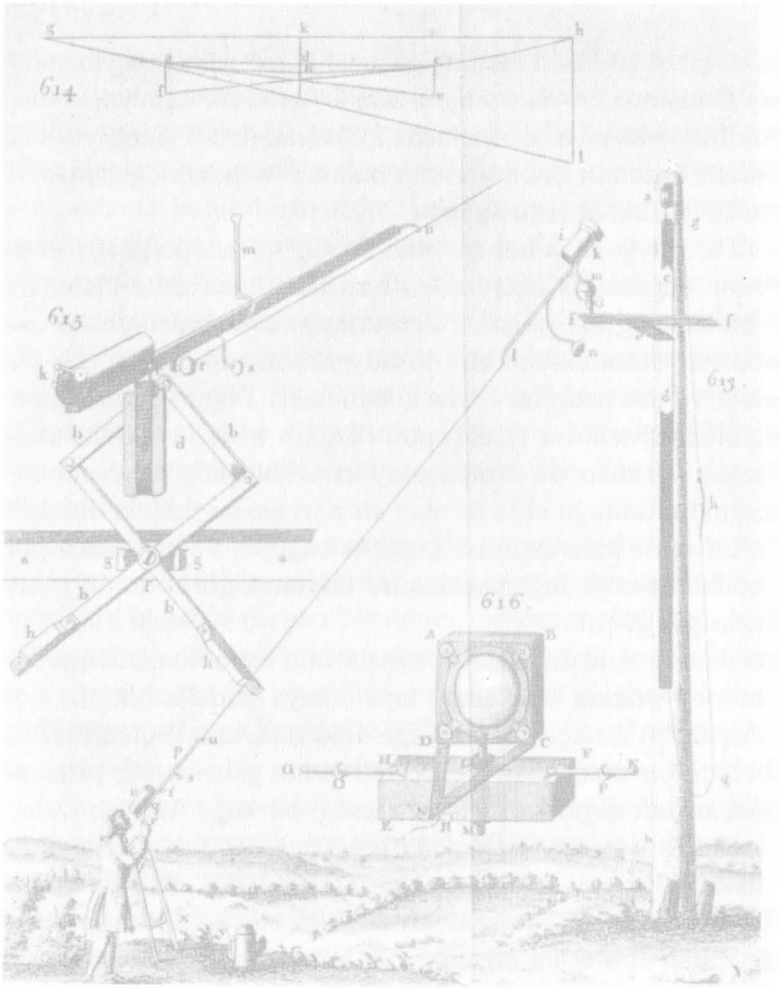
Klasik Çağda optik bilimi gölgeler ve aynalarla sınırlıydı. Yunanlıların bu alanda eriştiği en ileri nokta iç bükey aynaların bulunmasıdır. Ortaçağ düşünürleri bunun bir adım daha ötesine giderek merceği bulmuşlar ve ilk gözlüğü yapmışlardı. Bunu teleskopu bulan Hollandalılar izledi. Optiğin öyküsünün geri kalanı teleskopun geliştirilmesi ile sürer ve mikroskop ile noktalanır. Modern akromatik merceklerle donatılmış teleskopların yapımı ise ancak ondokuzuncu yüzyılın ortalarında gerçekleşebilmiştir.

Bundan önceki bölümde yer alan *Şekil 74*'te Newton'un yaptığı küçük boyutlardaki ilk yansıtıcı teleskopu görmüştünüz. Newton'un aslında teleskopundan fazla hoşnut kalmamış olduğunu ve özellikle

görüntüyü olumsuz biçimde etkileyen renkli saçakları ortadan kaldırmanın yollarını aradığını biliyoruz. Bu amaçla teleskop ya da mercekle ilgili olguları temel öğelerine indirgemeyi amaçlayan bir dizi deneye girişmişti. Bunların arasında prizmanın özelliklerinin araştırılmasına yönelik deneyler de bulunmaktaydı. Newton bu çalışmasını prizmanın kendisiyle olmasa da bir tür prizma ürünü olan gökkuşağıyla ilgili araştırmalar yapan Ortaçağ düşünürlerinin eriştikleri noktadan yola çıkarak yürütmüştü. Gökkuşağı çağlar boyunca insanların ilgisini çekmiş olan bir doğa olayıdır. Nuh'un tufanı öyküsünde de olduğu gibi geçmişte bu olguya kaçınılmaz biçimde doğaüstü bir yorum getirilmesine karşın eski düşünürler gökkuşağını daha derinlemesine incelemeye çalışmışlar ve daha Ortaçağda bile bu alanda hatırı sayılır bir yol almışlardı. Öyle ki, gökkuşağının renklerinin havadaki su damlalarının içinden geçen güneş ışınları tarafından oluşturulduğu Ortaçağ insanlarınca bilinen bir şeydi. Gökkuşağının konumu ile Güneş'in o andaki yükseklik derecesinin incelenmesi bunların arasındaki bağlantıyı ortaya çıkarmış ve güneşin kırmızı ışınlarının mor ışınlarından daha az eğimli olduğu bulunmuştu. Newton'a gelene dek temel kırılım yasaları (ya da Snell yasaları) ışığın düşme ve kırılım açılarının dikmelikleri *(sines)* arasındaki bağlantıyı da ortaya koymuş bulunuyordu.

Prizma Olguları

Camın M.Ö. 4000 gibi çok eski bir tarihten bu yana bilinmesine karşın insanlar çok uzun bir süre cam hamurunu ancak kil ya da taştan yapılan boncuk ve benzeri süs eşyalarının üzerini kaplamak için kullanmışlardı. M.Ö. 2500 yılında Mısır'da kireçtaşı ya da kilden yapılmış kalıpların üzerine cam katmanları uygulanması ve daha sonra camın altında kalan bu maddelerin içerden ince ince kazınarak temizlenmesi yöntemiyle tümüyle camdan oluşan küçük şişe ya da vazoların yapıldığını biliyoruz. Bunlar bizim bildiğimiz saydam camdan çok seramik türünde ürünlerdi. Cama üflenerek biçim verilmesinin İsa'dan önce birinci yüzyılda Suriye'de başladığı sanılmakta-



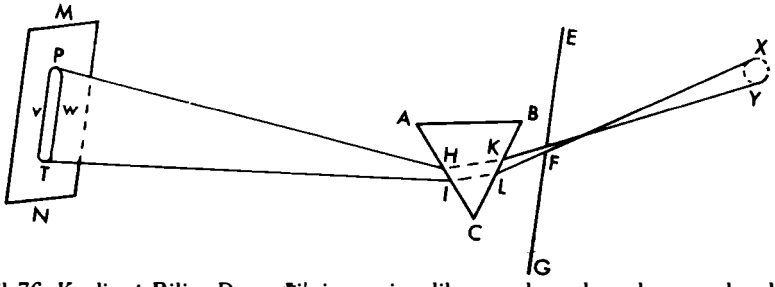
Şekil 75. Huygens'in havai teleskopu

dır. İlk saydam cam da aşağı yukarı aynı tarihlerde yapılmıştı. Bunu izleyen ikibin yıl boyunca cam salt sanatsal amaçlarla kullanılmış ve bu alanda görülen tüm gelişme yeni süsleme tekniklerinin bulunmasıyla sınırlı kalmıştır. Bu dönemde cam doğum yeri olan Mısır ve Suriye'den Asya'nın diğer bölgelerine ve Avrupa'ya da yayılmıştı. Cam yapımının geçmişinin bu denli geriye gitmesine karşın bu alandaki teknolojik gelişme çok yavaş ilerlemiş ve camın el işçiliği ürü-

nü olmaktan çıkıp endüstri alanına girmesi ancak yirminci yüzyılda gerçekleşebilmiştir. 1790'da Guinand adlı İsviçreli bir cam yapımcısı cama optik mercekler ve prizmalarda kullanılabilecek denli yüksek bir homojenlik kazandıran bir yöntem bulmuş ve giderek geliştirilen bu yöntem 1944'e kadar kullanılmıştı.

Şekil 75'te Huygens'in buluşu olan bir tür teleskopu görüyorsunuz. Teleskop yapımında karşılaşılan bazı teknik sorunlar insanları çok uzun bir süre uğraştırmıştı. Bu sorunların üstesinden gelme yolunda denenen yöntemlerden biri de Huygens'in yaptığı gibi çok zayıf mercekler ve çok uzun bir fokus kullanmaktı. Diğer yandan burada gördüğünüz türdeki bir teleskopun rüzgârlı havada kullanılamayışı gibi başka sorunlar da ortaya çıkıyordu. Huygens'in teleskopunun merceğin bulunduğu elde tutulan alt parçası ile üstteki objektif parçası birbirlerine ince uzun bir boruyla bağlıydı ve bu teleskopla gözlem yapılabilmesini sağlayacak süre boyunca görüntünün sabit tutulabilmesi çok güçtü.

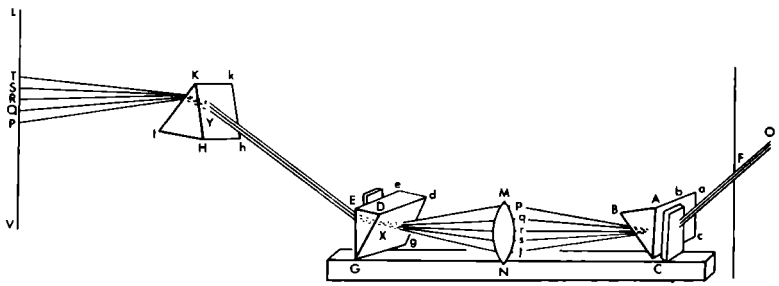
Newton'un optik alanındaki çalışmalarının bir bölümü kendi deyimiyle "bilinen prizma olgularını" açıklamaya yönelik bir dizi deneyden oluşur. Bu amaçla Cambridge'deki odasının pencerelerini örten kepenkte bir delik açan Newton buradan giren ve bir prizmadan geçerek kırılan ışığın karşı duvara astığı bir kağıt üzerine yansımasını incelemişti. Kraliyet Bilim Derneği'nce 1672'de yayınlanan konuya ilişkin bir makalesinden alıntıladığım *Şekil 76*'daki çizim Newton'un bu deneyini göstermektedir. Newton ışığın kırılmasından ortaya çıkan spektrum olgusunu ilk kez bu makalede anlatmıştır. Aslında kusursuz bir spektrum elde etmeye çalışmamış olması



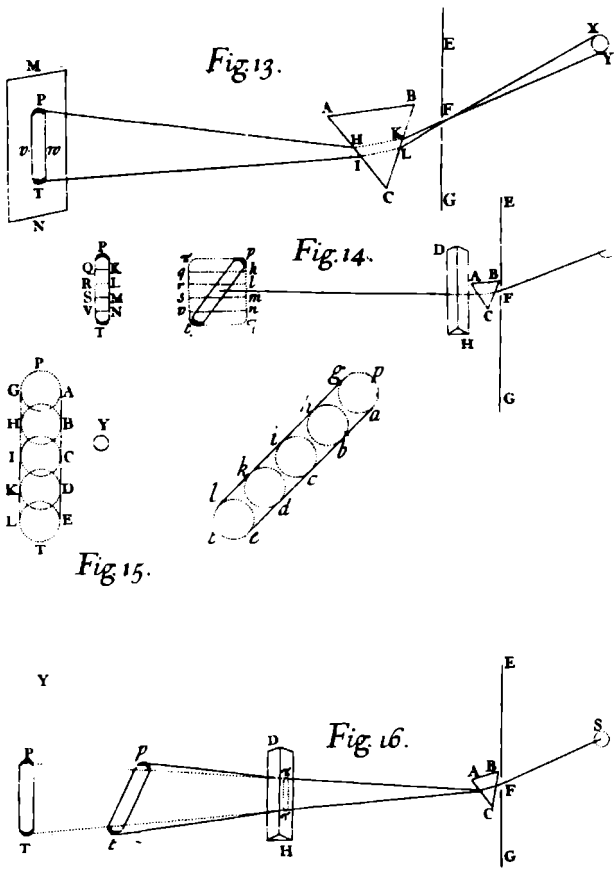
Şekil 76. Kraliyet Bilim Derneği'nin periyodik yayınlarından alınmış olan bu çizim Newton'un ışık spektrumunu göstermektedir.

ilginçtir (Sanırım çoğu insan gibi Newton da gözle görülmeyenin görülenden daha önemli olabileceğinin ayırdına varamamıştı). Gençliğinden beri gözleri iyi görmeyen bu büyük bilim adamı genellikle optik deneyleri sırasında oluşan görüntüleri kendisine anlatan birisini yanında bulunduruyordu. Anlaşılan spektrumla ilgili deneyler sırasında bu kişi görevini iyi yapmamış olacak ki spektrumu kesen koyu renk çizgilerin varlığını öğrenmemiz için iki yüzyıla yakın bir sürenin daha geçmesi gerekecekti (Bu buluşu gerçekleştiren kişi 1787-1826 yılları arasında yaşamış olan Alman optikbilimcisi Joseph von Fraunhofer'dir). Bu gibi nedenlerle ışık teorisinin daha sonraları kuantum teorisine erişmemizi sağlayan daha incelikli yanları -o dönem için uygulamada önem taşımasa bile- Newton'dan saklı kalmıştı.

Newton prizmaların yardımıyla gerçekleştirdiği deneylerinde farklı kırılabilirliklere sahip ışık ışınlarının ışığın kendi içinde varolduğu gibi oldukça çarpıcı bir sonuca varmıştı. Işık ışını kavramının kökenleri aslında çok eskilere dayanır. Geçmişte ışınların bugün bilinenin tersine bir yol izlediğine, yani bakılan cisimden bakan kişinin gözlerine ulaştığına inanılırdı. Diğer yandan hangi yönde giderse gitsin ışığın havada bir noktadan diğerine doğru hareket eden bir şey olduğu. kavramı Newton'un görüşlerinin temelinde yer almaktadır. Bu iki anlayış arasında bir tür geçiş oluşturan bir dönemde ortaya çıkan diğer bir tartışma da ışığın dalgalardan mı, taneciklerden mi oluştuğu konusundaydı. Newton'un düşündüğü şey bugün foton olarak adlandırdığımız ışık taneciklerinin hareketi idi. Prizmadan geçen ışınların spektrumu oluşturduğunu görmekle yetinmeyen New-



Şekil 77. Newton'un spektral renklerin tekrar birleşip beyaz ışık oluşturduğunu gösteren deneyi.



Şekil 78. Newton'un *Opticks*'inden alınan, ışığın kırılımını gösteren deneyler.

ton bu işlevin ters yönde de gerçekleşebileceğini düşünmüş ve bu varsayımı üç prizma ve bir mercekten oluşan bir düzenek kullandığı ikinci bir deneyle kanıtlamıştı (*Şekil 77*). Çizimde sağdan gelen ışığın ilk prizmadan geçerek mercek üzerinde bir spektrum oluşturması, böylece ortaya çıkan renkli ışınların bu kez ikinci prizmadan geçmesiyle tekrar beyaz ışığa dönüşmesi ve en sonunda da üçüncü prizmanın beyaz ışığı yine renklerine ayrıştırarak soldaki duvarda bir kez daha spektrumu oluşturması gösterilmiştir.

Şekil 78'de yine Newton'un ışığın kırılımı ile ilgili diğer bir deneyini gösteren çizimi görüyorsunuz. Burada Newton ışığın hiçbir de-

ğişime uğramadığını, ilk prizmadan geçtiklerinde kırılabilirlikleri diğerlerine kıyasla daha yüksek olan ışınların ikinci bir prizmadan geçişleri sırasında da bu özelliklerini koruduğunu ortaya koymuştur. Soldaki dikey spektrumlar ikinci prizmanın kullanılmaması durumunda ne olacağını göstermektedir. Newton ikinci prizmayı dikaçılar oluşturacak biçimde yerleştirmiş ve bu yoldan eğimli bir spektrum elde etmişti.

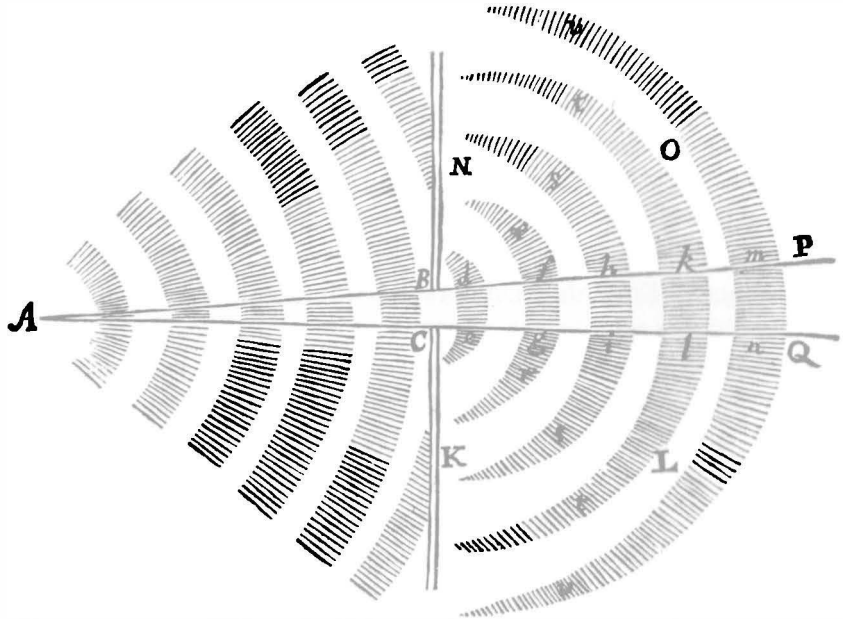
Bu deneyleri 1670'lerin başlarında gerçekleştiren Newton vardığı sonuçları önce 1675'de Kraliyet Bilim Derneği aracılığıyla birbirinden ayrı makaleler olarak yayınlamıştı. Bu tarihte Newton'un optikle ilgili çalışmaları hemen hemen tamamlanmış durumdaysa da konuyu bütünüyle ele aldığı ünlü eseri *Opticks*'in esas tutulan ikinci basımı ancak 1717'de gerçekleşmiştir. Üç ciltten oluşan *Principia* ile kıyaslandığında oldukça kısa sayılabilecek *Opticks* buna karşın fizik alanında *Principia* ile aynı ölçüde önem taşımaktadır. Bu eserde Newton ışığın kırılımı ile ilgili soruları yanıtlamakla kalmamış, bir dizi tanımlama ve aksiyoma da yer vermiştir. Yansıma ve kırılma açılarının aynı düzlemde yer aldığına ve prizmadan geçerek kırılan ışığın giriş noktasına geri yansıtılması halinde dönüş yolunda yine başlangıçtaki çizgiyi izleyeceğine işaret eden Newton böylece ışığın tersine çevrilebilirliğini ortaya koyuyor ve bundan sonra da bugün Snell yasası olarak tanıdığımız olguya geçiyordu. Diğer yandan burada gözden kaçırılmaması gereken bir nokta bulunmaktadır: Atmosferik kırılım Yunanlılar zamanından beri varlığı bilinen bir olguydu. Yunanlı astronomlar yaptıkları gözlemlerden doğru sonuç alabilmek için yıldızların ufuk çizgisine yakın oldukları zaman gözlem yapılmaması gerektiğini öğrenmişlerdi. Bu konumda zamanlama değişiyor ve gözlenen yıldız beklenenden daha geç doğuyor ya da daha erken batıyordu. Bu olgunun atmosferle ilgili olabileceği daha o zaman düşünülmüştü. Bu konunun özel bir önemi vardı zira gözlem sonuçlarının hatırı sayılır bir bölümü şu ya da bu yıldızın ufukta görüldüğü anın doğru olarak saptanmasından yola çıkılarak elde ediliyordu. Örneğin eski Mısır'da Sirius yıldızının güneşle aynı anda doğması Nil'in taşma zamanının geldiğini gösterirdi. Bu, o dönemde astronominin yaşama uygulanmasının örneklerinden sadece biriydi ve Antik Çağ astro-

nomları buna benzer nedenlerle atmosfere ilişkin kırılım tabloları da düzenlemişlerdi. Newton'a geri dönersek bu, bilim adamının burada bir yanılgıya düşmüş olduğunu görürüz. Newton'un vardığı sonuç belli bir amaçla girişilen bir araştırmanın bu amacı gerçekleştirmekten ne denli uzak kalabileceğini gösteren ilginç bir örnektir. Kırılımın niceliğinin bugün ayrışım dediğimiz olgu (kırmızı ve mavi ışınlar arasındaki kırılabilirlik farkı) ile orantılı olduğu görüşünden yola çıkan Newton, görüntünün çevresinde renkli saçaklar oluşturmayan bir merceğin yapılmasının olanaksız olduğu ve bu nedenle de sorunun merceklerle çözülemeyeceği kanısına varmıştı. Bu amaçla çeşitli maddeler üzerinde yaptığı incelemelerden bazı ilginç sonuçlar çıkardığını da biliyoruz. Örneğin elmasın ve daha az bir ölçüde olmak üzere yağların yüksek bir kırılım endeksine sahip olduklarını farketmiş ve buna dayanarak elmasın yağlı maddelerden oluştuğuna (ya da diğer bir anlatımla önemli ölçüde karbon içerdiğine) karar vermişti. Buna karşılık o dönemde temel kimya bilgisi henüz gelişmemiş olduğu için insanlar elmasla karbon arasındaki bağlantıyı ortaya koyacak bir deneyi ne yapabilir, ne de anlayabilirlerdi.

Newton'un mercekler konusunda düştüğü yanılgıyı sonuçta diğer bir bilim adamı değil, John Dollond (1706-1761) adlı bir İngiliz optik alet yapımcısı düzeltecekti. Çeşitli türlerdeki camlarla deneyler yapan Dollond farklı kırılım endekslerine sahip iki ayrı tür camın kullanılmasıyla yapılmış bileşik bir merceğin akromatik, yani renkli saçakların oluşmadığı bir görüntü sağladığını bulmuş ve böylece 1758'de bu tür merceklerle yapılan ilk teleskop astronomide yeni bir çığır açmıştı. Bununla birlikte Newton'un konuya duyduğu ilginin bununla sınırlı olmadığını ve ışığın diğer özelliklerine ilişkin araştırmalar yaptığını da belirtmek gerekir. Diğer yandan Newton'un bu konuda daha sonra ortaya konacak olan ışık teorisi bağlamında önem taşıyan diğer bir yanılgısı da ışığın taneciklerden oluştuğunu düşünmesi yüzünden düşük yoğunluktaki bir ortamdan daha yoğun bir ortama geçen ışığın bu sırada çekim kuvveti nedeniyle hızlandığını varsaymasıydı. Oysa ışığın hızının saptanması Newton'un ölümünden önce gerçekleşmiş bulunuyordu. Bu bir dizi rastlantının yol açtığı ilginç bir buluştur.

Işığın Hızı

1671 yılında Fransız astronom Jean Picard (1620-1682) geçmişte Tycho Brahe tarafından yaptırılan gözlemevini gezmek için Hveen adasına gitmişti. Oraya vardığında gözlemevinden geriye bir şey kalmamış olduğunu gören Picard adada dolaşırken rastladığı Ole Römer (1644-1710) adındaki bir gençle astronomi konusunda konuşmaya dalmış ve Kopenhag Üniversitesi'nde öğrenim yapmış olduğunu öğrendiği bu gencin astronomiye duyduğu tutkuyu farkedince Fransa'ya dönerken onu da yanında götürmüştü. Bu rastlantıyı izleyen yedi yıl boyunca Paris'teki Kraliyet Gözlemevinde çalışan Römer bu süre içinde yaptığı gözlemler sırasında Galileo'nun Jüpiter'in uydularının bu gezegenin çevresindeki dönüşlerine ilişkin teorisinin tümüyle gerçekleri yansıtmadığını bulmuştu. Römer'e göre ortada bir anormallik vardı; uydular yılın bazı dönemlerinde hızlanıyor, diğer zamanlarda ise yavaşlıyorlar ve üstelik birbirleriyle aynı hızı göstermiyorlardı. Oldukça ileri görüşlü olduğu anlaşılan Römer bu durumun Jüpiter ile Dünya arasındaki uzaklıkla bağlantılı olabileceğini düşünmeye başladı ve sonunda o dönem için görecelik ya da kuantum teorileri denli önem taşıyan bir varsayıma, yani ışığın bir hızı olabileceği ve bir noktadan diğerine ulaşması için belli bir sürenin geçmesi gerekebileceği varsayımına ulaştı. Diğer yandan böyle bir varsayım o dönem için bile tümüyle akılalmaz bir şey değildi, zira sesin bir yerden diğerine belli bir sürede gittiği artık biliniyordu. Ses hızı ile ilgili deneyler karşılıklı top atışları ile gerçekleştirilmiş ve sesin hızı kesin biçimde saptanmıştı. Işıkla ilgili olarak da buna benzer deneyler yapılmış ve bu kez karanlıkta birbirlerini görebilecek uzaklıkta duran iki kişiden birinin fenerini yakması ile ışığı gören diğerinin de kendi fenerini yakmasına dayanan bir yöntem uygulanmıştı. Diğer yandan bu yöntemle saptanabilecek tek hızın deneyi yapan kişilerin tepki hızı olduğu açıktır. Jüpiter'in uydularına ilişkin gözlemlerinden ışığın belli bir hızı olduğu kanısına varan Römer bundan sonra uyduların hareketleri arasında saptadığı zaman farklılıklarını ve Jüpiter ile Dünya arasındaki bilinen uzaklıkları kullanarak yaptığı hesapların sonucunda, bu hızı saniyede 214.000 kilo-

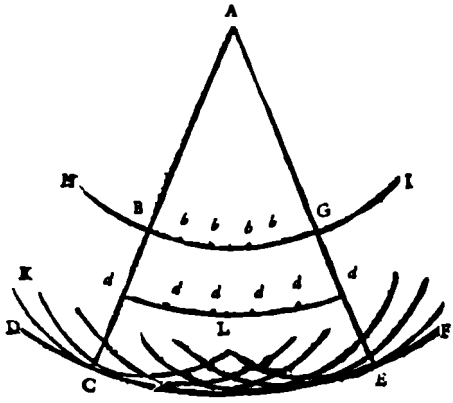


Şekil 79. Newton'un *Principia*'sından ışık parçacıklarını gösteren şema.

metre olarak saptadı. Her ne kadar bu hız bugün kabul edilen 299.792 km/saniyelik hızın oldukça altındaysa da Römer'in bu çalışması ışığın hızına ilişkin ilk deneysel sonucun alınmış olması açısından büyük önem taşımaktadır.

Christiaan Huygens

İnsanlar belli bir hızı bulunduğu saptanan ışığın farklı ortamlarda farklı hızlar gösterebileceğini de düşünmekteydiler. Buna karşılık Newton'un ışığın daha yoğun ortamlarda daha yüksek hızlara eriştiği yolundaki varsayımının doğru olmadığı ancak çok sonraları anlaşılacaktı. Konuya ilişkin alternatif bir görüş ise tıpkı ses gibi ışığın da titreşimlerden oluştuğu yolundaydı. *Şekil 79*'da bu görüşe ilişkin olarak bir delikten geçen ışığın oluşturduğu dalgaya benzer şekilleri temsil eden bir çizim görebilirsiniz. Aslında Newton bunları ışık dal-

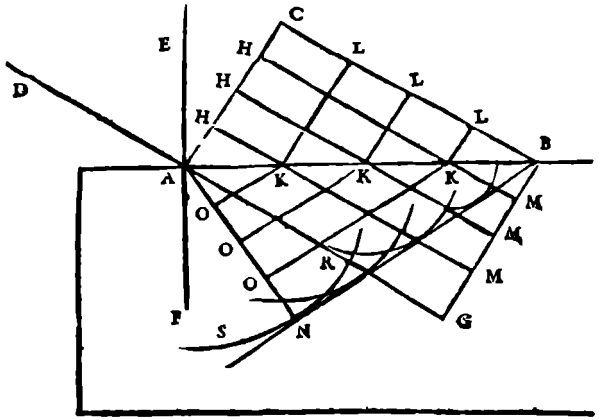


Şekil 80. Huygens'in ışık dalgacıkları. *Traite de la Lumiere*, Paris, 1690.

gaları değil, aşağıda açıklamasını yapacağım gibi farklı "durumlarda" bulunan tanecikler olarak düşünmekteydi.

Newton'un ünlü çağdaşlarından Hollandalı fizikçi ve astronom Christiaan Huygens o sıralarda Fransız Bilimler Akademisi'nde çalışmaktaydı. *Şekil 80*'de Huygens'in *Traite de Lumiere* (Işık Üzerine Bir İnceleme) adlı eserinden alınmış ve ışık "dalgalarını" gösteren bir çizim görmektesiniz. Eğer bir ışık dalgasının (ya da ses dalgasının, hatta suda oluşan dalgaların) varlığı söz konusuysa dalga cephesinin her bölümünün bir dizi yay biçiminde dalgacık yaydığı varsayılabilir. Bu durumda bu dalgacıklar birleşerek dalganın bundan sonra gelen durumunu oluşturur ve biz de böylelikle girişim, kırınım ve benzeri diğer olgulara ilişkin bazı sonuçlara varabilirdik.

Newton ve Huygens'in ışık teorilerinin ilk kez sorgulanması İzlanda spatı adı verilen saf ve saydam bir kalsit mineralinin yardımıyla gerçekleşti. Bartholin adlı bir mineralog tarafından bulunan ve ışığı iki yönde kırma özelliğine sahip olan bu kristalden yapılmış bir mercek üzerinde yazılar bulunan bir kağıdın üstüne konduğunda çift görüntü oluşuyor ve mercek kağıt üzerinde ileri geri oynatıldığı zaman iki görüntü birbiriyle göreceli biçimde hareket ediyordu. O dönemde daha az hareketli olan ve kırınım kurallarına daha iyi uyan



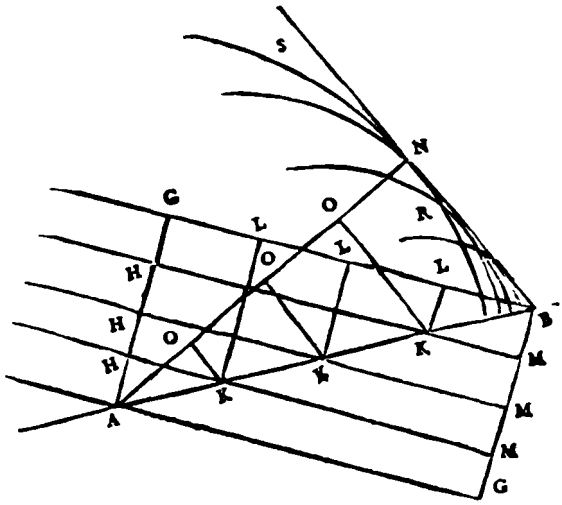
Şekil 81. Huygens'in ışığın kırılımı gösteren çizimi.

görüntü olağan ışın, daha çok hareket eden ise olağanüstü ışın olarak adlandırılmıştı.

Newton bu olguya bir açıklama getirebilmek için çok uğraştıysa da başarılı olamadı, zira bunun tanecikler ya da dalgalar ile açıklanması doğal olarak olanaksızdır. Işık ışınının simetrik olmayabileceğini ileri süren Newton bu yolla bugün polarizasyon dediğimiz olguyu ortaya koyuyarsa da bunun dışında İzlanda spatına ilişkin başka bir açıklama bulamıyordu. Sonunda bunu yine Huygens başardı.

Huygens *Şekil 81*'de gördüğünüz şemanın yardımıyla kırılımın normal yasalarını açıkladı. Burada dalga hızının düşük olduğu daha yoğun bir ortamdan farklı bir hız ortamına inen bir dalga söz konusu olduğunda dalga cephesinin nasıl büküldüğü görülmektedir. Huygens ve Newton'un teorileri arasındaki fark çok belirgindir: Newton'a göre ışık dalgasının hareketi aşağıdaki ortamda zorunlu olarak hızlanırken Huygens'e göre yavaşlamaktadır. *Şekil 82*'de ise Huygens'in yansıma olgusunu açıklamakta kullandığı şemayı görebilirsiniz.

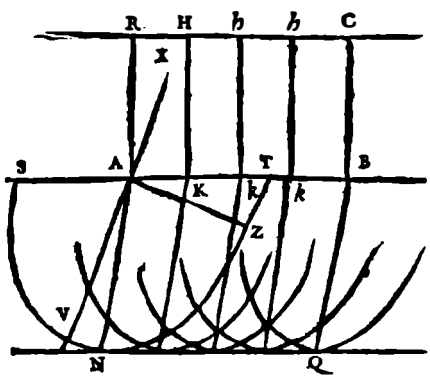
Huygens normal olmayan bir ortamda dalga hareketinin hızının dalganın yönüne bağlı olduğunu ve dalga cephecikleri daireselden çok eliptik bir biçim alabilecekleri için de dalganın belli bir yöne doğru eğrilebileceğini düşünüyordu. *Şekil 83*'de de gördüğünüz gibi dalga yüzeye paralel olarak, yani normal girişimde inmekte ve çıkış-



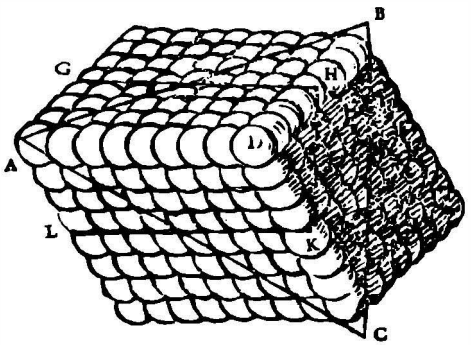
Şekil 82. Huygens'in ışığın yansımasını gösteren çizimi.

ta da bu durumunu sürdürmektedir. Buna karşılık diğerlerinden ayrı olarak şemanın soluna doğru hareket eden tek bir ışın diğer yana çarpıp farklı bir yerden çıkmaktadır. Bu durum İzlanda spatı gibi bir ortamda bir ışık dalgasının hareketinin karakteristik göstergesidir.

Şekil 84 Huygens'in dehasının kanıtlarından biridir. İzlanda spatı doğada küpü andıran bu eşkenar dörtgen biçimli kristaller halinde



Şekil 83. Huygens'in ışığın İzlanda spatı içindeki davranışını gösteren çizimi.

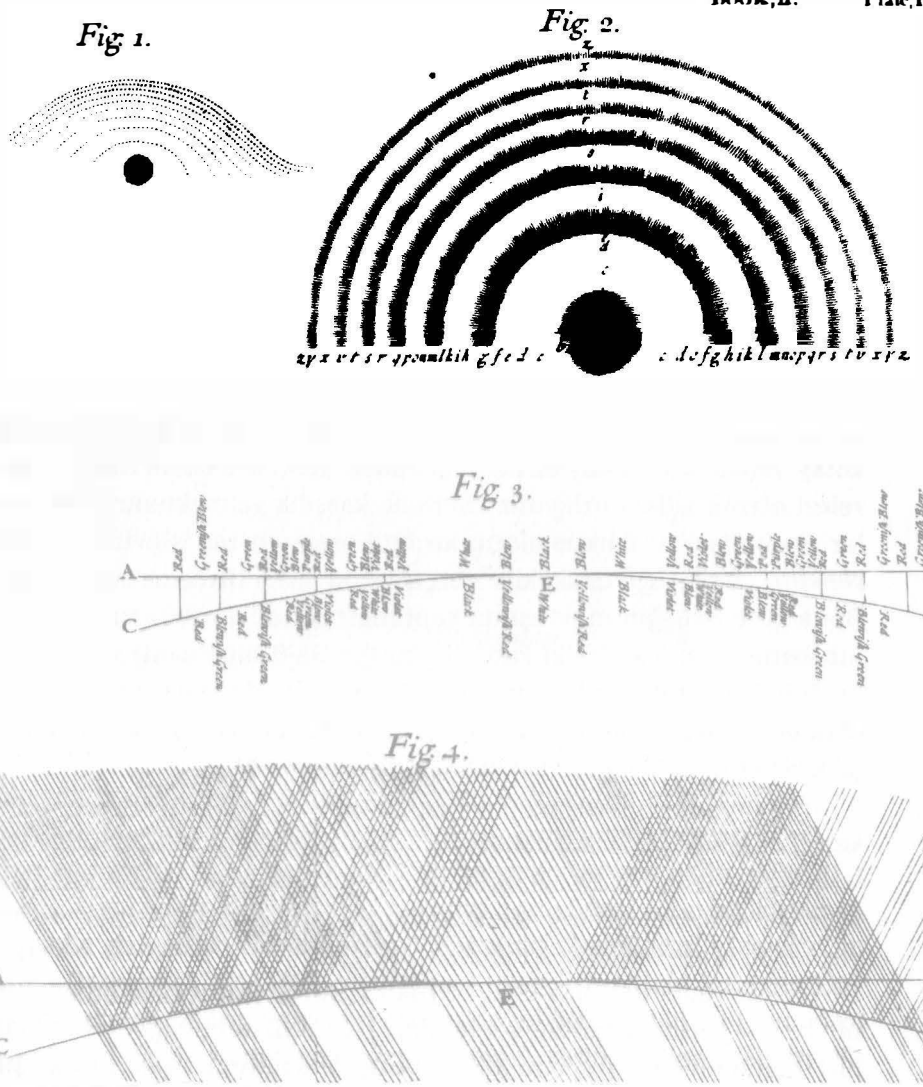


Şekil 84. Huygens'in İzlanda spatını oluşturan rombik formları gösteren çizimi.

bulunur. Buna tam bir küp denemez zira gördüğünüz gibi üç geniş açısı bulunmaktadır. Huygens kübik bir kristalin küresel atomlardan oluşmasına karşılık resimdeki gibi bir kristalin sferoid (kutupları yassılanmış küre) atomları bulunduğunu ve bunların birbirleri ile içiçe geçerek bir eşkenar dörtgen oluşturduklarını düşünmüş, dolayısıyla da bu biçimdeki bir kristalin zorunlu olarak farklı yönlerde farklı optik özellikler göstereceğini ileri sürmüştü. Bu da olayın eksiksiz ve çok doğru bir tanımlamasıdır. Diğer yandan gerekli hesapları yaparak bu farklılıkları ortaya koyan Huygens değil, Sir Lawrence Bragge olmuştur. Çağdaş bilimin diliyle anlatırsak bu sferoidler gerçekte atomlar olmayıp CO_3 simgesiyle gösterilen karbonat iyonlarıdır. Burada oksijen atomlarının gösterdiği temel kırılım özelliklerinden yola çıkarak kırılım endeksindeki değişme saptanabilir.

Newton'un Halkaları

Su yüzeyine yayılan yağda, sedef ve opal gibi birtakım doğal maddelerde görülen değişken renkleri hepimiz biliriz. Bu görüntü nasıl oluşmaktadır?Newton'un açıklaması "Newton halkaları" adı verilen olguya dayanır. Belli bir eğime sahip bir merceği düz bir camın üstüne koyar ve buna önce üstten, sonra da alttan bakarsanız, ikisinin arasında kalan ince hava katmanında bir dizi renkli halkanın oluştuğunu görürsünüz (*Şekil 85*). Newton bu halkaların renklerini



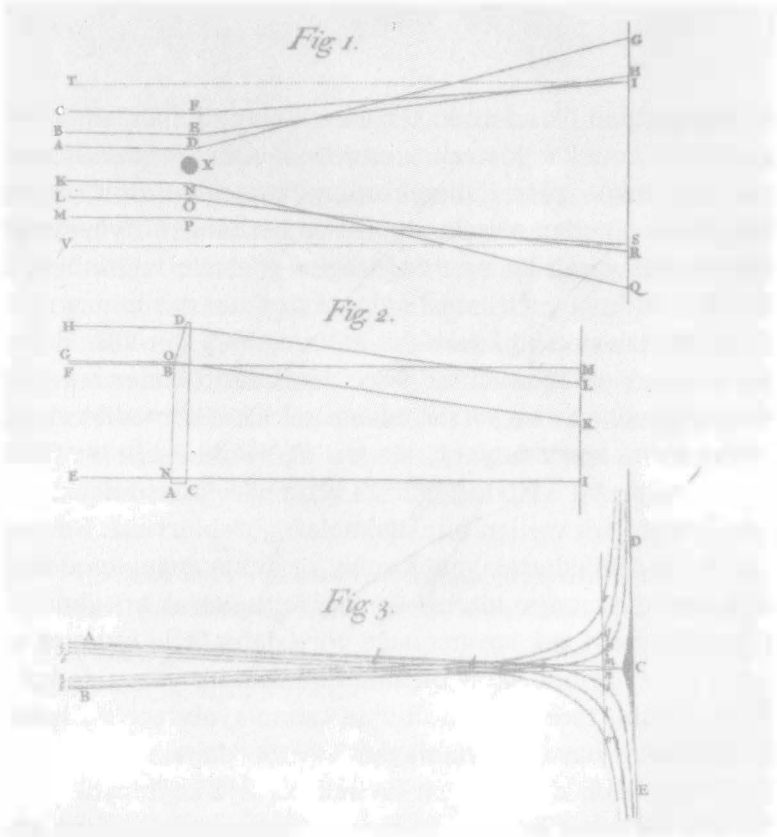
Şekil 85. Newton'un halkaları.

de sırasıyla not etmiştir: En ortadaki halka yukardan bakıldığında beyaz, aşağıdan bakıldığında siyah görünüyor, sonra mavi, sarı, kırmızı, mor ve tekrar mavi halkalar geliyor ve yukarıdan bakıldığında görülen bu renk sıralaması aşağıdan bakılınca tersine dönmüş oluyordu. Newton'un yanıtlamaya çalıştığı soru şuydu: Bir ışık taneciği

ışığı kıran iki ayrı madde arasındaki havanın farklı kalınlıklardaki katmanlarından geçerken nasıl oluyor da farklı renklerin oluşmasına yol açıyordu? Bulduğu çözüm bugün bize oldukça garip görünebilir (Newton ışık taneciğinin bu yolculuğu sırasında farklı "durumlar" gösterdiğini ileri sürmüştü). Durumdan kastı taneciğin kolay yansıma ya da kolay kırılım durumlarıydı. Newton'a göre ışık taneciği bir süre "kolay yansıma durumu" gösteriyor, sonra "kolay kırılım durumuna" geçiyordu. Merceğe akromatik bir ışıkta bakarsanız (ki Newton'un bu şansı yoktu) girişimin neden olduğu akromatik saçakların oluştuğunu görürsünüz. Diğer yandan Newton'un bahsettiği kolay yansıma ve kolay kırılım durumları gerçekte bizim titreşim evreleri olarak adlandırdığımız kavrama karşılık gelmektedir. "Durumlar arasındaki uzaklık ışınların kırılma oranının bir işlevidir" diyen Newton'un ölçtüğü uzaklıklar gerçekte bu farklı titreşim evreleriydi. Buna göre örneğin mavi ışının santimetreye düşen "durum" sayısının kırmızı ışınınkinin iki katı olduğu (ya da bunun aksi) söylenebilir. Böylece Huygens'in homojen olmayan ya da polarize edici bir ortamda dalga kırılımının geometrisini ortaya koymuş olmasına karşılık Newton da dalga frekansı kavramını bulmuştu.

Newton'un optik alanındaki çalışmaları gerek o yıllarda gerekse kendi ölümünden sonra uzun süre tartışılmıştı. Bunun nedeni insanların beyaz ışığın sanıldığı denli saf olmadığını kabule yanaşmamalarıydı. Kırmızı ya da mavi ışıktan daha saf olduğunu düşündükleri beyaz ışığın tüm renklerin karışımı olduğu görüşü birçoklarını rahatsız ediyordu. Bunlardan biri olan büyük Alman ozanı Goethe bu görüşe bir ozana yakışır biçimde karşı çıkmış ve renklerin ışığın karanlıkla birleşmesinden oluştuğunu ileri sürmüştü. Goethe'ye göre beyaz ışık havadaki su buharından geçtiği zaman sarı ve kimi zaman da kırmızı ışınlar oluşmakta, uzayın karanlığına günışığının aydınlattığı bu su buharının içinden bakıldığı için de gökyüzü mavi görünmekteydi.

Nesnel olarak tanımlayabileceğimiz türde bir bilim adamı olan Newton'u ilgilendiren ışığın görülen değil, gerçek özellikleriydi. Goethe'nin yaklaşımı ise tümüyle özneldi. Newton'un "nesnel" optiğin, yani yanıtların bir fotoğraf filmi ya da bir foton sayacı yardımıyla alınabildiği optiğin temellerini atmakta olmasına karşılık Goethe "öznel"



Şekil 86. Newton'un *Opticks*'inden ışığın kırınımını gösteren çizim.

optikten yani gözle görülebilen yanıtların optiğinden yanaydı. Müzikte de bu biçimde iki farklı akustiğin varlığı söz konusudur: Bir çalgıdan çıkan ses ile çeşitli armonileri ayırdedebilen kulağın duyduğu ses aynı şey değildir. Bunun gibi göz ve görme işlevinde ona eşlik eden sinirsel mekanizmaların algıladığı ışık da gerçek ışıktan farklıdır.

Kırınım

Şekil 86'da dar bir delikten geçen ışığın oluşturduğu renklere ilişkin olarak Newton'un *Opticks*'inden alınmış üç örnek görüyorsunuz. Bunlar ışığın kırınımı olarak adlandırdığımız olgunun anlaşılma-

sına doğru atılan ilk adımları temsil etmektedir. İlk çizimin ortasında siyah bir benekle gösterilen engel ışınların eğrilmesine ve Newton'un görüşüne göre fiziksel anlamda kendisinden (engelden) uzaklaşmasına neden olmaktadır. Bu da herhangi bir yüzeye çarpan ışınların yansıyarak kısmen dağıldığını gösterir. Işığın üçgen biçiminde bir delikten geçirilmesi halinde üçgenin dar ucuna rastlayan ışınların diğerlerine kıyasla daha çok dağıldığı görülür. İlk kez Grimaldi tarafından saptanan bu gerçek insanların binlerce yıldan beri gözlemiş olmalarına karşın ne anlama geldiğini bilmedikleri optik olgulardan birini açıklamaya yaramıştır. Parlak bir ışığa bir tüyün, bir parça kumaşın ya da buna benzer bir şeyin arkasından baktığınız zaman kırınım adı verilen bu dağılmaları görebilirsiniz. Newton kırınımın temel özelliklerini, yani kırınım oranının ışığın içinden geçtiği deliğin darlığı ve ışığın niteliği ile bağlantılı olarak arttığını bulmuştu (Örneğin mavi ışık kırmızı ışığa göre daha fazla kırınıma uğrar). Newton deneylerinde kafes biçiminde delikli bir yüzey de kullanmış olsaydı kırınım teorisini bütünüyle tanımlayabilecekti. Işıkla ilgili araştırmalarını burada noktalayan Newton daha sonra bulgularını *Opticks*'de o denli kapsamlı bir biçimde ortaya koymuştu ki bunu izleyen yüz yılı aşkın bir sürede akromatik merceğin yapımı ve kullanımı dışında optik alanına kimse bir yenilik getirememişti. Hatta 1820'lerde Young ve Fresnel'in araştırmaları Newton'un ışığa ilişkin teorilerini tersyüz ettiği zaman bile bu yeni görüşler Newton'un saygınlığına ve *Opticks*'de açıklanan yasalara saldırı olarak görülecek ve bu nedenle ağır biçimde eleştirilecekti. Buna karşılık Young'un *Opticks*'den "durumlar" ve ışığın periyodikliği gibi örnekler vererek Newton'un tanecik teorisinden çok dalga teorisine eğilim gösterdiğini ileri sürdüğünü ve böylece davasını oldukça güçlü bir biçimde savunmayı başardığını da söylemeliyim.

Diğer yandan bilimin tarihinde çok sık görüldüğü gibi optik konusunda da insanların kuşku ve tereddütleri bir süre sonra yok olacak ve geriye anahatlarıyla da olsa sadece Newton doktrini kalacaktı. Newton'un kendisi ise konunun sonuna gelmiş olmadığının bilincindeydi ve bu nedenle de *Opticks*'in ikinci ve bugün esas alınan baskısının sonuna sekiz sorudan oluşan bir bölüm ekleyecekti. İnsanların

tüm yanıtları bulduklarını düşünmedikleri onyedinci yüzyılda yayınlanan bilimsel eserlerde bu tür sorulara çok sık rastlanır. Bir süre sonra yanıtlar o denli çoğalacaktı ki insanlar bilinenlerin yanısıra bilinmeyenlere de yer vermek gereğini artık duymayacak ve bu gelenek zamanla unutulacaktı, ama Newton'un yaşadığı dönemde bilim henüz herşeyin yanıtını verecek duruma gelmemişti. Bugün Newton'un sorularını inceleyecek olursanız bilmediklerinin de en az bildikleri denli, hatta kimi zaman daha da önemli olduklarını görürsünüz.

Newton'un zihninin nasıl çalıştığını ve bunun kendisini nereye götürdüğünü anlamamız için burada *Opticks*'in sorularından bazılarına yer vermek istiyorum. Işıkla ilgili bir soruyla başlamaktadır Newton:

> *Yolu üzerinde bulunan cisimler ışığı etkileyerek ışınların eğrilmesine neden olmazlar mı? Bu etkinin gücü en kısa mesafede en fazla değil midir?*

Gördüğünüz gibi Newton burada kırınım olgusunu sorgulamaktadır. Bunu izleyen iki soru şöyledir:

> *Birbirinden farklı biçimde kırınan ışınların esnekliği de farklı değil midir? Cisimlerin kenarlarından ve yanlarından geçen ışık ışınları bu sırada bir yılanbalığının hareketlerini andırır biçimde öne ve arkaya doğru birkaç kez kıvrılmazlar mı?*

Daha sonra Newton'un şunu sorduğunu görürüz:

> *Işık ve yolu üzerinde bulunan cisimler karşılıklı olarak birbirlerini etkilemezler mi? Cisimlerin ışığı kırması ve yansıtması gibi ışık da onların ısınmasını ve bu yolla bir tür titreşim yapmalarını sağlamaz mı? Ve bu titreşim ısı dediğimiz şey değil midir?*

Doğruyu söylemek gerekirse bunlar bugün bile teorik fizikçilerin yanıtlamaya çalıştığı türde sorulardır.

> *Siyah renkli cisimler diğerlerine kıyasla ışığın ısısını daha fazla soğurmaz mı? Ve bunun nedeni bu cisimlere çarpan ışınların geri yansıtılmayıp tam tersine içeri sızması ve sonunda yok olana dek içerde yansımayı ve dağılmayı sürdürmeleri değil midir?*

Bundan sonra Newton'un kimya alanına giren bir tahminde bulunduğunu görüyoruz:

Işık ile kükürt içeren maddeler arasındaki etkileşimin çok güçlü oluşundan dolayı bu maddeler diğerlerine kıyasla daha çabuk ateş almazlar ve daha şiddetli bir biçimde yanmazlar mı?

İlginç bir görüş değil mi?

Bunu izleyen sorularda ışık yayınımının çeşitli biçimleri ele alınmaktadır. O zamanlar insanlar doğal olarak hâlâ ateşin özelliklerini araştırmaktaydılar ama ilerde bu konuya ilişkin soruları yanıtlayacak olan kimya bilimi henüz fiziği oldukça geriden izliyordu.

Ateş ve ısı konularıyla ilgilenenler arasında kimi zaman beklenmedik isimlere rastalayabilirsiniz. Örneğin ünlü Fransız yazarı Voltaire çeşitli cisimleri büyük bir dikkatle ısıtıp tartarak bunların ısılarının soğuk ya da sıcak oluşlarına göre değişmediğini ve dolayısıyla da ısının cisimlerin içinde oluşan bir tür madde olmadığını saptamış ve bu konuda uzun bir makale yazmıştı. Newton'un çalışmalarının daha ilerde değineceğim ışık ve ısı etkileşimiyle ilgili bir yanı da şu soruda ifade bulmaktadır:

Büyük, katı ve sabit cisimler sıcaklıklarını en uzun süre koruyanlar değil midir? Ve sıcaklığı belli bir derecenin üstüne çıkarıldığı zaman böyle bir cisim bu yüksek sıcaklığın kendi içinde yansıması ve dağılması nedeniyle ışık yaymaya başlayıp böylece daha da çok ısınmaz ve sıcaklığı güneşinki gibi olana kadar da ısınmayı sürdürmez mi?

Newton burada maddelerin belli bir dereceye kadar ısıtılması durumunda ışık yaymaya başlayacaklarını ve bu noktadan sonra kendi kendilerini otomatik olarak ısıtmayı sürdüreceklerini anlatmaktadır. Bundan sonra ışığın ağtabaka üzerindeki etkilerine değinen ve böylelikle de fizyolojik optik alanına giren Newton'un sorularını şöyle sürdürdüğünü görüyoruz: "Seslerin uyumu ya da uyumsuzluğunun havadaki titreşimlerin özelliklerinden kaynaklanması gibi renklerin gösterdiği uyum ya da uyumsuzluklar da buna benzer biçimde optik sinirler tarafından beyine iletilen titreşimlerin niteliğine bağlı değil midir?" Aslında bu görüş çoğu kimseye akla yakın gelmiş olacak ki bu yönde çeşitli araştırmaların yapıldığını biliyoruz, ama sonunda bunun doğru olmadığı ortaya çıkacaktı. Bundan sonra dalga teorisini ele alan Newton ışığın çeşitli ortamlardaki yolculuğuna ilişkin düşüncelerini şu soruda dile getirmektedir:

Işığın kırılımı Eter ortamının farklı yerlerindeki farklı yoğunlukların sonucu değil midir? Ve ışık her zaman bu ortamın daha yoğun bö-

lümlerinden geri dönmez mi? Su, cam, kristal, değerli taşlar ve buna benzer diğer maddelerin içindeki Eter havanın ve diğer maddelerin olmadığı geniş boşluklarda daha yoğun olarak bulunmaz mı?

Burada Newton ışığın maddenin değil, Eterin yoğunluğundan etkilendiğini ve maddenin içinde bulunan Eterin boşluğu -uzayı- dolduran Eter denli yoğun olmadığını, buna bağlı olarak da ışığın katı ortamlarda daha hızlı hareket ettiğini ileri sürmektedir. Ondokuzuncu yüzyılda ışığın su ve katı maddeler içinde eriştiği hızların saptanması ile bu soru da yanıtlanmıştır.

Newton *Opticks*'de kas hareketlerinin özellikleri üzerinde de durmaktadır (Aslına bakılırsa fizik ve biyofizik alanlarına girip de şu ya da bu biçimde Newton'un eserlerinde ele alınmayan bir konu bulmak neredeyse olanaksızdır). Örneğin maddelerin birbirini tutma ya da birbirine yapışma eğlimine değinen Newton bu konuda şöyle der:

> *Herhangi bir maddenin çeşitli bölümlerinin yapışma, sürtünme ya da aşınmasından doğan direnç, maddenin daha küçük parçalara bölünmesiyle zayıflatılabilir... Diğer yandan bu direncin vis inertiae'den kaynaklanan bölümü maddenin yoğunluğu ile orantılı olduğundan bu yoğunluğun azaltılması dışında herhangi bir yolla zayıflatılması söz konusu değildir.*

Bu garip ama gerçek olgunun nedeni çok yüksek yönsel hızlardaki hareketlerle bağlantılı olarak ancak son zamanlarda anlaşılabilmiştir. Herhangi bir hareketin yönsel hızı çok yüksek değilse gösterdiği davranış ortamın özellikleri (Young modulus'u ya da diğer bir özellik) tarafından belirlenir. Buna karşılık yüksek yönsel hızlarda belirleyici etken yoğunluktur. Örneğin çok güçlü bir patlamanın yol açtığı yüksek hızdaki bir şok dalgasının içerdiği ince ve gevşek durumdaki tozun hareketi önüne çıkan kağıt mendil kadar ince bir engel tarafından 90 derecelik bir açıyla yolundan saptırılabilir.

Sorularını kimya ile bağlantılı olarak sürdüren Newton en sonunda atomun tanımlanması sorununa gelmektedir:

Cisimlerin en küçük parçalarının sahip oldukları ve onların davranışlarını yöneten birtakım özellikler yok mudur?... Bütün bunları gözönüne aldığım zaman bana öyle geliyor ki Tanrı başlangıçta maddeyi bölünemez, katı ve hareketli parçacıklardan yaratmıştır... ve yaratılışın ilk aşamasında ortaya çıkan bu parçacıklar daha sonra onlardan oluşan tüm cisimlere kıyasla o denli daha çok katıdır ki onlar gibi aşınmaları ya da parçalanmaları sonsuza dek olanaksızdır. Parçacıklar kendileri değişebilselerdi dünya yüzündeki her şeyin doğası ya da sahip oldukları özelliklerin de aynı biçimde değişmesi gerekirdi. Bu durumda parçacıklardan oluşan herşey gibi su ve toprak da başlangıçtaki özelliklerini koruyamazlardı. Doğanın değişmez ve sonsuz olması için de maddesel varlıklarda meydana gelebilecek değişimler ancak bu parçacıkların farklı biçimlerde birbirlerinden ayrılmaları, hareket etmeleri ve tekrar biraraya gelmeleri ile sınırlanmıştır. Parçacıklardan oluşan cisimler de böylelikle parçacıkların kendilerinin bölünmesiyle değil, birbirleriyle temas halinde oldukları noktalarda birbirlerinden koparak ayrılmaları ile bölünürler.

Newton'un bu sözleri Gassendi'nin atom tanımlaması ile neredeyse aynıdır ve bundan 2000 yıl önce Democritus'un bu konuda söylediklerinden de önemli bir fark göstermemektedir.

Öyle sanıyorum ki parçacıkların bu kuvvetten doğan pasif hareket ilkeleri ile bağlantılı bir vis inertiae'si bulunmasının yanısıra hareketleri de yerçekimi, maddelerde çürüme ve fermentasyonu sağlayan etkenler ve cisimlerin birbirine yapışması gibi aktif ilkelerden kaynaklanmaktadır. Kanımca bunlar doğadışı birtakım özellikler olmayıp tam tersine doğanın genel yasalarının ortaya çıkarttığı ilkelerdir ve bunların nedenlerini bilmesek de kanıtlarını doğal olgularda görmekteyiz. Aristotelesçiler doğadışılığı gözle görülen olgularda değil, maddenin içinde saklı bulunduğuna ve bu olguların bilinmeyen nedenleri olduğuna inandıkları özelliklerde aramışlar ve örneğin yerçekimi, manyetik ve elektriksel çekimler ve maddelerdeki fermentasyon gibi olguları bu tür nedenlere bağlamışlardır. Buna karşılık bizler bu gibi kuvvetlerin ve onların yol açtığı olguların bizim için daima bi-

linmez olarak kalacak nedenlere bağlı olduklarını düşünmemeliyiz. Doğadışı olguların varlığına inanmanın doğa felsefesinin gelişimini engelleyeceği artık anlaşılmış bulunduğundan bir süreden beri bu olasılığa yer verilmemektedir. Dünya yüzündeki her tür canlı ya da cansız varlığın kendisini etkileyen ve davranışını yönlendiren doğadışı bir özelliğe sahip bulunduğunu söylemek hiçbir şey söylememektir. Buna karşılık doğal olgulardan bazı genel ilkeler çıkarılması ve bu ilkelerin tüm madde biçimlerinin özellik ve davranışlarını nasıl etkilediğinin açıklanması (bu ilkeleri ortaya çıkaran nedenler bilinmese bile) doğa felsefesinin kusursuzluğa eriştirilmesi yolunda atılmış çok önemli bir adım olacaktır. Şimdi bu ilkelerin ışığında maddenin yukarda değinilen katı ve bölünemez parçacıklarından meydana geldiğini ve bu parçacıkların yaratılışın başlangıcında çeşitli biçimlerde biraraya gelerek her tür maddeyi oluşturduklarını kabul etmek zorundayız. Bu parçacıkları yaratan güç bunların hangi biçimlerde biraraya geleceklerini ve neleri oluşturacaklarını da belirlemiştir. Bu durumda dünyanın başlangıcı için başka bir açıklama aramak, bunun bir kaosun sonucunda ortaya çıktığını ya da sadece doğa yasalarının eseri olduğunu ileri sürmek felsefenin ilkelerine aykırı bir davranış olur. Diğer yandan bir kez yaratılış tamamlandıktan sonra evrenin ve içindeki herşeyin bu yasalarla yönetildiği ve bundan sonra da sonsuza dek böyle olacağı düşünülebilir. Zira örneğin kuyrukluyıldızların her tür konum ve hareketi gösterebilmesine ve bunların önceden bilinmesinin olanaksız olmasına karşılık tüm gezegenlerin birbirine benzeyen düzenli biçimlerde hareket etmelerinin nedeni rastlantı olamaz. Gezegen sisteminin bu şaşmaz düzeninde bir seçimin rol oynamış olması gerekmektedir.

Matematikte olduğu gibi doğa felsefesinde de sorunların analiz yolu ile çözülmesi doğru olur. Bu analiz, deney ve gözlemler yapılması ve bunlardan sonuçlar çıkarılması şeklinde gerçekleştirilmeli ve bu sonuçlara uymayan görüşler -eğer deney ve gözlemlere dayanmıyorlarsa- gözönüne alınmamalıdır, zira deneysel felsefede varsayımlara yer yoktur. Hernekadar bir tartışmada deney ve gözlem sonuçlarına dayanan görüşlerin değişmez yasalar olarak kullanılması doğru değilse de bu tür sonuçlarla desteklenmeyen görüşlere dayanan bir

tartışmanın yararsızlığı düşünülecek olursa bunun yine de en iyi yöntem olduğu görülebilir. Analiz yolu ile tümden parçalara, hareketten onu ortaya çıkaran kuvvetlere ve özel nedenlerden daha genel nedenlere varılabilir.

Kitap bir filozofa yakışır bir uyarı ile bitmektedir. Aşağıda okuyacağınız son paragrafı buraya alışımın nedeni bunun Newton'un basılmış eserlerinin sonuncusunun son cümlelerini içermek gibi bir özellik taşımasıdır:

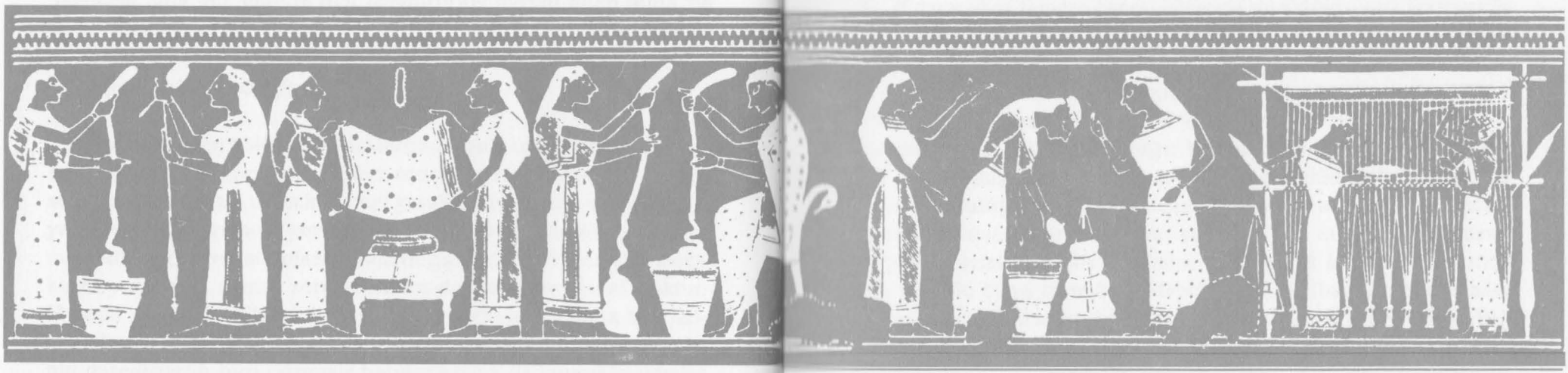
Ve bu yöntemle doğa felsefesinin kusursuzluğa eriştirilebildiği gün ahlaki felsefenin sınırları da genişletilmiş olacaktır, zira o zaman Yaratıcı'nın ne olduğunu, üzerimizde nasıl bir etkisi bulunduğunu, O'nun bize neler verdiğini ve bizim de gerek O'na gerekse birbirimize karşı ne gibi sorumluluklar taşıdığımızı doğanın güçlü ışığı altında açıkça görebileceğiz. Kuşkusuz ki geçmişte yanlış Tanrılara inananlar bu nedenle gerçeklere gözlerini kapatmamış olsalardı, kendilerinden sonra gelenlere ruhun bir bedenden diğerine geçmesi gibi boş inançları ve Güneş'e, Ay'a, ölmüş insanlara tapmayı aşılamak yerine gerçek Yaratıcıya inanmayı öğretebilirlerdi.

Newton'un Felsefesi

Newton'un bu bölümde örneklerini görmüş olduğunuz genel felsefesi iki açıdan ilgi çekicidir. Bilim açısından ele aldığımızda bu felsefe bize Newton'un evreninin belli yasalarla yönetilen ama değişim ya da evrim kavramına yer vermeyen bir evren olduğunu göstermektedir. Bu evren atomlarına dek değişmezliğini korur zira Doğa kendi yasalarına uymak zorundadır ve değişmesine olanak yoktur. Newton felsefesinin ikinci özelliği ise herşeyin başlangıçta belirlenmiş olduğu ilkesine sadık kalmasıdır. Burada ilginç olan bu felsefenin gezegenlerin bazı düzensiz hareketleri ya da kuyrukluyıldızlar gibi bazı istisnaları da içermesidir. Newton'dan yaklaşık yüz yıl sonra Laplace *Gezegen Sistemi*'nde istisnalara gerek olmadığını, çekim-

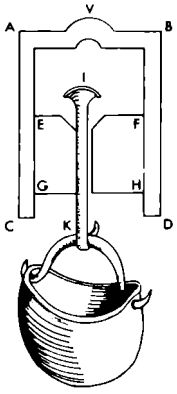
sel koşulların doğru biçimde tanımlanmış bulunması durumunda herşeyin yerli yerine oturacağını göstermiştir. Napoleon Laplace'a "Teorinizde Tanrıya yer vermemiş olduğunuzu görüyorum" dediği zaman şu yanıtı almıştı: "Bu varsayıma gerek duymadım."

Gerçeği söylemek gerekirse Newton'un felsefesi temelde tutucu bir felsefedir. Örneğin Newton tüm gezegenlerin aynı biçimde hareket ettiklerini ve bunun ancak önceden belirlenmiş bir düzen içinde gerçekleşebileceğini düşünmekteydi. Bundan yaklaşık elli yıl sonra Kant ve yüzyıl sonra Laplace gaz ve tozdan oluşan bir diskin de eliptik bir biçim alabileceğini ve yörüngesinde giden bir parçacık gibi diğer herşeyin de bu biçimde yol almak zorunda olduğunu kanıtlayacaklardı. Newton'un elementler konusunda buna benzer bir görüşü vardı: Elementleri ya da atomları değişmez olarak görüyordu ve bir bakıma da haklıydı (Atomlar değişirse atomlardan oluşan herşeyin de değişmesi gerekir). Bir oksijen çekirdeğini onu oluşturan dört helyum çekirdeğine ayırırsanız o artık oksijen değildir. Diğer yandan Newton'un Güneş sisteminin bir geçmişi olduğu (ve bir yerde değindiği gibi bir hayvanın bedeninin sağ ve sol yanlarının aynı olması gerektiği) gibi kavramlarının Darwin tarafından bir adım daha ileriye götürülmesi için aradan 150 yılın geçmesi gerekecekti.



Buhar Makinesinin Gelişimi ve Isı Teorisi

Bu bölümde fiziğin astronomi gözlemlerinin kusursuzlaştırılması ve bunlardan doğru sonuçların elde edilmesi olan ilk amacı üzerinde duracağım. Bundan önceki bölümde ele aldığım optik araştırmalarının ve Newton'un bu alandaki deneylerinin başlıca hedefi de doğru gözlemlerin yapılmasına yönelik olarak teleskopun kusursuzlaştırılmasıydı ve bilimin bu aşamasında gerek optiğin gerekse mekaniğin en önemli matematiksel temelleri atılmıştı. Diğer yandan bu dönemde ortaya çıkan ve özellikle uygulama açısından değer taşıyan bilimsel gelişmeler şimdiye dek değinmemiş olduğum diğer bir alanda gerçekleşecekti. Önceki bölümlerde anlattığım tüm yeni buluşlar uygulamada astronomi ve denizcilik alanı dışında kimseye bir yarar sağlamıyordu. Bu dönemin sonunda Bilimsel Devrimi Endüstri Devrimine bağlayan ilk önemli buluş ortaya çıkmıştır. Bu buluş temelde madencilik alanı ile bağlantı olup maden ocaklarında biriken suyun boşaltılmasını sağlayan yeni bir yöntemle bağlantılıdır. Daha önce de değinmiş olduğum gibi madencilikte en büyük sorun maden cevheri ya da kömürün çıkarılması değil, ocakta biriken suyun boşaltılmasıdır. Herhangi bir ocaktan çıkarılan madenin yanısıra bunun yirmi katına kadar varan ağırlıklarda suyun dışarı atılması gerekir.



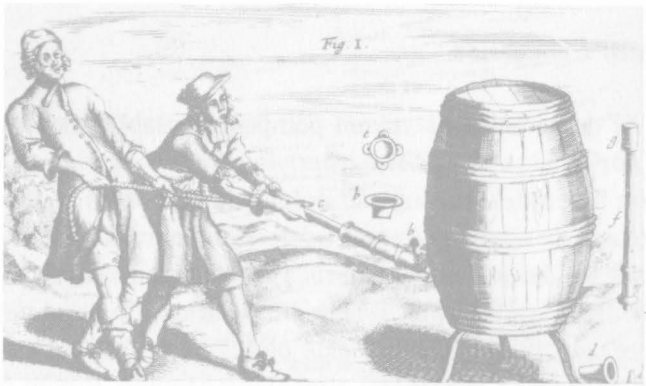
Şekil 87. Galileo'nun vakumun oluşmasına karşı direnci ölçme deneyi için yaptığı alet. İçi boş silindir (AD) içinde yer alan tahta pistonun (EH) üzerindeki boşluğa su konmakta, çengele asılı kova ise ağırlaşıp aşağı inmeye başlayana dek kumla doldurulmaktadır.

Bundan önceki bölümlerde bu amaçla başvurulduğunu görmüş olduğumuz yöntemlerin tümü su gücüne dayanmaktaydı ve anımsayacağınız gibi güçlü akarsulara adım başında rastlanmayan İspanya gibi ülkelerde bu yöntemlerden doğal olarak istenen sonuç alınamıyordu. Ülkenin büyük bir bölümünün ortalama deniz seviyesinin altında olduğu Hollanda başta olmak üzere dünyanın birçok yerinde tulumbalar yeldeğirmenlerinin yardımıyla çalıştırılıyor, ama rüzgârın güvenilmez oluşu nedeniyle sorun tam olarak çözümlenemiyordu. Dolayısıyla da en önemli gereksinim alternatif bir güç kaynağının bulunmasıydı. Emme işlevli sıradan bir tulumbanın erişebileceği en büyük derinlik yaklaşık on metreydi ve bundan daha derindeki suların çekilebilmesi için biri ocağın içindeki suyu bu amaçla açılmış bir kuyuya doldurmaya, diğeri de kuyudan yüzeye çıkartmaya yarayan iki ayrı tulumbanın kullanılması gerekiyordu. Bu durumda ya iki tulumba ayrı kişilerce çalıştırılıyor ya da ikisini birbirine bağlayan bir düzeneğe gerek duyuluyordu. Doğal olarak her iki durumda da belli bir zaman ve enerji kaybı söz konusuydu. Bu gibi durumlarda herzaman olduğu gibi yine Galileo yardıma koştu ve "iki yeni bilim" ini seferber ederek 1630 yılında soruna bir çözüm buldu; daha doğrusu bulduğunu sandı. Yeterli bir uzunluktaki (örneğin 15 m.) bir boruyu toprağın içine gömmeyi ve buna bağlı bir tulumbayı çalıştırmayı (ki bu oldukça güç bir işti) deneyen Galileo, tulumbadan hiç su akmadığını gördü ve bunun nedeninin borunun içinde oluşan su sütununun belli bir yüksekliğe eriştiği zaman suyun gerilme direncinin sınırlı oluşu nedeniyle "kopması" ve böylelikle de suyun gerisingeri ocağın içine akması olduğu sonucuna vardı.

Vakum Pompası

Şekil 87'de gerçekte ilk vakum pompası sayılabilecek olan bir sifon düzeneği görülmektedir. EFGH harfleriyle gösterilmiş olan parça piston olup bunun üzerindeki boşluğa su doldurulmakta, koni biçimindeki valfe bağlı kovaya da ağırlık sağlamak üzere kum konmaktadır. Bundan sonra yapılacak şey kovanın hangi ağırlığa eriştiği zaman aşağıya doğru inmeye başladığını saptamaktır. Galileo bu yolla su sütununa ne olduğunu göstermeye çalışıyordu ama gerçekte ölçtüğü şey (suyun pistonun çevresinden sızmasını saymazsanız) atmosferik basınçtı. Bunun ötesine geçemeyen Galileo'nun tasarımladığı bu ilk vakum pompasının gerektiği gibi çalıştığı söylenemez. Buna karşılık 1644 yılında Galileo'nun öğrencilerinden Evangelista Torricelli (1608-1647) su yerine ondan yaklaşık 14 kat daha ağır olan civayı ve ustasının içinde ne olup bittiği görülemeyen sifonunun yerine de cam bir boruyu koyarak gerçekleştirdiği benzer bir deney sonucu ilk civalı barometreyi bulacaktı. Bu deneyde Torricelli civanın suyun 9 m. lik çekimsel yüksekliğine karşılık gelen 75 cm.'ye çıktığını ve bunun üzerinde bir boşluğun kaldığını gördü. İçinde hava bulunması olanaksız olan bu boşluk büyük tartışmalara neden olacaktı zira böylece eskilerin şiddetle yadsımış olduğu birşeyin, yani bugün "vakum" olarak adlandırdığımız kavramın doğruluğu kanıtlanmış oluyordu. Doğanın boşluktan nefret ettiği söylenir; oysa Torricelli'nin deneyi bu nefretin göreceli olduğunu ve doğanın 75 cm. yüksekliğinde civa ya da 9 m. yüksekliğindeki su karşısında pes etmek zorunda kaldığını göstermişti. Torricelli gerçekte doğanın boşluktan nereye kadar nefret edebildiğini değil, suyu ya da civayı yukarı doğru iten atmosfer basıncını ölçmüş ve 9 m'lik bir su ya da 75 cm'lik bir civa sütununun bu basıncı aşağı-yukarı dengelediğini bulmuştu.

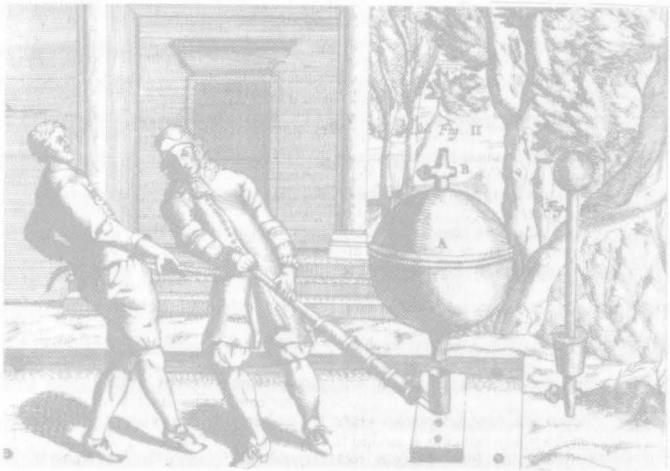
Bu ilk barometreydi ve doğal olarak gösterdiği gerçek koşulluydu: deniz seviyesinden yüksekte civanın 75 cm'nin altında kalması gerekiyordu. Blaise Pascal (1623-1662) Torricelli'nin çalışmalarını bir adım daha öteye götüren ünlü deneyini 1648 yılında gerçekleştirdi. Orta Fransa'daki Puy-de-Dome dağı yakınlarında yaşayan kayınbiraderi Florin Perier'nin aracılığı ile yürüttüğü bu "uzaktan kumandalı" deneyde Pascal kayınbiraderinden civalı bir barometreyi dağın eteğinde bırakmasını, diğerini ise



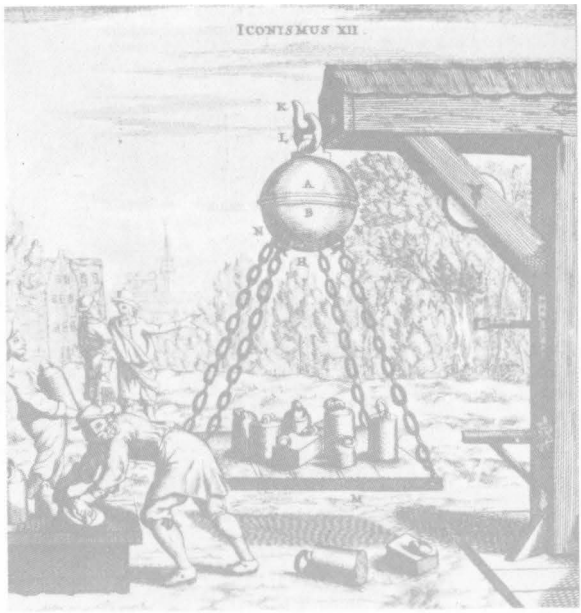
Şekil 88. Von Guericke'nin tahta bir tıçının içinde vakum oluşturma girişim. *Experimenta Nova*, Amsterdam, 1672.

doruğa çıkarmasını istemişti. Barometrelerin gösterdiği atmosferik basınçlar arasındaki farklılık dağın yüksekliğindeki hava sütununun ağırlığına karşılık gelmekteydi. Bekleneceği gibi barometre bundan sonra meteoroloji biliminin temel aracı olacak ve yorumlanması ile ilgili farklı yöntemlerin ayrıntıları dışında günümüze dek değişmeden gelecekti. Buna karşılık barometrenin bilime en büyük katkısı kuşkusuz ki vakumun varlığını tartışmaya yer bırakmayacak biçimde kanıtlamış olmasıdır.

Bu dönemde, yani onyedinci yüzyılın ilk yarısında Avrupa'da Otuz Yıl Savaşları sürmekteydi. Bu savaşlarda kullanılan çeşitli silahları ge-

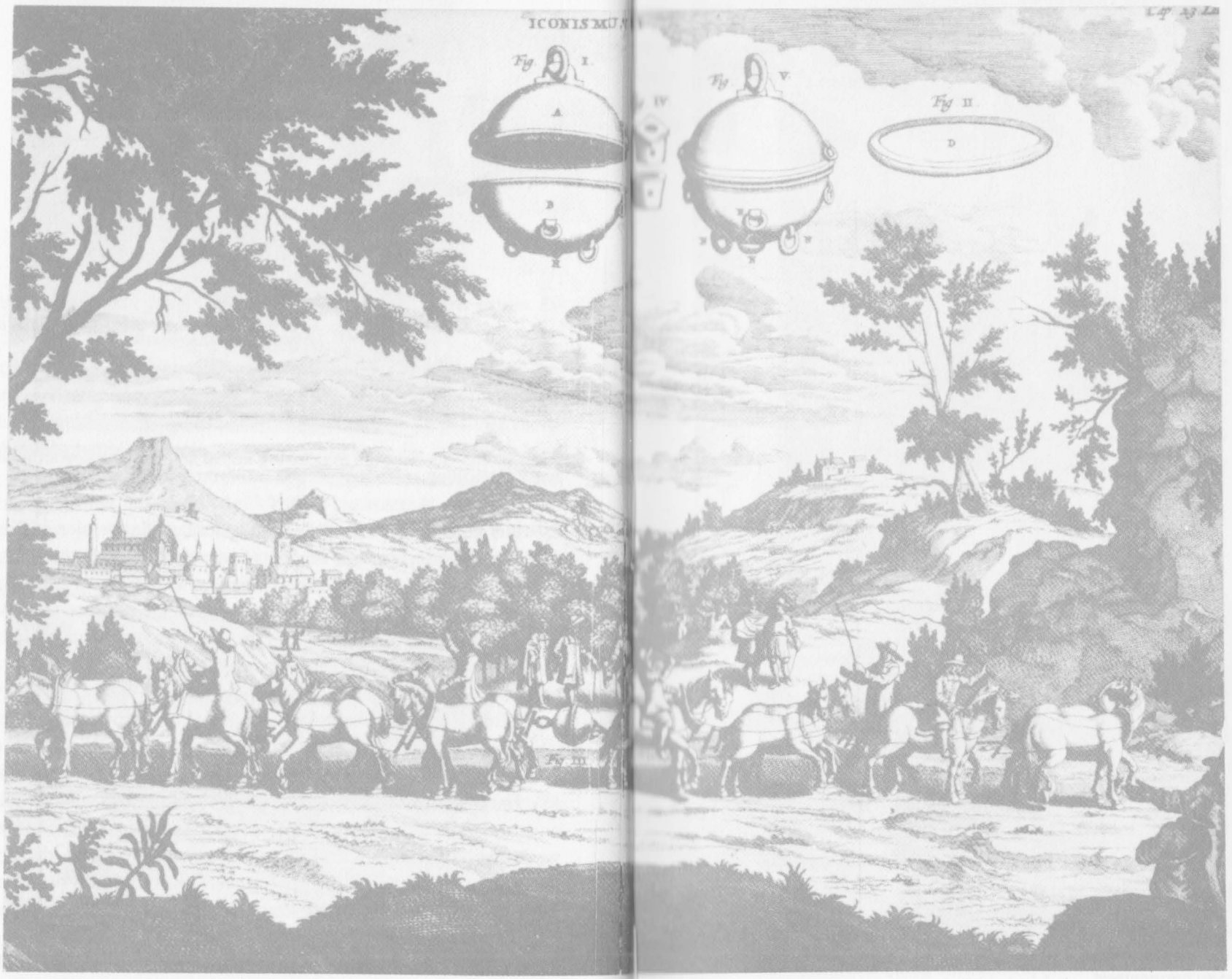


Şekil 89. Von Guericke'nin metal bir küre içinde vakum oluşturma girişimi. *Experimenta Nova*'dan.

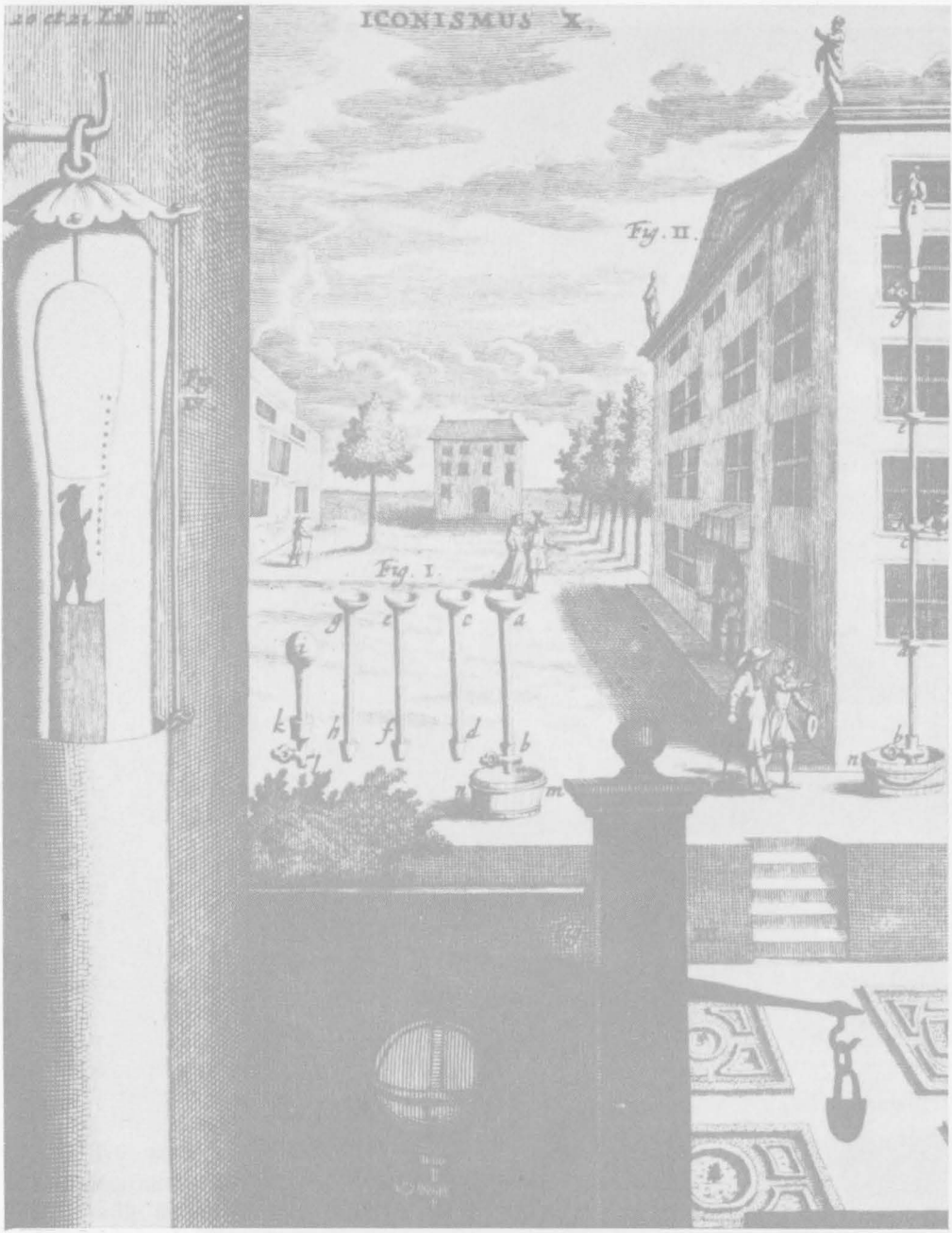


Şekil 90. Von Guericke'nin Magdeburg küresi ile yaptığı deneylerden biri. *Experimenta Nova*'dan.

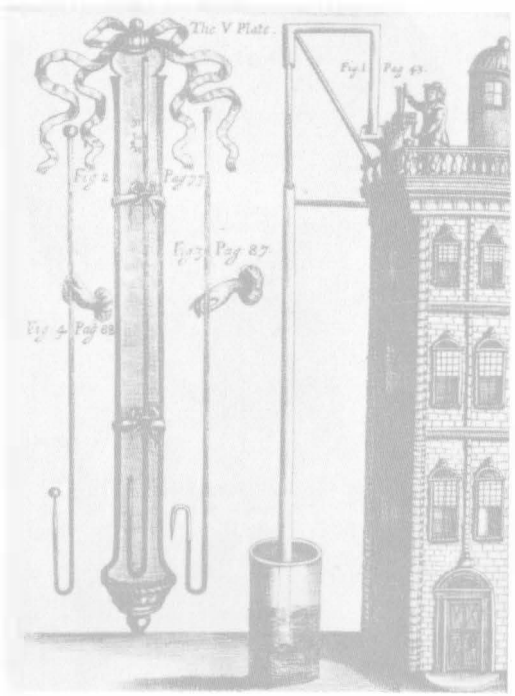
liştirmiş ve bu işten önemli ölçüde kazanç sağlamış olan kişiler arasında savaşta yerle bir olan ve sonradan yeni baştan inşa edilen Magdeburg kentinin Belediye Başkanı Otto von Guericke de bulunmaktaydı. Protestanları destekleyen von Guericke İsveç Kralı Gustavus Adolphus tarafından Başkomutanlığa atanmıştı. Bilimle yakından ilgilenen ve Tycho Brahe gibi bilimsel araştırmalar için harcayacak bol parası bulunan von Guericke vakum oluşturmaya yönelik bazı deneyler yapmaktaydı. Bu amaçla önce tahta bir fıçının suyla doldurulması, sonra da suyun dışarı pompalanması ile fıçının içinde vakum oluşacağını düşünen von Guericke bu işin sandığı kadar kolay olmadığını görecekti (*şekil 88*). Herşeyden önce suyun pompayla fıçıdan boşaltılması çok güç olmuştu, üstelik daha suyun yarısı ancak boşaltılmışken von Guericke ve yardımcısı fıçının tahtaları arasındaki çok ince boşluklardan içeri hava dolduğunu farkettiler. Suyun pompalanması bittiğinde fıçı tümüyle havayla dolmuştu. Bu başarısızlıktan yılmayan von Guericke bu kez su dolu fıçıyı daha büyük diğer bir fıçının içine yerleştirerek deneyi tekrarladıysa da bu, boşaltılan suyun yerine havanın dolması sürecini biraz da-



Şekil 91. Von Guericke'nin vakumun gücünü gösteren ünlü deneyi. *Experimenta Nova*'dan.



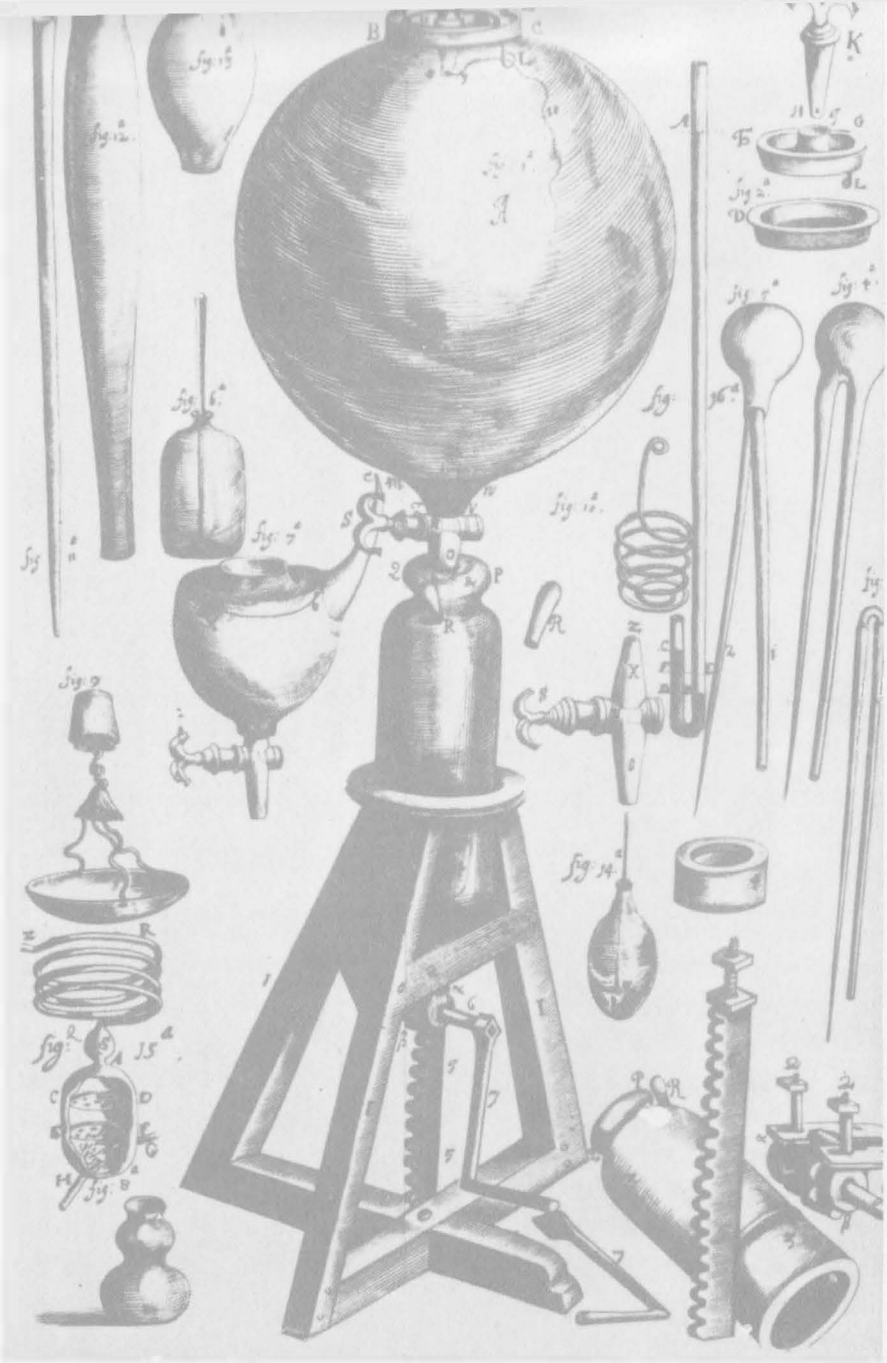
Şekil 92. Von Guericke'nin atmosfer basıncıyla ilgili iki deneyi: Havanın ağırlığının ölçülmesi ve su barometresi



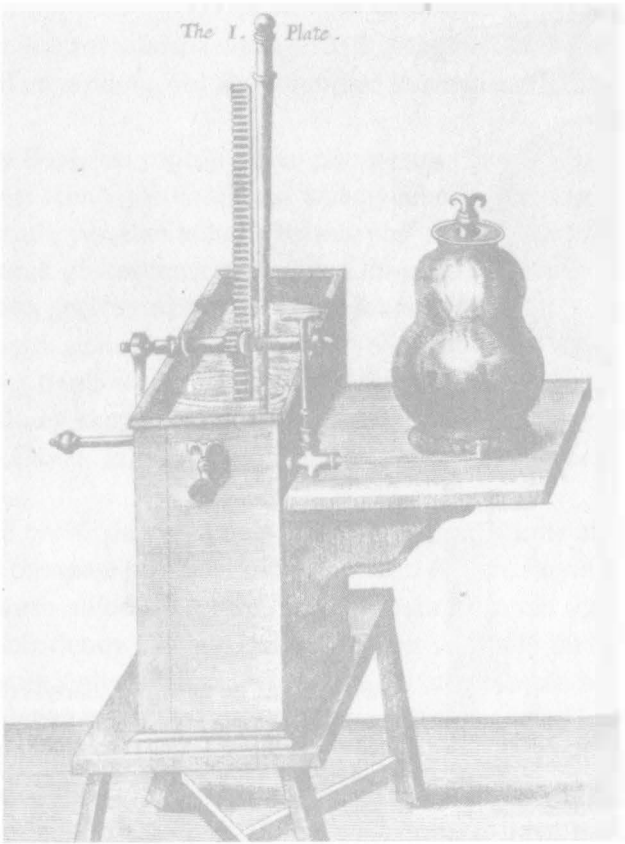
Şekil 93. Boyle'un " hava yayları" ile ilgili deneyleri. A *continuation of New Experiments...*, Oxford, 1669.

ha uzatmaktan başka bir işe yaramadı. Bundan sonra fıçı yerine ince bakırdan yapılmış bir küreyi deneyen von Guericke ve yardımcısını daha da büyük bir düş kırıklığı bekliyordu: İçindeki su boşaldıkça küre içeri doğru göçmeye başlamış ve patlamış bir balon gibi buruşup kalmıştı. Sonunda iki parçadan oluşan kalın bronzdan yapılmış bir küreyle deneyin başarıya ulaşması sağlanabildi. Ayrıca von Guericke bu kez kürenin pompadan kolaylıkla ayrılabilmesini sağlayan ve istediği gibi açıp kapayabileceği bir vana da eklemeyi akıl etmişti (*Şekil 89*).

İşin kolayını bulan von Guericke bundan sonra içlerinde vakum oluşturmayı başardığı küreleriyle çeşitli deneyler yapmaya başladı. Bu deneylerin biri *Şekil 90*'da gördüğünüz gibi bir kancaya asılan küreye zincirlerle bağlı olan tahta platforma ağırlıklar koyarak kürenin iki parçasının birbirinden hangi noktada ayrıldığını saptamak ve böylece atmosferik basıncı ölçmek amacını taşıyordu.



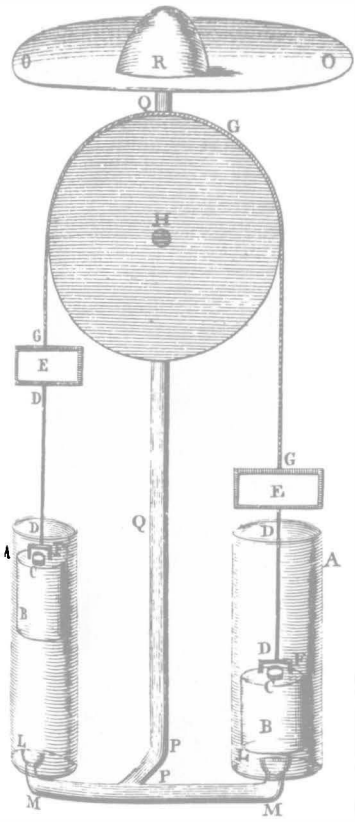
Şekil 94. Boyle'un hava pompası ve cam küreden oluşan düzeneği.



Şekil 95. Boyle'un ikinci hava pompası.

Şekil 91'de von Guericke'nin İmparator'un önünde yaptığı ünlü gösteriyi temsil eden bir resim bulunmaktadır. Gördüğünüz gibi "Magdeburg küreleri" olarak tanınan kürelerden birinin her iki yarısının da ters yöne giden sekizer ata çektirilmesi ve bu yolla kürenin açılmasına çalışılmasından oluşan bu gösteri vakum gücünün beygir gücüne üstünlüğünün kanıtlanması ile sonuçlanmıştı.

Şekil 92'de von Guericke'nin atmosfer basıncı ile ilgili deneylerinden birini daha görebilirsiniz. Bu resimde iki şeye dikkatinize çekmek istiyorum: Birincisi resmin sol alt bölümünde yer alan küçük küredir. Kancaya asılı bir ağırlık tarafından dengede tutulan küre altındaki va-



Şekil 96. Boyle'un ayak pedallarıyla (EE) çalıştırılan üçüncü hava pompası. O tablası üzerindeki R yarıküresinin içindeki havanın boşaltılması ile vakum oluşturulmaktaydı. *The Works of R. Boyle*, 1772

na açıldığı zaman hava ile dolarak ağırlaşır ve aşağı iner. Bu deneyin amacı havanın ağırlığını ölçmekti. Resimdeki diğer ilginç öğe de sağ üst köşede yer alan ve beş katlı bir yapı yüksekliğinde olan bir su barometresidir. Bu alet çok hassas olmasına karşın suyun buharlaşması nedeniyle fazla güvenilir değildi. Resmin solunda ise su barometresinin üst kısmında bulunan ve suyun üstünde yüzen bir mantarın üzerine yerleştirilmiş bir insan figüründen oluşan göstergenin büyütülmüş halini görmektesiniz.

Şekil 93'te bu kez Robert Boyle tarafından yapılmış bir su barometresi ve bunun yanında diğer bir tür barometre daha görülmektedir. Kimya biliminin kurucusu olarak kabul edilen Boyle'un laboratuar deneylerinde kendisine "yardım eden" Robert Hooke daha sonra Boyle'den ayrılarak kendi başına çalışmaya başlamıştı. Bu noktadan son-

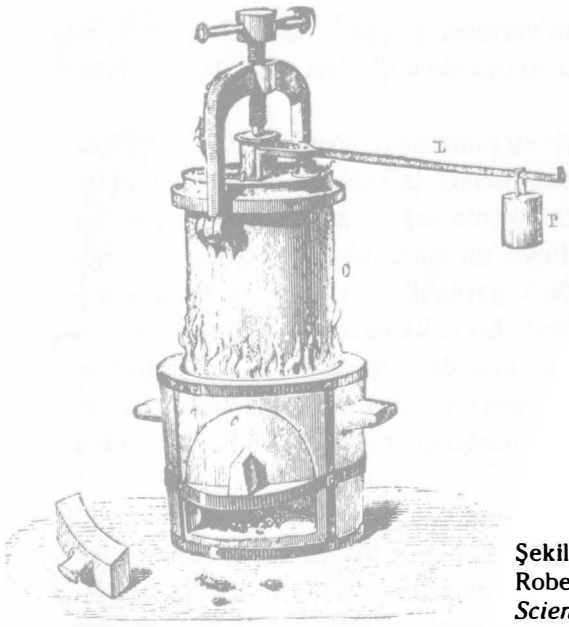
ra Boyle'un araştırmalarına son vermesi gerçekte tüm deneylerin Hooke tarafından yapılmış olduğu yolundaki kuşkuları doğrular niteliktedir.

Şekil 94 Boyle'un yaptığı bir su pompasını göstermektedir. Bu kez vakum küresi içinin görülebilmesi amacıyla kalın camdan yapılmıştır. Kürenin altında yer alan silindir resmin sağ alt köşesinde parçalarına ayrılmış olarak gösterilmiştir. Boyle'un küresinin ilginç yanı üstte bulunan ve hava geçirmez biçimde kapatılabilen kapaktır. Buradan kürenin içine çeşitli şeyler koyan Boyle bu yolla vakum ortamında canlıların yaşaması denli ateşin yanmasının da olanaksız olduğunu göstermiştir. Bu deney kimya alanında hava ve gazların özelliklerinin saptanmasını amaçlayan araştırmaların başlangıcını oluşturması yönünden önem taşır.

Şekil 95 ve 96 'da yine Boyle tarafından geliştirilmiş olan iki farklı türde hava pompası görülmektedir. Bunların ilkinde Boyle armut biçimindeki fanusu silindirden tümüyle ayırmıştır. Kürenin içinde fare ya da benzeri bir deney hayvanı bulunmaktadır ve Boyle bu kez havanın geri kaçmasını önlemek için pompasına içi su dolu bir havuzcuk da eklemiştir. İkinci şekilde ise temelde atmosferik basınca karşı koymanın güçlüğünü göstermektedir. İki silindiri birbirine bağlayan ayak pedalının çalıştırılması ile üstte gördüğünüz fanusun içindeki hava boşaltılıyor ve silindirlerin birbiri ile dengelenmesi hava basıncını kısmen azaltmaya yarıyordu. Bu resim yirminci yüzyıla gelene dek vakum pompalarının almış olduğu son şekli göstermektedir. Bundan sonra Boyle kendi adını taşıyan yasaya temel oluşturacak araştırmalarını başlatacaktı.

Hava Yayı

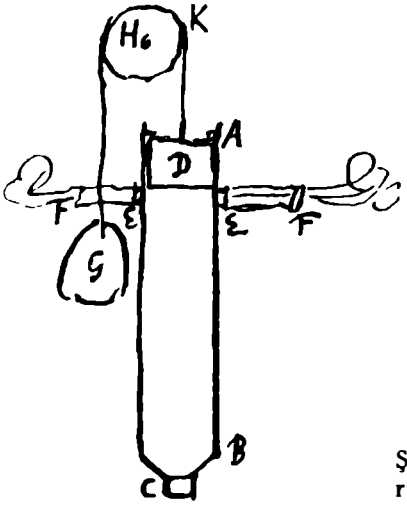
Hava pompasının çalıştırılmasıyla ilgili olarak Boyle'un "hava yayı" adını vermiş olduğu bir kavrama değinmek istiyorum. Hava pompasının içindeki pistonun hareketi sırasında havanın sıkışması ya da dışarı çekilmesine bağlı olarak pistonun ileri-geri sıçradığını gören Boyle bunun havadaki her bir parçacığın dış kuvvetler tarafından sı-



Şekil 97. Papin'in düdüklü tenceresi. Robert Routledge, *A Popular History of Science*, 1881.

kıştırılmasını sağlayan küçük yayların varlığından kaynaklandığını düşünmüş ve bu hava yaylarını ölçmeye çalışmıştı. Bu amaçla yaptığı araştırma temel fizik öğrenimi sırasında herkesin tanıştığı türden klasik deneylere dayanıyordu. U biçimindeki cam bir tüpün bir ucundan değişen miktarlarda civa döken Boyle tüpün her iki kolu içindeki civanın yüksekliğini ve havanın hacmini dikkatle ölçmüş ve çıkan sayıları birbiriyle karşılaştırmak yoluyla birtakım sonuçlara varmıştı. Böylece basınçla hacmin çarpımının değişmez kaldığını gören Boyle bu deneylerinde hep aynı sıcaklığı kullandığı için ünlü yasasının temelini oluşturan bu kuraldan öteye geçmemiştir.

Boyle Yasası salt fiziksel nitelikleri ile ilk fizik yasasıdır -diğerlerinin tümü temelde matematiğe ya da en fazla mekaniğe dayanırlar. Bu yüzden de Boyle Yasasına ilişkin açıklama ilk anda göze çarpacak gibi değildir ve ancak ondokuzuncu yüzyılın son çeyreğinde James Maxwell tarafından formüle edilebilmiştir. Yasanın ortaya çıkışını hazırlayan deney ve hesapları yapan Boyle ise bu yoldan gazların sıkıştırılabilirliğini kanıtlamış ve bu bilgiyi bilimin hizmetine sunmuştur. İnsan-

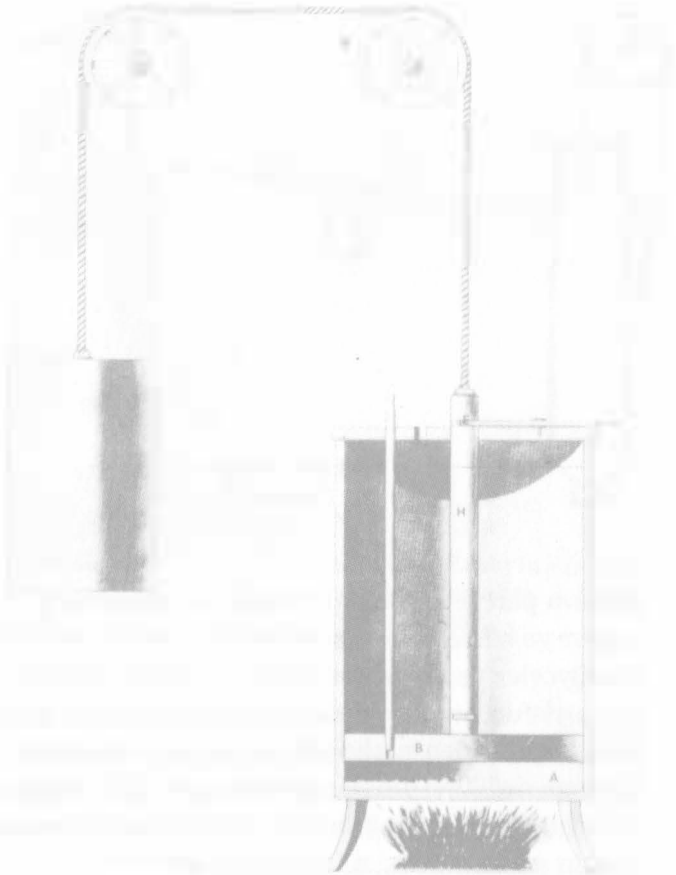


Şekil 98. Huygens'in ilk içten yanmalı motoru. *Oeuvres Completes*, 1897.

lar geçmişte hava parçacıklarının üzerinde gerçekten de küçük yayların bulunduğunu ve bunların parçacıkları birbirinden ayrı tutmaya yaradığını düşünüyorlar ve Boyle gibi bunları ölçmeye yönelik deneyler yapıyorlardı. Boyle'un bu deneylerinden önce de özellikle tulumbaların çalıştırılması için sudan başka bir güç kaynağı bulunması gereksinimi duyulduğuna değinmiştim. Bu gereksinimle ilgili olarak onyedinci yüzyılda "suyun ateşle boşaltılması" olasılığı araştırılmaya başlanmıştı, zira ateşin ya da sıcaklığın çok büyük bir güç olduğu biliniyordu. Vakum kavramı yerleştikten sonra ateşten yararlanarak bir vakum oluşturulması ve daha sonra vakumun ortadan kaldırılması ile suyun toprağın altından yukarı çekilmesi olasılığı üzerinde durulmaya başlandı.

Denis Papin

Bir süre Christiaan Huygens'le birlikte çalışan Fransız fizikçi Denis Papin (1647-1712) Huygens'in su pompasının yapımına yardım etmiş ve bu sırada suyun ve diğer sıvıların kaynama işlevi ile ilgilenmeye başlamıştı. Papin ölümünden ancak ikiyüzyıl sonra yaşama geçiri-



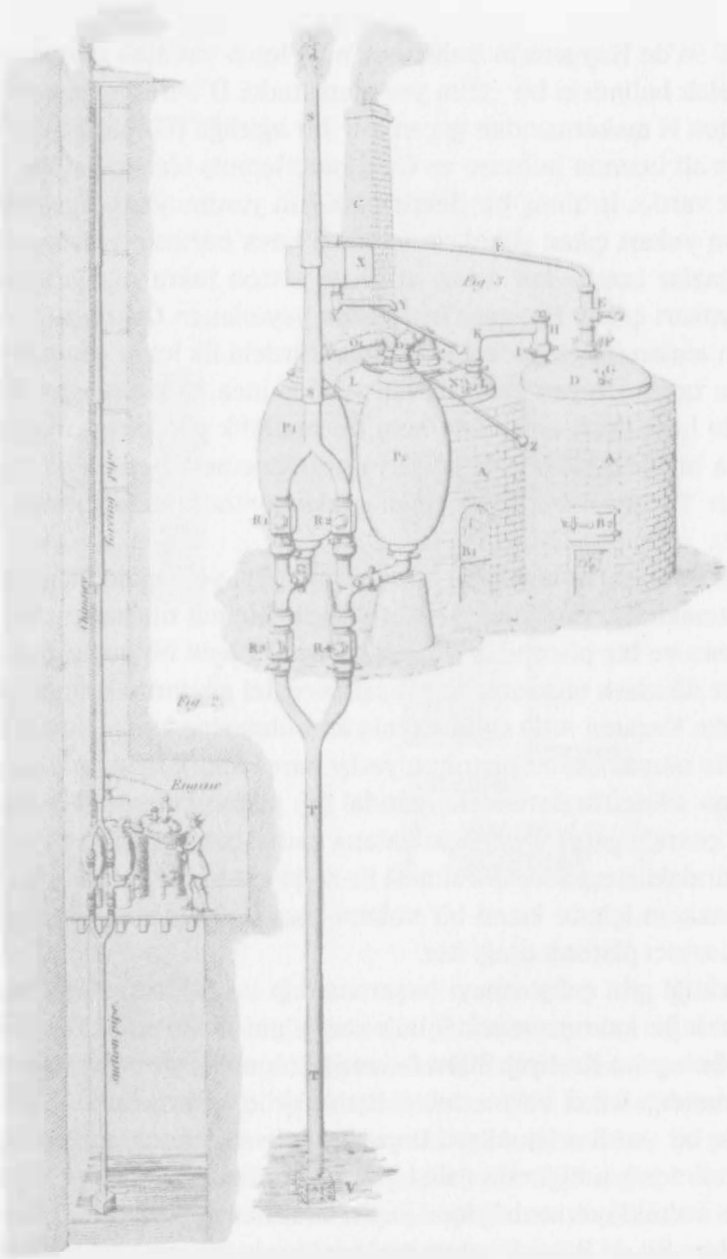
Şekil 99. Papin'in buhar makinesi.

lebilecek bir buluşun -bildiğimiz düdüklü tencerenin- babasıdır. *Şekil 97*'de gördüğünüz ve Papin'in sindirim işlevinden esinlenerek "sindirici" adını vermiş olduğu bu ilk düdüklü tencere kalın demirden yapılmıştı ve kapağı elle çevrilerek sıkıştırılan bir mandal ve iki yanda yer alan güçlü kıskaçlarla kapatılıyordu. Daha da ilginci Papin'in "sindirici"sine içinde oluşan buharın etkisiyle patlamasını önlemek için eklediği kendi buluşu olan emniyet süpabıydı. Papin'in bu ilk düdüklü tencereyi izleyen ve buhar basıncının çeşitli amaçlarla kullanımını öngören diğer buluşlarında da emniyet süpabını unutmadığı görülür.

Şekil 98'de Huygens'in buluşu olan ilk içten yanmalı motoru gösteren taslak halindeki bir çizim yer almaktadır. D harfiyle gösterilmiş olan piston H makarasından geçen iple bir ağırlığa (G) bağlıdır. AB silindirinin alt ucunda bulunan ve C ile işaretlenmiş olan kapsülün içinde barut vardır. Isıtılmış bir demir çubuğun yardımıyla barut patlatılır, piston yukarı çıkar, silindirin içindeki hava barutun yanmasından oluşan gazlar tarafından dışarı atılır ve piston tekrar aşağı inerken ağırlığı yukarı çeker. Huygens'in 1897'de yayınlanan *Oeuvres Completes*'inden alınan bu çizimde gördüğünüz türdeki ilk içten yanmalı motorlar bu tarihi izleyen yaklaşık elli yıl boyunca kullanılmıştır. Barut bu iş için hem fiyatı açısından hem de pratiklik yönünden uygun olmamakla birlikte yanması için hava gerekmemesi nedeniyle tercih edilmiştir. Patlayan baruttan çıkan gazlar pistonu yukarı itmek için yeterlidir.

Şekil 99 Papin'in bir buhar makinesi yapma yolundaki ilk girişimini yansıtmaktadır. Gördüğünüz gibi silindir biçimli bir kazan, bir buhar borusu ve bir pistondan oluşan bu aygıt böyle bir şeyin çok karmaşık bir düzenek olmadan da çalışabileceğini göstermek amacını taşımaktadır. Kazanın A ile işaretlenmiş alt bölmesine konan suyun kaynaması ile oluşan buhar pistonun yatay parçasını (B) yukarı doğru ittiği zaman silindirin üstündeki mandal (E) piston çubuğu (H) üzerindeki bir çentiğe geçerek serbest kalana kadar çubuğu sabit tutar. Kazanın altındaki ateşin söndürülmesi ile soğuyan buhar tekrar suya dönüşür, kazanın içinde kısmi bir vakum oluşur, E serbest kalır ve atmosfer basıncı pistonu aşağı iter.

Gerektiği gibi çalıştırmayı başaramadığı bu ilk buhar makinesini kusursuzluğa kavuşturmak için paraya gereksinim duyan Papin 1708'de buluşunu Kraliyet Bilim Derneğine sunmuş ve daha iyi çalışacağına inandığı ikinci bir modeli geliştirmek için Dernekten 15 sterlin tutarında bir yardım istemişti. Dernek üyelerinin buna yanıtı, buhar makinesinin doğru biçimde çalıştığını görmeden bu yardımı yapamayacakları yolundaydı ve böylece Papin'in buhar makinesi bir çıkmaza girmiş oldu. Bu da Bilim Derneği gibi bir kuruluşun onsekizinci yüzyılda bilim adamlarını nasıl "yüreklendirdiğini" gösteren bir olaydır. Diğer yandan bilim adamları bu denli kolay pes edecek kişiler değillerdi.



Şekil 100. Savery'in "Madencinin Dostu ya da Suyu Ateşle Boşaltan Makine" si. Farey, *Treatise on the Steam Engine*.

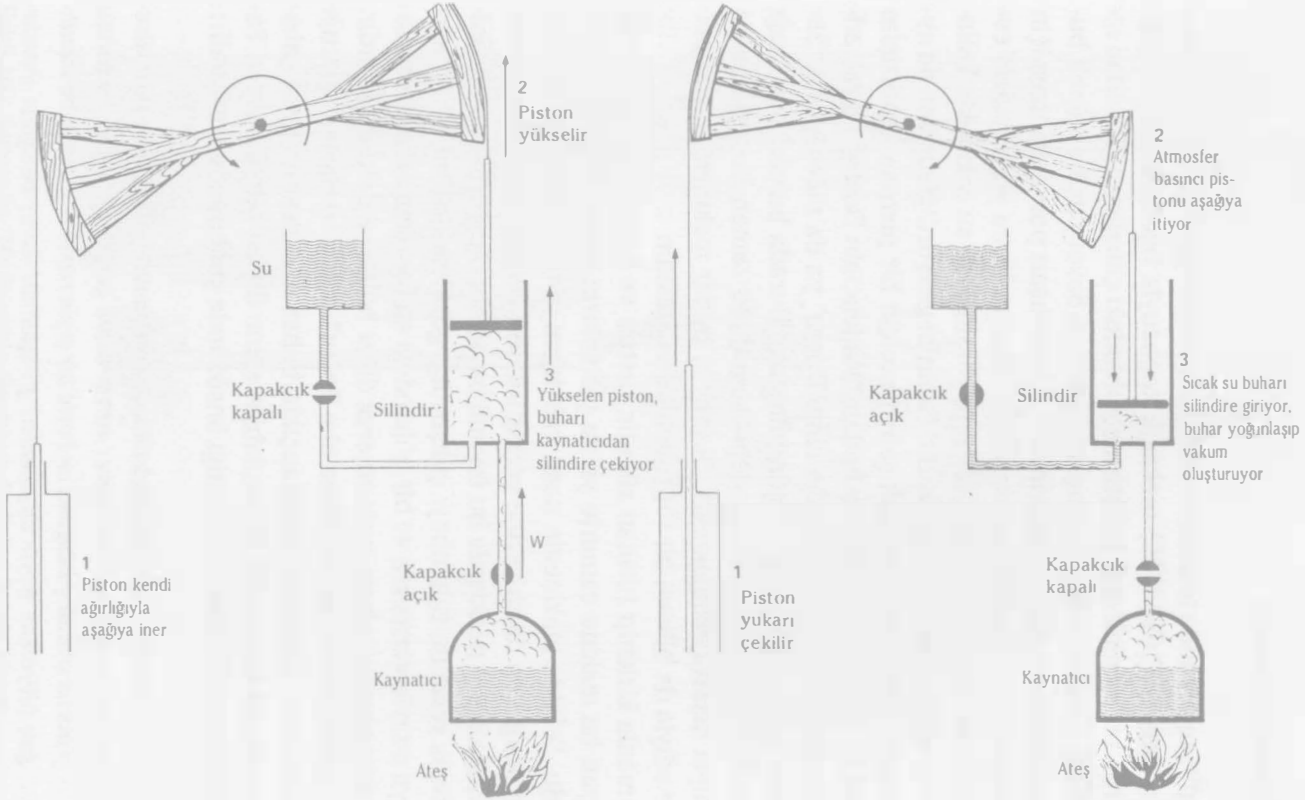
Thomas Savery

İngiliz ordusunda istihkam mühendisi olarak görev yapan Yüzbaşı Thomas Savery (1650-1715) mekanik konusuyla ilgilenmekte ve çağdaşlarının buhar makinesi geliştirme yolundaki çabalarını yakından izlemekteydi. Çeşitli mekanik araçlar da yapan Savery'in en önemli buluşu başlangıçta maden ocaklarındaki suyun dışarı pompalanması için geliştirmiş olduğu ama daha sonra kent dışı yerleşim yerlerindeki evler ve değirmenlerde kullanılmak üzere yeraltından su çekmekte kullanılan yeni bir tür buhar makinesidir. Papin'in geliştirdiği makine ile aynı ilkelere dayanmasına karşılık çalışması için bir pistona gereksinim olmayan bu makine Savery tarafından "Madencinin Dostu" olarak adlandırılmıştı. *Şekil 100*'de "Madencinin Dostu" ya da diğer adıyla "Suyu Ateşle Boşaltan Makine"yi görebilirsiniz. Burada buhar suyu aşağı itmekte, bir depoya dolan su depo soğuduğu zaman bir pompanın yardımıyla dışarı çekilmekteydi. Savery'in buhar makinesi bugün *pulsimetre* adıyla da bilinen bir tür tulumbanın atasıdır.

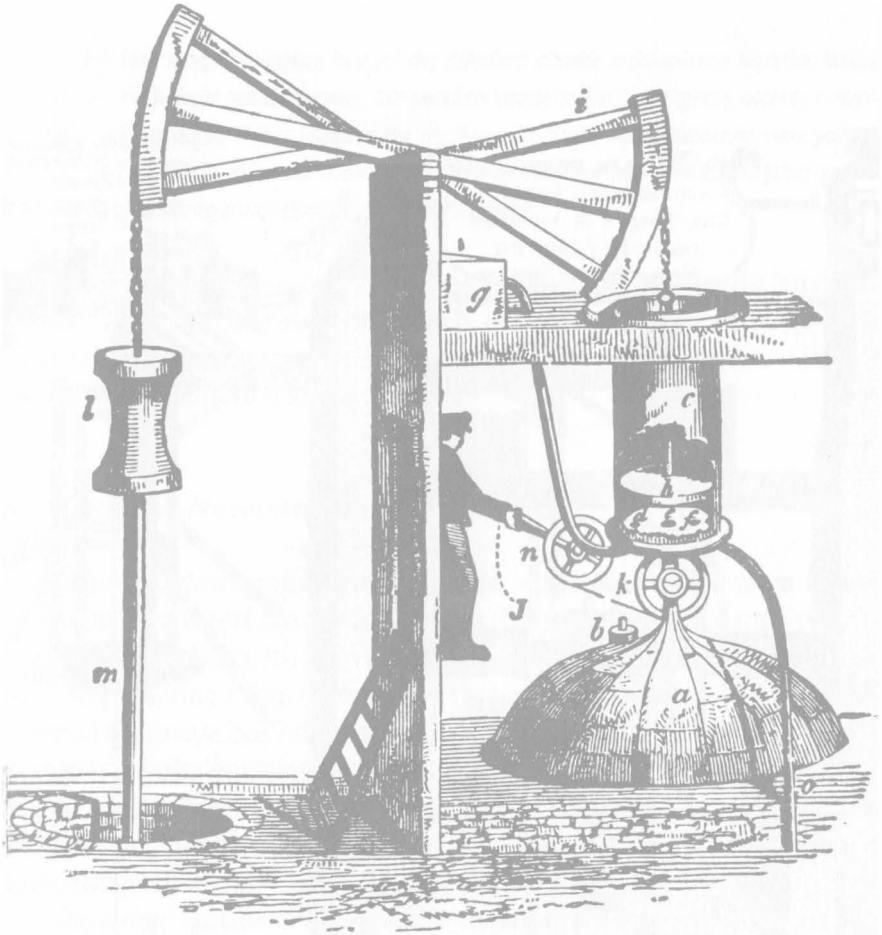
Zamanla kirlenip tıkanan silindir, piston ve benzer parçaları bulunmayan bu makine çamurlu ya da pis suların boşaltılması için çok uygundu. Şekilde makinenin nasıl çalıştığını görebilirsiniz. Buhar kazanının ocağın en derin yerine yerleştirilmesi gerekiyordu ve 100 metreden daha derin ocaklarda bu önemli bir sorun oluşturmaktaydı. Soldaki küçük resimde tulumbayı çalıştırdığı görülen kişi buharı iki ayrı bölmeye sırayla vermekte ve bir bölmedeki su basıncın etkisiyle yukarı çıkarken oluşan vakum suyu emerek diğer bölmeye doldurmaktadır.

Bu çizim Savery'in "Madencinin Dostu" nun yararlarını anlattığı bir kitapçıktan alınmıştır. Bu kitapçıkta buhar makinesinin nasıl çalıştığına ve hangi amaçlarla kullanılabileceğine ilişkin bilgiler veren Savery maden sahiplerine hitap ettiği önsözünde şunları söylemektedir:

> *Birçoğunuzun ateşin gücünden yararlanarak yeraltındaki suyu yüzeye çıkarmak amacına hizmet etmek üzere gerçekleştirdiğim bu buluşu yararsız olarak gördüğünü ve böyle bir şeyin olanaksız olduğuna inandığını biliyorum. Böyle düşünenleri görüşlerinin yanlış olduğuna inandırmak umuduyla burada sizlere makinemin çalışmasını gösteren bir şema*



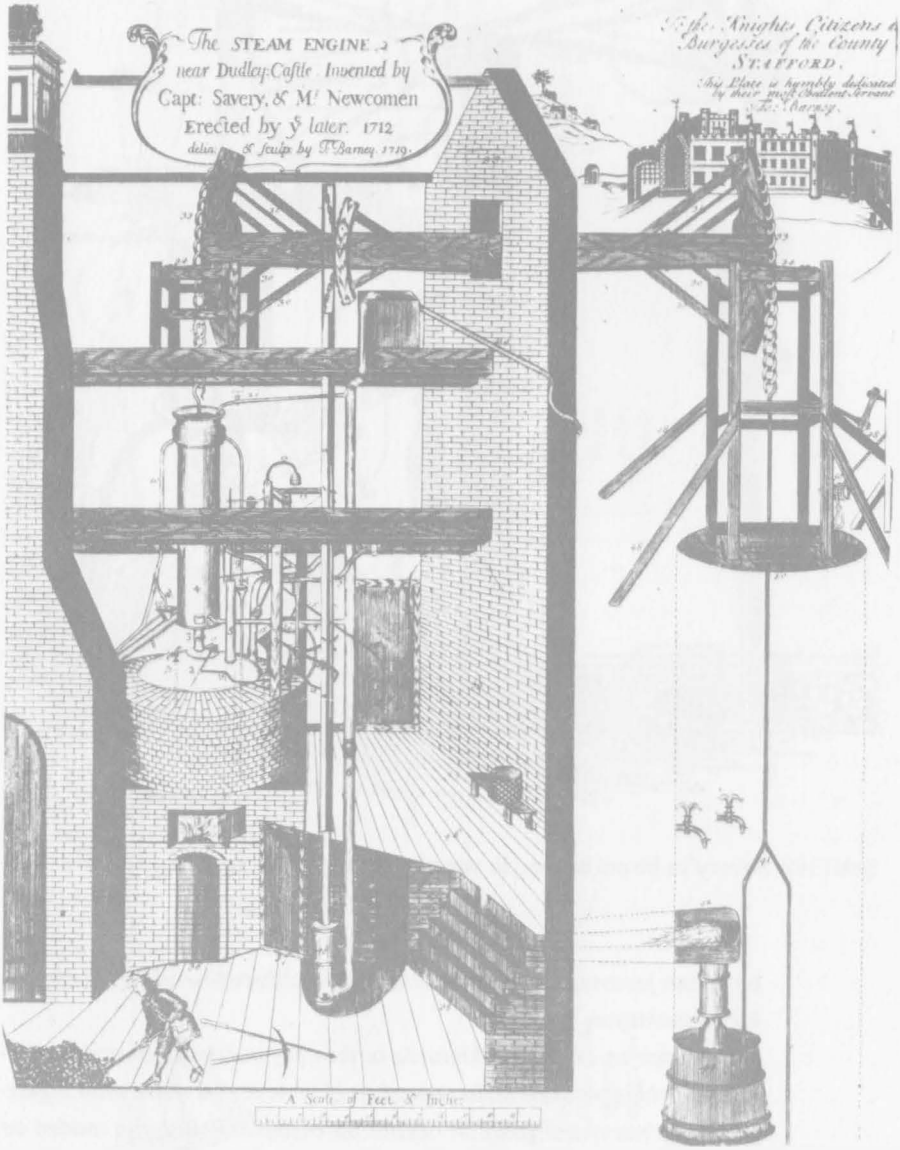
Şekil 101. Newcomen'in buhar makinesi.



Şekil 102. Savery'in biracı kazanıyla yaptığı buhar makinesi.

ve bunun yanısıra hangi amaçlarla kullanılabileceğine ilişkin açıklamalar sunmaktayım.

Maden ve kömür ocaklarında biriken suyun boşaltılmasında sağladığı kolaylığın yanısıra fazla masraf gerektirmeyen bu makinenin İngiltere Krallığı'nın ulusal gelirinin önemli bir bölümünü oluşturan maden ve kömür satışlarını şimdikinin en az iki katına çıkaracağından kuşku duymuyorum. Eğer ocaktan su boşaltma işleminin bugün içerdiği tüm güçlük-



Şekil 103. 1712'de Dudley Castle yakınlarında kurulan Newcomen buhar makinesini gösteren bu resim 1719'da Barney tarafından oyma klişe yöntemiyle yapılmıştır.

lere karşın ülkemiz her yıl dış ülkelere büyük miktarlarda kurşun, kalay ve kömür satabiliyorsa, bir yandan madencinin işini geniş ölçüde kolaylaştıracak, diğer yandan da maden sahibinin harcamalarını yarı yarıya düşürecek olan bu makinenin kullanılmasının İngiltere Krallığı'na sağlayacağı kazancı düşünebiliyor musunuz?

(Sizi bilmem ama ben buna reklamcılık derim-üstelik Yüzbaşı Savery'in söylediklerinde bu alanda çok az rastlanan bir doğruluk payı da vardı zira bir süre sonra buhar makinesi maden üretimini ikiye değil, dörde bile katlayacaktı.)

Thomas Newcomen

Diğer yandan sonunda madenlerde başarıyla kullanılmaya başlayan buhar makinesi Savery'ninki değil, Dartmouthlu bir demir ustasınınki olacaktı *(Şekil 101)*. Thomas Newcomen adlı bu kişi buhar makinesinin patentine sahip olan Savery ile bir ortaklık kurarak kendi makinelerini üretmeye başladı. Savery'in buhar makinesi ile Newcomen'inki arasındaki fark ikincisinin pistonlu oluşudur ama bu aynı zamanda vakumla çalışan bir makineydi; bu yüzden de bir düşünce ürünü olduğu söylenmişti, zira insanlar sıradan bir demircinin böyle bir şeyi gerçekleştirebilmesinin olanaksız olduğu kanısındaydılar.

İlk buhar makineleri çok büyük boyutlarda olmaları nedeniyle ancak özellikle bu amaç için yapılan dev ahşap barakalarda muhafaza edilebiliyorlardı. O döneme göre çok büyük sayılabilecek dört beygir gücündeki bu tür bir buhar makinesini çalıştırmak normalde oldukça pahalıya çıkabilirdi ama bunlar genellikle kömür madenlerinde kullanıldıklarından kömürden yana bir sıkıntı söz konusu değildi. Makinelerin yapımı çok büyük bir ustalık da istemiyordu; o zamanlar söylendiğine göre piston ile silindir arasına bir madeni para sığmıyorsa sorun yoktu.

Şekil 102'de yine büyük boyutlarda bir buhar makinesi görülmektedir. Burada bira yapımcıların kullandığı türde sıradan bir kazan kullanılmıştı. Bu da Savery'in 1/2 ya da 1/3 atmosferlik normal bir basınca göre yapılmış makinelerinden biridir; bununla birlikte yaklaşık olarak yirmi

metre derinlikte basınç iki atmosfere kadar çıkabilmekteydi. Diğer yandan Newcomen'in makinesi için sadece atmosferik basınçtaki buhara gereksinim vardı ve bunu sağlamak daha kolay ve daha güvenliydi. Pistonun epeyce büyük olması gerekiyordu ve vananın açılıp kapanması için bir işçi görevlendiriliyordu. Gerçekte bu özel bir beceri isteyen bir işti zira kazandaki su seviyesi sürekli biçimde düştüğü ve ateş azalıp çoğaldığı için vananın ne zaman açılması ya da kapatılması gerektiğinin iyi bilinmesi ve bunu yaparken de borunun aşağı mı yukarı mı hareket etmekte olduğuna dikkat edilmesi gerekiyordu. İlk buhar makinelerinde kullanılan alçak basınçlar vanaların çalıştırılmasını güçleştirici bir etkendi.

Şekil 103'de gördüğünüz makine biraz daha geliştirilmiş bir modeldir. 1712 gibi oldukça erken bir tarihte yapılmış olmasına karşın bu modelde teknolojinin gelişimi açısından büyük önem taşıyan çok yeni ve karmaşık bir vana düzeni yer almaktadır. Tümüyle otomatik olan bu makine insan gücünün devreden çıkartılmasının ilk örneklerinden biridir.

Teknoloji alanında bu tür gelişmelerin meydana gelmekte olduğu onsekizinci yüzyılın ilk yarısında bilimin aynı hızla ilerlediği söylenemez. Bu dönemde görülen bir olgu İngiltere'de genel entellektüel düzeyin inişe geçmesi ve bununla bağlantılı olarak bilimde kısa süreli bir duraklamanın ortaya çıkmasıdır. Yukarda anlattığım buhar makinelerinin yapımının oldukça büyük masrafı gerektirmesi ve buna bağlı olarak fiyatlarının yüksek olmasına karşın makineler uzun dönemde masraflarını çıkardıkları gibi sahiplerini kazanca da geçiriyorlardı ve çoğunun 150 yıl gibi çok uzun sürelerle kullanılabilmesi olanağı bulunduğundan bu alanda yüzyılın ortalarına dek bir yenilik aranmayacaktı. Madencilerin yanısıra dönemin bazı bilim adamları da araştırmalarıyla bağlantılı olarak buhar makinelerinden yararlanmaktaydı. Aşağıda anlatacağım bilimsel gelişmelerin bir bölümü de bundan kaynaklanmıştır.

Joseph Black : Gizil Isı

İncelediğimiz dönemde bilim öğretisi İngiltere'den çok İskoçya'da, özellikle de Edinburgh ve Glasgow Üniversiteleri'nde ağırlık kazanmıştı. Glasgow Üniversitesi'nde anatomi ve kimya dersleri veren

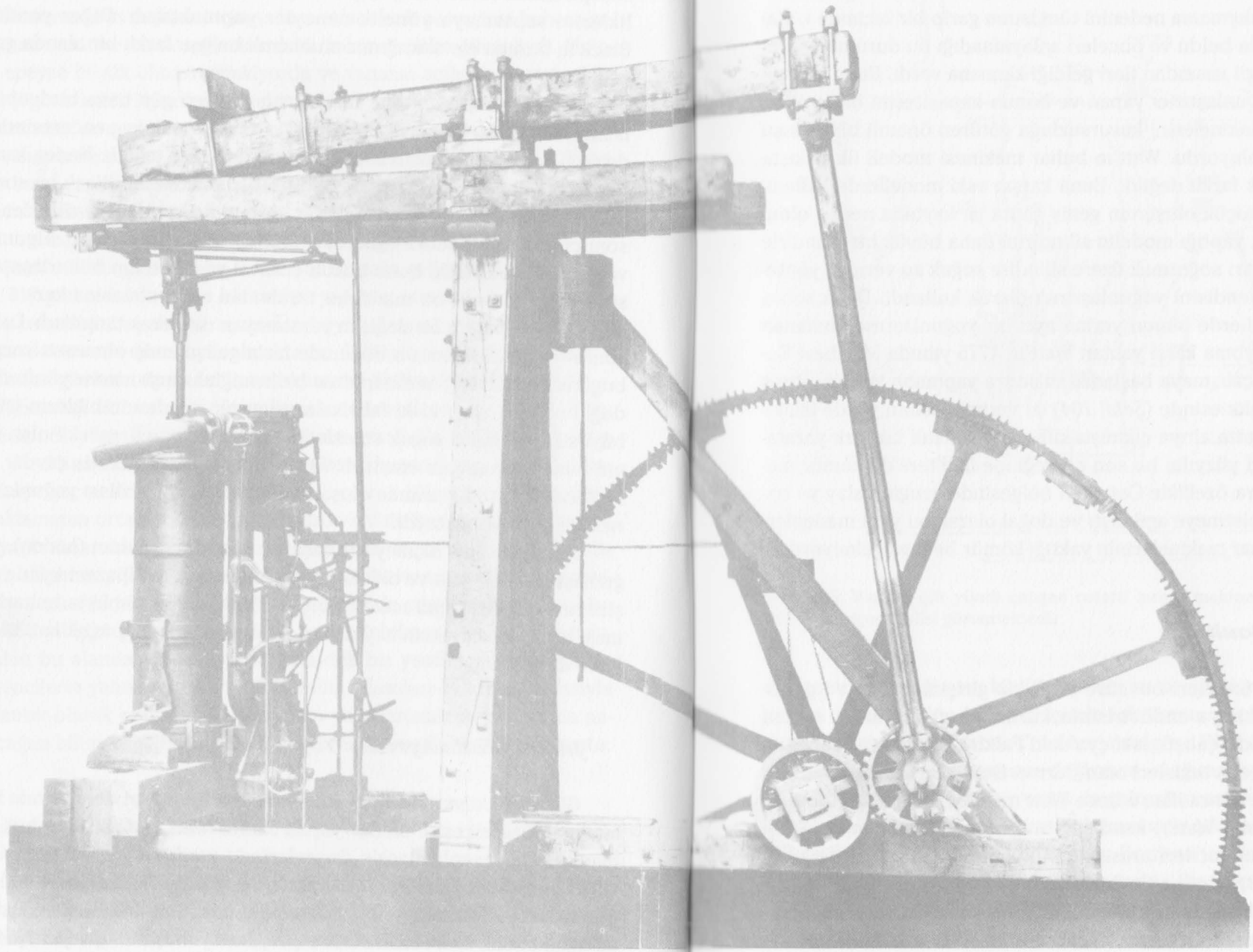
Joseph Black (1728-1799) diğer araştırmaları arasında gazların özelliklerini saptamaya yönelik deneyler yapmaktaydı. Diğer yandan Black'in burada ele alacağımız en önemli buluşu farklı bir alanda gerçekleşmiştir.

Glasgow'da şiddetli bir kar yağışını izleyen gün hava birdenbire ısınmış ve karlar erimeye başlamıştı. O sırada evinin penceresinden dışarıyı seyretmekte olan Black'in aklına bir soru takıldı: Neden karın hepsi birden erimiyordu? Gerçek bir bilim adamı olan Black bu sorunun yanıtını aramaya koyuldu. Kar ve buz ile yaptığı bir dizi deney sonucunda daha sonra "gizil ısı" olarak adlandıracağı bir olgunun varlığını bulan Black, bunu buzun erimesi ya da suyun buharlaşması süreçleri sırasında bu maddeler tarafından soğurulmasına karşın ölçülebilen sıcaklıkta bir değişim yaratmayan ısı olarak tanımladı. Daha sonra (viski yapımının o dönemde fazla gelişmemiş olmasına karşın bugünkü gibi İskoç endüstrisinin belkemiğini oluşturması yönünden doğal olduğu gibi) viski fabrikalarını gezen ve dev imbiklerin içine büyük miktarlarda soğuk su eklendiğini gören Black, gerekli olan ısının nasıl sağlandığını araştırdı ve şu sonuca vardı: Ezilmiş çavdar ile su karışımı ısıtıldığı zaman oluşan buharın içerdiği gizil ısı yoğunlaştırıcıda açığa çıkmaktaydı.

Black gizil ısıyı ölçmeyi de başardı. Buz kaynaşımının (fusion), yoğunlaştırılmış suyun ve oldukça geniş bir sıcaklık yelpazesi içinde çeşitli maddelerin özgül ısılarını ölçen Black suyun tümüyle buharlaşması için gereken ısının kaynaması için gerekenin üç buçuk katı olduğunu da saptadı.

James Watt : Ayrı Bir Yoğunlaştırıcı

Glasgow Üniversitesi'nde matematik ve geometri derslerinde kullanılmak üzere çeşitli aletler yapan James Watt (1736-1819) boş zamanlarında Joseph Black'e deneylerinde yardımcı olmaktaydı. Üniversitenin Doğa Felsefesi bölümünde Newcomen'in buhar makinesinin bir modeli bulunuyordu ama Londra'daki ünlü bir mekanik ustası da dahil olmak üzere kimse bunu çalıştırmayı başaramamıştı. 1764 yı-

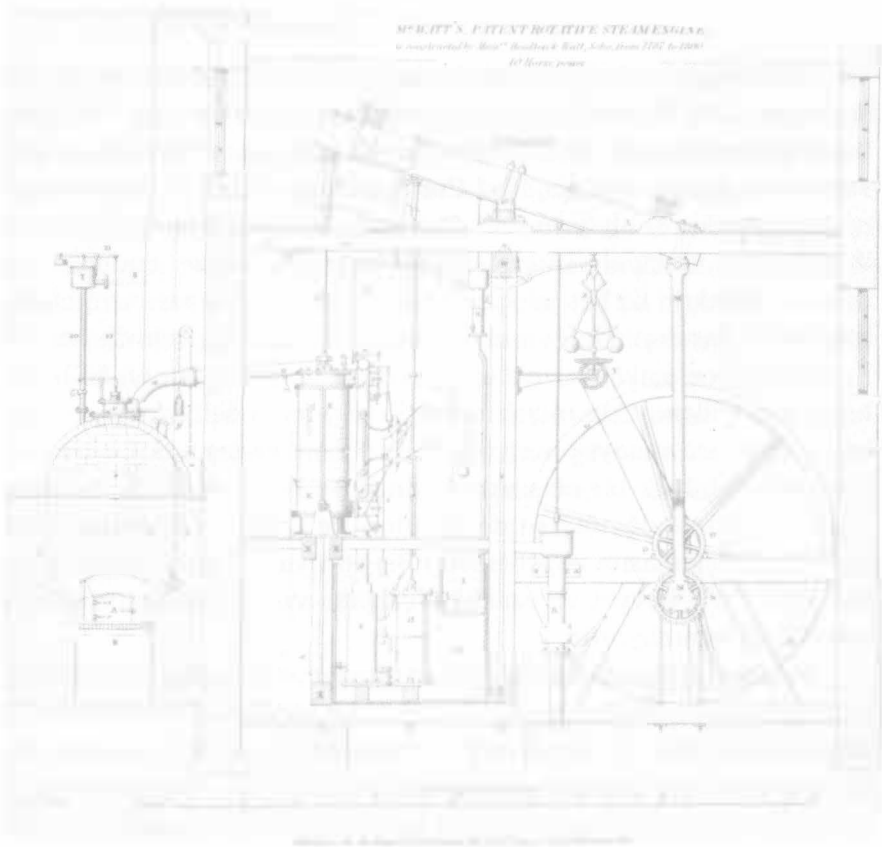


Şekil 104. Boulton ve Watt'ın rotatif buhar makinesi

lında model, onarması için Watt'a verildi. Watt bir süre uğraştıktan sonra modelin çalışmama nedenini tüm ısının garip bir biçimde kullanılmakta oluşunda buldu ve önceleri anlayamadığı bu durumun daha sonra Black'in gizil ısısından ileri geldiği kanısına vardı. Bunun üzerine bir model yoğunlaştırıcı yapan ve bunun kapasitesini ölçen Watt böylece buhar makinelerini kusursuzluğa götüren önemli bir buluşu gerçekleştirmiş oluyordu. Watt'ın buhar makinesi modeli ilk bakışta diğerlerinden çok farklı değildi. Buna karşın eski modellerde kullanılan silindirlerin küçük oluşunun geniş çapta ısı kaybına neden olduğunu gören Watt, yaptığı modelin silindirini daha büyük bir silindirle değiştirdi ve buharı soğutmak üzere silindire soğuk su vermek yöntemiyle silindirin kendisini yoğunlaştırıcı olarak kullandı. Daha sonra geliştirdiği modellerde bunun yerine ayrı bir yoğunlaştırıcı kullanan ve silindiri ısı kaybına karşı yalıtan Watt'ın 1775 yılında Matthew Boulton ile birlikte çalışmaya başladıktan sonra yapımına yardım etmiş olduğu buhar makinesinde (*Şekil 104*) ısı verimi eskinin yüzde ikisinden yüzde beş hatta altıya çıkmıştı ki bu çok önemli bir fark yaratacaktı. Onsekizinci yüzyılın bu son çeyreğinde İngiltere'de kömür madenlerinin yanısıra özellikle Cornwall bölgesinde zengin kalay ve bakır yatakları da işletmeye açılmıştı ve doğal olarak bu yeni madenlerde kullanılan buhar makinelerinin yaktığı kömür bedava gelmiyordu.

Matthew Boulton

James Watt önceleri bir süre ünlü bir girişimci olan ve günümüzde modern kimya endüstrisinin kurucusu olarak kabul edilen Roebuck ile birlikte çalıştı. İskoçya'daki Falkirk yakınlarında İngiltere'nin ilk demir-çelik tesisleri olan Carron Demir İşletmelerini kuran Roebuck bir süre sonra iflas edince Watt'ın geliştirmiş olduğu buhar makinesini (ve tabii Watt'ı) kendisi gibi Birminghamlı olan ve dönemin tanınmış işletmecileri arasında bulunan arkadaşı Matthew Boulton'a önerdi. Boulton o tarihte Birmingham'ın en büyük düğme fabrikasının sahibiydi ama bununla yetinmiyor ve işini daha da genişletmenin yollarını arıyordu. Fabrikanın bir bölümünü oluşturan



Şekil 105. Watt'ın çift yönlü çalışan rotatif buhar makinesi. Resmin sağında Güneş-gezegen dişlisi görülmektedir.

değirmene su sağlayan küçük göldeki su seviyesi yaz aylarında yarı yarıya düştüğünden bu süre içinde fabrikanın geçici olarak kapatılması gerekiyordu. Roebuck'ın önerisine göre Watt buhar makinesiyle gelip gölün kalan suyunu değirmen oluğuna pompalayabilir ve böylece fabrikanın yaz boyunca da çalışması sağlanabilirdi. Öneriyi kabul eden Boulton bu işten çok kazançlı çıkması üzerine Watt'ı kendisine ortak olarak aldı. Bu kez Boulton'un amacı düğme yapmak değil, buhar makinesini pazarlamaktı. Bu iş için gereken parayı Boulton sağladığı gibi ürünün reklamını yapmak da ona düşüyordu, zira sessiz ve çekingen ortağı asla böyle bir şeyi beceremezdi.

Boulton daha önce kimsenin satmayı düşünmemiş olduğu bir şeyi satacaktı; Rusya İmparatoriçesi Katerina'ya yazdığı mektupta bunu şöyle dile getiriyordu: "Ben bütün dünyanın istediği bir şey satıyorum, bunun adı güç'tür." Cornwall'a gönderdiği adamları aracılığıyla maden sahiplerine de şu mesajı vermekteydi: "Boulton ve Watt Şirketi makineleri ücretsiz olarak taşıyacak ve madeninizde monte edecektir. İlk beş yıl içinde makinelerin tüm onarım ve bakım hizmetleri tarafımızdan yapılacak olup bunun karşılığında sizden her yıl sadece makineleriniz için gereken kömürün bedeli ile halen bu iş için kullanmakta olduğunuz atların yem bedeli arasındaki farkın üçte birini almayı öneriyoruz." Bu öneri karşısında Cornwalllu madenciler büyük bir olasılıkla Boulton ve Watt adlı kişilerin zekasından kuşkuya düştülerse de bu bir süre sonra şirkete siparişler yağmaya başlamasını engellemedi. Bir atın yapacağı işi de hesaplayan Watt "iş" i kuvvet ve uzaklığın çarpımı ve gücü de işin yapılma hızı olarak tanımlıyordu.

Watt buhar makinesi için patent almayı unutmadığı gibi tanıdığı bazı nüfuzlu kişilerin yardımıyla patentini kırk yıl gibi görülmemiş uzunlukta bir süreyle uzattırmayı da başardı. Bu da doğal olarak buhar makinesinin başkaları tarafından daha da geliştirilmesini engelleyici bir durumdu, ama insanlar her konuda olduğu gibi bu önlemin de çevresinden dolaşmanın yolunu bulacaklardı.

Bundan sonra yeni bir sorunla karşılaşıldı. Buhar makinelerinin yerleştirildiği madenlerde işler iyi gidiyordu. Artık kimse atlardan medet ummuyor, herkes madeninde bir makine istiyordu. Buna karşılık makineler suyu gerektiği gibi pompaladıkları halde silindirin çalışmasının düzenli olmaması nedeniyle dönme işlevinden yoksundular. Bu noktada Watt makinesine çok önemli iki ekleme yaptı.

Şekil 104'de eski tip makinelerin dönen bir parça ile birleşmesinden oluşmuş ilk "rotatif" buhar makinelerinden birini görüyorsunuz. Büyük çarkın ortasındaki iki dişliyi güneşe ve bir gezegene benzetirsek gezegen sürekli biçimde güneşin çevresinde dönmekte ve bu dönüşü sırasında büyük çarkı da döndürmektedir. Watt bu iş için neden bir krank mili kullanmamıştı dersiniz? İster inanın ister inanmayın bunun nedeni krank milinin patentinin başkasına ait olmasıydı. Watt bu durumu öğre-

nince o kadar kızmıştı ki patent sahibine para ödemektense makinesine krank mili yerine böyle bir düzenek eklemeyi seçmişti. Böylece gerçek bir rotatif buhar makinesinin ortaya çıktığını görüyoruz. Bu yeni makine madenlerin yanısıra fabrikalarda da kullanılmaya uygundu.

Watt'ın makinesine eklediği ikinci parça silindirlerin buhar girişini makinenin çalışma hızına göre ayarlamaya yarıyordu. Buna geribeslemenin (feed-back) ilk örneği diyebiliriz. *Şekil 105*'de büyük bir un fabrikasında kullanılmış olan bir buhar makinesine ait şemayı görebilirsiniz. 1784 yılında yine Watt tarafından geliştirilmiş olan bu modelde de güneş ve gezegen düzeneği yer almakta olup bunun yanısıra silindirlerde biri altta bir üstte olmak üzere çift buhar girişi bulunmaktadır. Bu gerçekten dönemin en ileri teknolojisini yansıtan bir makinedir.

Lokomotif

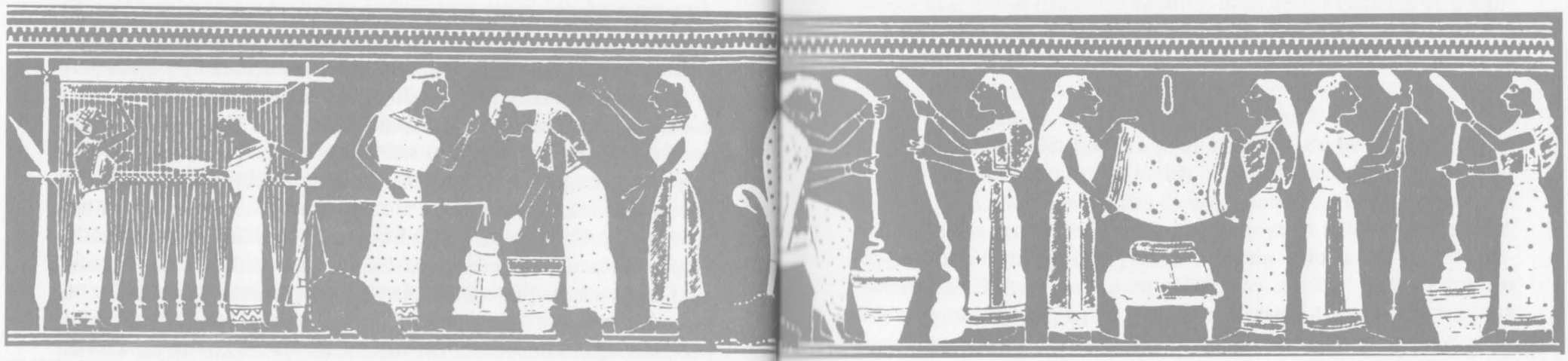
Buraya kadar incelediğimiz tüm yenilikler (yoğunlaştırıcının dışında) Black'in gizil ve özgül ısılara ilişkin saptamalarını saymazsanız ısı konusunda hiçbir şeyin bilinmediği bir dönemde gerçekleşmişti. Diğer yandan ilginç olan şudur ki buhar makinesi termodinamik biliminden doğmamış, tam tersine bu bilimi yaratan buhar makinesi olmuştur. Buhar makinesini izleyen aşama Richard Trevithick (1771-1833) adındaki bir kişi tarafından başlatılmıştır. Trevithick yoğunlaştırıcılarla ilgilenmiyordu, onun istediği doğrudan hareketti ve bunu tüm süreci tersine çevirmekle sağlayabileceğini düşünüyordu. Onsekizinci yüzyılın ikinci yarısında madenlerde ve fabrikalarda kullanılan bütün makineler düşük basınçlı buharla çalışmaktaydı. Trevithick bunun yerine yüksek basınçlı buhar kullanılması durumunda yoğunlaştırıcının varlığının önemini yitireceğini ve dolayısıyla buharın silindire girmesinin ve pistonun silindirin içinde yukarı-aşağı hareket ederek buharı dışarı itmesinin yeterli olacağı kanısındaydı. Bu belki kömürün idareli kullanılmasının gerektiği yerlerde bir sakınca oluşturabilirdi ama sonuçta çok daha küçük boyutlarda makinelerin geliştirilmesine yol açacaktı.

Watt'ın yirmi beygir gücündeki makinesinin de, diğerlerinin de en büyük sakıncası çok ağır olmaları ve bu nedenle bir yerden diğerine

taşınmalarının çok güç olmasıydı. Dolayısıyla hareket edebilen bir buhar makinesi -bir lokomotif- çok işe yarayacaktı. Bunun için diğerlerinden tümüyle farklı bir makine yapılmalıydı ve sonuçta bunu Trevithick yaptı. İlk buharlı lokomotif modelinin 1796'da Camborne'da halka gösterilmesinden sonra 1804'de ray üzerinde giden ilk gerçek lokomotif arkasındaki beş vagonda 70 yolcu ve 10 ton maden cevheri taşıyarak ilk sınavını başarıyla verdi. İkinci denemede çekişi arttırmak için egzos buharı bacaya verildi. Trevithick'in lokomotife son katkısı ise 1808 yılında Londra'da daire biçiminde döşenen bir ray üzerinde çalışır durumda halka gösterilen "yakalayabilirsen yakala" oldu (Lokomotifin adı gerçekten de buydu). Bundan sonra demiryollarının yapımı başlayacaktı. Ray yeni bir şey değildi; Klasik Çağda da insanlar çeşitli amaçlarla raylar döşemişlerdi, ama bunlar tahtadandı. İngiltere'de ilk raylar madenlerin içine döşenmişti ve atlara çektirilen maden cevheri dolu küçük vagonlar bunların üstünde gidip gelmekteydi. Newcastle'daki madenler denize oldukça yakın bir yerdeydi ve bir süre sonra madenciler ocağın içindeki rayları cevherin gemilere yüklendiği limana kadar uzatmayı akıl ettiler. Kimi zaman bir maden bir dağın yamacında olurdu; bu durumda ocağın ağzından dağın eteğine iki ayrı ray döşenir, boş vagonlar bir buhar makinesinin yardımıyla bir raydan yukarı çekilirken doluları diğerinden aşağı kaymaya bırakılırdı. Bu makinelerden birini çalıştıran Stephenson adındaki bir ateşçinin George adlı 15 yaşındaki oğlu babasına yardım ederken bu işi kolaylaştırmanın bir yolu olması gerektiğini düşünmeye başladı. George Stephenson (1781-1848) okuma-yazma öğrenmenin dışında bir eğitim görmemişti ama sıradan olmayan bir zekaya ve el becerisine sahipti. Genç George günün birinde küçük bir lokomotif yaptı; bu aslında eski tip bir buhar makinesinden farklı değildi ama buhar gücüyle dönen tekerlekleri vardı. O sıralarda birçok insan bu tür makineler yapmaktaydı ama kimse bu konuda fazla bir şey bilmiyordu. Stephenson'un lokomotifinin hızı saatte iki ile dört mil arasında değişmekteydi. Bundan sonra Stephenson ilerde lokomotiflerin gelişimini önemli ölçüde etkileyecek bir şey daha buldu: Silindirlerden çıkan egzosu bacaya verdiği zaman lokomotifin hızı iki katına çıkıyordu. O güne dek kimse bu hızla giden bir şey görmemişti, lokomotif en hızlı atlardan bile daha hızlıy-

dı. Böylece lokomotif sonunda hak ettiği yere gelmişti ve artık onu kimse tutamayacaktı. İki yıl sonra 15 Eylül 1830'da Liverpool-Manchester hattının açılmasıyla çağdaş demiryolculuğun temeli atılmış oldu.

Aynı yıllarda Fransa'da Sadi Carnot (1796-1832) adlı bir mühendisin "ateş enerjisinin tekerlek enerjisine" dönüşmesinin nasıl gerçekleştiği konusunda yazdığı *Reflexions sur la Puissance Motrice du Feu* (Ateşin İtici Gücüne İlişkin Düşünceler) başlıklı kitap termodinamik biliminin doğuşunu haber vermekteydi. Isının işe dönüştürülmesi (ya da bunu tersi) fiziğin en eski kavramlarından biridir (Taş Devrinde insanlar tahta parçalarını ya da taşları birbirine sürterek ateş yakmaktaydılar). Dolayısıyla hareketle ısı arasındaki bağlantı insanlık kadar eskiydi ama bunun nedenleri ve nasıllarının merak edilip araştırılması ancak çok sonraları gerçekleşecekti. Yanıtları bulan kişilerden biri olan Benjamin Thompson (1753-1814) pirinç bloklardan savaşta kullanılan topların oyulması sırasında ortaya çıkan ısıyı ölçmüş ve bunun mekanik enerji olarak karşılığını yaklaşık biçimde saptamıştı. Carnot da ısının mekanik enerjiye dönüşmesini (yani termodinamiğin Birinci Yasasında belirtildiği gibi enerjinin biçim değiştirebilirliğini) yukarda değindiğim kitabında irdelemiştir. Yine Carnot tarafından formüle edildiği biçimiyle termodinamiğin ikinci yasası ise (buhar makineleri açısından ele alındığında) bir makinenin işlerliğinin kazanla yoğunlaştırıcı arasındaki sıcaklık farkı ile doğru orantılı olduğunu söyler. Carnot'nun kitabını okurken dikkatimi çeken (ama benden başka kimsenin farkına varmış olduğunu sanmadığım) ilginç bir şeye değinmek istiyorum. Kitapta kazanın sıcaklığının sonsuz olduğu varsayıldığı taktirde ısının mekanik enerji olarak karşılıklarını bulmaya yarayan tablolar verilmiştir. Ve doğal olarak bu tablolar iki yönlü kullanılabilmekte, yani mekanik enerjinin ısı olarak karşılığını bulmaya da yaramaktadır. Buhar makineleri sürekli olarak geliştirilmekteydi ama bu konuda ortada belli bir teori yoktu; kimse makinelerin *nereye kadar* geliştirilebileceğini bilmiyordu. Bir makinenin işlerliğine ilişkin kavram bile ilk kez Carnot tarafından ortaya atılmış ve buradan yola çıkılarak ısı teorisinin, termodinamik biliminin ve fiziğin tümüne varılmıştır.



Elektrik ve Manyetizm

Bu noktada elektrik ve manyetizm konusu dışında klasik fiziği oluşturan tüm aşamaları sırasıyla incelemiş bulunuyoruz. Büyük bir bölümü astronomi ile ilgili olan ve daha az bir ölçüde olmak üzere ışık ve hareket konularını da içeren klasik fizikten ya da diğer bir deyişle eski Yunan fiziğinden kopuşun nasıl ortaya çıktığına ve geliştiğine de tanık olduk. Şimdi de uzun bir zamandan beri varlıkları bilinen ama ciddi bir biçimde araştırılmamış ve kullanılmamış olan birtakım olguları ele alacağız.

Bu yeni olguların ilki olan manyetizmi daha önce oldukça ayrıntılı biçimde irdelemiş olduğumuz için bu konuda fazla bir şey söylemeyeceğim. Manyetizm olgusunun varlığı büyük bir olasılıkla demirin bulunuşu ile birlikte anlaşılmıştı zira demiri çeken mıknatıs taşı ya da magnetite doğada genellikle demir yataklarına yakın bölgelerde rastlanır. Magnetitin bu özelliğini ne yoldan kazanmış olduğu bugün bile bilinmemektedir. Bilimde bu durum oldukça sık görülür: Belli bir konuyu tüm ayrıntılarıyla inceler ve ona ilişkin ilkelerin tamamını saptarsınız ama bunun yapmanıza neden olan olgunun kendisini çözümleyemezsiniz. Bu bölümde göreceğiniz gibi amber ve elektrik de böyle olgulardır.

Manyetizm ile ilgili olarak gerçekleştirilen en önemli bilimsel buluş mıknatıs taşının yön bulmada kullanılmasıydı. İlk kez Çinlile-

rin ayırdına vardığı ve yararlandığı bu özellik daha sonra Avrupalılar tarafından da kullanılmaya başlanmış ve bu konuya ilişkin ilk bilimsel inceleme 1269 yılında Petrus Peregrinus tarafından kaleme alınmıştı. Bu incelemede mıknatıs taşının demiri çekme ve diğer bazı maddelerde mıknatıslık oluşturma özelliğinin yanısıra ikiye bölünmesi durumunda her iki parçasının da kendi kutupları bulunan iki ayrı mıknatısa dönüşmesi olgusu da anlatılmaktadır.

Robert Norman

Diğer yandan mıknatıslık özelliğinden yola çıkılarak pusulanın yapılmasını izleyen dönemde, yani onaltıncı yüzyılın sonlarında farkına varılan yeni bir olgu pusula ibresinin kuzeyin yanısıra yeri de göstermesiydi. Çoğu buluş gibi bu da kullanım alanında ortaya çıkmıştı. Geçmişte pusula yapımında başvurulan yöntemde pusula ibresi demirden kesiliyor ve iğne ucu gibi bir noktanın üzerinde yatay konumda dengede durdurularak mıknatıs taşı ile manyetize ediliyordu. Daha sonra yine aynı konumda durdurulduğu zaman ibrenin bir ucunun (genellikle kuzey ucunun) aşağıya, yani yere doğru hafif bir eğim gösterdiği görülüyordu. Bu sapma ibrenin öbür ucunun üzerine çok küçük bir ağırlığın eklenmesiyle giderilebildiği için pusula yapımcıları 300 yıl boyunca konunun üzerinde durmak gereğini duymadılar. Günün birinde Robert Norman adındaki bir pusula yapımcısı bu durumun bilinenlerin dışındaki bir çekimden kaynaklandığını düşünerek "yeni çekim" adını verdiği bu olguya ilişkin bir kitap yazdı.* Bu kitap daha sonra Gilbert'in mıknatıs konusunda yaptığı araştırmalar sonucunda ortaya koyacağı gerçeklerin büyük bir bölümünü kapsamaktaydı.

William Gilbert

Manyetizm biliminin kurucusu olarak kabul edilen William Gilbert (1544-1603) bu alanda bir çok şeyin önceden biliniyor olmasına

* Robert Norman, *The Newe Attractive*, Londra, 1581.

karşın çok sayıda yeni deney gerçekleştirmiş ve yerkürenin kendisinin çok büyük bir mıknatıs olduğu görüşünden yol çıkarak ilk kez manyetik olguya ilişkin olarak o güne dek bilinen herşeyi tek ve kapsamlı bir açıklama içinde biraraya getirmişti. Gilbert 1600 yılında *De Magnete* başlığı altında yayınladığı ünlü eserinin önsözünde şöyle demektedir:

> *Doğal felsefenin bu bölümü geçmişte hemen hemen hiç el atılmamış yepyeni bir bilimi kapsamaktadır. Bu konuda yazılmış bazı kitaplar varsa da bunlar manyetizm olgusuna yeterli bir açıklama getirmekten uzaktır... Mıknatısa ilişkin olarak bu kitapta ortaya koyduğumuz görüşler Yunanlı düşünürlerin ilke ve aksiyomlarının çoğuna uymadığı gibi biz hitabet sanatının gerektirdiği abartma ve süslemelerden de kaçınarak sadece söylediklerimizin açık ve anlaşılabilir olmasına önem verdik. Bu yüzden de eğer tümüyle yeni ve bugüne dek duyulmamış sözcükler kullandıysak amacımız simyacıların yaptığı gibi gerçekleri anlaşılması güç bir terminoloji ile perdelemek değil, bizden önce araştırılmamış ve bu nedenle de tanımlanmamış olan birtakım yeni kavramları ilk kez açık ve eksiksiz biçimde ortaya koyabilmektir.* *

Gilbert'in yaptığı, yerkürenin bir mıknatıs olduğu yolundaki varsayımın içerdiği mantığı deneysel yoldan sınamak, ya da daha somut bir anlatımla küçük bir küre yapıp (Gilbert buna *terrella* adını vermişti) çevresine mıknatıslar yerleştirmek yöntemiyle manyetik alan adını verdiğimiz olgunun varlığını ve bu manyetik alanın kürenin çevresindeki mıknatısların yönünü belirlediğini saptamaktı. Gilbert manyetik alanın kutuplara yakın bölgelerde daha güçlü olduğuna işaret ederek şöyle diyordu:

> *Kutuplarda en yüksek düzeyine erişen bu çekim gücü ekvatora yaklaştıkça azalır ve buna paralel olarak mıknatıslı cisimlerin birbirini çekmesinde de aynı yönde ve aynı oranda bir değişim görülür. Öyle ki, kutuplara uzak bölgelerde mıknatıs taşının demiri ya da diğer bir mıknatıslı cismi merkezine doğru çekişi kutuplarda olduğu gibi düz değil, eğimli bir çizgi üzerinde gerçekleşmektedir.*

* W. Gilbert, *De Magnete*, I. basım 1893. Latinceden çeviren P. Fleury Mottelay, Dover, New York, 1958.

Gilbert ayrıca bu çekimin mıknatıslı bir küreye kıyasla çubuk biçimindeki bir mıknatısla daha güçlü olduğunu da söylemekte ve böylece konunun geometrik yanına da değinmektedir. Diğer yandan burada önemli olan Gilbert'in deneysel yaklaşımıdır. Gilbert'in saptamaları ile onsekizinci yüzyılın sonlarında Coulomb tarafından gerçekleştirilecek olan buluşlar arasında kalan dönemde manyetizm alanında kayda değer bir yenilik olmamıştır.

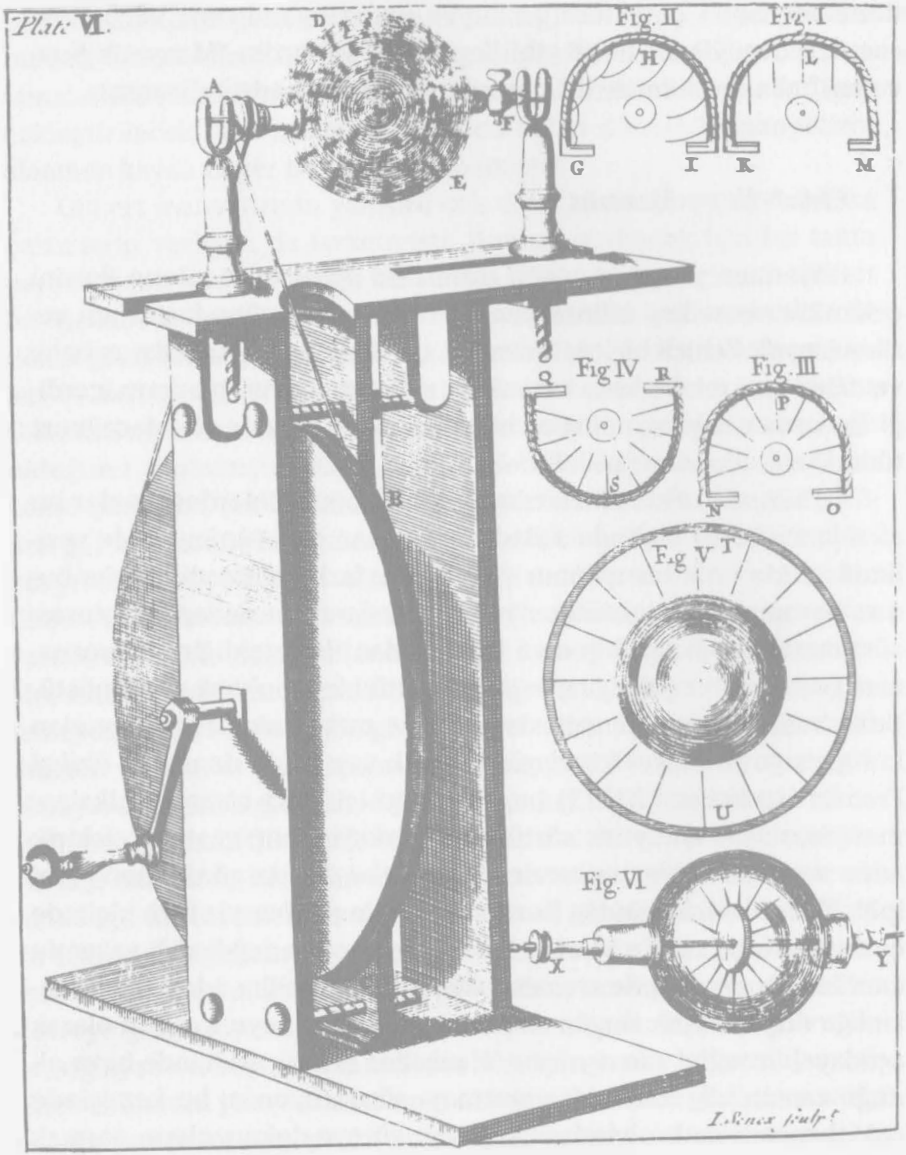
Gilbert manyetizmin yanısıra çok daha küçük boyutlarda başka çekimlerin varlığını da farketmişti. Bunları gözlemek için bir tahta parçasının üzerine iliştirdiği bir saman çöpünden yararlanan Gilbert bu biçimde oluşturduğu ibrenin bazı maddelerin çekimsel etkisi ile döndüğünü farketti. Amberin bir şeye sürtüldüğü zaman saman çöpleri ve benzer cisimleri çektiği eskiden beri biliniyordu ama ilk kez Gilbert bunun mıknatıs taşının çekim kuvveti ile aynı kurallara bağlı olduğunu saptamıştı (Diğer yandan ortada doğrudan bir bağlantı yoktu çünkü bu çekim demiri etkilemiyordu). Bu önemsiz gibi görünen gözlem ilerde-oldukça uzun ve dolaylı bir yolla da olsa- yirminci yüzyılın en büyük gücü olan elektriğin doğmasına yol açacaktı. Gilbert'in yerkürenin mıknatıslık özelliğine ilişkin saptamasını manyetizm alanında nasıl kullandığına da kısaca değinmek istiyorum. Mıknatısın özelliklerini üzerinde yaşadığımız dünyayla sınırlamak istemeyen Gilbert bu olguyla gök küreleri arasında da bir bağlantı olduğunu ve tüm evreni kapsayan bir manyetizmin bulunduğunu düşünüyordu. Dünya gibi tüm diğer gezegenler de birer mıknatıs olmalıydı; bu durumda Güneş de bir mıknatıs olabilir ve tüm Güneş sistemi onu oluşturan herşeyin manyetik kuvvetler tarafından birarada tutulduğu bir tür mıknatıs düzeneği olarak görülebilirdi. Bu bağlamda Gilbert manyetizm olgusunu Güneş sisteminin mantıksal bir portresini çizmekte kullanıyordu (Yıl 1600'dü ve henüz Kepler ve Galileo devreye girmemişlerdi). Gezegenlerin hareketini manyetik kuvvetlere bağlayan ve böylece bu noktada tümüyle yanlış bir varsayım yürüten Gilbert'in yine de zamanının oldukça ilerisinde görüşlere sahip olduğu yadsınamaz; şöyle ki, bugün gökyüzünde gezegenler ve diğer gök cisimleri ile bağlantılı olmasa da manyetik özellikler taşıyan toz bulutları biçiminde manyetik kuvvetlerin varlığı artık bilinmektedir.

Gilbert'in yanılgısının kaynağında herşeyi manyetizm olgusu ile bağlantılı olarak düşünmesi yatıyordu. Buna karşın *De Magnete* o dönemde bilim çevrelerinde büyük yankı uyandırmış ve Galileo eserden övgüyle sözettiği gibi Kepler de Gilbert'in "Manyetik Kuvvetleri" ni astronomi ile ilgili teorilerini geliştirmede kullanmıştı.

Elektrik ve Vakum

Onyedinci yüzyılda çeşitli türlerdeki ışıltılar insanların ilgisini çekmekte ve nedeni bilinmeyen bu olguların tümüne fosfor adı verilmekteydi. Zehirli bir çeşit mantar, çürümüş tahta, bozulmuş balık ve diğer bazı maddelerin karanlıkta ışık yaymasının bunların içerdiği fosfordan kaynaklandığını biliyoruz ama burada ele alacağımız türdeki ışıltı bundan farklı bir olgudur.

İlk barometrelerin kullanılmaya başladığı tarihlerde insanlar bu aleti kuvvetli bir biçimde salladıkları zaman cam tüpün içinde yeşilimsi renkte hafif bir ışıltının oluştuğunu farketmişlerdi. Bugün bunun barometrenin içindeki civanın çalkalanması nedeniyle oluşan sürtünmenin ayrıştırdığı civa buharından ileri geldiğini biliyoruz, ama geçmişte bu çok ilginç ve olağanüstü birşey olarak görülmüştü. Buna benzer diğer bir ışıltı da gerçekte meteorolojik bir olay olan kutup ışığıdır. Onsekizinci yüzyılın ilk yarısında deneysel fizikçi Francis Hauksbee (?-1713) bir vakumun içindeki civanın çalkalanmasıyla oluşan ışıltıyı ve sürtünmeden doğan, bugün statik elektrik adını verdiğimiz olguyu incelemiş ve *Şekil 106*'da gördüğünüz gibi iplik bükme makinesinden bozma bir aletin yardımıyla hızlı biçimde çevirdiği ve bu sırada üzerine bir kumaş parçası değdirdiği vakumlu cam bir kürenin içinde oluşan ışıkla, dönemin bilim adamlarını şaşkınlığa düşürmüştü. Bugün dahi kimsenin bu olguyu ayrıntılı olarak açıklayabileceğini sanmıyorum. Hauksbee'nin küresi içinde hava olduğu zaman bile harikalar yaratmayı sürdürüyordu; bu kez içinde ışık oluşmasa da kıvılcımlar uçuşuyor, küreye dokunanların parmak uçları karıncalanıyor ve saçları dimdik oluyordu. Hauksbee'nin *Fiziko-Mekanik Deneyler* (1709) başlıklı kitabında da anlattığı bu deney



Şekil 106. Hauksbee'nin iplik bükme makinesini kullanarak cam kürenin içindeki havayı boşaltma deneyi (1714).

o dönemde "elektriksel sıvı" olarak adlandırılan ama ne olduğunu kimsenin tam olarak bilmediği birşeyle açıklanıyordu.

Stephen Gray

Hauksbee'nin deneylerinden yaklaşık yirmi yıl sonra Stephen Gray (1646-1736) statik elektrik olarak tanımladığımız bu olguya ilişkin bir dizi klasik deney yaptı. Üniversitedeyken öğrencisi olduğu Newton'un deneysel yaklaşımını benimsediği anlaşılan Gray'in elektrik konusundaki araştırmaları çeşitli maddelerin iletkenliklerinin saptanmasına ilişkin ilk deneyleri de kapsamaktaydı. Gray'in araştırmaları daha sonra Dufay, Franklin ve Nollet tarafından ele alınmış ve elektrikle bağlantılı olguların anlaşılmasında önemli bir rol oynamıştır.

Gray'in vardığı sonuçlar Joseph Priestley'in 1775'de yayınlanan *Elektriğin Tarihi ve Bugünkü Durumu* başlıklı kitabında ayrıntılı biçimde anlatılmıştır. Aslında bu kitabın yazıldığı günlerde elektriğin bir tarihi olduğu pek söylenemezse de konuyla çok yakından ilgilenen (ve Priestley'den bir hayli yaşlı olan) Benjamin Franklin Priestley'i böyle bir kitap yazması konusunda ikna etmişti. Priestley bilimsel bir kitabın nasıl yazılacağına ilişkin ilginç görüşlere sahipti. Elektrik ya da diğer bir bilimsel konunun geçmişini anlatacak olan kişinin bununla ilgili olarak yapılmış tüm deneyleri tekrarlaması ve deney sahiplerinin gerçekleri anlatmış olup olmadıklarını kendi gözleriyle görmesi gerektiğine inanan Priestley bu nedenle elektrikle ilgili olarak o güne dek gerçekleştirilmiş olan deneylerin hepsini hiç üşenmeyip yeni baştan yapmış ve ancak ondan sonra oturup kitabını yazmıştı.

Şimdi tekrar Gray'e dönüyoruz. İki ucu da açık cam bir tüpü yumuşak bir yüzeye kuvvetlice sürten Gray, bu durumda tüpün hafif cisimleri mıknatıs gibi kendine çektiğini gözlemişti. Daha sonra iki ucun birine bir mantar takan ve mantarın da aynı etkiyi gösterdiğini saptayan Gray bu kez mantara bir çivi saplamış ve yine aynı durumla karşılaşmıştı. Çivinin başına başka bir cisim ve buna da başka bir cisim ekleyen ve böylece başlangıçtaki tüpü giderek uzatan Gray so-

nuçta bu uzantıların ağırlık nedeniyle aşağı doğru sarkmaya başlamasıyla deneyi bu biçimde sürdürememiş, bunun yerine uç uca eklenmiş çeşitli şeylerden oluşan bu garip düzeneği bir iplikle tavandan sarkıtmayı denemişti. Daha sonra ipek ve kenevir parçalarını birbirine bağlayarak uzun bir ip oluşturan Gray bu sırada evinde misafir olarak kaldığı bir arkadaşının da yardımıyla bu ipi evi çepeçevre kuşatan veranda boyunca çeşitli çıkıntılara asarak dolaştırmış, sürekli yeni parçalar ekleyerek uzattığı ipini bir kez daha verandanın çevresinden dolaştırarak başlangıç noktasına geri getirmiş, bununla da yetinmeyerek bahçeye çıkarmış ve tüm bu işlemler boyunca elektriksel etkinin varlığını sürdürdüğünü saptamıştı.

Böylece Gray sadece elektriğin bir yerden diğerine taşınabildiğini bulmakla kalmamış, yeterli uzunlukta bir hat oluşturulması ve bunu havada asılı durumda tutacağı bir yöntem bulunması halinde böyle bir şeyin insanların birbiriyle haberleşmesini sağlayabileceğini de düşünmüştü. Gray elektrik sözcüğünü iki ayrı grupta topladığı çeşitli maddelerle bağlantılı biçimde kullanıyordu; bunların biri elektrik üreten, diğeri elektriğin içinden geçtiği (bugün iletken dediğimiz) maddelerdi. Gray'den sonra elektrik konusuna el atanlar arasında Fransa'da 1700'lerin ortalarından başlayarak büyük bir endüstri dalı haline gelmeye başlamış olan boya ve kimyasal maddeler yapımının önde gelen isimlerinden C.F. Dufay bulunmaktaydı. Dufay, biri bir cam parçasının diğeri ise bir parça ağaç reçinesinin bir yere sürtülmesiyle ortaya çıkan iki tür elektrik olduğunu ve sürtünmeyle elektriklenen diğer herşeyin de bu iki gruptan birine girdiğini, farklı gruplardaki maddelerin birbirini çekmesine karşılık aynı gruptakilerin birbirini ittiğini ileri sürmekteydi.

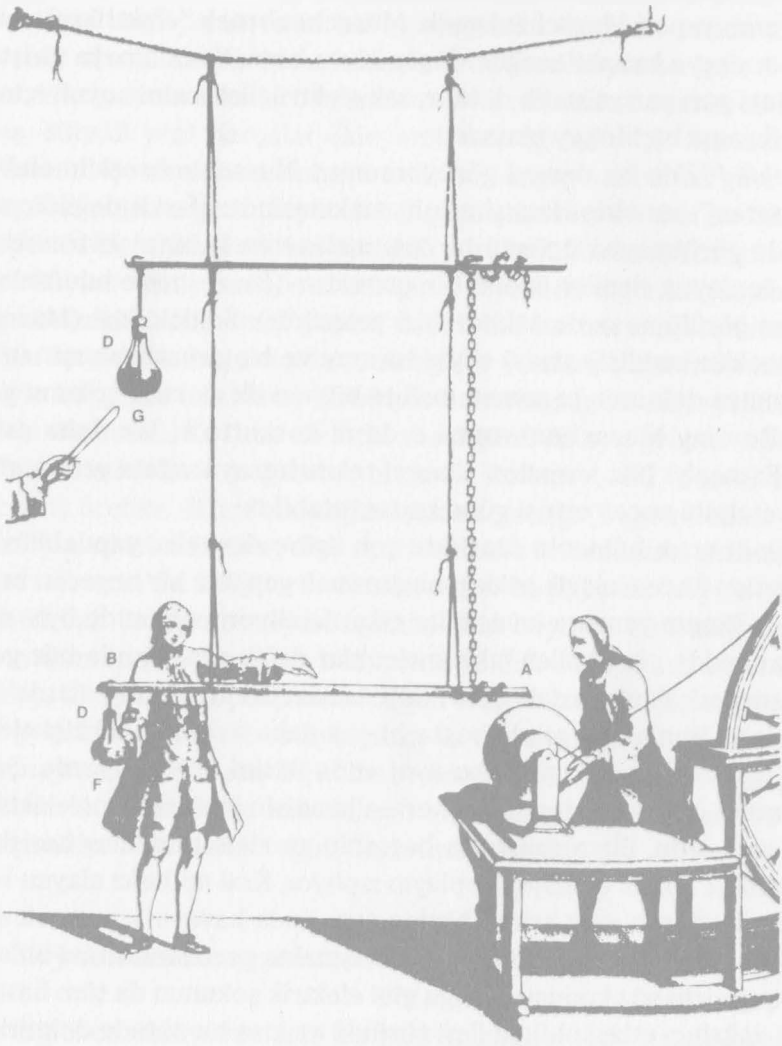
Leyden Kavanozu

Eğlence sürüyordu ama bu hâlâ amatörler için bir oyundu zira, a) Yapılanların pratikte bir yararı yoktu, ve b) Elektrik olgusu bilinen matematiksel teorilerin hiçbirine uymadığı için bir anlam taşımıyordu. Buna karşın bilimle ilgisi olsun ya da olmasın herkes bir

deney yapıyor ya da yeni bir alet geliştiriyor, sonra da bunu diğerlerine anlatarak vakit geçiriyordu. Başlangıçta herşey bir oyundan ibaretti ama bir süre sonra işler ciddileşmeye başladı ve sahneye profesyoneller çıktı; önce von Kleist, sonra da Leyden'de bilimsel araç-gereç yapan Musschenbroek. Musschenbroek "elektriksel sıvının" bir şişeye konabileceğini düşündü ve bunu kanıtlamaya girişti. Bir şişeyi yarı yarıya su ile doldurarak elektrik iletkenini suyun içine daldırdı, ama hiçbir şey olmadı.

Şekil 107'de bu deneyi görüyorsunuz. Musschenbroek'in elektrik "üreteci" temelde Hauksbee'nin makinesinden farklı değildir ve resimde görülmeyen üçüncü bir kişi makinenin kolunu çevirmektedir. *A* toplayıcı denilen metal bir çubuktur (Bu resimde bunlardan iki tane görülüyorsa da aslında biri yeterlidir). Soldaki kişi (Musschenbroek'in kendisi) şişeyi eliyle tutmuş ve bir şey olmamıştı ama toplayıcıya dokunduğu zaman tarihte bilinen ilk elektrik şokunu yaşadı. Bu olay Musschenbroek'i o denli korkuttu ki bir daha asla "tüm Fransa'yı bile verseler" deneyi tekrarlamayacağına yemin etti ama yeminini ancak ertesi güne kadar tutabildi.

Şimdi artık bilinenin ötesinde çok ilginç deneyler yapılabilirdi. Herşeyden önce elektrik şokları oluşturmak yepyeni bir heyecan kaynağıydı. Bunun yanısıra kıvılcımlar çıkarılabiliyordu; hem de öyle ancak karanlıkta görülebilen cılız kıvılcımlar değil, günışığında bile göz kamaştıracak denli parlak, çatırtılar çıkaran, ürkütücü boyutlarda kıvılcımlardı bunlar. Bu arada başka birşey daha bulundu: İki kişi elele tutuştuğu zaman elektrik şoku aynı anda ikisini de etkiliyordu. Şok birdenbire günün modası oldu, herkes kendisine ve birbirine elektrik şoku veriyordu. Bir manastırda başrahip ve elele tutuşmuş keşişler hep birlikte şokun etkisiyle hoplayıp zıplıyor, Kral muhafız alayını hazırolda durdurup otuz askeri birden aynı anda havaya sıçratarak eğleniyordu. Bu coşku tıp alanına da bulaşmakta gecikmedi. Yeni buluşların çoğu için söz konusu olduğu gibi elektrik şokunun da tüm hastalıkları sağaltıcı etkisi olduğu ileri sürüldü ve kısa bir sürede doktorlar bu yöntemi yaygın biçimde uygulamaya başladılar. Doğal olarak zamanla bunun doğru olmadığı anlaşılacak ve bu "tedavi" yönteminden vazgeçilecekse de bu yoldaki inanışın kalıntılarını günümüzde kimi



Şekil 107. Musschenbroek'in Leyden kavanozuyla gerçekleştirdiği deney.

akıl hastalıklarında uygulanan (ve kanımca doğruluğu tartışılabilir olan) elektroşok terapide görmek mümkündür. Bütün bunlar bir yana, onsekizinci yüzyılın ortalarında elektrik artık bilim alanındaki yerini almış bulunuyor ve herkes bu yeni buluşu konuşuyordu.

Benjamin Franklin

Bu noktada Yeni Dünya'nın bilime ilk katkısı Benjamin Franklin (1706-1790) aracılığıyla New York'dan geldi. Franklin'in yaşamına ve buluşlarına ilişkin ayrıntılara girmek için zamanımız ve yerimiz yeterli olmadığından burada bu konuyu ancak çok sınırlı bir biçimde ele alabileceğiz. Franklin'in bir yayıncı, yazar, filozof, diplomat, bilim adamı ve mucit olduğunu ve ilk mesleği olan yayıncılığa 12 yaşındayken başladığını söylersem sanırım bu olağanüstü insanın ne denli dolu bir yaşam sürmüş olduğuna ilişkin genel bir fikir edinebilirsiniz. Bu bölümde konumuz elektrik olduğu için Franklin'in bu alandaki çalışmaları üzerinde duracağız.

Avrupa'ya giden ve orada elektriğin bulunuşunun uyandırdığı coşkuya tanık olan Franklin, Amerika'ya döndükten sonra Leyden kavanozu ile bir dizi gelişmiş deney yaptı ve Gray'den daha kısa bir zamanda konuya tümüyle hakim oldu. Franklin'in vardığı ilk kanı Dufay'in yaptığı gibi elektriği cam ve reçineyle bağlantılı iki ayrı türde ele almanın gereksiz olduğu, zira bir türün bulunduğu yerde diğerinin zaten görülmediğiydi. Pozitif ve negatif elektrik kavramını gerçeğin tam tersi biçimde algılamış olan Franklin doğada her maddenin elektriksel bir dengesi bulunduğunu ve bir maddenin elektrik yükünün bir bölümü başka bir maddeye aktarıldığı zaman bunu alan maddenin pozitif, geride kalanın ise negatif yüklü hale geldiğini ileri sürdü. Leyden kavanozunun sırrını çözdü ve elektrik yükünün elektrotlarda değil, camda olduğunu açıkladı. Bundan sonra elektrik konusunun gelecekteki gelişimi açısından çok büyük önem taşıyan ünlü deneyini gerçekleştiren Franklin deneyin sonunda hâlâ yaşıyor olmasını şansa borçluydu, zira bir uçurtmanın yardımıyla şimşeği bir Leyden kavanozunun içine çekmeye çalışmıştı (Kendisinden sonra bunu deneyen St. Petersburglu

bir "meraklı" bilim kurbanları arasına katılacaktı). Franklin bu deneyi sağsalim ve başarıyla sonuçlandırdığı gibi bu yöntemle edindiği bilgiyi uygulama alanında değerlendirmenin yolunu da buldu.

Paratoner

İngiltere'de de paratoner kullanıyoruz ama Amerika'da bulunduysanız bileceğiniz gibi orada paratoner çok daha gerekli birşeydir. Havanın aşırı kuru ve çok fazla elektrik yüklü oluşu nedeniyle Amerika'da özellikle kış aylarında orta derecede bir elektrik şokuna uğramadan bir kapı tokmağına dokunamazsınız. Bu yüzden Franklin'in paratoneri Amerika'da bir anda kapışıldı ve bundan kısa bir süre sonra Avrupa ülkelerinde de tüm yüksek yapıların çatılarını süsler oldu. Franklin'in 1756'da İngiltere Kraliyet Bilim Derneği'ne ve 1772'de Fransa Bilimler Akademisi'ne üye seçilmesi onsekizinci yüzyılın önde gelen bir bilim adamı olarak ününün Amerika dışına taşmasının göstergesiydi.

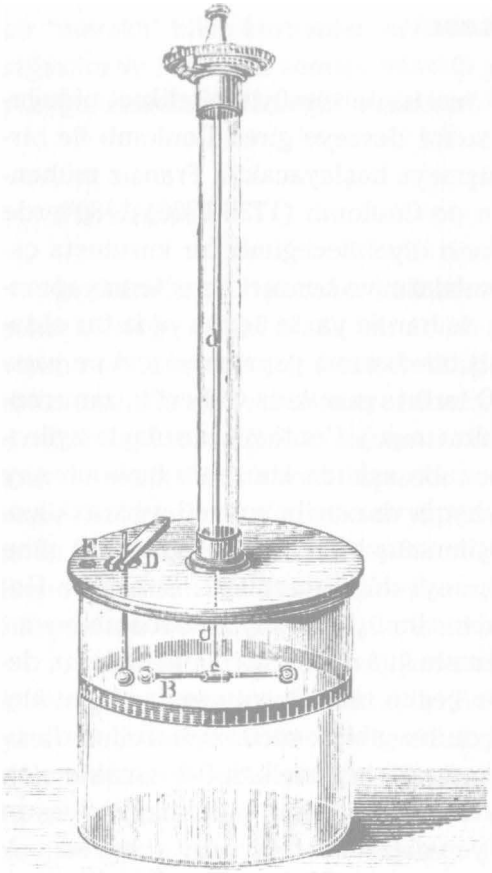
O tarihlerde İngiltere Krallığı ile Amerika'daki koloniler arasındaki sürtüşme giderek artmaktaydı. Başlangıçta İngiltere'den kopma yanlısı olmayan ve dönemin aydın kişilerinin çoğu gibi İngiltere'nin dünyanın en dinamik ve özgürlükçü yönetim biçimine sahip olduğunu ve bu nedenle de hızla gelişmekte olan koloniler için ideal bir koruyucu güç oluşturduğunu düşünen Franklin 1751'de Pennsylvania Meclisi'ne seçilmesini izleyen yirmi yıl içinde çeşitli nedenlerle fikrini değiştirecek ve Amerika'nın bağımsızlığı için çalışanların yanında yer alacaktı. Pennsylvania eyaletinin diplomat konumundaki temsilcisi olarak Londra'da bulunduğu yıllarda bu yoldaki görüşlerini sık sık dile getirmekten çekinmeyen Franklin ile başta Kral George III olmak üzere İngiltere hükümeti yetkilileri arasında önemli ölçüde bir soğukluk ortaya çıktı. O güne dek İngiltere'nin görmüş olduğu en bilim tutkunu kral olan George III bir bilim adamı olarak Franklin'e duyduğu hayranlığa karşın bu nedenle düşmanca bir tutum içine girdi ve hatta "o asinin" paratonerinin sivri olan ucunun bir küreyle değiştirilmesini istedi. Kralla bilim adamları arasında bu konuda ortaya çıkan anlaşmazlık Kraliyet Bilim Derneği Başkanı'nın istifasına bile yol açacaktı.

Coulomb ve Çekim Yasası

Bu noktaya kadar elektrik teorisinin tümüyle niteliksel olduğunu farketmişsinizdir. Bundan sonra devreye giren Coulomb ile birlikte teorinin nicel yanı da gelişmeye başlayacaktır. Fransız mühendis ve fizikçi Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) 1780'lerde Fransa'nın ulusal fizik laboratuarı diyebileceğimiz bir kuruluşta çalışmakta ve optik aletlerin, pusulaların ve benzeri gereçlerin yapımını denetlemekteydi. Bir görevi de her iki ya da üçyüz yılda bir olduğu gibi pusulanın daha gelişmiş bir duruma getirilmesi için ne yapılabileceğinin saptanmasıydı (O tarihte pusulada Gilbert'in zamanından beri hiç bir değişiklik yapılmamıştı). Coulomb pusulayla ilgilenmeye başladıktan sonra bu konuda aslında kimsenin fazla bir şey bilmediğini, pusulanın nasıl çalıştığı ve ne gibi kuvvetlerden etkilendiğinin henüz tam olarak anlaşılmamış bulunduğunu gördü. O güne dek kimse bu kuvvetleri ölçmeyi düşünmemişti. Gerçekte Coulomb'un uzmanlık alanı bundan tümüyle farklıydı. Donanmaya ait malzemenin denetiminden sorumlu kişi olarak görevi kabloların, demir çubukların ve buna benzer çeşitli malzemenin sağlamlığını ölçmekti ve bu ölçümlerden biri de bu gibi nesnelerin burulma durumundaki direncini (torsiyon) saptamaya yönelikti. Burulmakta olan bir demir çubuğun hangi noktada kırılacağını saptamaya yarayan burulumölçeri (torsiyometre) yapan Coulomb bir süre sonra bu yolla herhangi bir türdeki kuvvetin de ölçülebileceğini düşünmüş ve burulumölçeri bu yönde geliştirmişti *(Şekil 108)*.

Çok küçük kuvvetlerin şaşmaz biçimde ölçülmesini sağlayan bu aletle elektrostatik ve manyetik çekim ve itimlerin uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğunu, yani Coulomb yasasını ortaya koyan Coulomb manyetik kutupların ve elektrik yüklerinin uçlarda yoğunlaştığını saptamıştı. Gravitasyon, elektrik ve manyetizmden oluşan üç kuvvetin üçü de Coulomb yasası ile uyum gösteriyordu.

Bu ilginç aşamada bilim dünyasında boy gösteren en ilginç kişilerden biri olan Henry Cavendish (1731-1810) çoğu bilim adamının aksine soylu bir aileden geliyordu ve çok büyük bir servetin sahibiydi. Bugün gazların kimyası ve elektrik teorisi konularındaki bu-



Şekil 108. Coulomb'un torsiyometresi.

luşları ile tanıdığımız Cavendish son derece çekingen ve içine kapanık bir karaktere sahipti ve bunun bir sonucu olarak az sayıdaki bir kaç makale dışında araştırmalarının sonuçlarını yaşamı boyunca kendine saklamış ve ancak ölümünden uzun bir süre sonra araştırma sonuçlarının Maxwell tarafından yayınlanması ile geç de olsa hak ettiği üne kavuşmuştu. Ondokuzuncu yüzyılda Faraday elektrostatik konusunda kendi adıyla anılacak olan yasaları açıkladığı zaman maddelerin dielektrik özellikleri de dahil olmak üzere herşeyin bundan çok uzun bir süre önce Cavendish tarafından bulunmuş olduğunu aklına bile getiremezdi.

Cavendish'in tüm buluşlarını burada anlatmaya yerimiz ve vaktimiz elvermeyeceğinden sadece hayvansal elektrik konusuna kısaca değinmek istiyorum. Elektrik şokunun belirgin fizyolojik etkileri nedeniyle hayvansal elektriğin dikkatleri çekmesi kaçınılmazdı. Diğer yandan Cavendish'in yaptığı elektrikli balık modelini inceleyen ünlü anatomi uzmanı Hunter'in farkettiği gibi bu etki ters yönde de kendini göstermekteydi. Cavendish'in model balığının içinde Leyden kavanozları yer almakta ve böylece balığın bir biçimde elektrik ürettiği görülmekteydi. Bu olgu günümüzde de tümüyle açıklığa kavuşturulmuş değildir. Balıkların elektrik sinyalleri aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurabildikleri ve bu sinyalleri gönderen organlarının yanısıra alıcı organları da bulunduğu ancak İkinci Dünya Savaşı'nı izleyen yıllarda anlaşılmıştır.

Galvani: Hayvansal Elektrik

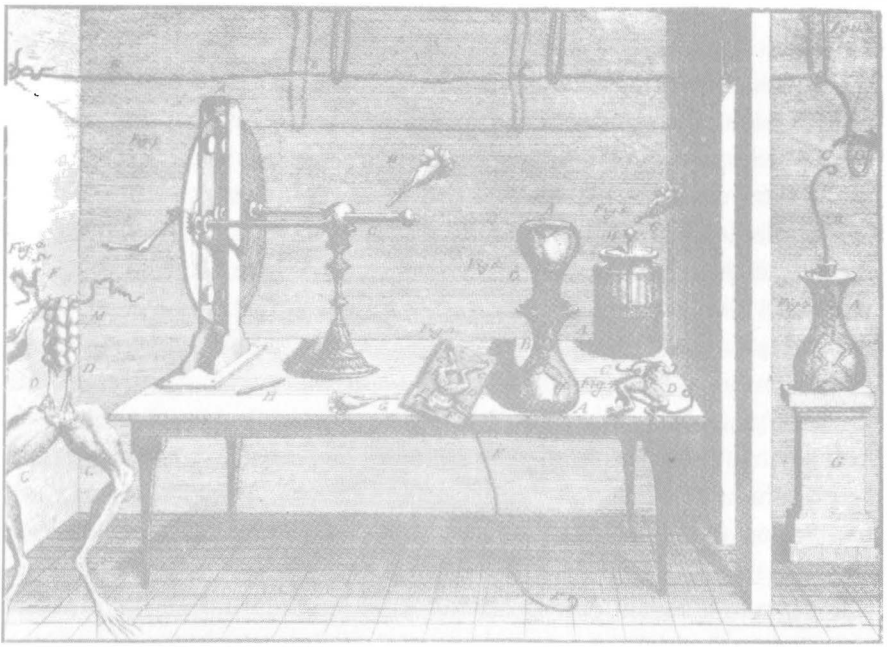
Buraya kadar sadece statik elektrikle ilgili gelişmeleri ele aldık. Şimdi de akım elektriği olarak tanımladığımız elektriğin geçmişine bir göz atalım. Akım elektriğinin nasıl bulunduğu ayrı bir öyküdür. 1790'larda, yani onsekizinci yüzyılın sonlarında bilim uzun bir süreden beri sessiz kaldığı bir ülke olan İtalya'da bir kez daha atağa geçmişti. Hayvansal elektrik konusundaki deneyleri ile ondokuzuncu yüzyılın gelişmiş elektrofizyoloji biliminin temellerini atacak olan Luigi Galvani (1737-1798) o yıllarda Kuzey İtalya'daki Bologna Üniversitesi'nde anatomi dersleri vermekte ve bir yandan da hayvansal elektrikle ilgili araştırmalar yapmaktaydı. Atmosferdeki elektriğin kurbağaların kas hareketleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yaptığı deneyler sırasında iki farklı türdeki metalle, örneğin demir ve bakırla temas ettikleri zaman deneklerin ıslak bedenlerinde kasılmalar olduğunu farkeden Galvani bu bulgudan yola çıkarak 1791 yılında hayvansal dokuların elektrik ürettiğine ilişkin teorisini açıkladı. Galvani'ye göre deneyde kullanılan metal parçaları sadece bu elektriğin açığa çıkmasını sağlıyordu. Galvani'nin kendisi bunun ayırdına varmamıştı ama yine bir İtalyan bilim adamının, fizikçi

Alessandro Volta'nın öne sürdüğü gibi bu olay bir iletim etkisinden ibaret değildi; kurbağaların kasılmalarına yol açan şey elektriksel bir salınımdı, yani Galvani farkında olmadan radyoyu bulmuştu!

Şekil 109'da Galvani'nin elektrik ve fizyoloji konusunda yaptığı deneylere ilişkin bir resim görüyorsunuz. Bu tür deneylerini sürdüren Galvani bir süre sonra-yine bir rastlantı sonucu-laboratuarın bulunduğu binanın üzerinden bir bulut geçtiği, ya da diğer bir anlatımla statik elektrik hava potansiyelinin gradyanı değiştiği zaman demir bir çubuğa asılı duran kurbağa bacaklarında kasılmalar olduğunu gördü. Aynı kasılmalar gümüş bir kancaya takılı bacaklar demir çubuğa değdiği zaman da görülüyordu. Galvani bu duruma yol açan başlıca etkenin iki farklı metalin biraraya gelmesi olduğunu ve kurbağa bacaklarının elektrik akımını saptamaya yaradığını bulmuştu (daha sonra bu amaçla geliştirilecek olan akımölçere de Galvani'nin anısına *galvanometre* adı verilecekti). İlginç olan şu ki çok uzun bir süre insanlar bu gibi olguların fizyoloji alanına girdiğini ve burada söz konusu olanın elektrikten farklı yeni bir şey olduğunu düşündüler. Görüldüğü kadarıyla ne Galvani'nin kurbağaları, ne de elektrikli yılan balığı bilinen elektrik yasalarına uymuyordu zira bir madde ıslak olduğu zaman belli bir potansiyeli korumuyor, kıvılcımlar filan saçmıyordu. Bu durumda bunun tümüyle yeni birşey olduğu kanısına varıldı ve adına da hayvansal elektrik dendi. O zamanki görüşe göre bu olgu organik ve inorganik olarak tanımlanabilecek iki tür elektriğin bulunduğunu ortaya koyuyordu.

Volta: Elektrik Bataryası

Pavia Üniversitesi fizik profesörü Alessandro Volta (1745-1827) Galvani'nin hayvansal elektrik teorisine şiddetle karşı çıkıyordu. Statik elektrik konusunda bir dizi ayrıntılı deney yapmış olan Volta indüksiyon yoluyla elektriği yoğunlaştırmaya yarayan *elektrofor*'u yapmıştı ve bununla bir Leyden kavanozunu nisbeten düşük bir yükle istediği kadar doldurabiliyordu. Yine bu aletin yardımıyla bugün elektriğin çok düşük "voltajları" olarak adlandırdığımız miktar-



Şekil 109. Gâlvani'nin elektrik ve fizyoloji deneyi. *The Effects of Electricity on Muscular Motion*, 1791.

ların saptanması da olanaklı hale gelmişti. Volta bu düşük voltajları elektroforun yardımıyla bir elektrometreyi çalıştıracak denli yükseltebiliyordu. Bu oldukça karmaşık bir ölçme yöntemiydi ama elektrometre bir voltun binde birini ölçemediği için tek çare buydu. Böylece Volta önce voltajı yükseltmenin yolunu bulmuş ve buradan yola çıkarak da Galvani'nin deneylerindeki voltajın farklı metallerin kullanılmasından doğduğu kanısına varmıştı. Biraraya getirilen farklı metaller arasında temas potansiyelinin bulunduğunu saptayan Volta bu kez "hayvansal elektriğin" sadece temas potansiyelinin bir sonucu olabileceğini düşünmeye başladı.

Yeni bir dizi deneye girişen Volta metal disklerin arasına ıslak kurutma kağıtları koymayı denedi ve 1800 yılında sürekli-akım elektriğinin ilk kaynağı olan "volta yığınını" bulduğunu açıkladı. Volta yığını gerekliydi zira Volta'nın elektriği ölçmek için tek çaresi bir kıvılcım çıkarmaya yetecek potansiyeli elde etmekti. İlk elektrik bataryasını ya-

pabilmek için yirmi ya da otuz diski üstüste yığması gerekmişti ve bu yolla elektrik elde etmeyi başardıktan sonra bu işin Galvani'nin hayvansal elektrik teorisindeki hayvanla hiçbir ilgisi bulunmadığını, elektrik elde etmek için hayvanlara gerek olmadığını açıkladı.

Böylece Galvani-Volta savaşını Volta kazanmıştı ama Galvani metal disklerin de gerekli olmadığını kanıtlayarak son sözü söylemekte gecikmedi. Farklı konsantrasyonlarda tuzlu su kullanan Galvani bu yolla tümüyle fizyolojik elemanlardan oluşan bir devre yapmayı başarmıştı. Doğal olarak kasların kasılmasının ortaya çıkardığı potansiyeller de bulunmaktadır ve elektrikli balıkların ürettiği büyük potansiyeller sinir ucu diski adı verilen bir şeyin içinde oluşan çok karmaşık bir kas hareketi potansiyelinden ortaya çıkar. Her kas teli hücresinde bir sinirle bağlantılı bir sinir ucu diski bulunur. Sinir tarafından üretilen kimyasal bir maddenin aktive ettiği bu disk de siniri harekete geçirir. Yılan balığının elektrik organında çok gelişmiş olmasına karşın çok az sayıda kasla bağlantılı olan bir tür sinir ucu diski yer aldığından bu işlev sırasında kas hareketi yerine elektrik üretilir. Diğer yandan bu fizyolojik olarak tanımladığımız farklı bir tür elektriktir.

Elektrikle ilgili araştırmaların Volta'nın bulgularını izleyen ve akım elektriğinin daha ayrıntılı biçimde ele alındığı aşamasını incelemek için yine İngiltere'ye döneceğiz.

Kraliyet Bilim Enstitüsü

Isıyla ilgili deneylerine daha önce değinmiş olduğum Benjamin Thompson 1799 yılında dünyanın ilk geniş kapsamlı bilim kuruluşu olan Kraliyet Bilim Enstitüsü'nü kurmuştu. Bugün de ilk kurulduğu yerde etkinliklerini sürdürmekte olan Enstitünün başlangıçtaki kuruluş amacı mekaniklere ve benzeri el işçilerine yeni buluşlar konusunda güncel bilgiler sağlamaktı. Buna karşılık Enstitüsünün bu amaca pek fazla hizmet etmiş olduğu söylenemez zira bir süre sonra Enstitüde çalışan soylular sıradan işçilerle birarada olmaktan hoşlanmadıkları sonucuna varmışlardı. Önce mekanikler ve diğerle-

riyle karşılaşmamak için ayrı bir merdiven kullanmak gibi bir "çözüm" ürettilerse de bu yeterli gelmemiş olacak ki bir süre sonra Thompson'un ayrılmasını fırsat bilerek Enstitünün çehresini tümüyle değiştirdiler ve çok özel bir kuruluş haline getirdiler. Enstitünün başkanlığına seçilen Humphry Davy dönemin gelecek vaad eden genç bilim adamlarından biriydi ve Enstitüde çok sayıda izleyici çeken ilginç konferanslar vermekteydi. Bunların birinde büyük boyutlarda bir batarya ile bir deney yapan Davy ilk kez Leyden kavanozlarından oluşan bataryalardan farklı bir düzenekle aynı sonuçları elde etti. ("Batarya" sözcüğü başta sadece Leyden kavanozları ile bağlantılı olarak kullanılırken daha sonraları akım elektriği üreteçlerinin tanımlanması için de bu sözcükten yararlanılmıştır.)

Metal tuzlarının ayrıştırılmasında bataryadan yararlanılabileceğini de ortaya koyan Davy elektrolizi geliştirmiş ve bu yolla ondokuzuncu yüzyılda elektromanyetik alanında gerçekleştirilecek olan önemli buluşların temellerini atmıştı.

Bu aşamada bilimsel buluşları hazırlayan işlevlere kısaca değinmek istiyorum. Nicel işlevler çok sayıda insanın emeğini gerektiren geniş bir ilgi alanına girer. Nitelikli bilimsel eserler üstün zekalı insanlar tarafından yazılmıştı ve bu nedenle de zamanında anlaşılmaları olanaksızdı, ama eğer siz de benim yapmayı ilke edindiğim gibi arada sırada "ikinci sınıf" bilimsel kitaplar da okuyorsanız bunlarda anlatılanların çoğunlukla saçmasapan şeyler olduğunu farketmiş olabilirsiniz. Ondokuzuncu yüzyılın başında bilimle uğraşan herkes elektrikle ilgilenmekte ve bu konuda bilinenleri birbirine bağlayacak olan bir doğa felsefesi aramaktaydı. Doğada gravitasyon, elektrik ve manyetizm gibi kuvvetlerin varlığı biliniyor ve bunun yanısıra bunların birbiriyle bağlantılı olması gerektiği de düşünülüyordu. Önceleri bu bağlantılar tüm çabalara karşın bulunamıyordu ama 1820 yılında Danimarkalı fizikçi Hans Christian Oersted (1771-1851) bir deney sırasında bataryadan bir tele elektrik verdiği zaman telin yakınında duran manyetik bir pusula iğnesinin teli gösterecek biçimde döndüğüne tanık oldu. Böylece manyetizm ile elektrik arasındaki bağlantı, yani içinden akım geçen bir telin çevresinde manyetik bir alanın oluştuğu yolundaki elektromanyetizm ilkesi

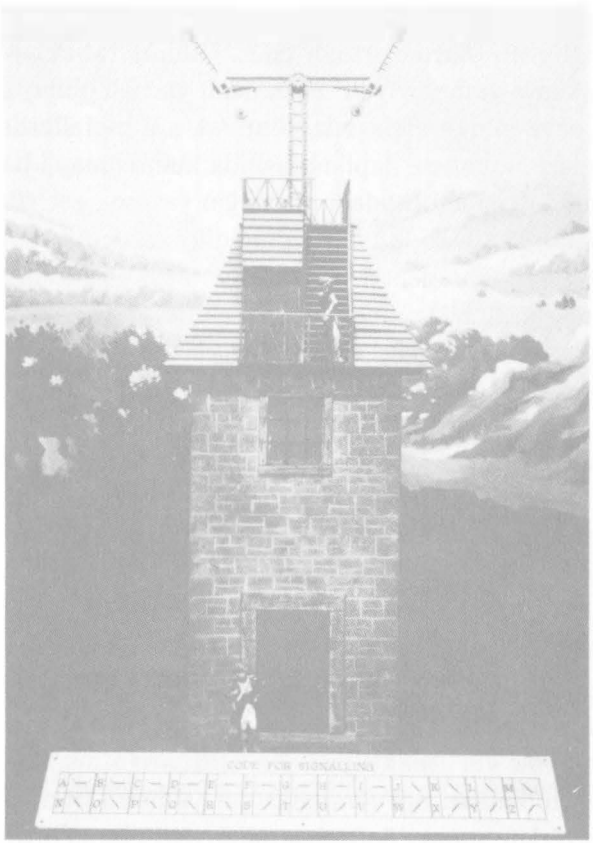
bulunmuş oldu. Bu buluş ilerde dolaylı bir biçimde de olsa telgrafın bulunmasını sağlayacaktı.

Dönüşüm etkisinin anlaşılması içinse aradan on yıl daha geçmesi gerekecekti. Bu süre içinde artık böyle bir etkinin varlığının kaçınılmaz olduğu bilindiğinden herkes bunun peşine düşecek ama sonunda dönüşüm etkisini bulan Faraday olacaktı.

Michael Faraday

Ondokuzuncu yüzyılın en büyük fizikçisi ve büyük bir olasılıkla tüm fizik tarihi boyunca gelmiş geçmiş en büyük deneysel fizikçi olan Michael Faraday (1791-1867) meslek yaşamının başlangıcında uzunca bir süre Kraliyet Enstitüsü'nde Davy'nın asistanı olarak çalışmış, Davy'nin ölümünden sonra da onun yerine Enstitünün laboratuar şefi olmuştu. İlk çalışmalarını analitik kimya alanında gerçekleştiren Faraday 1820'de Oested'in elektromanyetizm ilkesini bulmasından sonra bu konuyla ilgilenmeye başlamıştı. Bir yıl süren deneylerin sonunda içinden elektrik akımı geçen bir telin tek bir manyetik kutup çevresinde serbestçe dönmeye bırakılması durumunda akımın sürdüğü müddetçe bu hareketin de süreceğini kanıtlayan Faraday böylece elektrik motorunun temelinde yatan ilkeyi, yani elektrik kuvvetinin mekanik kuvvete dönüştürülmesi ilkesini bulmuştu. Bu buluş elektriği o sıralarda başlangıç aşamasında olan mekanik-endüstriyel devrimin belli başlı öğelerinden biri yapacaktı.

Bunu izleyen yıllar içinde manyetizmi elektriğe dönüştürme girişimlerini de başlatan Faraday 1831'de bir elektrik devresinin ve buna eşlik eden elektromanyetik alanın oluşturulması ya da bozulmasıyla elektrik akımlarının ortaya çıkabileceğini, yani elektromanyetik indüksiyon ilkesini bulduğunu açıkladı. Bundan birkaç hafta sonra manyetizmin elektriğe dönüştürülmesi için gerekli olan koşulları da saptadı ve bir sürekli mıknatısı bir bobinin içinde oynatarak telin içinde bir akım oluşturmayı başardı. Bugün elektrik gücü endüstrisinin temelinde yatan bu buluşla birlikte ilk elektrik üreteci (jeneratör) yapılmış oluyordu.



Şekil 110. Chappe'nin semafor telgrafı.

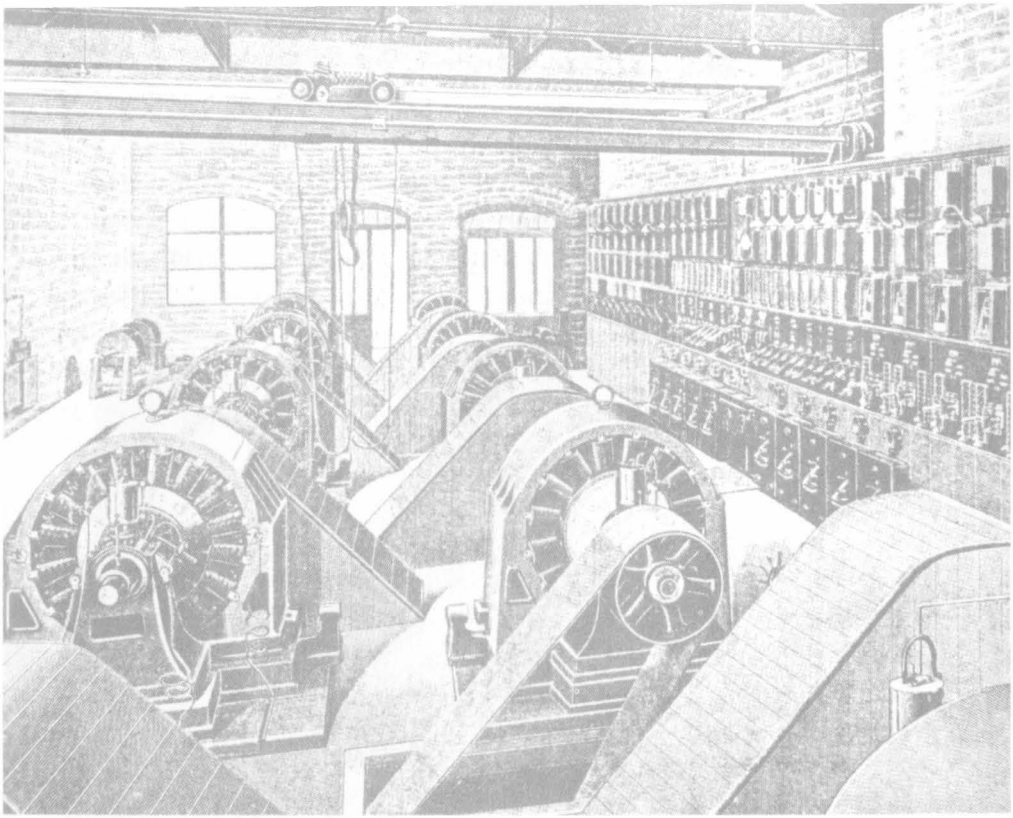
Elektriğin Gelişimindeki Duraklama

Faraday'in mekanikle elektrik arasında kurduğu bağlantının normal olarak çok kısa bir zaman içinde belli başlı bir elektrik endüstrisinin gelişmesine yol açması gerekirdi ama bu süreç beklenenden çok daha uzun oldu. Bunun nedenleri genelde ekonomiktir. Aslında daha 1830'larda bile elektriğin büyük miktarlarda üretilmesi olanaklı hale gelmişti. Faraday'in yaptığı eletro-mıknatıs hatırı sayılır ölçüde bir akım üretiyordu, ama sorun bunu kimsenin istememesindeydi. Elektrik "satılamıyordu" zira alıcısı yoktu. Elektriğe ilk talep bir moda

akımıyla bağlantılı olarak ortaya çıktı: Gümüş tabaklardan gümüş çatal ve kaşıklarla yemek yiyebilecek denli varlıklı olmayan insanlara yeni bir seçenek sunan elektroliz yöntemi, adi metallerden yapılmış bu tür gereçlerin gümüşle kaplanmasında kullanılmaya başlamıştı ve böylece gümüş kaplama modası elektriğin yaşama geçirilmesinde ilk adımın atılmasını sağladı. Bu yöntem güçlü bir akım kaynağını gerektiriyordu ve Faraday'ın geliştirmiş olduğu manyeto bu iş için çok uygundu. Daha sonra elektrik caddeleri aydınlatmaya yarayan ark lambaları ve deniz fenerleri gibi güçlü ve parlak ışık gerektiren yerlerde de kullanılmaya başlandı. Zamanla elektriğin kullanım alanı genişleyecek ve doğal olarak talep arttıkça üretim de hız kazanacaktı.

Elektrik kullanımı hafif endüstri ve ağır endüstri alanlarında olmak üzere iki yönde gelişim göstermekteydi. Hafif endüstri tanımlaması iletişim alanını kapsamaktaydı ve bu dönemde geliştirilen iletişim yöntemi telgraftı. *Şekil 110*'da Chappe'nin semafor telgraf kulesini görüyorsunuz (Doğal olarak bu çok eski bir yöntemdir). Londra ile Portsmouth arasında bir dizi yüksek tepe bulunmaktadır ve bu bölgede bugün de bu yapıları görebilirsiniz. Elektriğin ağır endüstrisi olarak tanımlayabileceğimiz alanda ise ışık gereçlerinin yapımına ağırlık verilmekteydi. Bu endüstrinin gelişmesi deniz fenerlerinde kullanılan ark lambalarının yanısıra bundan çok daha gerekli olan birkaç mum gücündeki ucuz aydınlatıcıların çok sayıda üretimine geçilmesi ile gerçekleşecekti. Bunun için de filament lambasının ve bu lambanın yanmasını sağlayacak olan güç kaynağının geliştirilmesi gerekiyordu.

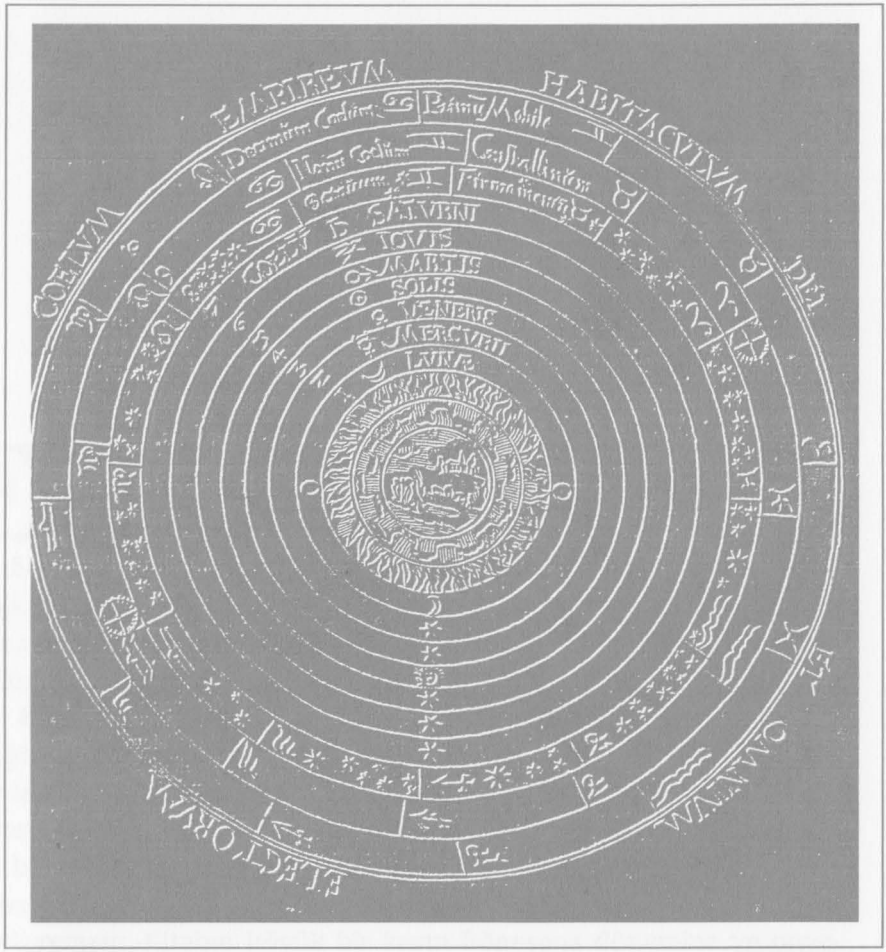
Şekil 111'de Londra'nın en eski elektrik santrallarından birini görüyorsunuz. İlk platin filamentli lambanın 1800 gibi erken bir tarihte yapılmış olmasına karşılık bu tür lambaların kullanılmaya başlaması ancak 1830'da gerçekleşmiştir. Ark lambasından filamentli lambaya geçilmesi için gerekmiş olan bu otuz yıllık süre bize bugün çok uzun gibi görünüyorsa da ondokuzuncu yüzyılın koşulları içinde bunun büyük bir başarı olduğu unutulmamalıdır. Ark lambaları deniz fenerlerinin yanısıra ana caddelerin ve limanların aydınlatılmasında da kullanılmaktaydı ama doğal olarak kimsenin evinde bu denli parlak bir ışığa gereksinimi yoktu. Bu nedenle ark



Şekil 111. Londra'nın en eski elektrik santrallarından biri. Metropolitan Elektrik Şti. nin Sardinia Caddesi'ndeki bu santralı 1896'da çalışmaya başlamıştır.

lambası hiç bir zaman fazla yaygınlaşmadı. Diğer yandan evlerde kullanılmaya uygun lambaların geliştirilmesinde karşılaşılan belli başlı iki sorun vardı: Bu denli küçük bir lambanın nasıl yapılacağı tam olarak bilinmiyordu ve bunun yanısıra böyle bir lamba için yeterli olan ölçekteki akımı sağlayacak olan ekonomik bir yöntem bulunamıyordu. Bu iki sorun ilerde Swan ve Edison tarafından çözümlenecekti, ama o zamana kadar elektriğin kullanımının yaygınlaşması söz konusu değildi. Swan teknik yönden kusursuz bir çözüm bulmuştu ama belki İngiliz olmasının getirdiği bir soyluluğa saygı duygusuyla ancak soylu (ve doğal olarak da varlıklı) kişilerin yararlanabileceği bir çözümdü bu: Kullanacağı elektriğin bedelini ödeyebilecek denli parası olan bir insan hiç kuşkusuz ki malikanesinin bahçesinde kendi özel elektrik santralini kurdurabilir

ya da bu amaçla yine geniş arazisinin bir köşesindeki doğal ya da yapay bir şelaleden yararlanabilirdi. Gördüğünüz gibi Swan'ın çözümü elektriğin geniş kitlelerce kullanımı amacını gerçekleştirmeye yönelik değildi ve bu nedenle de pek fazla işe yaramadı. Buna karşılık Edison elektrik santralini bir dağıtım şebekesiyle birleştiren bir sistem aracılığıyla oldukça geniş bir bölge içindeki en büyük malikaneden en küçük köy evine dek her konutun elektrikle aydınlatılmasını olanaklı kılacak bir çözüm bulacak ve bu gelişme bir yerde modern çağın başlangıcını oluşturacaktı.


HABITACVLVM
SATVRNI
IOVIS
MARTIS
SOLIS
VENERIS
MERCVRII
LVNAE
ELEMENTORVM
QUATUOR

Sonuçlar

Elinizdeki kitabın buraya kadarki onbir bölümü 1962 yılında Birkbeck Üniversitesi'nde bir yarıyıl boyunca verdiğim bir dizi konferansa ait teyp kayıtlarından alınmıştır. Bu konferanslar 1946-1962 yılları arasında fizik bölümü öğrencilerine vermiş olduğum derslerin bir özetini kapsamaktadır. Şu anda okumakta olduğunuz onikinci ve son bölüm ise kitaba bir sonsöz oluşturmak ve diğer bölümlerin içerdiği bilgileri güncelleştirmek amacıyla eklenmiştir.

Kitaba temel oluşturan ders ve konferanslarımın başlıca hedefi fiziğin geçmişini ilk aşamalarından itibaren ele almak ve 1896'da x-ışınlarının ve bunu izleyen çağdaş atom teorisinin bulunmasıyla başlayan büyük değişimle noktalanan klasik fiziğin gelişim sürecini ayrıntılı biçimde incelemekti. Diğer yandan şimdiye dek okumuş olduğunuz bölümlerde bu planı tam anlamıyla uygulayabilmiş olduğumu söyleyemem. Kitabın büyük bir kısmı Rönesans dönemine ve onyedinci yüzyıla, ya da diğer bir anlatımla Copernicus ile başlayıp Newton'la sona eren döneme ayrılmıştır. Bunun yanısıra 9, 10 ve 11'inci bölümlerde görmüş olduğunuz gibi optik bilimini, ısı ve bununla bağlantılı mekaniği ve nihayet elektriğin bulunuşuna yol açan gelişmeleri

inceleme yolunda çok kapsamlı olduğunu iddia edemeyeceğim bir girişimde bulundum. Bunun gibi fiziğin bugünkü biçimini almaya başladığı ondokuzuncu yüzyılda ortaya çıkan gelişmelerin başlıca yaratıcılarına ilişkin yeterli bilgi verebildiğimi de söyleyemem. Özellikle dönemin en büyük iki fizikcisinden biri olan James Maxwell'e (diğeri Faraday'dir) hemen hemen hiç değinmediğimin bilincindeyim.

Bu son bölümde öyküyü tarihsel açıdan birbirini izleyen bir dizi olay biçiminde sürdürmek yerine ondokuzuncu yüzyılın sona erdiği noktada başlayan büyük bilimsel atılımı hazırlayan tüm gelişmeleri bir bütün olarak ele almaya çalışacağım.

Bundan önceki bölümün başında kısaca belirtmiş olduğum gibi ondokuzuncu yüzyılda fizik alanında ortaya çıkan en önemli gelişmeler belli başlı iki buluşla bağlantılı olarak iki ayrı grupta toplanabilir. Bu buluşların biri tüm enerji biçimlerinin birbirine dönüştürülebilirliği ya da diğer bir anlatımla termodinamiğin birinci ve ikinci yasaları, diğeri ise ışığa ilişkin elektromanyetik teoridir. Bu iki büyük buluşun gerçekleşmesi ile evrenin gerek geçmişi gerekse geleceğine ilişkin olarak anlaşılabilir ve kendi içinde uyumlu bir tablonun ortaya çıkması mümkün olmuştur. Hernekadar bu buluşların kökenlerinde deneysel bilim ve teknoloji bulunmaktaysa da bunlar temelde teorik yanı ağır basan, yani doğru deneylerin yapılmasına ve deney sonuçlarının yaşama nasıl geçirilebileceğinin doğru biçimde değerlendirilmesine dayanan buluşlardır ve bu nedenle de hemen hemen içinde bulunduğumuz çağa dek fiziğin özünü oluşturmuş olan deney-teori bileşiminin ürünleri olarak görülmelidirler. Bugün yaygın olan bir görüşe göre deney işin kolayına kaçmaktır ve bir fizikçi eğer yeterince aklını kullanabiliyorsa deney yapmadan da yanıtları bulabilir. Büyük teorik fizikçiler Planck ve Einstein ile başlayarak günümüzün temel parçacıklar fiziğinin önde gelen isimlerine dek tüm çağdaş fizikçiler için geçerli olan bu görüşte bir doğruluk payı bulunsa da genel olarak deneysel yöntem hâlâ önemini korumaktadır. Diğer yandan bugün deneyin gerektirdiği harcamaların fiziğin tüm geleceğini tehdit eden boyutlara ulaşmış olduğunu da belirtmeliyim.

Yine ondokuzuncu yüzyılda ortaya çıkan bir gelişme de fiziğin konumunda ya da daha doğru bir deyişle fiziğe ilişkin beyanlarda

görülen değişimdir. O dönemde fizik açıklamalardan çok gerçeklerin ortaya konması ile ilgiliydi ve maddenin gösterdiği özellik ve davranışlarla sınırlı kalan -yani bir olgunun *nasıl*'ını açıklayıp *neden*'ine değinmeyen- bir katalog niteliğini taşıyordu. Bu fiziğin içerdiği çok sayıdaki değişmezin zamanla Avogadro sayısı ya da eylem kuantumu gibi daha az sayıdaki bazı temel kavramlara indirgenmesi gerçekleşse de nasılların yanıtlanmasına karşılık nedenlerin yine açıkta kalması kaçınılmazdı. Suyun 0° C'da donduğu ve 100° C'da kaynadığı söylendiği zaman bunun neden böyle olduğunu soramazdınız. Bu örneği seçişimin nedeni ondokuzuncu yüzyılda fizikçilerin size "boş bakmalarına" yol açan bu sorunun aslında son derece basit -hatta düş kırıklığına yol açabilecek basitlikte- bir yanıtı bulunmasıdır: Suyun sahip olduğu özellikler bu maddenin referans olarak kullanılmasına çok uygun olduğu için standart donma ve kaynama dereceleri bu biçimde saptanmıştı. Diğer yandan ondokuzuncu yüzyıl fizikçilerine haksızlık etmemek için şunu da eklemeliyim ki su tümüyle kendine özgü özellikleri bulunan ve çok karmaşık nitelikler taşıyan bir sıvı olup bu özelliklerin bütünüyle anlaşılması ancak yirminci yüzyılın ortalarında gerçekleşebilmiştir.

Üniversitede vermiş olduğum derslerin teorik fizikten çok deneysel fiziği konu alması zorunlu olduğundan elinizdeki kitap da ister istemez deneysel fiziğin sınırları içinde kalmıştır. Buna karşılık sonradan eklemiş olduğum bu son bölümde *nasıl*'ın yanısıra *neden*'i de yanıtlayan çağdaş fiziğin doğmasını sağlamış olan belli başlı düşünce ve eylem biçimlerini ortaya koymaya çalışacağım.

Doğal Kuvvetler Arasındaki Etkileşim

Onsekizinci yüzyıl fiziğinin mirası, her biri kendine özgü bir karaktere sahip olan ve nicellikleri ölçülebilen kuvvetlerin varlığı idi. Bu kuvvetleri bugün bizler de konunun alt başlıklarını oluşturan adları ile yani ısı, ışık ve ses, elektrik ve manyetizm olarak tanımaktayız. Bu mirası devralan ondokuzuncu yüzyıl fizikçilerinin görevi ise bu kuvvetler arasındaki bağlantıları bulmaktı. Daha önce de belirt-

miş olduğum gibi bu kuvvetler başlangıçta bir bütün olarak ele alındılar ve bu nedenle de bağlantılar uygulama alanı içinde kuruldu.

Daha sonra elektrik ve manyetizm Oersted ve Faraday'in deneyleri sonucunda ortaya çıkan ve ilk kez açık biçimde tanımlanan bağlantılarla biraraya getirildi ve bu gelişme ilk salt bilimsel endüstri olan elektrik endüstrisini (ve bu endüstrinin sağladığı tüm olanakları) insanlığın hizmetine sundu.

Faraday olağanüstü bir deneysel fizikçiydi ama işin matematik yanını geliştiren Maxwell oldu. Faraday'in çeşitli kuvvetler arasında varlığını saptadığı bağlantılar elektromanyetik alanlar kavramını doğurdu. Model yerküresi *terrella*'nın çevresine yerleştirdiği küçük pusula iğnelerinin yardımıyla bu kavramı ilk kez gözönüne seren Gilbert'den beri manyetik alanların varlığı bilinmekteydi. Bir kağıdın üzerine döktükleri demir kırpıntılarına yaklaştırdıkları bir mıknatısla "deneyler" yapan çocuklar bile bunu görebiliyorlardı. Sıralar halinde dökülen bu demir kırpıntılarını manyetik çizgiler olarak tanımlayan Faraday bunları elektrik yüklerinin ortaya çıkardığı elektriksel kuvvet çizgilerine benzetiyordu. Çok büyük bir düş gücüyle yola çıkarak kuvvet çizgilerini yönlendiren ilkeleri bulan ve tüm gözlemlerini bunlara dayandıran Faraday'in hareket halindeki manyetik alanların elektrik akımları ürettiğine ilişkin teorisinin birbirini kesen kuvvet çizgilerinin varlığı ile açıklanması mümkündür. Sürekli bir mıknatısla kuvvet çizgileri zorunlu olarak kapalı halkalar oluşturuyor, elektriksel kuvvet çizgileri ise yine zorunlu olarak elektrik yükleri üzerinde son buluyorlardı.

Ampere ve Gauss gibi diğer bazı fizikçilerin de elektriksel nicelikleri ölçmüş olmalarına karşılık teorinin bütünüyle anlam kazanması Faraday'ın çizdiği tabloyu diferansiyel denklemler biçiminde matematik diline çeviren Maxwell tarafından sağlanmıştır. Elektromanyetik alanların özelliklerinin özetlenmesi için bellibaşlı dört denklem yeterliydi, buna karşılık Maxwell'in denklemleri bundan çok daha fazlasını başarmıştır. Elektromanyetik nicelikler birim kutuplar ve birim yükler olarak mutlak terimlerle ifade olunabilir. Bunlar gerçekte iki ayrı birimler sistemiydi ve aralarındaki orantı 3×10^{10} cm/sn'lik bir hız olarak saptanmıştı (Bu şaşırtıcı hız aynı zamanda ışığın hızıdır). 1873'de açıklanan ve Maxwell'in genellemesinin te-

melinde yatan elektromanyetik ışık teorisi optiği de elektrik ve manyetizm ile birleştirmiş ve daha sonraları Herz'in araştırmaları sayesinde ışık dalgalarının salınım durumundaki elektrik yükleri tarafından ortaya çıkarıldığı kavramına yol açmıştı. Yirminci yüzyılın radyo ve telsiz gibi araçlarının varlığını da bu kavrama borçluyuz.

Ondokuzuncu yüzyılın başlarında optik alanında da çok önemli gelişmeler ortaya çıkmıştı. İngiltere'de Young ve Fransa'da Fresnel'in araştırmaları Huygens'in ışık ve titreşim (ışık dalgaları) teorisinin taneciklere ilişkin Newtoncu görüşü ortadan kaldırmasını sağlamış, yine aynı yıllarda Fraunhofer'in deneyleri Güneş spektrumunun Newton'un düşündüğü gibi kesintisiz olmayıp Güneş'in yüzeysel katmanları tarafından soğurulan ışınımlara karşılık gelen koyu renkli çizgiler tarafından kesildiğini göstermişti. Hemen arkasından bu ışınımların ateşe tuz dökülmesi örneğinde olduğu gibi uyarılmış gaz atomlarından ortaya çıktığı bulunmuştu (Bugün gerek sodyum ve civalı sokak lambaları gerekse floresan lambaların aracılığıyla bu ışınımlarla yakından tanışmış bulunuyoruz). Evrendeki tüm maddelerin aynı elementlerden oluştuğunun anlaşılmasını sağlayan bu bilgi başlangıçta daha çok kimya ve astronomi alanlarında işe yaramış ve spektral analizi kimya biliminin en önemli yardımcılarından biri haline getirerek helyum gibi bazı yeni elementlerin bulunmasına yol açmıştı. Ondokuzuncu yüzyılda bu yöntemin uygulanmasıyla sayıları hızla artan bilinen elementler Rus kimyacı Mendeleev tarafından düzene sokulmuş ve (yirminci yüzyıla dek açıklanamamış olsa bile) elementlere ilişkin periyodik bir sistemin tanımlanması olanaklı hale gelmişti.

Bu arada Faraday araştırmalarını gelecekte çok büyük önem kazanacak olan iki alanda sürdürmekteydi. Elektrik, manyetizm ve optik bilimleri arasında daha önce bilinmeyen yeni bağlantılar bulan bu bilim adamı ışığın polarizasyonunun manyetik alanlar tarafından etkilendiğini ortaya koymuştu. Ünlü Fransız kimyacı Pasteur doğada bulunan kuvars gibi kristallerin ve şeker gibi organik kimyasal maddelerin canlı organizmalardan kaynaklanan asimetrik kuvvetlerin ürünü olduğunu ortaya koymuş ve buradan yola çıkarak ilerde tıp ve tarım alanlarını büyük ölçüde etkileyecek olan bakteriyolojik araştırmalarını başlatmıştı.

Fizik konusuna geri dönersek bu dönemde Faraday'ın elektrikle ilgili araştırmaları başlatmış olan birtakım olguları (örneğin vakum ortamında ya da diğer bir deyişle çok düşük basınçlardaki gazların bulunduğu bir ortamda elektrik boşalımından doğan ışıldamayı) incelemekte olduğunu görürüz. Faraday'ın bu alandaki çalışmaları Crookes ve diğerlerince başlatılan ve ilerde Röntgen'in kendi adıyla anılacak olan x-ışınlarını bulmasıyla sonuçlanan bir dizi araştırmaya temel oluşturduğu gibi Thomson'un elektriğin taşıyıcısı olan elektronun varlığını ortaya çıkarmasına da yol açacaktı. Faraday daha önce elektriğin sıvıların içinde birim miktarlarda taşınabildiğini (tüm elementler için aynı olan iyonik yük*e*) ileri sürmüşse de atom kavramı ile ilgili önyargı nedeniyle kimse bunu yeni bir parçacığa bağlamaya yanaşmamıştı.

Enerjinin Korunumu

Böylece ondokuzuncu yüzyılda ortaya çıkan ikinci en önemli birleştirici görüşe gelmiş bulunuyoruz. Enerjinin korunumuna ilişkin bu görüş ilk kez 1850'lerde ileri sürülmüştü. Bu dönemde bilimin erişmiş bulunduğu düzey düşünülürse bunun oldukça geç bir tarih olduğu görülür. Üstelik bu görüş artık profesyonelleşmiş bulunan fizikçilerden değil, mühendisler ve fizyologlar gibi fiziğin dışındaki alanlarda çalışan kişilerden kaynaklanmıştır. Buhar makinesi ve onu izleyen lokomotif ısının uygulanım alanında teorinin önüne geçmesi sonucunu doğurmuştu. Belli bir miktardaki yakıttan sağlanabilen iş sürekli biçimde artmaktaydı. Çeşitli türlerdeki makinelerin başlangıçta çok düşük olan verimlerini en az on katına çıkartan yeni yöntemler geliştirilmişti ve bu amaca yönelik araştırmalar sürmekteydi. Bunun teorik bir sınırı olabilir miydi?

Sadi Carnot verim sorununa enerjinin sıcak bir kazandan soğuk bir yoğunlaştırıcıya aktarılması sorunu olarak bakıyor ve bu işlemin bir sınırı olması gerektiğini, bu yolla aktarılabilecek enerjinin kazan ile yoğunlaştırıcı arasındaki sıcaklık farkı tarafından sınırlanacağını ileri sürüyordu. Böylelikle termodinamiğin ısıya ilişkin ikinci yasası

ısının mekanik karşılığını konu alan birinci yasasından önce bulunmuş oldu. Buna karşılık bir süre sonra Carnot bu biçimde aktarılan şeyin kalori ya da ısı miktarından çok entropi olduğunu anlayacak ve belli bir miktardaki işin yapılmasını sağlayan enerjinin sınırının şaşmaz biçimde mevcut ısının miktarı tarafından belirlendiğini bulacaktı. Aslında Carnot termodinamiğin birinci yasasını daha 1830'da bulmuştu ama bu durum ancak notlarının ilk kez yayınlandığı 1927'de ortaya çıkacak ve bu arada başkaları da aynı sonuca varmış olduğundan Carnot gölgede kalacaktı. Enerjini korunması ve aktarılması konusu o dönemde öylesine gündemdeydi ki sonuçta bunu kimin ne zaman bulmuş olduğu hiçbir zaman tam olarak anlaşılamayacaktı. Genellikle bu buluşun J. R. Mayer (1814-1878) adlı bir Alman doktor tarafından gerçekleştirildiğine inanılır. Mayer, gemi doktoru olarak Doğu Hint Adaları'nda bulunduğu sırada yaşamın sürdürülebilmesi için kuzey ülkelerine kıyasla burada daha az ısıya gereksinim olduğunu farketmişti. Bu varsayımı kanıtlamaya yönelik bir dizi basit deney yapan Mayer sonuçta ısının ve işin çok çeşitli biçimler altında ortaya çıkan ve belli bir orantıda birbiri ile değişimli olabilen genel bir enerji niceliğinin örneklerini oluşturduğu kanısına varmıştı.

Bu ısının mekanik karşılığıydı ve ilerde Joule tarafından kesin biçimde ölçülecekti. Fiziğin profesyonelleri bu teoriyi Newton'un vardığı sonuçları içermediği gerekçesiyle uzun bir süre görmezden geldiler. Joule'un bu çalışmayı başlatmaktan amacı bataryalar tarafından tüketilen metalin miktarı ile bağlantılı olarak elektrik motorlarının verimliliğini ölçmekti. Enerjinin korunumuna ilişkin bu görüş ilerde Helmholtz ve Thomson gibi fizikçiler ve daha sonra da Kelvin tarafından ele alınmış ve enerjinin evrenselliği kavramı genel fizik görüşünün yapı taşlarından birini oluşturmuştur.

Buna karşılık termodinamiğin ikinci yasasına göre çok büyük boyutlarda sıcak ve soğuk bölgeler içeren evrenin enerjisinin zamanla evrensel bir ılıklığa dönüşmesi kaçınılmazdır. Giderek homojen bir durum alan bir evren kavramı oldukça ürkütücüydü zira bu kavram zorunlu olarak evrenin düşünülenden daha kısa bir süreden beri var olduğu ve bu nedenle gelecekte de ancak aynı uzunlukta

bir süre ile varlığını sürdürebileceği olasılığını da içeriyordu. Bu karamsar görüş hayvan ve bitki türlerinin geçirmiş olduğu evrim için bundan çok daha uzun bir süreyi öngören Darwin teorileri ile tam bir çelişki oluşturduğu gibi güneşin ısısını sağlayan nükleer dönüşümlerin içerdiği yeni enerji kaynaklarının peşine düşülmesini gerektirecek olan fizik devriminin de habercisiydi.

Enerjinin korunumunun evrenselliği görüşü o dönemde yani ondokuzuncu yüzyılın ortalarında fiziğin izlemekte olduğu yolu önemli ölçüde etkilemiştir. O sırada enerji, kimyasal tepkimelerin atomla bağlantılı özelliklerine ilişkin varsayımdan uzak durmanın bir yolu olarak görülmekteydi. Bu noktada şunu da belirtmek gerekir ki onsekizinci yüzyılın sonları ile ondokuzuncu yüzyılın başlarında hızla gelişen kimya tüm fizik alanına egemen olmuş durumdaydı. Priestley ve Lavoisier'in akışkanlara ilişkin bulguları rasyonel bir kimyanın ortaya çıkmasına büyük ölçüde katkıda bulunmuş ve oksitlenmenin canlı organizmaların metabolizması için bir enerji kaynağı oluşturduğu görüşüne yol açmıştı. Daha sonraları fizikçi ve meteorolog Dalton bazı gaz tepkimelerinin en iyi biçimde atom hipotezi ile açıklanabileceğini ileri sürecekti. Bu hipotezdeki atomlar temelde Yunanlıların *a-tomos* kavramından çok farklı değildi, ancak bu kez kesin biçimde tanımlanmışlar ve birbirlerinden farklı özellikler gösterdikleri anlaşılmıştı. Her biri kendi özgül ağırlığına sahip olan bu atomlar entegral oranlarda birbirleri ile birleşmekteydiler. Bu birleşme sırasında açığa çıkan belli bir miktardaki ısı da biyolojik ve endüstriyel hareketin kaynağını oluşturmaktaydı. Sağlam mantıksal nedenlere dayanan atom teorisinin sonunda başarıya ulaşması kaçınılmazsa da yaygın biçimde benimsenmesi ancak yüzyılın sonlarında gerçekleşebilecekti. Bu gecikmenin başlıca nedenleri arasında atomların çok küçük boyutlarda ve görünmez oluşlarının yanısıra dinsel inanışların getirdiği önyargıları da sayabiliriz.

Hernekadar atom kavramı tüm güçlüklere karşın maddenin ayrılmaz bir bölümü olarak varlığını sürdürecekse de temel parçacıklardan oluşan atomlara ilişkin çağdaş görüşün yerleşmesi için ondokuzuncu yüzyılın sonunda Becquerel, Curieler ve Rutherford'un radyoaktiviteyle ilgili buluşlarının açıklanması gerekecekti.

Sürem *(continuum)* kavramı ile maddenin atomlardan oluştuğu görüşü arasındaki çelişki bir anlamda onyedinci yüzyılda Descartes ile Newton'un bu konuda düştükleri anlaşmazlığın devamı niteliğindeydi. Aslında bu tartışma günümüzde de sürmektedir ama konu artık sadece matematiksel fizik düzeyinde ele alınır olmuştur.

Çağdaş Fiziğin Kökenleri

Fiziğin ondokuzuncu yüzyılda gösterdiği olağanüstü gelişme o dönemde bilinen tüm olguları birkaç genelleme içinde toplamayı başarabilen ortak (ve çok görkemli) bir çabadan kaynaklanmıştır. Diğer yandan bu genellemeler onları bulanların umduğu gibi herşeyi kapsayan bir tablonun ortaya çıkmasını sağlamayacaktı zira bilim sonuçta bundan farklı bir yönde gelişti. Devrim yaratan yeni araştırmaların ve yeni görüşlerin bilim alanına girişi fiziksel olguların teorilere uymamakta direndiği noktalarda gerçekleşti ve çağdaş fiziğin temelleri de bu biçimde atıldı.

Ondokuzuncu yüzyılla birlikte fizik alanında gelişmeye başlayan yenilikleri olabildiğince kısa bir biçimde incelemek üzere işe optik ve elektrikle başlayalım. Elektronlarla ifade edilen elektrik teorisi Maxwell'in denklemlerinin yanıtlayamadığı soruların ortaya atılması sonucunu doğurmuştu. Bu yanıtları bulmak üzere yola çıkan Einstein'ın ortaya koyduğu ilk ilke dış dünyadan yalıtılmış durumda bulunan bir cismin mutlak hızının saptanmasının olanaksız olduğuydu; böyle bir cismin hızı ancak göreceli olarak saptanabilirdi. Görecelik kavramının fiziğe tümüyle yeni bir görünüm kazandırdığını ve ışık hızının evrendeki en büyük hız olarak tanımlanmasına yol açtığını biliyoruz. Bu ilk gelişmeyi izleyen aşamalarda Einstein genel görecelik teorisini ve yerçekimi ile ivmenin gerçek eşdeğerliliğini de ortaya koyacaktı.

Ondokuzuncu yüzyıl fiziğinde diğer bir önemli gelişme de ısı teorisi ve enerjinin spektrumdaki dağılışı konusunda gerçekleşmiştir. Daha önce yaygın olan görüşe göre sıcak bir cismin ısı yitirmesi ile enerjinin büyük bir bölümü yüksek frekansların dalga boylarında

toplanmaktaydı. Bu görüş ısı yitiminin düzenli bir biçimde gerçekleştiği yolundaki yanılgıdan kaynaklanmıştı. Isının ancak birbirinden ayrı paketçikler (eylem kuantası) halinde yitirilebileceğine ve bu nedenle de enerjinin çoğunun düşük frekanslarda toplanacağına ilişkin (sonradan kanıtlanacak olan) varsayımı ilk kez ortaya atan Planck olmuştur. Bu görüş sadece elektriğin değil, enerjinin kendisinin de sürem yerine atom teorisine uyum gösterdiğini ileri sürmekle eşdeğerliydi. Böylece atom kavramı sürem kavramına karşı bir zafer daha kazanmış oluyordu. Bu aşamada kimyasal tepkimelerin nedeni bilinmeyen etkilerinin (örneğin atomsal işlevlerin kesikli enerji düzeyleri gibi) günışığına çıkmasını sağlayan kuantum teorisine giden yolun başına gelinmişti. Bu görüşün son şeklini alması spektral çizgilerin anlaşılmasına yönelik bir araştırma sonucunda gerçekleşecekti. Süremler *(continua)* yerine belirgin frekansların varolduğu gerçeği atomun kendisinin de çok karmaşık ve parçacıklardan oluşan bir yapıya sahip olduğunu gösteriyordu. 1880 yılında Balmer en basit spektruma sahip olan hidrojen atomuna ilişkin analizi ile bunu zaten ortaya koymuştu.

Buna karşılık Balmer'in varmış olduğu bu sonuç ancak 1913'de Bohr'un atom teorisini açıklamasından sonra anlaşılabilecek ve böylelikle evrendeki tüm diğer atom spektrumlarının oluşturduğu akılalmaz boyutlardaki karmaşanın çözümlenmesine giden yolda ilk adım atılmış olacaktı.

Buna karşılık yeni fiziğe ilişkin ilk gerçek ipucu x-ışınlarının incelenmesinden elde edilmiştir. Röntgen'in saptamış olduğu gibi elektrik boşalımlarının ışıltı olgularına yol açtığının anlaşılması başta uranyum içeren türler olmak üzere bazı mineraller tarafından üretilen benzer ışıltıların varlığının farkedilmesini sağlamıştı. İlk kez Becquerel tarafından gözlenen bu olgu radyoaktivitenin bulunmasına ve atomların sonluluğu görüşünün ortaya çıkmasına yol açacaktı. Atomun sonsuz olmadığının anlaşılması ile varlığının kesin biçimde kabul edilmesinin aynı zamanda gerçekleşmiş olması ilginç bir rastlantıdır. Atomun sonluluğuna ilişkin açıklama ilk kez Rutherford'dan gelmiş, daha sonra Bohr tarafından da doğrulanmıştır. Atomun parçalanması ve kararsızlık ilkesi de dahil olmak üzere nük-

leer fizik biliminin tamamı bu kavramdan doğmuştur. Atomun parçalanabilirliği kavramı fizikte yeni bir çığır açacak ve bunun nükleer enerjinin kullanımının yanısıra atom bombası biçiminde uygulamaya dönüştürülmesi insanlığın geleceğini (iyisiyle-kötüsüyle) derinden etkileyecekti.

Ondokuzuncu yüzyılın klasik fiziğinden çağımızın nükleer fiziğine geçişi oluşturan en belirgin aşamaları böylece özetlemiş bulunuyoruz.



"Fizik alanındaki ilerlemenin büyük bir bölümü eski görüşlerin tekrar ele alınması, eleştirilmesi ve böylelikle geçmişteki yanılgıların düzeltilmesinden yola çıkılarak sağlandığı bu görüşlerin-yanılgıya düşmeleri durumunda bile-doğrulara varmada önemli bir rol oynamış oldukları yadsınamaz."

Bu bağlamda elinizdeki kitap, "başlangıçtan" klasik fiziğin sona erdiği 19.yüzyıl sonlarına kadar uzanan süre içersindeki fiziğin ilgi çekici ve önemli gelişimini tanıtırken, bilimin kültürle ortak bir payda altında toplanabildiği bir döneme de ışık tutmaktadır...

Ederi: **200.000 TL** (KDV Dahil) 9 789754 030259 ISBN 975-403-025-1