

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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

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

RICHARD S. WESTFALL

Modern Bilimin Oluşumu

V

RICHARD S. WESTFALL

Modern Bilimin Oluşumu

ÇEVİREN: İSMAİL HAKKI DURU

VYAYINLARI

RICHARD S. WESTFALL
MODERN BİLİMİN OLUŞUMU

V YAYINLARI

●
BİRİNCİ BASKI: NİSAN 1987

V YAYINLARI

VERSO A.Ş.

Konur Sokak 13/7, Kızılay/ANKARA

Tel: 125 68 95

P,K.: 359, Yenişehir/ANKARA

Kapak Düzeni: Ümit Öğmel

Ofset Hazırlık: VMS (Verso Matbaacılık Sanayii)

Baskı, Cilt: Has-Soy Matbaası, Ankara

RICHARD S. WESTFALL

Modern Bilimin Oluşumu

The Construction of
Modern Science

Mechanisms and Mechanics

ÇEVİREN: İSMAİL HAKKI DURU

VYAYINLARI

TEŞEKKÜRLER

Batlamyus astronomisi düzenlerini resimleyen diyagramlar Thomas S.Kuhn, *The Copernican Revolution* Cambridge, Mas.: Harvard University Press, copyright 1957 by the President and Fellows of Harvard College. 'dan' yayıncılarının izniyle alındı. Hepsi de ilk olarak University of California Press'ce basılan Galileo, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, tras. Stillman Drake (Berkeley, 1962); William Harvey, *Lectures on the Whole of Anatomy* (Berkeley, 1961); ve Isaac Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, trans. Florian Cajori (Berkeley, 1960)'den yapılan alıntılar, California Üniversitesi Müttevelli Heyetinin izniyle basıldı. Giam battista della Prota'nın *De refractione*'si Profesör Vasco Ronchi'nin izniyle *Storia della luce* (Bologna, 1939) adlı eserinden alındı. Galen'ci fizyolojiyi resimleyen diagram ile Thomas Moffett ve Francesco Stelluti ile ilgili pasajlar Charles Singer, *A History of Biology* copyright 1931, 1950, and 1959 by Abelard — Schuman, Ltd.'den yayıncının izni ile alındı. Kalbin yapısını gösteren diagram, Spalteholz — Spanner, *Atlas of Human Anatomy*, 10 th ed., trans. A. Noderveen (Philadelphia, 1967) den yayıncı F.A. Davis Company'nin izniyle aktarıldı. Malpighi ve Swammerdam'dan alındılar Howard B. Adelman, *Marcello Malpighi and the Evolution of Embryology*, copyright 1966 by Howard B. Adelman'dan alındı ve Cornell University Press'in izniyle kullanıldı. Martinus Nijhoff bana Christiaan Huygens'in *Oeuvres completes*'inden alınan fiziksel sarkaç ve sikloid çözümlemeleriyle ilgili diagramları kullanma iznini verdi. Leibniz'in dinamik denemeleriyle ilgili alıntılar, D.Reidel Publishing Company izniyle Leibniz, *Philosophical Papers and Letters*, Leroy Loemker, Ed. (Chicago, 1956) den elde olundu. Cambridge Üniversitesi Kütüphane mutemedi, Isaac Newton'un el yazması "Waste Book" dan alıntılar yapmama ve diagramlar yapmama ve diagramlar basmama izin verdi.

R.S. Westfall

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ

I	Göksel Dinamik ve Yersel Mekanik	1
II	Mekanikçi Felsefe	27
III	Mekanikçi Bilim	47
IV	Mekanikçi Kimya	71
V	Mekanikçi Felsefe ve Biyoloji	91
VI	Bilimsel Girişimin Örgütlenmesi	117
VII	Mekanik Bilimi	133
VIII	Newton Dinamiği	155
	Önerilen Ek Kaynaklar	179

ÖNSÖZ

Yedi yıldır 17 nci yüzyıl bilim tarihi dersini vermekteyim. Ortalama lisans öğrencisine hitap eden bu ders kitabı, benim konuyu anlayış tarzımın özetlenmiş bir ifadesidir. Konuyu anlayışımın nihai bir biçime ulaşmadığının (hattâ henüz yaklaşmadığının) farkındayım; ve öyle sanıyorum ki, bu kitabı bundan beş yıl sonra yazsaydım, Rönesans Naturalizmine (ya da, bazan vermeyi yeğlediğim adla, Hermesci geleneğe) ve bilimsel hareketin büründüğü toplumsal biçimlere daha geniş yer verirdim. Yine de, bu değişikliklerin elinizdeki kitabı bambaşka bir şekle sokmayacağı kanatındeyim. Bunlar daha ziyade, bilimsel devrimin geçici olmayan, tutarlı bir yorumunu amaçlayan yapıda yer alan düzeltmeler olacaktır.

Kitabın yazılmasında kaçınılmaz olarak birçok şükran borcunun altına girdim. Kendimi bu kitabın yazılması için gerekli çabaya adanabilmeme olanak veren Indiana Üniversitesine ve onun Tarih ve Bilim Felsefesi Bölümüne şükranla doluyum. Beni olanak ve hizmetlerinden yararlandırıldıkları için çeşitli kütüphanelere, özellikle de, Cambridge, Harvard ve Indiana Üniversitelerinin kütüphanelerine teşekkür ederim. Öğrencilerim, yararlı kuşkuculukları ile bana düşüncelerimi sınama şansı verdiler. Indiana Üniversitesindeki ve başka yerlerdeki meslekdaşlarım beni tavsiye ve eleştirilerinden yararlandırıldılar. Ailemin bana verdiği sürekli destek olmasaydı, diğer olanakların hiç bir yararı olmazdı. "Ve sonunda somut bir şey söylemek gerekirse, Dizini oğlum Alfred'e borçluyum."

Richard S. Westfall

GİRİŞ

17 nci yüzyılın bilimsel devrimine iki önemli görüş egemen oldu. Bunlar, doğaya geometrici bir anlayış ile bakan, evrenin matematiksel düzen ilkelerine göre yapılandığını kabul eden Eflâtuncu ve Pisagorcu* gelenek ile doğayı muazzam bir makina olarak kabul eden ve görüngülerin arkasındaki gizli mekanizmaları açıklamaya çalışan mekanikçi felsefe idi. Bu kitapta, sözünü ettiğimiz iki egemen akımın birleşik etkisi altında, modern bilimin kuruluşu incelenmektedir. Bu iki akım beraberliği öyle her zaman uyum içinde olmadı. Pisagorcu gelenek görüngülere bir düzenlilik arayışı içinde yaklaşıyordu ve onlar için, evrenin nihai yapısının ifadesi demek olan, kesin matematiksel bir betimleme keşfetmek yetiyordu. Buna karşılık, mekanikçi felsefe tek, tek görüngülerinin nedenselliği ile ilgileniyordu. Hiç değilse Descartescılar kendi-

* Bu sisteme göre: Yarıçapı Satürn'ün yörüngesine eşit bir küre içine bir küp konur. Bu küpün içine oturtulan kürenin yarıçapı Jupiter'in yörünge yarıçapına eşittir. Bu son kürenin içine bir düzgün dört yüzlü çizilir. Bu dört yüzlünün içine çizilecek kürenin yarıçapı Mars'ın yörünge yarıçapını verir. Bu kürenin içine çizilecek bir düzgün oniki yüzlü içine ise Dünya'nın yörünge yarıçapına eşit yarıçaplı bir küre oturtulabilir. Yarıçapı dünyanın yörünge yarıçapı olan kürenin içine ise düzgün sekiz yüzlü çizilir. Bunun içine de Venüs'ün yörünge yarıçapına eşit yarıçaplı küre sığar. Bunun içine oturtulan düzgün yirmiyüzlü içine ise Merkür'nin yörüngesi sığar. Düzgün altıyüzlü (küp), dört, oniki, sekiz ve yirmi-yüzlü kabil beş kusursuz katı şekildir. Bu yaklaşık gözlem aslında gök cisimlerinin hareketine kumanda eder. Va $1/r$ potansiyelinin bir sonucu bu tür merkezci potansiyeller 50(4,2) ile gösterilen dinamik grup simetrisine sahiptirler ve bu gün bu grubun eski gözleme yaklaşık olarak uyacak sonlu alt grupları da olduğu biliyor. Bu olayda birçok fiziksel buluşların bir özet örneğini görüyoruz. Önce görüngülerin bir simetriye uygunluğu (çoğu zaman yaklaşık) gözleniyor, sonra olayın dinamiği anlaşıldığında, simetrisinin nedeni de Matematik olarak ortaya çıkmış oluyor. (Ç.N.)

lerini doğanın insan aklı için tam olarak anlaşılabilir olduğu önermesine adanmışlardı. Genel olarak tüm mekanikçiler de, doğa felsefesindeki her bir belirsizliği ortadan kaldırmaya ve görüngüleri oluşturan görünmeyen mekanizmalar ile günlük yaşamdaki mekanizmaların tamamiyle benzer olduğunu göstermeye uğraşıyorlardı. Değişik amaçlar peşinde koşan bu iki düşünce hareketi birbirleri ile çatışma eğilimine girdiler ve bundan apaçık bir biçimde matematiksel olmayan bilimler de etkilendiler. İki akımın zıtlaşmasından, çatışan bilim idealleri ve değişik işlem yöntemleri önerildiği için, kimya ve yaşam bilimleri gibi, Pisagorcu geometrileştirme geleneğinden çok uzak olan bilimler etkilendiler. Mekaniksel nedensellik için yapılan açıklamalar çoğu zaman kesin belirtlemeye giden yolda bir engel haline geldi. Ve bilimsel devrimin tam olarak gerçekleşmesi için iki egemen akım arasındaki gerginliğin ortadan kalkması gerekti.

Bilimsel devrim, doğa konusundaki düşünce kategorilerinin yeniden yapılanmasından öte, bir şeydi. O, bilimsel araştırma etkinliklerinde gittikçe artan sayıda kişinin yer almasını, ve modern yaşamda gittikçe daha fazla etkin bir rol oynayan yeni bir kuramlar kümesinin yapılmasını da ifade eden toplumsal bir olgu idi. Bununla beraber, kanaatimce, modern bilimin oluşmasındaki merkezzel unsur, düşüncelerin kendi iç mantıkları uyarınca gelişmeleridir, ve her ne kadar bilimsel hareketin toplumsal ayrıntılarını gösterir bir şeyler de vermeye çalışmışsam da, bu kitap aslında, bilimsel devrim tarihinin ağırlık merkezinin düşünce tarihi olması gerektiğine olan inancımın bir ifadesidir.

BÖLÜM I GÖK DİNAMİĞİ ve YER MEKANİĞİ

17 nci yüzyılın şafağı sökerken, astronomideki Copernicuscü devrimin üzerinden elli yılı aşkın bir süre geçmişti. Belki de Copernicus'un *De reolutionibus orbium coelestium** (1543) adlı kitabı elli yaşını aşmıştı demek daha doğru olur. Kitabın bir devrime yol açacağı henüz belli değildi, ancak bilimsel kariyerlerinin ilk basamaklarını güçlükler içinde 1600 de tamamlayan iki adam, bunu gerçekleştirecek öncüler olacaktı. Hem Johannes Kepler (1571-1630), hem de Galileo Galilei (1564-1642) Copernicus'u ustaları olarak benimsediler ve her ikisi de astronomi teorisinde onun başlattığı devrimi doğrulamaya kariyerlerini adadılar. Bu yolda her ikisi de çok temel katkılarda bulundu. Gerçi bu işi, Copernicusculuğu, ustanın belki de kabul edemeyeceği biçimde, de-

* Gükssel Kürelerinin Dönmeleri Hakkında

giştirerek yaptılar. Copernicus'un kendisi gezegenler teorisi için, Aristocu** bilimin benimsenmiş çerçevesinin çizdiği geniş sınırlar içinde, sınırlı bir reform önermişti. Kepler ve Galileo'dan sonra ise, bu sınırlı reform köktenci bir devrim haline gelmiş ve modern bilimin yapılanışı için temel hazırlayan 17. yüzyıl çalışması, Kepler ve Galileo'nun ortaya çıkardığı sorunların izini sürmekten oluşmuştu. Düşünce tarihi, takvime uyan paketlere her zaman düzgünce bölünemez ve bilginler de, uğraşlarını akademik çalışma yılına elverişli birimlere gruplamakla ilgilenmezler. Bununla birlikte 17. yüzyılın şafağı, bilimde yeni bir çağın şafağı ile çakıştı. Kepler, ilk profesyonel çıkışını *Mysterium Cosmographicum**'un 1596'da yayımlanışından dört yıl önce yaptı. Bu kitap 20. yüzyılın gözlerine, başlığının umdurduğundan belki daha esrarlı görünür. Ama; derinden incelenince kitabın esrarı, Kepler'in çalışmalarının pek çoğunu aydınlatır. Copernicus'culuğunu apaçık ortaya seren kitap, gezegen sayılarından güneş merkezli sistemin geçerliliğini göstermekle başlar. Ptoleme sisteminde ay, bir gezegen olarak düşünöldüğünden, Copernicus sistemi -yedi yerine altı tane- bir eksik gezegenlidir. Kepler, Tanrı'nın neden altı gezegenli, yani güneş merkezli bir evren yaratmayı yeğlediğini gösterme işini yükümlendi. Tanrı'nın seçimi -ki zaten öyle meydana getirilmiştir- beş ve yalnız beşe düzgün katı cismin varlığı ile buyurulmuştu. Eğer, Satürn'ün yarıçapı ile tanımlanan bir kürenin içine bir küb çizilirse, bu kübün içine çizilen kürenin yarıçapı Jüpiter'inki olur ve böyle gider. Beş düzgün cisim, altı küre arasın-

** Aristophanes (M.Ö. 448-385) Bu Makedonyalı filozof matematikte oldukça zayıftı. Sadece duyularına inandığını söyler ve olaylara nitel bir gözle bakardı. Ölümünden sonraki yüzyıllarda tamamen unutulmuştur. Düşünceleri batı alemine, Orta Çağda kilise eliyle empoze edilmiştir. (Ç.N.)

* Kozmografik gizler

daki bölgeleri tanımlar ve yalnızca beş düzgün cisim varolduğu için yalnızca altı gezegen vardır. *Mysterium Cosmographicum*'un soruşturduğu soru, çağdaş bilimin sarma eğiliminde olduğu çeşitten değildir. Yalnızca bu nedenden, Kepler'in astronomideki çalışma yaklaşımıyla, temel kabulleri daha açıkça ortaya koyar. Kendisinden önceki Copernicus gibi Kepler de, Rönesans neoplatonizminin pınarından doyaya içmiş ve evrenin geometrik ilkelere göre yapıldığı ilkesini özümlemişti. İki kuşak sonra gelen Kepler, her ikisinin de paylaştığı geometrik basitlik idealine ulaşmakta Copernicus sisteminin nerede başarısız kaldığını görme perspektifine sahipti. O'nun çalışması, Copernicus astronomisinin neoplatonik ilkelere göre yetkinleştirilmesi olacaktı.

Kepler, astronomi kuramının, gözlenen olayları sayabilen bir matematik aygıtlar kümesi olmaktan daha fazla bir şey olması gerektiğine de inanmıştı. Bu kuram, kusursuz fizik ilkeleri üzerine olduğu kadar, onlara yol açan nedenlerden gezegen hareketlerinin türetilmesi üzerine de oturmalıydı. En büyük çalışmasına şu başlığı koymuştu: *Mars'ın hareketlerinin bir yorumuyla açıklanan göksel fizik ya da nedenler üzerine kurulmuş yeni astronomi*.^{*} Kepler'den yaklaşık iki bin yıl önce, Aristoteles'den beri, fiziksel deyişle göklerin kristal kürelerden yapılmış olduğuna ilişkin gizli bir oybirliği vardı. Gökler ülkesine yüklenen yetkinlik ve değişmezlik, dünya aleminin fâni bedenlerini oluşturan dört elemandan farklı bir madde gerektirmekteydi ve göklerin izin verilmiş biricik hareketi olan kürelerin eksenleri çevresinde dönmesi, astronomların kuramlarını inşa için umdukları yetkin dairesel harekete karşılık olmağtayı. Copernicus'un başlığına gönderilmiş "Göksel Küreler", kristal kürelerle aynı idi. Bununla birlikte Kepler, kristal kürelerin varolmadığına inanıyordu. 1572'deki yeni bir yıldızla 1577'deki kuyruklu yıldızın Tycho Brahe ve diğerlerince dikkatle gözlenmesi, bunların, değişmez olduğu sanılan ayın ötesindeki âlemde

^{*} Özgün Latincesi (ve Yunancası): *Astronomia nova AITIOΛOΓHTOΣ seu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis*.

bulunduğunu gösteriyordu. Kuyruklu yıldızın hareketi, kristal kürenin varlığı ile uyuşmuyordu. "Tycho Brahe'nin göstermiş olduğu üzere, düzgün katı cisimler mevcut değildir" cümlesi Kepler'in çalışmalarında bir nakarat gibi yinelenir. Ve kristal küreler parçalandığı takdirde, gezegenlerin kararlı ve kendisini yineleyen hareketlerini açıklayacak yeni bir gök fiziği kurmak zorunlu oluyordu. Fiziksel nedenler bulma yolunda yapılan sürekli çalışmalar, geometrik yapı arama çalışmaları ile el ele yürüdü. Kepler'e göre bu iki konu, aynı gerçeğin farklı yüzlerinden ibaretti.

Onun kullandığı fizik ilkeleri aslında, Aristocu dinamiğin temel önermelerinin bir ifadesi idi ve 17 nci yüzyıl bunlar yerine tamamiyle farklı ilkeler getirmiştir. Yine de, Kepler modern gök mekaniğinin kurucusudur. Çok eski zamanlardan beri kabul edilmiş olan kristal gök yapısının gerçek olmadığı konusunda kategorik olarak ısrar eden ve göksel hareketler için yeni bir problemler kümesinin formüle edilmesini isteyen ilk kişi oydu. Doğanın tek düzeliğine inanmış bir kişi olarak görüngüleri yer mekaniğinde kullanılan ilkeler ile açıklamaya çalıştı. İşte, Kepler düşüncesinin her şeyden çok bu tarafı, onu modern bilimin başlangıç tarihinin, esin veren bir siması yapmaktadır. Onun kişiliğinde, yersel mekanik ilkeleri üzerine kurulu ve göklerin salt kinematik incelemesinin yerini almaya başlayan bir gök mekaniği buluruz. Gezegen hareketleri denetleyen kuvvetleri anlamaya çalışan bu astronomi, aynı bir alemin kusursuzluğunu ve bozunmazlığını ifade ettiğini sanan bir daireler oyununun yerini alıyordu. Kepler'in dinamik ilkeleri en sonunda yetersizliklerini ortaya koymuş olsalar bile, Kepler bu ilkeleri izleyerek, gezegenlerin hareketleriyle ilgili, bu gün de doğru kabul ettiğimiz, yasalara ulaşmıştır.

Şüphesiz, Kepler'in peşinde koştuğu amaç, gerçek matematiksel yapı ve gerçek fiziksel nedenleri keşfetmekti. Bunlar gözlemlere de uyumlu idi ve Kepler doğaya, gözlemlenen olguları yadsıyacak, önsel (apriori) teoriler yakıştırmayı reddediyordu. *Mysterium Cosmographicum*'un sorunu da işte buradaydı. Merkür ve Satürn örneğinde, teori kabul edilmiş gözlemlerden geniş ölçüde sapıyordu. Öte yandan Kepler kabul edilmiş, gözlemlerin güvenilirliğini ve çağdaş gözlemci, Tycho Brahe'nin çok daha hassas veriler toplamakta olduğunu biliyordu. 1600 de, Kepler Tycho'nun asistanı oldu. 1601 de Tycho öldü; ve Kepler

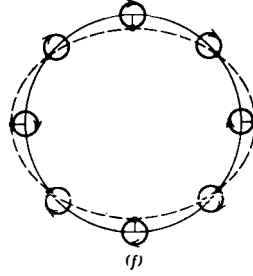
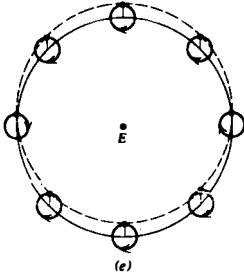
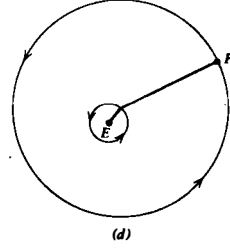
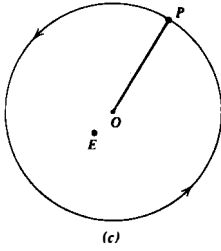
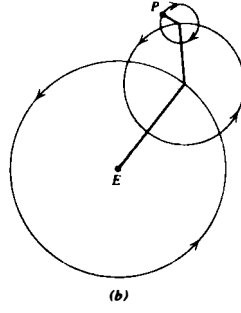
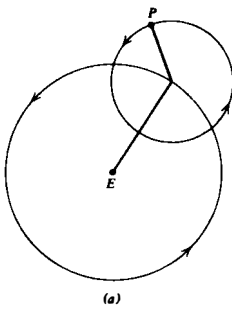
dehalardan başka kimseye tanınmayan bir hakla, onun o çok değerli gözlemlerine sahip çıktı.* Bunlar, dehasının üzerinde çalışarak gezegenlerin hareket yasalarını geliştirdiği, yeri doldurulmaz veriler oldu.

Mars, onun çalışmalarının en önemli hedefi oldu. Güneş sisteminin yapısal bir birliğe sahip olduğunu daima iddia eden Kepler, Mars konusunda ulaştığı sonuçları öteki gezegenlere de uygulamakta hiç duraksamayacaktı. 1609 da yayınlanan *Astronomia Nova* bu sonuçları kapsıyordu. Ancak içinde bundan fazlası da vardır. Bir düşünürün otobiyografisi olan eserde, araştırmalarının her bir adımını ayrıntılı bir biçimde anlatır, böylece Kepler'in düşünce gelişmesini, başka pek az bilimadamında sahip olacağımız ölçüde izlemek olanağını buluruz. Düşüncelerinin ilerlemesi iki biçimde oluyordu: Düşünceleri bir yandan, bir ömür boyu etkisinde yettiği dairesel yörünge saplantısından uzaklaşarak dairesel olmayan yörüngelerin benimsenmesine doğru; öte yanda da canlılık düşünce tarzından uzaklaşarak içtenlikle mekanikçi bir evren kavramına doğru giden bir gelişim içindeydi.

Grek biliminin yükseldiği zamanlardan beri, astronomi göksel görüngüleri düzgün dairesel hareketlerin bileşimleri (combinations) ile açıklamaya uğraşmıştı. Kusursuz bir şekil olarak, sadece daire gökleri betimlemek için uygundu. Kepler de Mars incelemelerine daire ile başladı, ancak onun yaklaşımı, öncekilerden baştan beri farklıydı. Kendisinden önceki astronomlar gezegenlerin gözlenen konumlarını ifade etmek için birleşmiş çemberler kullanıyorlardı. Buna göre, o zamanki deyimi ile bir asıl taşıyıcı daire alınıyor ve bütün oiası dış merkez ve üst merkezli daire** bileşimlerini herkes istediği gibi seçiyordu. (Bak Şekil. 1.1). Yarıçapların art arda yerleştirilerek yapılan vektörel toplamaları sonucu bulunan nokta gezegenin gözlendiği yer olmak zorundaydı. Buna karşılık, yeni fiziksel düşüncelerin geçerli olması gerektiğine, kristal kürelerin var olmadığına, fakat gezegenlerin yine de uzayın enginliğinde belirli yörüngelerde hareket ettiğine inanan Kepler, başından beri yörüngenin kendisi ile ilgileniyordu. Daha önceki hiç bir teori

* Tycho Brahe gezegenlerin dünya etrafında döndüğüne inanırdı ve bunu açıklamak için yer merkezli bir model yapmıştı. Kepler de önceleri, hocasına verdiği bir sözü tutarak, eldeki verileri bu modele uydurmaya çalışmış, sonradan vazgeçmiştir. (Ç.N.)

** Eccentric ve epicycle (Ç.N.)

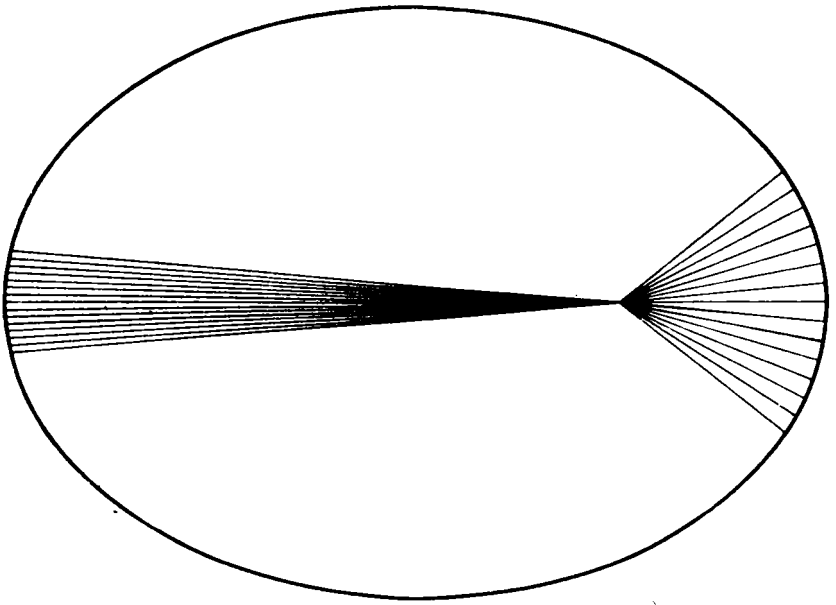


Şekil 1.1. Batlamyus astronomisinin geometrik araçları. (a) Bir taşıyıcı ve üzerindeki büyük üstmerkezli daire. (b) Bir büyük üstmerkezli daire üzerinde bir üst merkezli daire. (c) Bir dış merkezli daire. (d) Bir taşıyıcı ve üzerindeki dış merkezli daire. (e) Taşıyıcının ki ile aynı periyodlu olan bir küçük üstmerkezli dairenin etkisi taşıyıcınının iki katı periyoda sahip bir üstmerkezli dairenin etkisi.

gezegeninin yörüngesinin daimi olması gerektiğini önermemiştir. Kepler, önce Mars'ın hareketini böyle bir dairesel yörüngeye uydurmaya çalıştı. Ancak, dairelerden yararlanırken bile, Kepler düzgün dairesel hareketi yadsıyarak, ve kanıtların da zorladığı gibi, Mars'ın yörüngesinde değişen hızlarla hareket ettiği önermesini kabul ederek, bu görüşü terk etmekteydi.

Kepler bu teori içinde iki yıl çaba harcadıktan sonra, nihayet başarısızlığa uğradı. Teoride 8 dakikalık bir hata vardı. Kendinden önce Copernicus 10 dakikalık bir hata ile tatmin olmuştu; ancak Kepler, Tycho'nun gözlemlerinin daha yüksek bir standart gerektirdiğini gözdardı edemezdi. "Mademki ilâhi lütuf bize Tycho Brahe gibi, yaptığı gözlemler sayesinde bu hesabın Mars'daki sekiz dakikalık hatasını ortaya çıkartabildiğimiz, çok gayretli gözlemci bahsetmiş bulunuyor, Tanrının bu lütfunu değerlendirilmeli ve minnetle yararlanmalıyız". İlk yararlanma biçimi iki yıllık emeğini bir kenara bırakıvermek oldu.

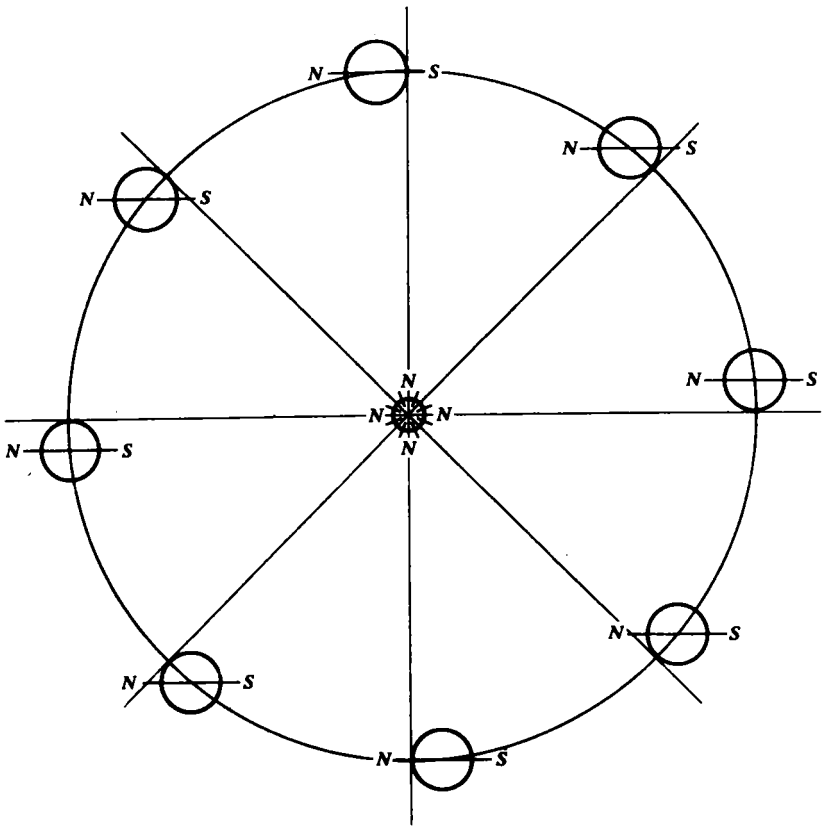
Geçici bir hayal kırıklığına uğrayan Kepler, Mars'ı bırakıp yerin yörüngesi ile başladı. Mars üzerindeki incelemelerinde kullandığı ilkeleri geliştirerek, Dünya'nın hızının güneş'e olan uzaklık ile ters orantılı olduğu sonucuna vardı. Sonradan Newton tarafından yanlışlığı kanıtlanan bu "hızlar yasası" araştırmalarında Kepler'e bir rehber oldu. Bundan, bugün de doğru bildiğimiz ve Kepler'in gezegenlerin hareketi hakkındaki ikinci yasası dediğimiz, yüzeyler yasasını çıkarttı. Eğer hız güneş olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak değişiyorsa, güneşten yörüngenin herbir küçük dilimine olan uzaklık (ya da yarıçap vektörü) gezegenin o küçük dilimi geçerken harcadığı zamanla orantılı olacaktı. Halbuki, küçük dilime doğru uzanan yarıçap vektörlerinin toplamı, gezegenin dilim boyunca hareketi sırasında yarıçapın taradığı alan olarak düşünülebilecekti. (Bak. Şek. 1.2.) Bunun anlamı, geçen zamanın taranan alan ile orantılı oluşuydu. Matematiksel akıl yürütme temelsizdi; ama olsun, zaten öncül olarak kullanılan hızlar yasası da temelsizdi, ancak varılan sonuç sonradan kanıtlandığı gibi doğrudu. Alanlar yasası teknik bir ihtiyacı karşıladı. Taşıyıcı ve üstmerkezli daireler üzerine kurulu eski astronomide, gezegenin yeri, herbiri düzgün bir hızla dönmekte olan yarıçapların vektörel toplamı ile hesaplanıyordu. Dairenin astronomideki önemi geniş ölçüde teknik yararından geliyordu. Çok dairesel düzeneği ortadan kaldıran ve yerine gezegenin üzerinde düzgün



Şekil 1.2. Kepler'in alanlar yasası. Elipsin dış merkezliği geniş ölçüde abartılmıştır. Herbir çizgi çifti arasındaki alan bir tek zaman birimini temsil etmektedir.

olmayan bir hızla hareket etmekte olduğu bir tek daireyi koyan Kepler'in gezegenin konumunu veren bir formüle gereksinimi vardı. Alanlar yasası bu formülü veriyordu. Böylece alanlar yasası daireyi, astronomide o zamana kadar hiç olmadığı ölçüde kendisinden vazgeçilebilir kıldı.

Kepler alanlar yasasını (hatalı) hızlar yasasından türetmişti. Hızlar yasası Kepler'e güneşe yüklenen merkezsel dinamik görev üzerine kurulu gök mekaniğinin temel unsurlarını da telkin etti. Kepler, güneşin evrende birincil bir role sahip olduğuna inanmıştı. Bütün ışığın ve bütün ısının kaynağı olan güneş bütün hareketlerin de kaynağı ve güneş sisteminin dinamik merkezi olmalıydı. Kepler güneşten tekerlek parmaklarına benzer bir güç ışıması olduğunu tasavvur ediyordu. Güneş kendi eksenini etrafında döndükçe parmaklar da gezegenleri itmekteydi. (Bak. Şek. 1.3). Kepler'in gök mekaniğinde, gezegeni teğet bir yörün-



Şekil 1.3. Kepler'in gök mekaniği. Gezegen güneş etrafında dönerken, eksenini sabit bir doğrultuda kalmaktadır. Güneş, bir kutbu yüzeyi olan öteki kutbu ise merkezde bulunan ilginç bir miktandır. Gezegen yörüngesinin yarısı boyunca güneşçe çekilmekte, öteki yarısı boyunca ise itilmektedir.

geden beriye çekerek, onu güneş çevresinde bir yörüngede tutacak hiçbir şey yoktu. Dairenin, onun astronomi ile bağlarını kopartmış bir insanın bile kafasındaki sürekli varlığı o derecedeydi ki, Kepler'in aklına gezegenlerin hareket ettikleri takdirde, güneş etrafında kapalı bir yörüngede kalabilecekleri kuşkusunu hiç gelmiyordu. Açık ki Kepler, Aristo mekaniğinin bir cismin onu hareket ettiren birşeyin var olduğu

sürece hareketini sürdüreceğini ve hızın hareket ettirici kuvvetle orantılı olduğunu söyleyen temel varsayımlarını benimsiyordu. Dolayısıyla, hızlar yasası güneş sisteminin temel dinamiğinin belirgin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktaydı. Güneşten ısınan gücün etkinliği uzaklık ile orantılı olarak azalmalı ve herbir gezegenin hızı güneşe olan uzaklık ile ters orantılı olarak değişmeliydi.

Kepler gezegensel hareketin dinamiği üzerinde kafa yordukça, konu kaldıraçlardaki temel ilişkileri gitgide daha çok anımsatır hale geliyordu. Gezegen güneşten uzaklaştıkça, güneşin hareket ettirici gücü azalıyordu. Güneşten güç ışıması kavramını *Mysterium Cosmographicum*'da ilk olarak ortaya attığında, Kepler ona, canlıca çağrışımlar yapan bir ad vererek, "*anima motrix*" yani "hareket ettirici ruh" demişti. 1621 de, *Mysterium*'un ikinci baskısını hazırlarken şu dip notunu eklemişti: "Eğer 'ruh' (*anima*) sözcüğü yerine 'kuvvet' (*vis*) sözcüğünü koyarsanız, *Mars üzerine Açıklama (Astronomia Nova)* nın dayandığı gök fiziği ilkelerinin aynısını elde edersiniz. Eskiden J.C.Scaliger'in hareket ettirici akıllar konusundaki öğretileri ile doldurulmuş olması nedeni ile, gezegenleri hareket ettiren nedeninin bir ruh olduğuna tamamiyle inanıyordum. Ancak, hareket ettirici nedenin, tıpkı güneş ışıının sönümü gibi, güneşe olan uzaklık arttıkça zayıfladığını fark ettiğim zaman, bu kuvvetin maddesel olması gerektiği sonucuna vardım." *Anima motrix*'den *vis*'e, canlılıktan mekanikçiliği — Kepler'in düşünce, gelişimi, 17 nci yüzyıl bitiminin izleyeceği yolunda habercisidir.

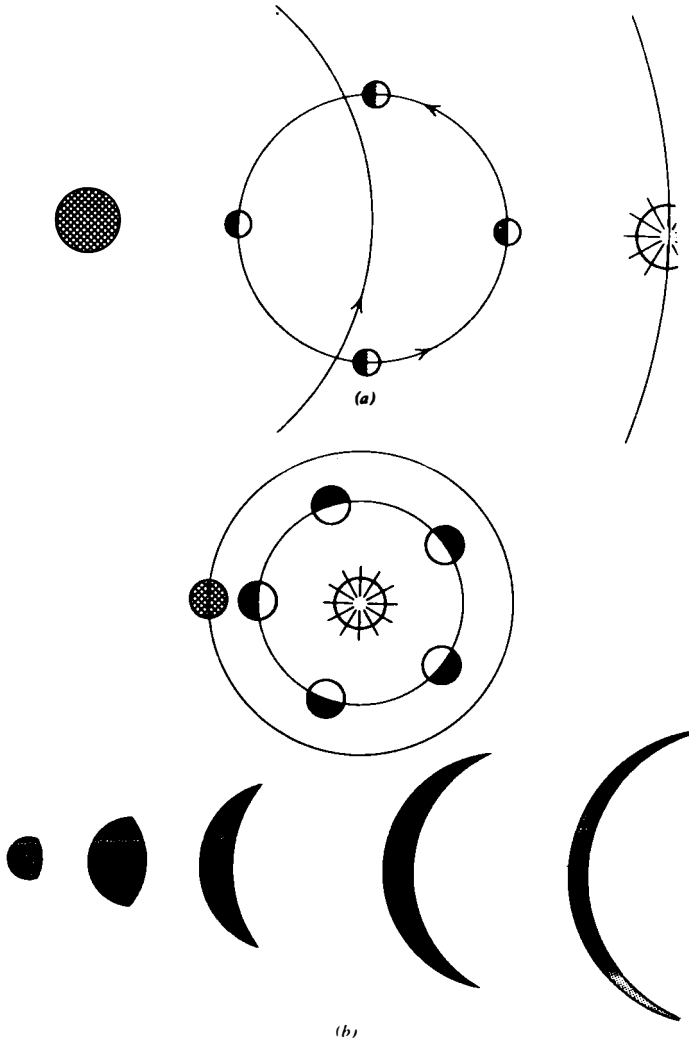
Ancak bu arada, bir problem çözülmeden kalmıştı. Gezegenin güneşe olan uzaklığını değiştiren neden ne idi? Kepler'in konu üzerindeki uğraşları, onu dairesel yörüngeden daha da uzaklaştırdı. Astronomi geleneği, uzaklıkların değişmesi sorununa apaçık bir çözüm getiriyordu: Bir üstmerkezli dairenin asıl taşıyıcı daire üzerinde dönmesi. Kepler'in de başlangıçta, değişmeyi bir üstmerkezli daire ile açıklamaya çalışması, daireler geleneğinin üzerinde ne kadar etkin bir güce sahip olduğunu gösterir. Ancak üstmerkezli daire mekanizması onun fiziksel gerçeklik duygusunu incitmekteydi. Bir gezegenin, bir kütle tarafından işgal edilmeyen hareketli bir nokta çevresindeki bir üstmerkezli dairede dönmesi için bir akıllı olmalıydı. Yeniden Mars üzerinde çalışmaya döndüğünde, artık oval olduğunu varsaydığı yörüngeyi, elips olarak aldığı anda, yarıçap vektörünün boyca bir düzgün sinüs fonksiyonu gibi

değiştiğini gördü. Düzgün değişim, hiç bir yönetici akla gelecek duymayan, tamamiyle fiziksel bir eylemin varlığını ilham ediyordu. Üstmerkezli daireler mekanizması artık sonsuza kadar terk edebilirdi. Kepler bu gerçeği, kendi deyişi ile "uykudan uyanan bir insanın yeni doğan ışığa bakışındaki şaşkınlıkla" farkettiler. Sonunda Kepler, güneşten çıkan magnetik eylemin, bir kutbun güneşe dönük olduğu yarım periyod boyunca gezegeni çektiğini, ve öteki kutbun güneşe dönük olduğu ikinci yarı periyodda da gezegeni ittiğine karar verdi. (Bak. Şek. 1.3) Bu arada artık dairenin bir dayanağı kalmamıştı, ve Kepler yörüngesinin elips oluşunun bir yaklaşıklıkta da ileri olduğu sonucuna vardı. Yörünge odaklarından birisinde güneşin yer aldığı bir elipstir. Bu sonuca bugün, onun gezegen hareketleri hakkındaki birinci yasası diyoruz.

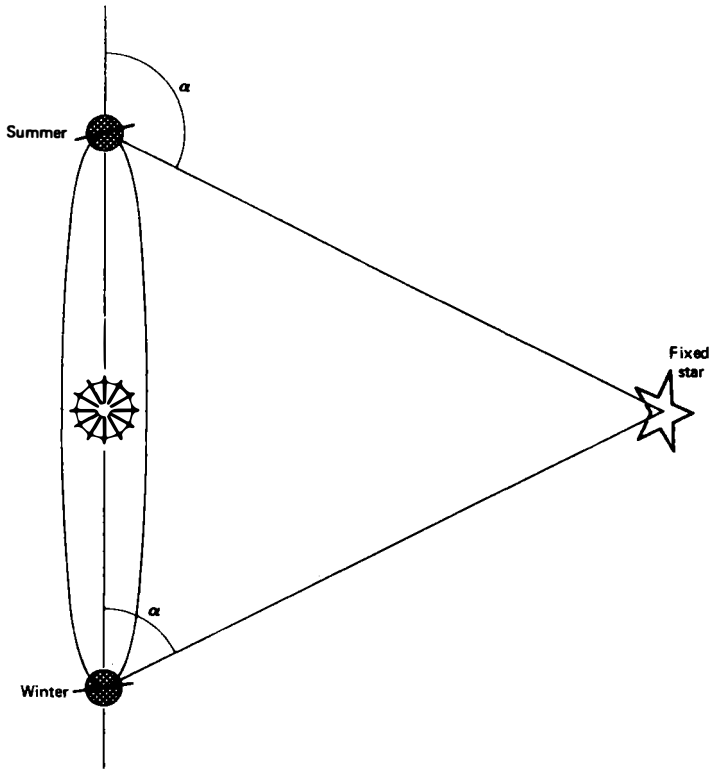
Her ne kadar, sonradan Kepler bu gün üçüncü yasası dediğimiz (güneş sistemindeki her bir gezegenin periyodu (T) ile ortalama yarıçapı (R) arasındaki $T^2/R^3 = \text{sabit}$ bağıntısını) bulmuşsa da, araştırmalarının ilk önemli etkisi ilk iki yasa ile olmuştur. Yaklaşık bir yüzyıl önce, Copernicus geometrisel yalınlık arzusunu karşılayan bir gezegenler sistemi bulmaya girişmişti. Kepler Copernicus'un problemini, yalınlığı astronomi tarihinin o zamana kadar görmediği bir düzeye ulaştırarak çözdü. Eğer Copernicus'un ilk varsayımı, yani dünyanın değil de güneşin, güneş sisteminin merkezi olduğu varsayımı kabul edilirse, herbir gezegenin yörüngesini betimlemeye bir tek konisel eğri yetiyordu. Dışmerkezli ve üstmerkezli dairelerin bütün karmaşıklığı elips yörüngesinin yalınlığında yutulup gitmişti. Kuşkusuz, oltadaki yemin altında gizli bir de zoka vardı. Elipslerin yalınlığını benimsemenin bedeli, bütün o eski kusursuzluk çağrışımları, değişmezliği ve düzeniyle beraber, daireyi terketmektir, Kepler dairenin düşünce gücü üzerindeki etkisinden ancak bir dereceye kadar, o da yetersiz bir şekilde kurtulabildi, ve dairenin cazibesini hiçbir zaman unutamadı. Kendi gözünde ikinci yasanın en büyük değeri, dairesel hareketin yerini alan yeni bir biçimlilik getirmesiydi. Elipsi protesto eden bir arkadaşına; dairenin, astronomların aklını namuslu bakire doğadan çelen şehvet düşkünü bir orospu olduğu yanıtını vermişti. Ustası, Copernicus sırtuğu yeğlemişti. Kepler'in Copernicus'un astronomisini kusursuzlaştırdığını söylemek ne kadar doğru ise, onu bozduğunu söylemek de o kadar doğrudur.

Kepler'in yarattığı çekicilik ve şaşkınlığın hiç değilse yarısı, üç yasasının altında gizlendiği spekülasyonlar yığından ileri geliyordu. Müzik armonileri ile gezegen hareketleri arasındaki ilişkiden tutunda, evrenin geometrisel mimarisine kadar varan spekülasyonlar ile gök dinamiğinin üzerine kurulduğu ve önceliklerden daha az yanlış olmayan ve kısa süre sonra vazgeçilen kavramların hepsi de 20 nci yüzyılın anlayışına son derece yabancıdırlar. Bugün de doğru olarak kabul ettiğimiz yasaların, uzun süreden beri reddettiğimiz ilkelerden elde edilmesini nasıl açıklayacağız? Bu tersliği anlayabilmek için keşif araçları ile doğrulama araçlarını birbirinden ayırdedebilmemiz gerekir. Kepler yasaları, gözlenen gerçeklere uyduğu için, geçen zaman içinde doğru olarak kaldı. Kepler, Tycho'nun topladığı veriler içinde inanılır bir gözlemler demeti bulmuştu ve bu gözlemler ile çelişen sonuçları benimsemeyi her zaman reddetmişti. Herhangi bir sonuca ulaşmak için nasıl bir yol tutmalıydı? Gözlemlerden elde edilen şey sadece, sabit yıldızlara göre gezegenlerin konumlarıydı, yani gözlem anında gezegenin üzerinde bulunduğu ve yerden çıkan düz çizgilerdi. Kepler'in bu gözlem sonuçlarının bir grafiğini çizerek meydana gelen elipsi bulmasını beklemek olanaksız ummak demektir. Eğer bu kabil olsaydı, astronominin, elipsel yörüngelerin keşfi için Kepler'in beklemesi gerekmezdi zaten. Araştırmalara yol gösterecek ilkeler gerekiyordu ve bütün eski ilkelerin de yıkılmakta olduğu görülüyordu. Kepler'in kristal kürelerin yok edilmiş olduğunu öne süren savında ne değişik bir evren içerilmekteydi. Evren için uzun süredir, bütün kuşkulardan uzak bir biçimde kabul edilmiş olan yapı artık kuşku ile karşılanıyor ve bir tarafa bırakılıyordu. Kepler'in ilkeleri, onlarsız hiçbir araştırmanın yapılamayacağı bir temel oluşturuyordu ve bize ne kadar acaip gelirlerse gelsinler, bu ilkelerin oynadıkları rolü yadsıyamayız. Yeni bir mekanik bilimi, kısa süre sonra Kepler ilkelerinin yerini almış da olsa, astronomideki yeni durumun tüm içeriğini ilk onun anladığını ve gök dinamiği problemini ilk onun ortaya koyduğunu unutmamalıyız. Bütün öteki çalışma alanlarında olduğu gibi bilimde de problemi doğru bir biçimde sormak, çözümü bulmaktan çok daha önemlidir, ve o zamandan beri bilim, göksel hareketleri mekanik problemleri olarak ele almaktadır.

Sıradan bir aydının, Kepler türü güneşmerkezli astronomiye tepkisi ne olabilirdi? Geometrisel bir varsayım olarak üstünlükleri apaçıktı, ancak onu doğru bir evren düzeni olarak benimsemek için herhangi bir neden var mıydı? Nedenler tartıldığında, benimsenmesi için temel nedeni de yine, bir varsayım olarak sahip olduğu üstünlüğün oluşturduğu görüldü. Yani, geometrisel yalınlığı dışında, lehinde pek az delil vardı. Evet, teleskop icad edilmiş ve 1609 da Galileo tarafından göklere yöneltilmişti. Güneşmerkezli düzeni desteklemeye eğilimli bir takım şeyler gözlemlemişti, ancak bunların hemen hepsi de diğer temeller üzerine de zaten oturan savları desteklemekteydi. Aydaki kraterler ve güneşteki lekeler, göklerin kusursuzluğu ve değişmezliği ile çelişmekteydi, ancak bu kadarını 1572 de keşfedilen yeni yıldız ve 1577 kuyruklu yıldız da yapmıştı. Bir başka sorun belki de Jupiter'in uydularıydı. Zira bu uyduların keşiflerinden önce, bir gezegen etrafında dönen bir gezegen olarak düşünülen ay, güneşmerkezli düzen içinde açıklanamayan, dolayısıyla da onunla çelişkili olan bir kuralsızlık oluşturunuyordu. Jupiter'in uydularının keşfi, bir açıklama getirmese bile, hiç değilse olayın birtekliliğini bozmuş ve ayın varlığı artık daha az kural dışı olmuştu. Bununla beraber, Jupiter'in uyduları güneşmerkezli düzen için olumlu bir destek getirmedi. Ama, Venüsün kipleri getirdi. Yermerkezli düzende, Venüs, daima aşağı yukarı dünya ve güneş arasında bir yerde olmalı ve daima hilâl şeklinde görülmeliydi. Güneşmerkezli düzende ise, güneşin arkasından da dolaşır ve hemen hemen bütünyle görülebilirdi ki, kuşkusuz teleskop bu gerçeği ortaya çıkarmıştı (Bak. Şek. 1.4.). Bununla beraber, teleskobun ortaya çıkartmadığı birşey vardır ki, bu Copernicuscü devrim için en şaşırtıcı teleskop gözlemiydi. Yıldız paralaksını göstermemişti teleskop. Yıldız paralaksının yaşamsal önemi, Copernicuscü düzenin doğuşundan beri apaçık ortadaydı. Eğer dünya güneş çevresinde muazzam bir yörünge üzerinde dolaşıyorsa, sabit bir yıldızın yeri gözlemci yörüngenin bir ucundan diğerine gittikçe değişmeliydi. (Bak. Şek. 1.5.) O zamanki deyimi ile yıldız paralaksı çıplak gözle görülmüyordu. Teleskopla da gözlenmedi. Bugün artık, sabit yıldızlar çok uzakta olduklarından, küçük açıların gözlenebilmesi için oldukça güçlü teleskopların gerektiğini biliyoruz ki, bu güçte teleskoplar ancak 19'uncu yüzyılda yapılabilmişlerdir. Galileo'nun teleskobu yıldız paralaksını ayırtedememiş ve



Şekil 1.4. Venüsün kipleri. (a) Batlamyus düzeni. (b) Copernicus düzeni. Batlamyus düzeninde, Venüs her zaman aşağı yukarı hilal biçiminde görünmek zordur. Copernicus'un düzeninde ise, güneşin arkasından dolanırken bütünü ile de görünebilir ve büyüklüğü geniş ölçüde değişir.



Şekil 1.5. Yıldız paralaksı. Dünyanın yörüngesi yandan görülmektedir. Eğer dünya güneş çevresinde gerçekten dolanmakta ise, yıldızın altı ay aralıkla gözleendiği açılar birbirinden farklı olmalıdır.

bu durum en azından, Venüs'un kiplerinin gözlenmesinin sağladığı olumlu belirtiyeye karşı bir denge unsuru olmuştu. Böylece, Copernicus —Kepler düzeni sadece geometrik uyum ve yalınlık savına dayanmak ya da bu savın üzerine düşmek zorunda kaldı. İşte insanların, bu ve başka bir takım küçük üstünlükler uğruna, fiziksel, felsefel, psikolojik ve dinsel bir çok sorunu kapsar nitelikte olan bir evren kavramından vaz geçmeleri isteniyordu. Bu muhtemelen geometrisel yalınlığın kaldıramayacağı kadar ağır bir yükü.

Yalınlık uğruna kurban edilmesi istenilen şey, sağduyunun kendisinden başka bir şey değ'i'di. Modern bilimin, sağduyunun yeniden eğitilmesini gerektirdiği bir çok kere dile getirilmiştir. Dünyamerkezli bir evrenden daha sağduysal ne olabilirdi? Bugün bile değışmez dünyadan söz eder ve güneş doğuyor deriz. Güneşmerkezli evren, bu gibi konulardaki yalın belirtilerin, sadece birer yanılsama sayılmasını gerektiriyordu. Yani astronomi önündeki en büyük engel, kuşkusuz onunla hergün alay eden sağ duyu idi. Dahası, sağduyu, o zamana kadar egemenliğini sürdüren hareket doktrininde bilgece ifade de buluyordu. Galileo'nun *Dialogue*'unda Simplicus'un dediği gibi "çetin sorun, dünyayı binbir türlü uygunsuzluğa uğramadan hareket ettirebilmektir". Uygunsuzluklar öncelikle hareket ile ilgiliydi. Benimsenmiş hareket düşüncesine göre, dünyanın gün boyu eksenini etrafında döndüğü savı saçmaydı. Güneşmerkezli düzenin genel bir kabul görebilmesi için, güçlüklerin giderilmesi gerekiyordu ve bunu başaran kişi de yukarıdaki sözü Simplicus'a söyleten Galileo Galilei'ydi.

Galileo'nun mesleksel uğraşı, başından beri, hareket bilimi üzerinde odaklanmıştı. 1590'ların başlarında çıkan ve, aşağı yukarı Kepler'in ilk eserinin çıkış dönemine rastlayan ilk önemli eseri *De motu** başlığını taşır. *De motu*, Galileo'nun kariyerine hareket ettirici kuvvetçi mekanik ekolünün bir yandaşı olarak da başladığını gösterir. Hareket ettirici kuvvet kavramı, Aristo mekaniğinin en belirgin bir biçimde tökezlediği probleme çözüm olarak Orta Çağda geliştirilmişti. Aristo mekaniğini, bütün hareketlerin bir neden sonucu ortaya çıktığını, bir cismin sadece ve sadece bir şeyin kendisini hareket ettirdiği sürece hareket edeceğini söyleyen ilke üzerine kurmuştu. Dünyanın durağanlığı gibi bu ilke de sağduyu için apaçık bir gerçektir. Öküzün çektiği araba, ya da küreklerin çektiği kadirga örneği gözönüne alındığında (eğer çok dikkatli bir biçimde incelenmez ise), bu ilke insanlara tartışma gerektirmeyecek kadar açık geliyordu. Öte yandan Yunanlılar disk de atarlardı ve böyle havaya atılan disk benzeri nesneler sorun yaratıyordu. Bir nesneyi, fırlatıldıktan sonra da hareket ettiren şey ne idi? Aristo soruna çözümü, hareket ettirici nedeni cismin içinde hareket et-

(*) Hareket Üzerine

tiği ortama yükleyerek bulmuştu. Öte yandan, hareket ettirici kuvvet kavramı, süren hareketi meydana getiren nedeni yani hareketin doğasının gerektirdiği zorunlu nedeni, ortamdan hareket eden cismin kendisine taşıtıyordu. Harekete koyulan bir cisim, kendisini harekete koyandan ayrıldıktan sonra da hareketini sürdürebilmek için bir hareket ettirici kuvvet kazanmış olmalıydı. Ondördüncü yüzyıldan onaltıncı yüzyıla kadar, mekanikteki yaratıcı düşüncelerin öncü kolundaki yerini korumuş bu kavrama Galileo'nun da gençliğinde sarılması şaşılacak bir şey değildi. Galileo, hareket ettirici kuvveti akıştan statığı ile yorumlayacak bir yol bulmak ve böylece, Arşimed*'in statığını tamamlayacak kesin bir nicel dinamik kurmaya girişmek amacıyla, hareket ettirici kuvvet kavramını Arşimed etkisi ile birleştirdi. Herne kadar Galileo bu kavramı on yıl içinde reddettiye de, *De motu* yine de onun bilimsel çalışmalarının tarzını belirlemiştir. Bütün mesleksen yaşam boyunca, nicel bir hareket bilimi ideali peşinde koştu, ve bilimsel devrim en gurur verici başarısı olan mekaniğini, onun kurduğu temeller üzerine kurdu.

Galileo *De motu*'nun mekaniğini, kendi kendisine sorduğu bir problemi çözmeye yetmediğini görünce, bir kenara bıraktı. Problem, çevremizde gözlediğimiz hareket olgusu ile dünyanın ekseni etrafındaki günlük dönmesi savı arasında görünürde mevcut çelişki idi. Bir topun bir kuleden aşağı düşmeye bırakıldığını düşünelim. Copernicuscü düzene göre kule batıdan doğuya doğru muazzam bir hızla gitmektedir. Top serbest bırakılıp da kendisini tutan ve kule ile beraber harekete zorlamakta olan elin bu işleri biter bitmez, topun doğuya doğru olan hareketi durmalı; ve ağır bir cismin doğal hareketi ile yere doğru düşerken, kuleden oldukça batıya doğru düşmekte olduğu görülmelidir. Kuşkusuz, gerçekte topun dümdüz aşağıya, kule duvarına paralel bir biçimde düştüğünü hepimiz biliriz. O halde, dünyanın ekseni etrafında dönmesi olası değildir. Hareketli dünyanın getirdiği Galileo'nun *Dialogue*'unda Simplicus'un üzerinde ısrarla durduğu sorunlar bir çok biçimde ifade edilebilirse de, düşey düşme problemi, bu sorunların akla yakın bir özetini oluşturur. İtirazın gülünç olmadığı takdir edilmelidir. Aristo'nun hareket kavramına, yani herkesce kabul olunan meka-

(*) Archimedes (M.Ö. 287?- 212) (Ç.N.)

nik sistemine göre, dünyanın hareket etmekte olduğunu öne sürmek saçmaydı. İtirazın yanıtlanabilmesi için yeni bir mekanik sisteminin yaratılması gerekiyordu.

Kısaca söylemek gerekirse, Copernicuscü astronominin koyduğu problemin çözümü ve yeni mekaniğin temeli, eylemsizlik kavramı idi. Hareketteki bir cisim, üzerine dışarıdan bir şey etki edinceye kadar, sabit bir hızla hareketini sürdürür. Galileo'nun, düşen top problemine verdiği karşılık "Dünya ile beraber gitmek topun, yersel ve nesne olarak ilk baştan beri ve sonsuza kadar sökülüp atılamaz ve ayrılamaz bir biçimde dünya ile paylaştığı bir harekettir ve bu hareketi doğası gereği sonuna kadar sürdürecektir" oldu. Topun batıdan doğuya doğru hareketini sağlayacak hiçbir neden varolmadığına göre, bırakıldığı andan itibaren yere doğru düştüğü sürece, kule ile beraber olacaktı. Simplicus ile Sokratvari diyaloglarından birisinde, Salviati (Copernicuscü düzen için yazdığı büyük polemik, *Dialoga sopra i due massimi sistemi del mondo*,* 1632'de Galileo yerine konuşan kişi), top eğimli bir düzleme konulursa ne olacağını sorar. Top düzlemden aşağı düzgün olarak artan bir hızla yuvarlanacaktır. Yukarı doğru yuvarlanacak mıdır? Bu ilk itme verilmedikçe yukarı doğru yuvarlanma meydana gelmeyecek, ve bu durum gerçekleştiği takdirde de hareketin hızı düzgün bir yavaşlama içinde olacaktı. Top yatay bir düzlem üzerine konulur ve herhangi bir yöne itilirse ne olacaktır? Simplicus, hızlanma ve yavaşlama için bir neden olmayacağını, ve topun hareketini düzlemin bittiği yere kadar sürdüreceğini kabul eder. "Bu takdirde, eğer böyle bir alan sınırsız ise, bu alan üzerindeki hareket de ayrı şekilde sınırsız mı olacaktır? Yani sonsuza kadar mı olacaktır?" Artık tamamiyle yenilmiş olan Aristo'nun yanıtı "öyle gibi" olur. Aslında, Descartes'in sonradan konuyu özetlerken söylediği gibi, insanlar hareket hakkında yanlış soru sormaktaydılar. Cismi harekette tutan nedenin ne olduğunu soruyorlardı. Doğru soru ise cismi neyin durdurduğu idi.

Galileo "eylemsizlik" sözcüğünü kullanmadı. Aslında, kullandığı sözcükler ne olursa olsun, eylemsizlik kavramı, tam olarak bizim bu gün anladığımız biçimde değildi. Hiç kimse, —Galileo gibi bir dev bile,—geçmiş ile bağlarını bütünüyle kopartamaz ve yeni hareket kavramları-

(*) Önde gelen iki Dünya Üzerinde Diyalog

nı formüle ederken bile; Galileo eski kozmolojinin unsurları ile bağlı idi. Onun evreni; mekanik yasalarının ve hareket içindeki maddenin kişilsiz evreni değildi. Aksine onunki sonsuz akılca düzenlenen bir evrendi. Bu evren, kaçınılmaz biçimde, kusursuz şekil olan daireye göre düzenlenmişti. Galileo, eski geleneğe uygun olarak, dairesel hareketi muhafaza etti. Düzenli evrene sadece dairesel hareket yakışırdı. Sadece daire üzerinde, bir cisim doğal yerinde, aynı noktaya hep aynı uzaklıkta kalarak sonsuza kadar hareket edebilir ve sadece dairesel hareket halinde evrendeki cisimler ilk baştan beri sahip oldukları ilişkileri koruyabilirlerdi. Doğrusal hareket düzensizliği gerektirir; doğal yerinden ayrılan bir cisim, eski yerine düzgün bir doğru boyunca gelirdi. Bir kere bu yeri aldıktan sonra ise, doğal dairesel hareketine tekrar dönerek yerini korurdu.

Dialogue'un astronomisi böylece, profesyonel astronomlarının benimseyebileceği türden değildi. Kepler'in *Astronomia Nova*'sından yirmi yıldan fazla bir süre sonra basılan ve güneşmerkezli düzeni savunma amacıyla olan *Dialogue*, daha önceki teorilerin teknik bir zorunluluğu olan üstmerkezli daireleri görmezden geldiği gibi, Kepler'in ulaştığı sonuçları da görmezden geliyordu. *Dialogue* Copernicusu sistemi, herbir gezegen sabit dairesel yörüngelerde hareket ediyormuşçasına ele alıyordu. Galileo'nun Kepler'le ilişkisi İroniyle yüklüdür. Güneş sistemini mekanik açıdan ele alan ve onun hareketini sağlayan fiziksel kuvvetleri anlamaya çalışan Kepler, Galileo tarafından fırlatılıp atılan ilkelere dayanan bir mekanik sistemi kullanmıştı. Yeni mekaniğin temel kavramlarını formüle eden Galileo ise, Kepler'ingök mekaniğinin kendi kendisine yönelttiği soruları görmezden geldi ve gezegenlerin doğal bir biçimde dairesel yörüngelerde hareketini yeğledi.

Galileo, eksenî etrafında dönen dünya problemi ile karşılaştığı zaman da benzeri biçimde düşünüyordu ve formüllendirdiği eylemsizlik kavramı, problemin, kendisine ilk sunuluşundaki tarzı yansıtmaktaydı. Yukarıda gördüğümüz gibi, Salviati Simplicius'u yatay bir düzlemde yuvarlanan bir topun hızlandırıcı ya da yavaşlatıcı bir etki altında kalma- yacağını, dolayısıyla de hareketini sonsuza kadar sürdüreceği sonucuna getiriyordu. Yatay düzlem nedir? Kuşkusuz, her yeri "merkezden eşit uzaklıkta olan" bir düzlemdir. Eylemsizlik hareketi düzgün dairesel

hareket, yani çok düzenli bir evrendeki doğal konumunda bulunan bir cismin doğal hareketi olarak anlaşıldı.

Eylemsizlik ilkesinin arkasında hareketin bizzat kendisiyle ilgili yepyeni bir kavram yatar. Aristo'ya göre hareket, doğrudan doğruya cismin özünü ilgilendiren bir süreçti, öyle ki, bu süreç ile cismin öz varlığı zenginleşir ve görevini ifa ederdi. Yerel hareket —ki bizim için tek başına "hareket" sözcüğü sadece bu anlama gelir—, Aristo için, her çeşit değişikliği içine alan, çok daha geniş bir kavramın bir örneğinden ibaretti sadece. Ağırlığı olan bir cismin yere düşmesi ne kadar hareketse, bir gencin eğitimi ya da bir bitkinin büyümesi de o kadar harekettir, şeklindeki bir ifade eğer bir anlam taşıyorsa, Aristo'nun kafasındaki hareket sürecine bir örnek oluşturur. Bir tohum nasıl tüm potansiyelini bir bitki haline gelişmekle gerçekleştirirse, ağır bir cisim de doğasını doğal yerine doğru hareket etmekle gerçekleştirirdi. Galileo'nun hareket kavramının can alıcı yeri hareket ile cisimlerin temel karakteri birbirinden ayırmasıdır. Düzgün yatay hareket cismin içinde hiç birşeyi etkilememektedir. Hareket sadece bir cismin kendisini içinde bulduğu bir durumdan ibarettir, ve Galileo'nun üst üste yinelediği üzere, cisim hareket halindeyken de, dururken de aynıdır. Gerçekten, durmak hareketten hiç de değişik değildir; sadece "sonsuz bir yavaşlık kertesidir". Galileo için farksızlık düşüncesi, Copernicuscu evrendeki hareket probleminin çözümünde asıldır. Mademki harekete göre değişmiyoruz çok büyük bir hızla hareket edebilir ve yine de bu hızın farkına varmayabiliriz. Bu sav, hareketin cismin doğasını etkilediği Aristo düşüncesine göre saçmaydı.

* * *

Zira (Galileo iddia ediyordu): Hareket, kendisi olarak kaldıkça ve hareket olarak etki ettikçe, kendisinden yoksun olan nesnelere göre vardır; ve herhangi bir hareketi eşit olarak paylaşan nesneler arasında, etki yapmaz ve sanki yokmuş gibidir. Böylece bir gemiye yüklenmiş olarak Venedik'ten ayrılan mallar, Korfu, Girit ve Kıbrıs'dan geçer ve Halep'e gider. Venedik, Korfu, Girit, vs.. durgun halde kalır ve gemiyle birlikte hareket etmez; fakat teknenin yüklü olduğu çuvalar, kutular ve bohçalara göre ve geminin kendi kendisine göre, Venedik'ten Suriye'

ye hareket bir şey değildir ve bunların birbirleri arasındaki ilişkiyi hiç bir şekilde değiştirmez. Bunun böyle olmasının nedeni, hareketin hepsinde de ortak olması ve aralarında eşit olarak pay edilmesidir. Eğer geminin yükü içindeki bir çuval bir sandıktan bir santimetre öteye koyacak olsa, çuval için tek başına bir hareket, bütün öteki yüklerle beraber yaptığı üçbinbeşyüz kilometrelik yolculukta daha büyük bir hareket demektir."

* * *

Bu biçimde anlaşılan hareket için, durgunluğun gerektirdiğinden daha fazla bir neden gerekmez. Sadece hareketin değişikliğe uğraması için bir neden gerekir.

Hareket ile değişmediğine göre, cisim aynı anda birden fazla harekete sahip olabilir. Hareketlerden hiçbiri ötekini engellemez, ve yumuşak bir biçimde bileşerek, karmaşık da olsa bir tek yörünge izler. Galileo'nun üstün başarılarından birisi de, fırlatılan bir cismin yatay hareketinin, yere doğru düzgün hızlanan düşüşü ile birleşerek cismin parabolik bir yol izlediğini göstermesidir. Cisimler top güllesinin hareketi türünden şiddetli hareketler altında bile değişmiyorlardı. Dünyanın hareketine karşı yapılan itirazların en bilgiç örneğini de işte bu örnek, yani bir cismin böyle bir hareketde de değişmez kalamayacağı tezi oluşturuyordu. Tycho Brahe top atışındaki aşırı şiddetin, güllenin sahip olduğu öne sürülen doğal hareketleri engellemekten geri kalamayacağını ve şiddetli hareket tükeninceye kadar, doğal hareketlerin kendilerini gösteremeyeceğini iddia ediyordu. Dolayısı ile yer, top güllesinin altında ve havanın içinde dönmeli ve batıya doğru yapılan bir atış doğuya yapılandan çok daha ileri düşmeliydi. Uzun yılların geleneğine uygun olarak, Tycho top güllesinin yörüngesinin, atış şiddeti tamamen ya da kısmen tükeninceye kadar doğrusal olduğunu söylüyordu. Buna karşılık, Galileo gülle yolunun top ağızını terkettiği andan itibaren eğrilmeye başladığını öne sürüyordu. Eğer doğal hareket kavramı düşüncelerinde yer tutmayı sürdürüyorduysa bile, kendisinin de önceleri paylaştığı doğal ve şiddetli hareket ayrımını artık yitirmiş bulunuyordu. Bütün hareketler, hareket olarak özdeşti. Topun neden dönen dünyadaki kulenin dibine düştüğünü açıklayan düşünce, topun neden hareket eden gemi-

nin direğinin dibine düşeceğini de açıklamıştı. Cisimler, hareket tarafından —hiçbir hareket tarafından— ayırdedilmiyordu.

Galileo'nun eylemsizlik kavramı, eylemsizlik hareketinin doğrusal olduğu tezinin de eklenmesiyle modern fiziğin tüm yapısının bir temel taşı olmuştur. Bu eğitim süreci ile içimize öylesine işlemiştir ki, bugün bize doğal ve açık gelmektedir. Bugün, bu düşünceyi, onu apaçık bulmaya değil de açıkça saçma olarak düşünmeye şartlanmış bir dünyada, ilk olarak formülleştirmenin güçlüklerini hayal etmek bir yana, nesnel bir biçimde irdeleyemeyiz bile. Eylemsizlik ilkesi sadece hareketin gözlenen gerçeklerini ifade etmemeli midir? Bu söz, modern bilimin deneysel gerçeklerin oluşturduğu sağlam temeller üzerine oturmasına olan inancımızı belirtmektedir. Bu temeller, insanların ortaçağ skolastiğinin boş inançlarından vazgeçip doğanın doğrudan gözlemine yönelmeleri ile atıldı. Ne yazık ki, Galileo'yu hele de eylemsizlik kavramını bu tabloya oturtmak zordur. Dialogue boyunca, Aristocu görüşleri sergileyen gözlemin kutsallığını savunan tip, Galileo'nun kendi yarattığı olan Simplicus'dur. Galileo'nun görüşlerini dile getiren Salviati ise daima aklın üstün doğruluğundan yana çıkar ve duyuları kötüler.

* * *

"Bu görüşü (Copernicusculuğu) taşıyan ve doğru kabul edenlerin o seçkin kavrayışlarını da hiçbir zaman yeterince takdir edemem; onlar duyarlı deneyimler yalın bir biçimde aksini ortaya koyduğu halde, kendilerine sunulan bir takım akıl yürütmeleri yeğlemişler ve böylece kendi duyularına karşı salt zihinsel bir kuvvet aracılığı ile şiddet kullanmışlardır."

* * *

İnsanlara, bir cismi hareket halinde tutabilmek için, kuvvetin gerektiğini gösteren duyarlı deneyimler hiç de az değildir. Belki de, Galileo insanlara deneyimlerini başka türlü yorumlamayı öğretmeden önce, onlara öyle geliyordu. Gerçekten eylemsizlik hareketi nerede gözlenir? Hiçbir yerde. Eylemsizlik hareketi idealleştirilmiş bir kavramdır ve gerçekleştirilmesi olanaklı değildir. Eğer deneyimlerden yola çıkarsak

büyük olasılıkla, deneyimlerin oldukça bilgiççe bir çözümlemesi olan Aristo mekaniğine ulaşırız. Buna karşılık Galileo işe, deneyimlerde hiçbir zaman yer almayacak olan idealleştirilmiş koşulların çözümlenmesi ile başladı. "Bir ayna kadar düz ve çelik kadar sert bir malzemeden yapılmış bir düzlemsel yüzeyiniz olduğunu, ve bu yüzey üzerine de kusursuz bir küre şekilli ve bronz kadar sert ve ağır olan bir top koyduğunuzu düşününüz." Ayna kadar düz bir yüzey üzerine konulacak kusursuz bir küre dahi yeterli değildi, ve bir yazısında ne demek istediğini tam olarak açıklayabilmek için, düşünsel bir düzlem kullanılması önermişti. Yani, Galileo'nun deneyleri çoğunlukla, bugünün başlangıç mekaniğinde karşılaştığımız, sürtünmesiz düzlemlerde yapılıyordu. Bunlar düşünce deneyleriydi ki, gerçekleştirilmeleri kabil olan tek yerde, yani zihninde yapılıyordu. Salviati Simplicus'a "Gerçek gözlerle değilse bile en azından zihin ile nelerin gözlenebileceğini düşün" diyordu. Bir çağdaş tarihçinin dediği gibi, Galileo sopayı öteki ucundan yakalamıştı. Aristo'nun deneyimlerden yola çıkarken, Galileo idealleştirilmiş durumların kusursuzluktan uzak bir şekilleniminden ibaretti. İdeal'i bir kere tanımladıktan sonra, Galileo malzeme koşullarının getirdiği sınırlamaları, ki bunların arasında sürtünme de kaçınılmaz olarak vardı, anlayabiliyordu. Bu açıdan ele alınınca, deneyimlerin sunduğu gerçekler yepyeni bir anlam kazanıyorlardı; ve birçok olgu, örneğin Aristo için normal dışı olan havadaki bir merminin hareketi, Galileo için anlaşılabilir hale geliyordu. Galileo'nun çözdüğü problemler arasında, cisimlerin hareket etmekte olan dünyanın üzerindeki hareketi de vardı.

Düşüncesinin bu noktasında, Galileo Copernicus ve Kepler'i de teşvik etmiş olan Eflâtunculuk ile temas kurdu. Galileo için, gerçek dünya somut matematik bağıntıların ideal dünyasıydı. İdeal dünya modeline göre oluşan maddesel dünya, ideal dünyanın kusursuz olmayan bir gerçekleşmesiydi. Maddesel dünyayı yeterince anlayabilmek için ona, hayalimizdeki yani, idealin egemen konumundan bakmalıydık. Kusursuz yuvarlaklıktaki toplar, kusursuz düzlükteki düzlemler üzerinde ebediyen, sadece ideal dünyada yuvarlanırlar. Maddesel dünyada ise, düzlemler hiçbir zaman kusursuz bir biçimde düz değildir ve yuvarlanan toplar da hiçbir zaman kusursuz bir yuvarlaklığa sahip değildir, ve sonunda dururlar.

Doğa şifreli olarak kaleme alınmıştı ve Galileo, şifre anahtarı matematiktir diyordu. Bu düşüncesi Kepler'inkine de uyuyordu, ve geometrisel yalınlık ilkesi üzerine kurulu bir astronomiyi benimsemekte, Galileo Kepler'e katılıyordu. Bununla beraber, doğanın geometriselleştirilmesi Galileo ile yeni bir döneme girmiştir. Kendinden önceki bütün astronomi, gelecekleri için olduğu gibi, Kepler için de, geometrisel çözümlemeye layık olan hareketler, kusursuz ve sonsuz olan göksel hareketlerdi yalnızca. Galileo ise, geometrinin yersel hareketlere de uygulanmasını öneriyordu. Bu önerme onun, yerin de, Copernicuscü düzende bir göksel cisim olduğu ultimate = sonlanmış, kesinleşmiş kesin bir ifadesiydi. Nasıl mekanikteki araştırmaların kendi kendine yönelttiği temel problem Copernicuscü devrim tarafından ortaya atılmışsa, yanıt olarak ifade ettiği eylemsizlik ilkesi de kendi gençlik eseri *De motu*'da da denendiği gibi, hareketin matematiksel bir biliminin geliştirilmesi için gerekli araçları sağlamıştır. Bu başarısına kendisinin verdiği önem, bu sonucu sunduğu eserine koyduğu başlıktan da belli olur: *İki Yeni Bilim Üzerine Konuşmalar** (1638).

Yeni iki bilimden birisi, düşen tek bir ağır cismin düzgün hızlanan hareketi ile sınırlı olan dinamikdi. Her ne kadar ağır cisimlerin düşmesine neyin neden olduğunu tartışmayı reddetmiş ve sadece hareketlerini betimlemekle yetinmişse de; serbest düşmeyi düzgün bir nedenin düzgün bir etki doğurduğu dinamik bir tarzda incelemiştir. *Konuşmaları De motu* ile karşılaştırdığımızda, Galileo'nun kaydettiği gelişmenin, dinamik eylemin ayırdedici özelliğini kavramasında olduğunu görürüz. *De motu* dinamiği, alışkan statığı ile özdeşleştirmeyi denemişti. *Konuşmalar* ise dinamiğin kendi ilkelerine dayanması gerektiğini kabul ediyordu.

* * *

Yüksekte duran bir taşın, düşmeye başladıktan sonra, hızının sabit bir şekilde yeni artmalar kazandığını gördüğüm zaman, bu artışların en yalın ve kolay bir biçimde meydana geldiğine neden inanmayayım? Düşen cisim de, dolayısıyla hareket ilkesi de aynı kalmaktadır.

(*) İtalyanca Özgün adı: *Discorsi intorno a' due nuove scienze*.

Öteki etmenler neden aynı şekilde değişmez kalsın? Diyeceksiniz ki: O halde hız sabittir. (*De motu*'nun tavrı.) Hayır! Gerçekler hızın sabit olmadığını, dolayısıyla da hareketin düzgün olmadığını ortaya koymuştur. O halde özdeşliği, ya da isterseniz düzgünlüğü ve yalınlığı, hız değil fakat onun artışlarına, yani ivmeye yüklemeliyiz.

* * *

Yeni serbest düşme anlayışına giden yolu yeni hareket kavramının göstermiş olduğu açıktır. *De motu*'nun akışkan statüğü aracılığı ile soruna yaklaşımı, hareketin kendisinin, bir nedeni gerektiren bir etki olduğunu söyleyen Aristocu ilkeyi ifade etmekteydi. Hareket değiştirilinceye kadar durumunu muhafaza eden bir durum olarak düşünüldükten sonra, artık yeni bir etki teşhis edilebiliyordu. Yukarıdaki alıntıda, Galileo "hareket ilkesinin" dinamik etkisinin (bu etki elimizdeki örnekte ağırlıktır) ivme olduğunu belirtiyor. Mademki hareket ilkesi sabit kalmaktadır, o halde ivme de sabittir. Fazladan, bütün cisimlerin; aşağı yukarı aynı yoğunlukta, aynı maddeden meydana geldiklerine göre, aynı ivme ile düşeceği sonucuna vardı.

Düşmenin çözümlenmesi, modern dinamik denklemlerinin temel örneğini oluşturdu. Halbuki, Galileo'nun kendisi ağırlığı, kuvvet adını verdiğimiz daha geniş bir sınıfın bir örneği olarak hiç düşünmemiştir. Galileo için, ağırlık cisimlerin eşi olmayan bir özelliği idi, ve ağırlığı olan cisimlerin yerin merkezine doğru olan hareketlerine doğal hareket olarak bakmıştı. Kütlesel çekimi, maddeye etkileyen bir dış kuvvet olarak ele almayan kişi sadece Galileo değildi. Bilimadamları bunu ancak yüzyılın sonunda öğrenebilecekler, ve Galileo'nun ektiği tohumlar o zamana kadar biçilemeyecekti.

Öte yandan Galileo hareket biliminin matematiksel temellerini kurmayı başarmıştı. Hem düzgün hareketi, hem de düzgün ivmelenen hareketi tanımladı ve ikisini de matematiksel olarak betimledi. Düşüncesine göre, geometri bilim modelinin ta kendisini temsil ettiğinden, bulduğu sonuçları cebirsel denklemlerle değil, geometrisel oranlar olarak ifade etti; ancak, bu oranlar, hız, ivme, zaman ve uzaklıkları birbirine bağlayan ve bugün birinci sınıftaki mekanik öğrencisinin öğrendiği temel hareket denklemlerine özdeşdir.

$$v = at$$

$$s = \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 = 2as$$

Bütün eşit düşey ötelenmeler için, bütün cisimlerin özdeş ivme etkisinde kalacağını da gösterebilmişti. Eğer bir cisim durgun halden düşmeye bırakılırsa, başka bir cisim de yine aynı yükseklikten ve yine durgun halden fakat bir eğik düzlem üzerinden inişe bırakılsa (bu ikincisinin yolu ve hareket süresi kuşkusuz daha uzun olacaktır), ikisi de sonunda eşit hıza ulaşacaktır.

Son sonuç Galileo'nun evren tablosunda önemli bir rol oynamıştır ve bizi yeniden Kozmolojisini oluşturan Copernicuscü düzene getirir. Çok düzenli bir evrenin bütünlüğünü muhafaza eden dairesel hareket, ağırlığı olan cisimlerin kütle çekim merkezi etrafındaki eylemsizlik hareketine özdeşti. Buna göre, merkeze yaklaşıp uzaklaşmadıkları takdirde, cisimlere hızlarını değiştirici hiçbir neden etki etmeyecekti. Bununla beraber, eylemsizlik hareketi, bir hızı sadece muhafaza edebilir; yeni bir hız meydana getiremezdi. Ağırlık sahibi cisimlerin kütle çekimi merkezlerine doğru olan hareketi artan hızın doğal kaynağıydı, ve merkezden uzaklaşmanın anlamı da bu hareketin bozulmasıydı. Her iki halde de, eşit hız değişimleri eşit yarıçapsal ötelenmelere karşılık geliyordu. Galileo'ya göre ise, kütle çekim ivmelenmesi merkezden olan bütün uzaklıklar için aynı idi. Tıpkı, nedeni ne kadar bilinmez olursa olsun, ağırlığın bütün cisimlerin değişmez özelliği oluşu gibi.

Kepler ve Galileo, kendi başlarına Copernicuscü devrimi doğrularlar ve tamamladılar. Galileo 1642 de öldüğü zaman, astronomlar arasında muhtemelen sadece bir azınlık güneşmerkezli düzeni benimsemişti. Bununla beraber, Kepler ve Galileo'nun araştırmalarında, güneşmerkezli düzenin bütün üstünlükleri sergilenmiş ve belli başlı itirazlar yanıtlanmıştı. Genel olarak benimsenmesi ise artık bir zaman sorunuydu. Aslında Kepler ve Galileo'nun önemi, Copernicus ve geçmiş ile ilişkilerinden çok, gelecek 17 nci yüzyıl ile olan ilişkilerindedir. Geçmişin problemlerini çözerken, Kepler gök mekaniği, Galileo da yer mekaniği ile geleceğin problemlerini ortaya koyuyorlardı. Başlattıkları çalışmanın tamamlanmasıyla, 17 nci yüzyıl en büyük başarısını yaşamıştır.

BÖLÜM II MEKANİKÇİ FELSEFE

17 nci yüzyılın girişinde kalıcı önemli çalışmalar yapmış olan bilim adamları Kepler ve Galileo'dan ibaret değildi. Tam 1600 yılında, bir İngiliz doktoru olan William Gilbert (1544-1603), bilimsel devrimin küçük klasiklerinden birini, *De magnet**'yi yayınladı. Gilbert, bütün dünyaca, modern magnetizma biliminin kurucusu sayılır. Kitap, ege-men doğa felsefesinin bir ifadesidir.

Amprık denmese bile, açıkça deneysel yaklaşımı ile *De magnet*, Galileo'nun çalışmalarına belirli bir zıtlık oluşturur. Galileo için deney herşeyden önce başkalarını inandırmak için bir araçtı. Kendisine kalsa, deneylerin sonuçlarını, onları gerçekleştirme zahmetine dahi katlanmadan inançla ilan ederdi. Öte yandan Gilbert'in temel magnetizma olgularının kurumlaştırılmasında tuttuğu yol amprık araştırma yöntemi idi. Gilbert'in kendisinin değindiği ve gerçek olup olmadıklarını denediği hikâyeler aracılığıyla mıknaatlardan o zamanlar duyulan özel korku hakkında bazı şeyler öğrenebiliriz. Mıknaat, evreni doldurduğu sanılan doğa üstü ve gizemli kuvvetlerin bir simgesiydi. Hikâyeler, denizin içinden çıkan ve yakından geçen gemilerin çivilerini söküp alan mıknaat dağları türünden olaylarla doluydu. Mıknaatların, cadıların

(*) Mıknaat Hakkında

gücüne karşı bir korunma sağladığı söylenirdi. Belli bazı hastalıkların tedavisinden ilaç olarak içerden kullanılırdı (bu amaçla mıknatısı toz haline getirmeye izin vardı). Yastık altına konulan bir mıknatıs, zina yapan kadını yatağından dışarı uğrattı. Hikâyenin erkeklerce uydu-
rulduğu açıktır, anlaşılan erkek çapkınların görünüşteki masumiyetin-
de iyi talihlerinden öte şeyler de vardı. Gilbert, gerçeği masallardan
ayırdetmeyi ve mıknatıslık etkisi ile ilgili doğruları deneysel araştırma
ile bulmayı kendisine iş edinmişti. Elmasın, demiri mıknatıslastırma
gücüne sahip olduğu doğrumuydu? Ancak yetmişbeş elmas harcadık-
tan sonra, Gilbert kendisini yanıt vermeye hazır hissetti: Hayır.

Gilbert ne mıknatıs üzerinde araştırma yapan ilk kişiydi, ne de
sunduğu bütün olayların kâşifiydi. Yine de *De magnete*'nin sistemli
içeriği, magnetizma hakkındaki ilk temel bilgi topluluğuydu. Gilbert'
ten önce, mıknatıslık olayları ile durgun elektrik olayı sıklıkla birbirine
karıştırılıyordu. Bu iki olayı açık ve kesin bir biçimde birbirinden ayı-
ran Gilbert oldu. Bir yığın deneysel bulgu yardımıyla dünyanın kendi-
sinin de bir büyük mıknatıs olduğunu gösterdi, ve çekim etkisinin beş
mıknatıssal olgudan (kendi deyimi ile "hareket"ten) sadece birisi ol-
duğunda ısrar etti. Öteki dört hareket, yönlenme, değişme (bugün sap-
ma* diyoruz), düşey sapma ve dönmeden ibaretti ve hepsi de dünya-
nın magnetik alanı ile ilgiliydi ki Gilbert bu son dört harekete, çekim-
den daha büyük bir önem vermekteydi.

Gilbert'in bugünün başlangıç fiziği öğrencilerince bilinen birçok
olguydu, sağlam delillere dayanarak sunan kitabı, modern deneysel bi-
lim etkinliklerinin ilk örneği olarak sıklıkla anılmıştır. Bununla beraber
eseri, sadece modern bilimin nelere sahip çıktığını değil de, Gilbert'in
kendisinin neleri muhafaza ettiğini anlamak için daha dikkatli okursak,
bize görüldüğünden daha aşına gelir. Kitabın daha başlığı bile, 20 nci
yüzyıl okurunun bir magnetizma ders kitabından beklediğinden fazla-
sını vadeder: *Mıknatıs, Mıknatıslı Cisimler ve Büyük Mıknatıs Dünya
Hakkında; Birçok Deliller ve Birçok Deneyler ile Kanıtlanan Yeni Bir
Fizyoloji*. Yeni bir fizyoloji, yani yeni bir doğa felsefesi. Gilbert mag-
netizmayı doğanın sergilediği birçok olaydan biri olarak değil, fakat
bütünü anlamının anahtarı olarak görüyordu. Doğâ olaylarının bütünü

* Magnetik kuzey ile coğrafi kuzey arasındaki açı (Ç.N.)

onun anladığı kadarıyla, o kadar dikkatle sınıadığı, gizemsel mıkknatıs gücünden daha az doğaüstü ve gizemli değildi.

Elektriksel çekim görünmeyen zerrelere taşıdığı maddesel bir etki olduğu halde, Gilbert'in felsefesine göre, mıkknatıssal çekim maddesel olmayan bir güçtü. Bu gücü maddesel cisimler engelleyemez; bir mıkknatıs demiri cam, tahta ya da kâğıt arkasından çekebilirdi. Demirin cisimlerin çekimlerini perdelemesi, gücü durdurmasından değil, saptırmasından dolayıcıydı. Ona en ilginç gelen olay, bir mıkknatıs çubuğunun kendi kudretinden hiçbir şey kaybetmeksizin bir demir parçasındaki magnetik yetiyi harekete geçirebilmesiydi. Demir (ya da mıkknatıs çubuğu, ona göre bu ikisi özdeşti) gerçek bir yersel maddeydi. Magnetizma onun doğasında olan bir özellikti, gücünü ancak zorlukla yitirir ve bu gücü yeniden kazanmaya her zaman hazır olurdu. Aristo metafiziğinin kategorilerinden yararlanarak, elektrik maddenin bir etkinliği ise, magnetizma da biçimin etkisidir savını öne sürdü.

* * *

"Mıkknatıslı cisimler birbirlerini biçimsel etkilerle ya da bunun yerine aslında kendilerinde bulunan bir kudretle çekerler. Bu biçim bir tek ve kendine özgedir: Bu birincil ve asıl kürelerin biçimidir; bağdaşıktır ve bu yüzden de parçalar yani birincil kök diyebileceğimiz öz nicelik ve varlık ile yıldızsal biçim birbirleriyle yer değiştiremezler; kendi küresini koruyan ve düzenleyen şey, Aristo'nun birincil biçimi değil, bu sözünü ettiğimiz birtek biçimdir. Herbir kürede, güneşte, ayda, yıldızlarda ve dünyada bu biçimlerden bir tane vardır, ve işte bu gerçek magnetik kudrete birincil enerji diyoruz."

* * *

Bir başka yerde dediği gibi, "gerçek yer maddesine ilk başlangıca ait ve enerjik bir biçim bahşedilmiştir." Magnetizmayı yerin ruhu olarak tanıması, görüşlerini belki de daha iyi ortaya koyar.

"Çekim" magnetik etkinlik için yanlış bir sözcüktür. Gilbert'in dediği gibi, çekim kuvvet ve zorlamayı içerir; elektrik etkinliği anlatmaya uygundur. Magnetik hareket ise, aksine gönüllü anlaşmayı ve bir-

liği ifade eder. İki kutup kaçınılmaz olarak iki seksi çağrıştırıyordu ve Restorasyon dönemine göre, Reformasyon Çağına daha az uyan bir dil ile mıkna-tıs çubuğunun demiri aklamasından ve magnetizmaya onun içinde vücut vermesinden söz ediyordu. Öteki magnetik etkinliklerin Gilbert'e çekim denilen şeyden daha önemli geldiği anlaşıyor, Yön-lenme, değişme, düşey sapma hareketleri (ya da dönmeleri) evreni dü-zenleyen, temeldeki aklı ifade ediyordu. Gilbert'e göre kuzey ve güney evrendeki gerçek yönlerdi ve yerin magnetik ruhu, yönetmek ve düzene koymak için vardı. Pusula "Allahın parmağı" idi ve mıkna-tıslığını yitir-miş olan deniz yolunu ve yönünü kaybetmiş oluyordu. İbrenin düşey sapması enlemi ölçüyordu; belki değişme de boylamı ölçmekte kulla-nılabilirdi. Gilbert'in beşinci hareketi olan dönmede ise, nedenin ken-disi yerin magnetik ruhuna yüklenmişti. "Dönme" diye yerin ekseni etrafında günlük hareketine diyordu. Bu hareketin nedenlerini de, tıpkı yer kutbunun yönünün güneş çevresinde dönerken kararlı kalışını açık-larken yaptığı gibi, magnetizmaya bağlıyordu. Gilbert'in iddiasına göre, güneşin yakınında bulunduğu için, yerin ruhu güneşin magnetik yanının yanacağını idrak ederek, ekseni etrafında dönmeyi tercih edi-yordu. Hattâ, eksenini belli bir açı ile eğerek, mevsimlerin değişmesini sağlıyordu.

Modern deneysel bilimin ilk örneği gerçekte çok yadırgatıcı bir kitaptır. Yani 20 nci yüzyıl kafası için yadırgatıcı. Halbuki, 1600 yılın-da, ku kitap insanlara, Rönesans Naturalizmi denilen geçerli doğa fel-sefesini ifade ettiği için çok aşına gelmiş olmalıdır. Çağının öteki bir-çok kişileri için olduğu gibi, Gilbert için de doğanın kalbi gerçekten de yaşam ile beraber çarp-maktaydı. Başlıca yer maddelerindeki mıkna-tıslık, her şeyin içinde bulunan aktif ilkelere tekabül ediyordu. Madde hiçbir zaman ne yaşamsız ne de idraksız bulunmazdı. Magnetik cisim-ler gönüllü anlaşma ve birlik içinde bir araya gelirken, sempati ve anti-patiler, benzerlerin benzerlere yanıt vermesi ve benzemezleri geri çevir-mesi yolu ile, bütün cisimler arasında ilişki meydana getiriyordu. Ger-çekten de magnetik çekim Rönesans Naturalizminin canlıcı evrenini işgal etmiş olan doğaüstü marifetlerin önde gelen bir örneğini meyda-na getirir. Skolastik Aristoculuk doğanın akılcı düzenine insan zekâsının nüfuz edebileceğini iddia ederken, 16 ncı yüzyılın doğa felsefesi doğa

gizlerinin insan aklı için karanlık olduğunu ilân ediyordu. Evreni işgal eden gizli kuvvetleri sadece ve sadece deneyim öğrenebilirdi. "Sempati" ve "antipati" sözcüklerinin ifade ettiği ve Gilbert'in magnetik ruhunun açıkça gösterdiği gibi doğanın gizli kuvvetleri psişik deneyimlerle düşünülürdü. Rönesans Naturalizmi insan ruhunun doğa üstüne bir izdüşümüydü ve bütün doğa psişik kuvvetlerin bir perdeye akseden büyük hayalleri, gölgeleri olarak betimleniyordu. Gilbert'in *De magnete*'i kurumsallaşmış bir doğa yaklaşımının açık fakat kendini nisbeten sırlayan bir ifadesidir.

Eğer 16 ncı yüzyılı Rönesans Naturalizminin en canlı dönemi olarak sayarsak, Gilbert'in bunun hiçbir şekilde geri planda kalan bir temsilcisi olmadığını da söylemeliyiz. Etkisi 17 nci yüzyıl başlarının Paracelsus'cu* kimyacılarının kendilerine has kavramlarına biçim vermiş ve son olarak da kendisini Jean-Baptiste van Helmont'da (1579-1644) göstermiştir. Helmont'un suyu, her şeyin kendisinden oluştuğu bir madde olarak düşündüğü çok iyi bilinir. Ünlü deneyinde, bir fidanı dikkatle tattığı bir miktar toprağa dikmiş, hiç ihmal etmeden sulamış, ve fidanı yeterince büyüdükten sonra köklerini topraktan ayırmış ve yeniden tartmıştı. Toprak güc ayırdedilebilir nicelikte azalmıştı, o halde fidanın artan bütün ağırlığı, artık tahta biçimine dönüşmüş olan sudan gelmeliydi. Van Helmont'un düşüncesine göre, ağaçla yaptığı bu deney dirimselci doğa felsefesine çok güzel bir biçimde uymaktaydı. Su —yani madde—, tohumlanmak ve canlanmak için erkek tohumuna ya da yaşamsal ilkeye gereksinme duyan, dişi ilkeyi temsil ediyordu. Van Helmont, sözünü bizim bugün organik dediğimiz maddelerle sınırlamaksızın, doğada "suyu çocuğa gebe bırakmadan" hiçbir bireysel nesne üretilemez diyordu. Kuşkusuz yaşamsal ya da tohumsal ilke herbir varlığın kesinleşecek özünü, ne olduğunun ve ne yaptığının gerçek kaynağını meydana getiriyordu. Ona göre bu ilke baş ustanın suretiydi ve bu suret ölü değil, fakat ne yapması gerektiğinin bilincinde ve kendini üretme gücündeydi. Yaşamsal ilke, "kendisini halihazırda cisimsel elbiselere bürümüşü" ve maddeyi suretin kalıbına dökerek, canlandıracağı cismi yaratmaktaydı.

(*) Paracelsus (1493?- 1541), İsviçreli- Alman hekim ve simyacı (Ç.N.)

Gilbert için olduğu gibi van Helmont için de, canlı bir dünyadaki gerçek etki modelini temsil eden magnetik çekim, anormal görünmekten çok uzaktı. "Her yere ekilmiş olan ve nesnelere mahsus bir Magnetizma ve Etkin Marifet vardır" diyordu. Herşey bir sezgiyle donatılmıştı ki bununla kendilerine benzeyen ve benzemeyen cisimleri —sempati ve antipatileri—, algılayabiliyorlardı. Van Helmont'un gözde konularından birisi de yaraya değil de, yaralayan şilâha uygulanarak, yaraları iyileştiren sempatik merkezdi. Öldürülen adamın kanunu, katilin bedene yaklaşmasıyla neden olmaya başladığını da benzer bir ilke açıklıyordu. Buna göre, kandaki ruh ölümcül düşmanını farkedince, kaynamaya başlıyor ve böylece de kan akmaya koyuluyordu. Helmont doktrinini, maddeciliğin bilinçli bir reddi ve ruhun asıllığının bir delili olarak görüyordu. Aristo felsefesinde, kendi çarpıcı deyimiyle madde- nin "orospuca iştahına" doğada aktif bir rol verilmişti. Helmont maddesel dünyanın ise tam aksine olarak "her bakımdan, maddesel olmayan ve görünemeyen güçlerce yönetildiğini ve zaptedildiğini" iddia ediyordu.

İnsan doğa gerçekliğini oluşturan yaşamsal ilkelerle ilgili bilgiyi nasıl edinebilirdi? Kuşkusuz, akıl yürütmenin dolambaçlı yetileriyle değil. Zira bunlar insanı her zaman yanıltır ve çarpıttı. Van Helmont, "mantığın" "yararlanılamaz" olduğunu ve "ondokuz tasımın* bilgiye ulaşamayacağını" ilân ediyordu. Yüzeyde oyalanan akıl yürütme yerine, tek başına anlayış nesnelerdeki doğruyu bulmaya daha uygundu. Akıl derine dalmalı ve anlayış kendisini "akılla kavranabilir nesnelerin biçimine, öyle bir zaman noktasında" dönüştürmeli ki, "bir an için yapılan anlayış, akılla kavranabilir nesnenin kendisi (gibi) olsun" diyordu. Nesneler "bizimle söze başvurmadan konuşuyor gibi görünüyorlar, ve anlayış onları sanki teşrih masasına yatırmışçasına, suskunluklarının içine işliyor". Gerçeği derhal sezişiyle, sadece anlayış nesneleri olduğu gibi bilirdi ve nesneleri bilmekle, işleyişlerini de bilebilirdi.

Rönesans Naturalizmi geleneğinde, bugün sahip olduğumuz bilimsel bilgi idealinden bütünüyle değişik bir ideal ile karşı karşıya kalı-

(*) Tasım: Her birinden ortak bir terimin yer aldığı iki önermeden (öncüllerden) yapılan çıkarım. Ortak terimin öncüllerindeki yerine göre dört tasım şekli vardır. Herbir şeklin de kipleri göz önüne alınınca toplam kip sayısı on dokuzu ulaşır. (Ç.N.)

rız. Bu, bilgisi doğanın gizemli güçlerinden ibaret olan bilimadamı-sihirbaz Faust*'un idealidir.

* * *

Sihir adından niye bu kadar korkuyoruz? (diye soruyordu van Helmont). Mademki bütün etkilerin Sihirli olduğunu; hiçbir nesnenin, Biçiminin Fantazisinden ve gerçekten Sihirle üremeyen herhangi bir Etkileme Gücüne sahip olmadığını görmekteyiz. Ancak bu Fantazi, seçeneksiz Cisimlerde, sınırlı bir Kişiliğe ya da Aynılığa sahip olduğundan, Etki cahilce ve gerçekte kabaca, nesnenin Fantazisine değil, fakat doğal bir Özelliğe yüklenmiştir; gerçekte bunlar Nedenlerin Cahili olunduğu için, Neden yerine Etkiyi koymaktadır: Herbir Etmen, bir başka tarzda, kendi özel Nesnesine etki eder, yani bu Nesneyi önceden hissederek, Etkinliğini aceleyle değil, fakat sadece bu Nesne üzerine yayar; yani Fantazi ideal bir Niceliğin yayılması ve onun pasif Niceliğin Işını ile çiftlenimlendirilmesiyle, Nesnenin bir duyusu olarak canlandırılır. Bu gerçekten de doğal şeylerin sihirli bir Etkisidir. Gerçekten de Doğa her yanıyla bir sihirliliktedir."

* * *

Descartes buna şöyle yanıt veriyordu:

* * *

"Bizden daha üst düzeyde olan şeylere, aynı düzeyde olduklarımızı göre, doğal olarak daha büyük bir hayranlığımız vardır. Bulutları, bazı dağların zirvelerinden ancak biraz daha yukarıda oldukları halde, —onlara bakmak için gözümüzü göklere çevirmek zorunda olduğumuzdan—, öyle yükseklerde hayal ederiz ki, ozan ve ressamın içlerinde Tanrının tahtını görürler. Bütün bunlara dayanarak öyle umut ediyorum ki, eğer bu incelemede bulutların doğasını, onlarda gördüğümüz ya da onlardan gelen hiçbir şeye artık hayran olmayacağımız kadar iyi bir biçimde açıklayabilirsem, yerden yukarılarda olan ve hayranlık uyandıran herşeyin nedeninin de benzer şekilde açıklanabileceğine inanmaya herkes hazır olacaktır."

(*) Ünlü Alman öyküsünün güç ve bilgi karşılığında ruhunu şeytana satan kahramanı (Ç.N.)

17 nci yüzyılda, Descartes yükselen doğa felsefe okulu adına konuşurken, van Helmont kaybolmakta olan bir geleneğin son yankılarından birisini temsil ediyordu. Rönesans Naturalizmi son tahlilde, doğanın insan aklının hiçbir zaman içine nüfuz edemeyeceği bir sır olduğu inancına dayanıyordu. Descartes'in anlayış yolu ile arama yöntemini ortadan kaldırmaya çağıran sözleri, aynı zamanda da, doğanın çözülemez gizler taşımadığı ve akıl için aşikar olduğuna olan sarsılmaz bir inancı ifade etmekteydi. 17 nci yüzyıl, işte bu temel üzerine kendi doğa kavramını, yani mekanikçi felsefeyi kurdu.

Mekanikçi felsefe bir tek kişinin eseri değildir. 17 nci yüzyılın ilk yarısında, batı Avrupa bilimsel çevrelerinde, Rönesans Naturalizmine karşı bir tepki olarak mekanikçi bir doğa kavramına doğru kendiliğinden oluşmuş gibi görünen bir hareket gözleyebiliriz. Galileo ve Kepler'de ilk belirtilerini ortaya koyan bu hareket, tüm boyutlarına —daha az ünlü filozofları saymazsak—, Mersenne, Gassendi ve Hobbs'un eserlerinde ulaştı. Yine de mekanikçi bir doğa felsefesinin ulaşmasında daha büyük bir etki sahibi olan kişi Rene Descartes'dir. (1596-1650), ve bütün aşırıklarına karşın, hareketin bildirisine, onun başka bir yerde bulamadığı ve şiddetle gereksinme duyduğu, felsefel bir kesinlik kazandırmıştır.

Ünlü Descartes'ci ikiciliğindeki, metafizik doğrulamalarıyla, Rönesans Naturalizmine karşı tepki oluşmasını sağladı. Bütün gerçekliklerin iki tözden oluştuğunu öne sürdü. Ruh diyebileceğimiz şey, düşünme eylemi ile nitelendirilebilen bir töz; maddesel alem ise özü uzayda kapladığı yer olan bir tözdü. *Rescogitans ve resex tensa*'yı Descartes, birbirinden mutlak olarak ayırteden ve uzaklaştıran bir biçimde tamamladı. Düşünen töze, maddeyi nitelendiren hiçbir özellik —hacım, yer, hareket— yüklenemezdi. Düşünme, zihinsel etkinliğin sahip olduğu çeşitli tarzları kapsar, ve tek başına düşünme onun özelliğidir. Doğa bilimleri açısından, bu ikiye ayırmanın daha önemli sonucu, bütün psişik niteliklerin madde dünyasından katı bir biçimde dıştalanmasıdır. Gilbert'in sözünü ettiği dünyanın magnetik ruhuna, Descartes'in fiziksel dünyasında yer alamazdı. Bu dünyada, van Helmont'un aktif ilkelerine de yer yoktu. Descartes'in ruh alemini nitelendirmek etmek için kullan-

diği aktif yardımcı fiil *cogitans* ile karşılaştırıldığında, pasif yardımcı fiil, *extensa*, fiziksel doğanın eylemsizliğini ve kendine ait bir eylem kaynağı olmaktan yoksunluğunu vurgulamaya yarar. Rönesans Naturalizminde, düşünce ile madde ve ruh ile beden ayrı nicelikler olarak düşünülmezlerdi; her bir cisimdeki en son gerçeklik, düşünce ile ruhun niteliklerini hiç değilse bir ölçüye kadar paylaştan, aktif ilkeleriydi. Aristo'nun "biçim" ilkesi, benzer bir rolü daha incelikli bir doğa felsefesinde oynamıştı. Descartesci ikiciliğin etkisi ise aksine, ruhsal her bir izi maddesel doğadan bir cerrah titizliği ile kazıyarak, onu sadece eylemsiz madde parçalarının duygusuz darbelerine açık cansız bir alem haline getirmek oldu. Bu ikicilik soğukluğu ile insanı şaşırtan, ancak modern bilimin amaçlarına takdire değer bir uygunluk gösteren bir doğa kavramıydı. Descartesci metafiziğe tüm katılığı ile çok az kişi sahip çıktı, ancak yüzyılın, ikinci yarısının hemen bütün önemli bilim-adamları madde ve ruh ikiciliğini kuşkuyla yer bırakmayacak biçimde kabul etti. Modern bilimin fiziksel doğası artık doğmuştu.

Descartes, benimsenmiş felsefe geleneğine göre, devrimci rolünün tamamıyla bilincindeydi. *Discours de la Methode** (1637) de geleneğe olan tepkisine eğitiminin yol açtığını söyler. Eğitime sonunda bilgi sahibi olacağı umuduyla dolu olarak başlamıştı. Ne yazık ki, sonunda bilgi bir yana, kendisini kuşkuyla dolu bir halde buldu. İkibin yıllık araştırma ve tartışmanın hiçbir şeyi çözmediğini farketmişti. Bu felsefenin "bazı filozoflarca el üstünde tutulmasından daha acayip ve inanılmaz birşey düşünülemez" diyordu. Descartes geçmiş kufasından silip atmaya karar verdi. Sistemli bir kuşku yöntemiyle, herbir düşüncüyü katı bir sınamaya tabi tutacak, kuşkulanması olanaksız bir önermeye—eğer böyle bir şey varsa—ulaşınca kadar, azıcık dahi kuşkulu olan herbir şeyi reddedecekti. Böyle kaya gibi kesin bir önerme üzerine temelindeki kesinliği paylaşacak bir bilgi yapısını, tabandan itibaren sadece akılla yeniden kurulmuş bir yapıyı kurabilirdi. Ancak, aradan geçen bunca yüzyıldan sonra edindiğimiz perspektif bize, Descartes'in geçmiş reddedişinin hiç de kendisinin sandığı kadar tamam olmadığını görmek olanağını veriyor. Yine de, onun mekanikçi doğa felsefesi, Rönesans Naturalizminin temsil ettiği egemen kavram ile kesin bir kopuştu ve Aristoculuk'tan da hemen hemen bir kopmayı, ifade ediyor-

(*) Metod Üzerine Konuşmalar

du ve taze bir başlangıç yapmaktaki heyecanı ile bütün olarak 17 nci yüzyıl biliminin sözcülüğünü yapıyordu.

Herkesin bildiği gibi, Descartes aramakta olduğu, kendisinden kuş-kullanılamaz olan, kesinlik kayasını "*cogito ergo sum*" (düşünüyorum, o halde varım) önermesinde bulmuştu. *Cogito* yeni bir bilgi binasının temeli oldu. Oradan çıkarak akıl yürütme ile önce Tanrının varlığına, sonra da fiziksel dünyanın varlığına ulaştı. Kuşku süreci içinde, dış dünyanın varlığı ilk terk edilen öğelerden birisi oluyordu; zira, kendisini —hata yapmaya açıkça eğilimli— duyularımız aracılığıyla algıladığımız için, dış dünyanın varlığı da kuşku altında kalmalıydı. Descartes kendisini ancak yeni kesinlik temellerinden yola çıkarak, kendi dışındaki fiziksel dünyanın varlığını, yine kuşkulanılamayacak bir sonuç olarak kanıtlayabilmeye hazır hissediyordu. Ancak bu sonuca, 17 nci yüzyılın bilimsel devrimi çabaları içinde belki de en büyük öneme sahip bir koşul ekledi: Her ne kadar fiziksel dünyanın varlığı zorunlu deliller yardımı ile kanıtlanabilirse de, bunun duyuların tanımladığı dünya ile herhangi bir benzerliğe sahip olmasını gerektiren hiçbir zorunluluk yoktu. Sempati, antipati yığınlarından ve doğa üstü güçlerden zaten alınmış bulunan fiziksel dünyadan, şimdi de Aristo felsefesinin gerçek değerleri atılmaktaydı. Aristo'ya göre bir cismin kırmızı görünmesinin nedeni yüzeyinde kırmızılık oluşuydu; bir cisim sıcaklık niteliğine sahip olduğu için sıcak olarak gözlenirdi. Nitelikler gerçek bir varlığa sahipti; varlık türlerinden birisini oluşturlardı ve duyularımızla gerçeği doğrudan doğruya algıladık. Descartes ise bunun böyle olmadığını söyledi. Cisimlerde kırmızılığın ya da ısının varlığını hayal etmek, tıpkı Rönesans Naturalizminin psişik süreçleri fiziksel dünyaya izdüşürmesi gibi, duyularımızı fiziksel dünyaya izdüşürmektir. Gerçekten de, cisimler sadece hareket halindeki madde parçacıklarından oluşmuştu ve bütün görünen nitelikleri (sadece hacimleri hariç) tamamiyle hareket halindeki cisimlerin sınırlara çarpmasıyla uyartılan duyulardan ibaretti. Böylece, alışık olduğumuz duyusal deneyimler dünyası, tıpkı Rönesans Naturalizminin esrarlı güçleri gibi, bir hayal oluyordu. Dünya, fiziksel zorunluluklar sonucu hareket eden, eylemsiz cisimlerden oluşmuş bir makinaydı ve düşünen nesnelerin varlığından etkilenmezdi. Mekanikçi doğa felsefesinin temel önermesi işte böyleydi.

Descartes, *La dioptrique* (1637), *Les meteoros* (1637) ve *Principa philosophiae** (1644) konulu makalelerinde, mekanikçi felsefesinin ayrıntılarını açıklar. Temel taşlarından birisi eylemsizlik ilkesidir. Mekanikçi felsefe, bütün doğa olaylarının hareket halindeki madde parçacıkları tarafından meydana getirildiği konusunda ısrar etmekteydi; zira, fiziksel gerçeklikte sadece hareketli madde parçacıkları yer alıyordu. Hareketin nedeni nedir? Mademki madde, —tanımı gereği—, aktif ilkelere arınmış eylemsiz bir nesnedir, kendi hareketinin nedeninin yine kendisi olamayacağı açıktır. 17 nci yüzyılda hareketin nedeninin Tanrı olduğunda herkes bağlaşıktı. Başlangıçta O maddeyi yaratmış ve harekete geçirmişti. Maddeyi hareket halinde tutan neydi?... Mekanikçi doğa kavramının aktif ilkeleri reddetmekteki ısrarının anlamı, bir doğa felsefesi olarak varlığının eylemsizlik ilkesine bağlı olması demektir. Maddeyi hareket halinde tutmak için hiçbir şey gerekmemektedir; hareket bir durumdur ve maddenin içinde bulunduğu bütün öteki durumlar gibi, bir dış etki altında kalmadığı sürece varlığını sürdürecektir. Çarpma ile, hareket bir cisimden diğerine aktarılabilir, fakat hareketin kendisi yok edilemez.

Descartes çarpmayı toplam hareket miktarının korunumu ile çözümlenmeye çalıştı. Bu ilke, yüzyılın sonunda formüle edilen momentum korunumuna yakındı. Ancak, Descartes hareketin sadece yönündeki değişikliğin (hızın büyüklüğünde bir değişiklik olmaksızın) öteki cismin durumunda bir değişiklik yaratmadığını göz önüne *aldığında*, ulaştığı sonuçlar bizim bugün benimsediklerimizden çok farklıydı. Yine de, Descartes'in çarpma çözümlemesi, bu konuda daha sonra harcanan çabaların başlangıcı olmuştur. Öte yandan, onun çarpma kurallarını bütünüyle dinamik bir etki modeli oluşturmuştur; aktif ilkelere kurtulmuş mekaniksel bir evrende, cisimler birbirlerini sadece çarpmalarla etkileyebilirdi.

Başlıca iki mekanikçi doğa sisteminin kurucusu olan iki adamın, yani Descartes ve Gassendi'nin, aynı zamanda eylemsizlik ilkesinin formulasyonuna da kayda değer katkılarda bulunan kişiler olması raslantı değildir. Galileo, eylemsizliği yerin eksenini etrafındaki günlük dönüşü cinsinden ifade etmişti. Descartes ve Gassendi eylemsizlik hareke-

(*) *Dioptri, Meteoroloji, Felsefenin İlkeleri*

tinin düz hareket olması gerektiğini, daire ya da eğriler üzerinde hareket eden cisimlerin bir dış neden etkisi altında bulunduğunu ısrarla öne sürdüler. Descartes, böyle cisimlerin sürekli olarak, etrafında döndükleri merkezden uzaklaşma eğiliminde olduklarını söyledi. Her ne kadar, bu eğilimi nicel olarak ifade etmeye teşebbüs etmemişse de, merkezden dışarı doğru böyle bir kaçış eğiliminin varlığını göstermesi, dairesel hareketin mekaniksel unsurlarının çözümlenmesinde ilk adımdır.

Descartes'in gözünde dairesel hareket huzursuz hareketi temsil özelliğini yitirmiş olsa da, onun doğa felsefesinde merkezi bir oynamayı sürdürmüştür. Dairesel hareket doğal olmamakla birlikte, yine de zorunluydu. Uzanımlı madde denkleminin anlamı, herbir uzanımlı uzayın, tanım gereği, madde ile dolu olması, ya da daha iyisi madde olması zorunluluğudur. Boşluk olamaz. Eğer maddenin içine doğru hareket edebileceği bir boş uzay yoksa, hareket nasıl mümkün olacaktı?... Descartes bunun, herbir cismin eş zamanlı olarak boşalttığı uzaya doğru hareket etmesi ile mümkün olduğu yanıtını veriyordu. Başka bir deyişle, dolu uzayda hareket eden herbir parçacık, tıpkı bir tekerleğin çevresi gibi, hareketli maddenin oluşturduğu bir kapalı devre üzerinde yer alacaktı. Dolayısıyla, herbir hareket dairesel olmak zorundadır. Tabi buradaki "dairese" sözcüğü Öklit* geometrisinin kusursuz daire-i değil, herhangi bir kapalı yörünge anlamına gelmektedir. Dairesel hareket, zorunlu olmakla beraber, doğal olmadığından, dolu uzaya bir merkezkaç basıncı uygular. Descartes, başlıca doğa olaylarını işte bu basınca bağlıyordu.

Sonsuz uzay doluluğu içine doğru olan hareketin ilk sonucu, evrenimizin sonsuz sayıda girdaptan oluşan bir kuruluş olmasıdır. Descartes'e göre, örneğin; güneş sistemimizin içinde yer aldığı girdap öylesine büyük bir madde çevrintisiydi ki, orada Satürn'ün yörüngesi bir noktaya kadar kalırdı. Girdabın büyük bir bölümü, birbiri ile sürekli çarpışmaktan kusursuz küreler haline gelmiş küçücük toparlarla doluydu. *Descartes* bunlara "ikinci element" diyordu. "Birinci element", ya da 17 nci yüzyılda sık sık kullanılan adıyla "eter"*** ise, ikinci ele-

(*) Enclid (ölümü M.Ö. 3000) İskenderiyeli Grek Geometricisi (Ç.N.)

(**) Eter varsayımı Aristo zamanından, 20'inci yüzyıl başına kadar sık, sık çeşitli teorilerde, çeşitli bağlamlarla ortaya atılmıştır. Sonunda, varlığı çeşitli deneylerle olumsuzlanmış ve modern teorilerde de gereksizliği kanıtlanmış ve terk edilmiştir. (Ç.N.)

ment küreleri arasındaki uzayı ve bütün öteki gözenekleri dolduran son derece ince parçacıklardan oluşmuştu. Descartes'in evreninde maddenin bir üçüncü biçimi daha vardı ki, bu daha büyük parçacıkların daha büyük cisimler halinde toplanmasıyla oluşan gezegenlerdi. Bütün girdap eksenini etrafında çevrilirken, içinde bulunan her bir parçacık da merkezden dışarı kaçmaya çalışacak, fakat uzay doluluğu içinde bir parçacık merkezden, ancak yerine doğru bir başka parçacık hareket ederse uzaklaşabilecekti. Bütün öteki cisimler gibi, her bir gezegen de merkezden uzaklaşma eğilimi içinde olacak, merkezden herhangi bir uzaklıkta, uzaklaşma eğilimi arkasındaki girdabın süratle hareket etmekte olan maddesinin zıt yöndeki eğilimi ile tam olarak dengelenecekti. Yörüngenin bir gezegenin merkezkaç eğilimi ile girdabı oluşturan öteki maddelerin merkezkaç eğiliminin doğurduğu karşı basınç arasındaki dinamik denge ile meydana geliyordu.

Girdap teorisi, kristal kürelerin yerine geçebilecek ilk akla yakın sistemi oluşturmuyordu. Gerçi Kepler'in gök mekaniği daha önce ortaya atılmıştı, ancak Kepler sistemi mekanikçi felsefenin kabul edemeyeceği ilkeler üzerine kuruluydu. Öte yandan Descartes'in girdabının kabul edilebilir olduğunu söylemeye bile gerek yoktur, ve bu sistem, yarım yüzyıl boyunca göklerin fiziksel açıklamasında egemen olmuştur. 17. yüzyıl bilimsel düşüncesini anlayabilmek için, onun neyi açıklamak istediğini ve neyi açıklamak istemediğini görmek önemlidir. Girdap büyük göksel olguya mekaniksel bir açıklama getirmişti. Bütün gezegenlerin neden güneşle beraber gittiklerini, neden hep aynı yönde ve hep (yaklaşık) aynı düzlemde bulunduklarını açıklıyordu. Teori içine gizlice yerleştirilmiş rastgele kuvvetlerle, gezegenlerin güneşten uzaklaştıkça neden daha yavaş hareket ettiklerini de açıklıyordu. Dahası, bu açıklamalara hiçbir gizemli kuvvetin yardımına başvurmadan, hareket halindeki maddenin zorunlu sonucu olarak ulaşıyordu. Girdabın getirdiği türden mekaniksel açıklama, 17. yüzyıl bilimi için önemliydi ve bundan dolayı da teorisinin şükran dolu bir kabul görüşünün nedenini anlamak zor değildi. Girdap teorisinin açıklamaya girişmediği konu, gezegen yörüngelerinin duyarlı ayrıntılarını incelemektir ki, bu teknik astronominin konusuydu. Descartes, Kepler'in üç yasasına hiç değinmemiştir. Zaten bunları girdaptan nasıl elde edilebileceğini düşünmek de çok zordur. Ancak 17. yüzyıl bilimi için,

Kepler yasalarının temsil ettiği çeşitten matematiksel betimleme de önemliydi. Mekanikçi felsefe, fiziksel deneysellğe verdiği önem nedeniyle, Pisagorcu matematiksel gelenek ile gerilimli bir ilişki içinde bulunuyordu. Isaac Newton'un, 17 nci yüzyılın en üst bilimsel başarısını meydana getiren çalışmaları, bu gerilimin çözülmesinden ibarettir.

Descartes'in doğa felsefesinin tek konusu güneş sistemi değildi. Bu aslında onun en zor konusu da değildi. Mekanikçi felsefe temel önermesi olarak, bütün doğa olaylarının hareket halindeki eylemsiz madde tarafından meydana getirildiğini iddia etmişti. Peki, ışık neydi?... Işığı dikkate almayan hiçbir doğa felsefesi tamamlanmış sayılmazdı ve ışık bütün olaylar içinde en az mekaniksel olan gibi görünmekteydi. Halbu ki, Descartes'in sisteminde ışık, girdabın zorunlu bir sonucu olarak görünmektedir. Güneş, sistemimizdeki en başta gelen ışık kaynağıdır ve aynı zamanda da girdabın merkezindedir. Dairesel hareketin girdabın dışına doğru bir basınç uyguladığını daha önce görmüştük. Işığın fiziksel gerçekliği de işte bu basınçtan başka birşey değildi. Bu basınç gözümüzün retinasına geldiğinde, optik sinirde bir harekete neden olmakta ve bu da "ışık" dediğimiz duyuyu meydana getirmekteydi. Dahası Descartes, "mademki basınç harekete doğru bir eğilimdir, o halde hareket yasalarına uyar, böylece de yansıma ve kırılma yasalarının zorunlu sonuçlar olduğu gösterilebilir" diyordu.

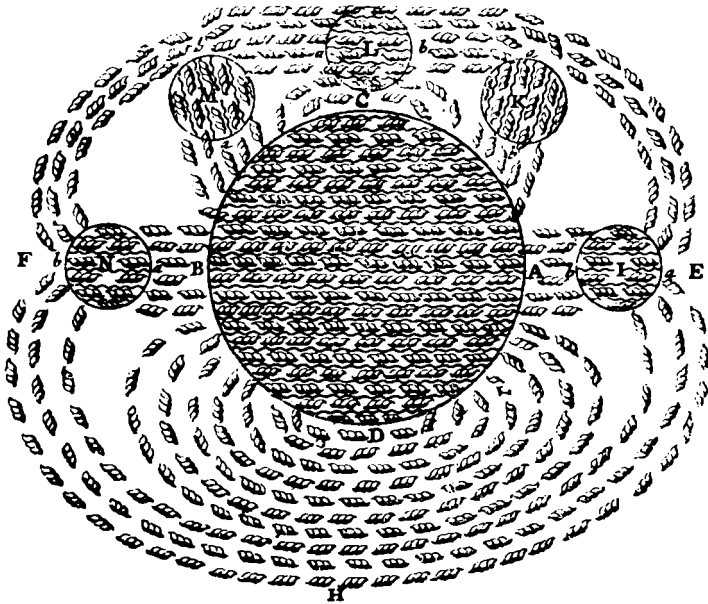
Gravitasyonun da kaynağı (*gravitas*: cisimlerin yeryüzeyi yakınındaki ağırlığı) ışığınkine göre ancak biraz daha mekaniksel görünmekteydi. Bunu açıklamak için, Descartes yer etrafına, yerle birlikte dönen ve ayın yüksekliğine kadar uzanan bir küçük girdap koydu. Yine dairesel hareketten gelen merkezkaç eğilimlere başvuruldu ve uzay doluluğu yine zorunlu oldu. Gravitasyon neydi?... Bazı cisimleri merkeze aşağı doğru zorlayan, bazılarını da, daha büyük bir merkezkaç eğilimle yükselten, bir merkezkaç eğilim bozulmasıydı. Bu açıklama, cisimlerin yeryüzeyine dik değil fakat eksene dik düşmesine gerektiren Descartes teorisi için esef edilecek bir sonuç olarak ortaya çıktı. Ancak herbir olayın nedenini açıklamaya uğraşan mekanikçi filozoflar, böyle küçük çelişkileri hoşgörmeyi öğrenmek zorundaydılar.

Mekanikçi doğa felsefesi için en çetin konu belki de magnetizmaydı. Daha önceki dönemde, magnetizma gizemli bir kuvvetin özünü temsil etmekteydi. O halde, mekanikçi felsefe magnetik çekimi açıkla-

mak için, gizlere başvurmayı gerektirmeyecek bir mekanizma icat etmek zorundaydı. Descartes bu icatlarda ilginç bir dehaya sahipti. Girdabın dönüşünün vida biçimli parçacıkları nasıl meydana getirdiğini ve bunların demirdeki benzer biçimli gözeneklere nasıl uyduğunu, dikkate değer bir ayrıntı ile betimledi. (Bak. Şek. 2.1.) Magnetik çekime parçacıkların hareketi neden olmaktaydı. Bu parçacıklar, demir ve mıknatısın gözenekleri içinden geçerken, ikisi arasındaki havayı sürükleyip götürüyor ve onların beraber hareketine neden oluyordu. Peki, iki magnetik kutup nasıl ortaya çıkıyordu?... Descartes'in yanıtı çok basitti: Sağdan-sola dönen vidalar ve soldan-sağa dönen vidalar vardı*.

Magnetizmayı inceleyiş biçimi, Descartesci bilimin temel güdülerini açığa çıkartır. Gilbert'in aksine, Descartes magnetik olayların ayrıntılı bir araştırmasına girişmedi. Olayı olduğu gibi kabul ediyordu. Daha fazla araştırarak kafa karıştırmaya gerek yoktu. Sorun olayın kendisi değil, açıklanmasıydı ve Descartes mekaniksel açıdan açıklanamayan hiçbir magnetik olayın olmadığını öne sürmekteydi. Aynı şekilde *Felsefenin ilkeleri*'nde doğayı ayrıntılı bir biçimde incelerken de, olayların bilindiğini kabul etti. Onun bilimi dikkatli doğa araştırmalarına, yeni olayların keşfine değil, zaten bilinen olaylara yeni açıklamalar bulmaya yönelikti. Fiziksel dünyanın duyularımızda meydana gelen resme herhangi bir şekilde benzemesi zorunlu değildi. Fiziksel dünya, hareket halindeki parçacıklardan ibaretti. Descartes'in önerdiği şey, bilinen bütün olaylar için nedensel bir mekanizmanın hayal edilebileceğiydi. Mekanikçi felsefe neyin kabil olduğu konusunda hiçbir ölçüt getirmediğinden, Descartes'in evreninde, bazı acayip olaylar da kendilerine yer bulabiliyordu. Helmont'un katilin öldürdüğü kurbanına yaklaşıncı, yaralardan kan akışının hızlanmasından söz etmesi bize bugün çok saçma gelir; ancak, Descartes bir olayı ciddiye almış ve çürüten cisimlerden çıkan pis koku mekanizmasıyla açıklamaya çalışmıştı. Descartes'in çalışmalarında sempatik merhemden söz edilemez, ancak daha sonraki nesilden mekanikçi bir filozof olan Kenelm Digby, bu merhemlerin görünmez tedavi mekanizmasını etraflıca anlatmıştır.

(*) Descartes'ın bu açıklaması, magnetik etkilerin hareketli elektrik yüklerinin sonucu olduğu şeklindeki bugünkü bilgilerimizi, ilke olarak andırmaktadır. (Ç.N.)



Şekil 2.1. Dünyadan ve beş mıknatıs taşından geçen, burğu biçimli parçaların değişik yerlerde, dünyanın magnetik alanına paralel yöneldiği görülüyor.

Önceki felsefeler doğayı organik açıdan görmüşlerdi. Descartes ise, organik olguları bile mekaniksel bir biçimde görece kadar işi tersine çevirdi. Onun evreninde, insan hem ruh hem de bedene sahip bir canlı olarak, tek örnekti. Bununla beraber insanda bile, ruh yaşamın merkezi olarak düşünülüyor ve bütün organik etkinlikler tamamiyle mekaniksel yollarla açıklanıyordu. Kalp bir çaydanlık olmuştu. Isısı, Descartes'e göre mekaniksel bir süreç olan, mayalanma ısısına benziyordu ve damarlardan içine pompalanan kan, damarlarını kaynatıp genişleterek, buhar basıncıyla geri itiyordu. Akılcı bir ruhtan yoksun olan öteki hayvanlar ise, karmaşık makinalardan başka birşey değillerdi. Descartes'in savına göre "bir maymunun ya da başka bir akılsız hayvanın organlarına ve biçimine sahip bir otomat olsa, bunun o hayvanlarla aynı özellikte olup olmadıklarını araştırmanın hiçbir anlamı olmayacaktı".

Descartes'in birçok olaya getirdiği açıklama, bugün doğru bildiklerimizden öylesine farklıdır ki, sık sık küçümseme eğilimine kapılırız. Halbuki, onun ne yapmak istediğini ve bunların bilimsel devrim çalışmalarına nasıl uygun düştüğünü anlamaya çalışmalıyız. Descartes'in bütün doğa felsefesi binasının temel taşı, fiziksel gerçekliğin duyularımızla algıladıklarımızla hiçbir şekilde benzememesi savıdır. Copernicus'nun da hareket ile ilgili görüşü reddetmesi gibi, şimdi de Descartes'ın günde bir deneyimlerin yorumunu genelleştiriyordu. Bizim bugün alışkın olduğumuz türden bir bilimsel araştırma amacıyla değildi. Aksine, önerisi metafizikseldi, deneyimlerin arkasında yatan yeni bir gerçeklik tablosu öneriyordu. Açıklamalarını ne kadar yaban ve inanılmaz bulursak bulalım, modern bilimin bütün gelişiminin, daha önceki doğa felsefelerine dönerek değil, fakat Descartes'in seçtiği yolu izleyerek kabil olduğunu unutmamalıyız.

Kuşkusuz 17 nci yüzyıl için mekanikçi doğa felsefesinin çekiciliği çok güçlüydü. Aslında mekanikçi felsefe sadece Descartesçi felsefeden ibaret değildir, öteki mekanikçi doğa yaklaşımları arasında, en azından yaşama yeteneği olan çekici bir seçenekte de Gassendi'nin atomculuğudur. Antik çağların atomcu felsefesi de, Rönesans döneminde eski düşüncelere genel olarak tekrar dönülmesi akımı içinde, Batı Avrupa'da kaçınılmaz olarak yeniden ortaya çıkmıştı. Atomcu felsefe Galileo'yu etkilemiş ve bu akımın mekanikçi doğa yaklaşımı muhtemelen Descartes'in sisteminin biçimlenmesine de yardımcı olmuştu. Ancak, atomculuğu bir mekanikçi felsefe seçeneği olarak benimseyip yorumlamak Descartes'in bir çağdaşı olan Pierre Gassendi'ye (1592-1655) düşmüştü. Bir düşünür olarak Gassendi, Descartes'dan tamamiyle farklıydı. Descartes kendisini, felsefe geleneğini kendi yarattığı yeni ilkeler üzerine yeniden kuran sistematik bir filozof olarak gördüğü halde, Gassendi kendisini geleneğin verebileceği en iyi unsurları bir araya toplayan bir bilimadamı sayıyordu. Başlıca eseri olan *Syntagma Philosophicum** (1658), tartıştığı konular üzerine söylenen herşeyi kapsayan, dahası tartışılabilir konuları da ele alma çabasında olan, okunabilmesi olanaksız bir yığındır. Eser bir karmaşıklık demeti haline gelmiş ve sonunda yazarın ekleme ve yamamalar yapmasına olanak ol-

(*) Felsefe İncelemeleri

mayan bir zamanda, yani ölümünden sonra son şeklini alıp basılabilmıştır. Kısaca Gassendi 'kesip-yapıştırıcı'ların ilkidir ve kitabı da derleme yığınlarının bütün tutarsızlıklarına sahiptir. Birbiri ile hiç bir uzlaştırma çabası harcanmaksızın, en azından üç ayrı hareket kavramı kitaba konmuştur. Yine de, gelenek içinde yer alan bir sistem ona ötekilerden daha çekici gelmiştir. *Syntagma* kuşkuya yer veremeyecek biçimde atomcudur.

Bir atomcu olarak Gassendi, belirli bazı sorunlarda Descartes'tan ayrılır. Descartes maddenin sonsuza dek bölünebilirliğini iddia ederdi; Gassendi ise kuşkusuz, asla bölünemeyecek, kesinleşecek birimlerin varlığını benimsiyordu. "Atom" sözcüğünün kendisi de zaten Grekçe 'bölünemez' sözcüğünden geliyordu. Descartes'in evreni bir doluluktı; buna karşılık Gassendi, her türlü maddeden arınmış boşlukların varlığını öne sürüyordu. İkisi de önemli felsefi sorunlardı, ancak ikisinin anlaşmazları, anlaştıkları geniş alanla karşılaştırılınca çok dar bir alanı kapsıyordu. İkisi de benzer bir biçimde, fiziksel doğanın, nitelikçe bir özelliği olmayan maddeden oluştuğunu ve bütün doğa olaylarını hareket halindeki maddenin meydana getirdiğini öne sürmekteydi.

Descartes ve Gassendi arasındaki geleceğin bilimi için çok daha önemli olan farklılık, uzay doluluğu sorunu ile mantıksal olarak ilgiliydi. Descartes'in doğanın bir doluluk olduğu konusundaki ısrarı, maddeyi uzanımı ile özdeşleştirmesinin doğal bir sonucuuydu ve maddenin uzanımı ile özleştirmesi de, geometrisel akıl yürütmenin bilime uygulanmasını olanaklı kılıyordu. Geometrisel uzay maddeyle özdeş olduğundan, doğa bilimi de, kanıtlamalarında geometrinin sahip olduğunda herkesin birleştiği kesinliğe ulaşabilecekti. Gerçekten de, Descartes'in araştırmayı yürüten dört kuralı, geometrisel kanıtlama ilkelerinin yeniden ifade edilmesine benzerdi. Her ne kadar egemen geleneğe başkaldırmışsa da, kökü Aristo'ya kadar uzanan bir bilim idealini benimsemişti. Descartes "bilim" adını, varsayımlara, olası açıklama biçimlerine değil, sadece zorunlu ilkelerden —kesinlikle— çıkartılmış zorunlu ispatlara veriyordu. Nedensel açıklamanın ayrıntılarında, birden fazla sayıda doyurum mekanizmasının düşünebildiği, belli bir kesinlik derecesine ulaşamadığı durumlarda bile, en azından genel ilkelerden, yani maddeselin ruhsaldan kesinlikle ayrılabilmesin-

den ve mekaniksel nedenselliğin tutarlı zorunluluğundan kuşku duyulamazdı.

Gassendi, maddenin uzanımı ile eşitliğini inkâr etmekle, Descartesci bilimin programını da inkar ediyordu. Atomlar uzanımlıydı, fakat uzanım onların özü değildi. Aslında, nesnelerin özünü bilmenin ölümlü insanın kudreti dışında olduğuna inanıyordu. Gassendi, bir ölçüde kuşkuculuğu insan halinin kaçınılmaz bir unsuru olarak kabullenmekteydi. Kesinleşecek özleri, Tanrı, sadece Tanrı bilebilirdi. Dolayısıyla, egemen felsefe okulunun sahip olduğu ve batı geleneğinde Aristo'dan 17 nci yüzyıla kadar süren ve Descartes'in de yeniden doğruladığı bilim ideali, bir yanılsama olmakla damgalanıyordu. Yine de Gassendi'nin vardığı sonuç tam bir kuşkuculuk değildi; bunun yerine bilinci yeniden tanımlamayı öneriyordu. Doğa insan aklı için tamamiyle anlaşılabilir değildir, insan doğayı sadece dıştan ve görünen olaylar şeklinde bilebilir. Buna göre insanlar için tek kabil bilim, olguların betimlenmesidir. Bu yeni bilim ideali ilk ifadesini Gassendi'nin mantık yazılarında bulmuştu. Galileo'nun nedeni ne olursa olsun düzgün ivme etkisindeki serbest düşmeyi betimlemesinde zaten hissedilmiş olan bu ideal Gassendi tarafından geleneksel idealin inkârının bir parçası şeklinde biçimsel olarak ifade edildi. Bu anlaşılması kolay bir kavram değildi ve 17 nci yüzyılın mekanikçi filozofları doğal olaylara "neden olan" mikroskobik mekanizmalar hayal etmeyi sürdürmüşlerdir. Gassendi'nin izinden giden kişi Issac Newton oldu, ve Newton'un kişiliğinde Gassendi'nin yaptığı bilim tanımlaması gücünün nelere yettiğini gösterdi. Bu anlayış modern deneysel bilimin içine öylesine işlemiştir ki, bugün Descartes'in (ya da Aristo'nun) zorunlu kanıtlama idealini idrak etmekte güçlük çekmekteyiz. Halbuki, bu ilke 17 nci yüzyıl öncesinin insanına aşikâr geliyordu.

Gassendi'nin yöntem tartışması bir şey; pratiği başka bir şeydir. Doğa felsefesinin ayrıntıları ile uğraştığı çalışmaları sırasında, bilimi olayların betimlemesiyle sınırlayan güzel sözleri, onu mekanikçi filozofların mesleksel kusurunu paylaşmaktan, olayları meydana getiren görünmez mekanizmalar hayal etmekten alıkoymamıştır. Yazılarında nitel Aristo felsefesi bir çok değişik biçimlerde yeniden boy göstermek olanağını bulmuştur; belirli nitelikleri, özel şekilli özel parçacıklar sağlıyordu. Descartes ısıyı cisimlerin parçalarının hareketine eşitliyor

ve soğukluğa da ısının yokluğu diyordu. Gassendi ise ısıtıcı ve soğutucu parçacıklardan söz ediyordu. Yine de, parçacıklarda ısrarı ve değişikliğe sadece biçim ve harekette izin vermesiyle mekanikçi doğa felsefesi ilkelerine olan sadakatini korumuştur. Daha sonraki kuşağın önde gelen bir mekanikçi filozofu ve aynı zamanda da kimyacı olan Roberth Boyle'e göre, atomculuk ve Descartescilik aynı doğa kavramının iki ifadesidir. "Mekanikçi felsefe" adını Boyle'e borçluyuz. Onun özetlediği gibi, mekanikçi felsefe bütün doğa olaylarını "iki ortodoks ilkeye", madde ve harekete bağlar. Mekanikçi felsefeye göre, "maddenin" nitel bakımdan özelliksiz olduğunu, herbir aktif ilkeden ve idrakin bütün izlerinden arındığını da ekleyebilirdi. 17 nci yüzyıl doğa kavramı ne kadar ham olursa olsun, psişiği, fiziksel doğadan katı bir biçimde dışlaması onun kalıcı mirasıdır.

Aynı zamanda, mekanikçi felsefe 17 nci yüzyılda, hemen bütün yaratıcı bilimsel çalışmaların çerçevesini tanımlamıştır. Sorular onun dilinde formülendirilmiş, yanıtlar onun dilinde verilmiştir. 17 nci yüzyıl düşüncesinin araçları nisbeten kaba olduğundan, bunun uygun düşmediği bilim alanları muhtemelen, destek göreceği yerde düş kırıklığına uğramıştı. Kesinleşecek mekanizmaları araştırmak, ya da onları sadece hayal etme çabaları, süratli olarak dikkatleri daha verimli olma potansiyeline sahip araştırmalardan saptırmış ve birden fazla keşfin benimsenmesini engellemiştir. Herşeyden öte, mekaniksel açıklama gereksinmesi, 17 nci yüzyılın öteki temel akımının, doğanın matematikle tam olarak açıklanabileceğine dair Pisagorcu inanın karşıısına çıkıyordu. Nitel doğa felsefesini reddetmesine karşın, başlangıçtaki haliyle mekanikçi felsefe doğanın tümüyle matematikselleştirilmesine bir engel oluşturuyordu ve 17 nci yüzyılın bu iki akımı arasındaki uyumsuzluk Isaac Newton'un çalışmalarına kadar çözülünemedi. Öte yandan 17 nci yüzyılın hemen hiçbir bilimsel çalışması, mekanikçi felsefenin etkisinden kurtulamamış ve çalışmaların çoğu ona başvurulmaksızın anlaşılamamıştır.

BÖLÜM

III

MEKANİKÇİ BİLİM

Uzun süreden beri bilinmekte olan bir dizi olayın 17 nci yüzyıl ortasında birdenbire önem kazanması, mekanikçi felsefenin yükselişi ve mekaniksel açıklama tarzları ile anlaşılabilir. Isıtılarak yara üzerine konulan harcamat şişesi, iltihabı akıtmak için başvurulmuş eski bir araçtı. Aynı şekilde ince boyunlu bir şişe su ile doldurulup ters çevrilince, içindeki suyun akmadığı da bilinmekteydi. Pompa ve sifonların işleyişleri de benzer biçimdeydi. Ancak, bu son örnekteki olaylardan biri rahatsız edici bir başkalık göstermekteydi. Pompalar yaklaşık on metreden daha büyük derinliklerden su çekemiyor sifonlar da yine bu boyu geçen yüksekliklerde işlemiyordu. Bununla beraber her iki halde de kusurun kullanılan materyalde olduğuna inanılmaktaydı. Borular tahtadan yapılmış olduğundan, varılan sonuç açıkça kanıtlanmış oluyordu. Egemen doğa felsefesinde; bütün olaylar doğanın boşluktan nefret edişi ile açıklanıyordu ki, mekanikçi felsefe bu tür açıklamaların temsil ettiği ilkeleri yok etmek amacıyla oluşturulmuştu. Bu açıklamalar doğanın, sürekliliğine yönelmiş tehditleri sezip, karşı harekete geçmesini sağlayan, duyarlı ve aktif yetilere sahip olduğunu içeriyordu. Sözü ettiğimiz olaylar için, mekaniksel açıklama seçenekleri apaçık ortadaydı.

Galileo'nun 1638 de basılan *Konuşmalar*'ındaki bir pasaj, tartişmayı fiilen başlattı. Kirişlerin kırılma dayanıklılığı ile ilgili cözümlemesinin bir parçası olarak, Galileo cisimlerin yapışmalarına ait bir teoriye gereksinme duydu. Gözlenen olgu, yani sifonun suyu en cök on metre kadar yukarı taşıyabilmesi, teorinin üzerine kurulabileceği bir temel oluşturacak gibi görünmekteydi. Hepsinden önemlisi, bu olgu bize kesin bir nicel faktör sağlıyordu. Bu faktör, onbir metre civarında yüksekliği olan birim (kesitli) su sütununun ağırlılığıydı. Galileo, olayı boşluğun cökimi adını verdiği olguya bağlıyordu; ve cisimlerin birbirinden sonsuz kücükükte boşluklarla ayrılmış sonsuz kücük parçacıklardan oluştuğunu varsayarak, boşluk cökimine dayalı bir yapışma teorisi kurmaya girişti. Galileo'nun yapışma açıklaması hiçbir zaman başarıya ulaşamadı, ama *Konuşmalar*'ın yayınlanması dayanağı olguyu, bilimsel tartişma akımının içine sokmuş oldu.

Bu olguyu dikkate alanlar arasında Roma'daki bir bilimsel grup da vardı. Onlar sifonun bir kolunu ayırdılar ve böylece 1640'ların başlarında ilk barometre gerçekteştirilmiş oldu. Bu, tepesinde bir cam haznesi bulunan bir su barometresiydi. Üst yüzeyi cam arkasından görülebilen su, yaklaşık on metre yükseklikte duruyordu. Suyun üzerinde ne vardı? Görünürde su üzerinde hiçbir şey yoktu. Hiç değilse bazı kişiler, su üstündeki uzay parçasının bir boşluk olduğunu öne sürdüler ve atmosferin kendi ağırlılığına eşit ağırlıktaki bir su sütununa destek olduğunu iddia ettiler. Bu açıklamanın kendisi; apaçık bir deneme yöntemini de getirmekteydi. Deniz suyu tatlı sudan daha ağırdır; o halde tatlı su yerine deniz suyu konulunca, sütun yüksekliği azalmalıdır. Su yerine, cök daha ağır bir sıvı kullanılmasını öneren kişi, Galileo'nun genç bir hayranı olan Torricelli (1608-1647) oldu; ve 1644 de ilk civalı barometreyi yaptı. Atmosfer basıncını ölçen bir aracı akla getiren "barometre" sözcüğü, Torricelli'nin tüpü için yanlış bir addır. Zira Toricelli atmosferin basınç ya da ağırlılığını değil, atmosferi bir sabit olarak alıp, tüpteki sıvının ağırlılığını ölçüyordu. İlk barometre, bilim tarihindeki öteki önemli deneyler gibi son derece güzel hesaplanmış bir deneydi. Eğer söz konusu olan şey, bir yanda atmosferin, bir yanda ise sıvı sütununun yer aldığı basit bir mekaniksel denge ise, su yerine sudan yaklaşık ondört kere daha yoğun olan civa konulunca,

sütün yüksekliği de yaklaşık öndörtte birine düşmelidir. Torricelli'nin tüpündeki civa sütunu 76 santimetre yükseklikte durunca, mekaniksel açıklama kanıtlanmış oluyordu. Her ne kadar, bu mekaniksel açıklamanın genel bir kabul görmesi için 20 yıllık bir tartışma ve deneysel çalışma gerekmişse^{de}, Torricelli'nin ilk civalı barometresi bugün her türlü mantıklı kuşkunun üzerinde kanıtlanmış bulunmaktadır.

Barometre tartışmaları, boşluğu kaçınılmaz bir biçimde gerektiriyordu. Boşluğun varlığına karşı olan iddialar son derece kurumlaşmıştı ve Aristo'nun yapıtlarına dayanıyordu. Bir yandan, boşlukta direncin sıfır dolayısı ile de hızın sonsuz olacağını söyleyen harekete dayalı sav; öte yanda da, boşluğun yani "hiçbirşey" olan birşeyin (aynı kelime oyunu Grekçede de vardı) varlığını öne süren mantıksal sav, çelişki olacaktı. Şüphesiz Aristo barometreden habersizdi. Bu yüzden de tartışmalarda, Aristocular sadece kendi öz kaynaklarına dayanabiliyorlardı. Birşeylerin uzayı kaplamasının zorunlu olduğunu düşünen bir ekol, haznede bir hava kabarcığının olması gerektiğini öne sürdü; tüp kurulduğu zaman, kabarcık gerilimi civayı dengede tutana kadar genişleyecek ya da daha iyisi uzayacaktı. Bir başka düşünce ekölü de, sıvıyı aşağı iten bir buharın oluştuğunu kabul ediyordu; buhar olmasaydı, civa bütün tüpü kaplayacaktı. Bütün bu açıklamalar son derece uydurmaydı*. Bu durum, barometrenin mekanikçi felsefeye bahşettiğı bir altın fırsata işaret eder. Bir nicel faktöre sahip basit bir olay, mekanikçi felsefe için canlılık kavramlara saldırmanın en uygun temelini oluşturunuyordu. Dahası, nicel faktör, sorunu deneysel araştırma için ideal bir hale getiriyordu. Bu nicel faktör nedeniyle, Aristocu *uydurma* açıklamalarını birbiri ardına sinayacak deneyler kurma olanağı doğdu ve barometre tartışmaları bittiğinde, konu deneysel araştırmanın gücünü gösteren klasik bir örnek oldu.

Blaise Pascal (1623-1662) deneysel tanıtımlarda en önemli rolü oynadı. Henüz olgunluğa erişmekte olan genç bir adam olarak soruna, tam zamanında ve cam üflemeekteki teknik ilerlemenin, düzenlediğı deneyleri gerçekleştirmesini olanaklı kıldığı bir yerde karışacak iyi talihe sahipti. Yaşadığı yer olan Roueu önde gelen bir cam imalat

(*) Uydurma sözcüğü ad hoc karşılığı olarak, sırf eldeki olayı açıklamak için icad edilmiş bir mekanizma anlamında kullanıldı. (Ç.N.)

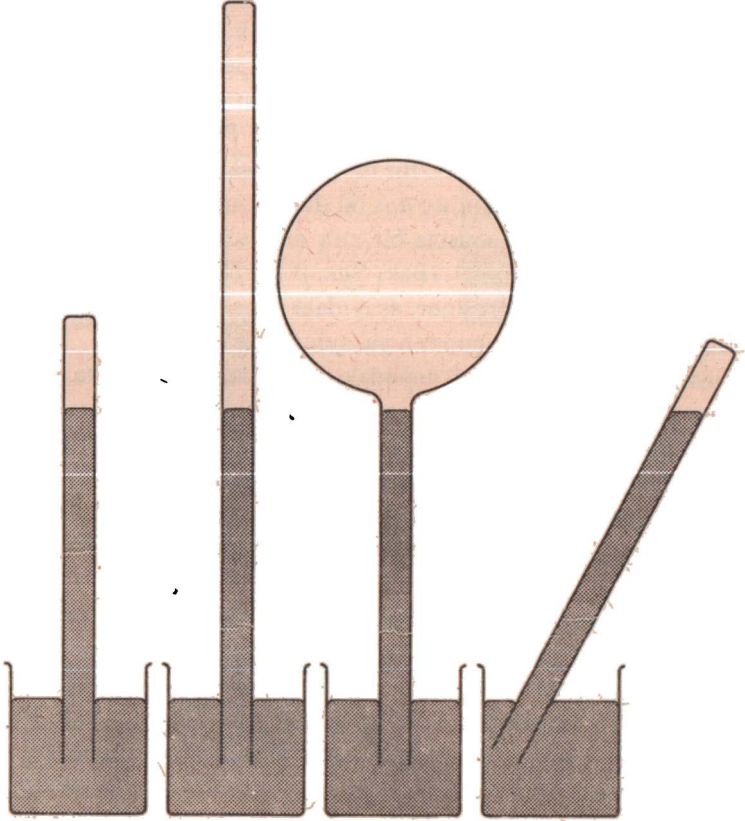
merkeziydi, ve ilk defa olarak onyedi metreye varan uzunlukta cam boruların yapılabilmesi, Pascal'ın hem cıva hem de su ile deney yapmasına olarak verdi. Buharın sütunu aşağıya ittiği, aksi halde sıvının tüpün tepesine kadar çıkacağı savı, su ile şarabın karşılaştırılmasını akla getirdi. Yaygın kabule göre, şarabın daha tinsel bir sıvı olduğuna ve dolayısıyla daha çok buhar üreteceğine inanılıyordu. Beri yandan şarap sudan daha hafiftir ve eğer mekanik açıklama doğru ise şarap sütunu daha yüksekte kalmalıdır. Rouen limanındaki ünlü gösteride, Pascal bir şarap öteki su ile dolu iki uzun boruyu bir gemi direğinin yanına dikti. Deneyden önce izleyicilerden sonucu tahmin etmeleri istendi ve tinsel teori yandaşları kanaatlerinin gözlerinin önünde parçalandığını gördüler.

Pascal, benzer tarzda, nicel yoklamaların sınanması için öbür peripatetik* açıklamalara bırakılmış deneyler düzenledi. Eğer tüpte bir hava kabarcığının bulunduğu ve bunun sıvı sütununu gerilimi ile dengelediği savı doğru ise sütun boyu ile sıvı üstündeki hacim arasında bir bağıntı olmalıydı. Pascal bir tane beş metre yüksekliğinde, bir tane de tepesinde kocaman bir balon olan iki cıva tüpü dikti (Bak. Şek. 3.1). Her iki halde ve denediği bütün öteki durumlarda, tepedeki hacim ne olursa olsun cıva sütunu boyunun sabit olduğunu gördü. Dahası, tüpü eğdiği takdirde, yüzeyin düşey yüksekliği sabit kalıyordu; böylece cıva üstünde kalan hacim sıfıra indirilebiliyor ve tüpün tepesi yetmişaltı santimetre düşey yüksekliğin altına indirildiğinde hiçbir görünür kabarcık kalmıyordu.

Torricelli boşluğu üzerindeki ilk çalışmasında Pascal, deneyden —20 nci yüzyıl okuyucusu için şaşkına çevirici olmasa bile— beklenmedik olan bir sonuç çıkarttı. Buna göre doğa boşluktan nefret ediyordu. Bununla beraber, bir ikinci sonuç aslında ilkinin değiştirmektedir: Doğanın boşluğa olan nefreti sonluydu ve yetmişaltı santimetre yükseklikte ve birim kesitli cıva sütununun ağırlığı ile ölçülüyordu. Bundan daha büyük bir boşluk (ya da en azından hissedilebilir maddeler yoksun bir hacim) yaratılabiliyordu. Uzlaşmacı gibi görünen bu sonuç Aristocu felsefenin verebileceğinden fazlasını istemekteydi, çünkü

(*) Peripatetik: Gezgin; burada Aristo felsefesine ait. Peripatetikler: Aristo'nun yandaş ve öğrencileri. Aristo felsefe ve konuşmalarını bir aşağı bir yukarı gezinerek yapmış. (Ç.N.)

belirli koşullar altında boşluğun olabileceğini kabul ediyordu. Pascalın gercek g6r6ř6 çok daha 6telere gitmekteydi, ancak o, t6mevarımla elde edilen sonuçların geçerlilik derecesi ile ilgiliydi. Hava pompasının icadından çok 6nce deney yapmaya çalışmaktaydı, ve 6nemli rol oynadığına inandığı dengenin bir tarafındaki ağırlığı değiştirmiyor, b6ylece 6te yandaki ağırlık da sabit kalıyordu. Ağırlığı değiştirebilme kadar, eldeki delilin geçerli olarak sadece, doğanın boşluğa olan nefretinin sonluluğu ve bunun da birim kesitli s6tunun ağırlığı ile 6l6ld6ę6 sonucunu çıkartmaya elverdiğini d6ř6n6yordu.



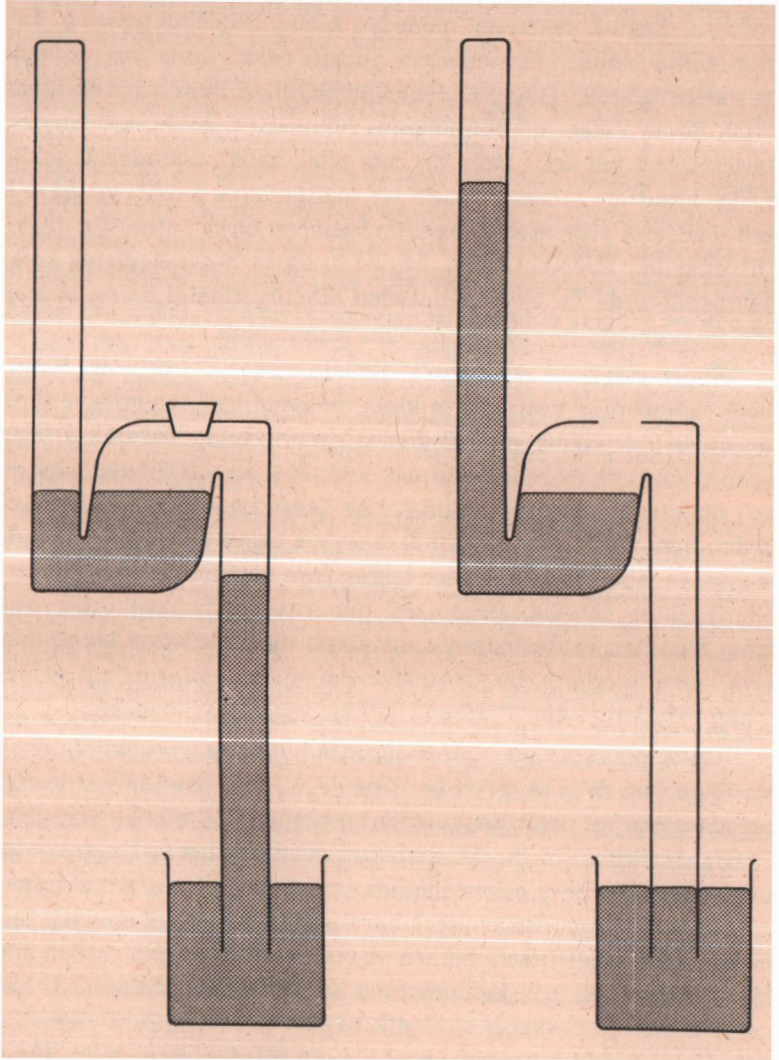
şekil 3.1. Boşluğun cıvaya oranı. Cıva 6st6ndeki hacim ne olursa olsun, s6tunun d6şey y6ksekliği yetmişaltı santimetrede kalmaktadır.

Sonunda Pascal ağırlığı değiştirecek ve kendisinin tamamiyle inandığı sonucu tanıtlayacak bir yol düşündü. Atmosferi değiştiremese de, barometrenin atmosferde bulunduğu derinliği değiştirebilirdi. Kayınbiraderi orta Fransa'da Puy ve Dome adlı bir dağın yanında oturmak-taydı. Pascal deneyi yapmasını ondan istedi. Bir barometre dağın eteğinde kontrol amacıyla bırakıldı, öteki ise zirveye taşındı. Kuşkusuz, tepedeki barometrenin yüksekliği düştü.

Puy de Dome'deki deney bütün bilim tarihindeki en ünlü deneylerin birisidir. Pascal koşulları dikkatle tanımlayarak, incelenilen konuyu doğrudan doğruya sinemaya bağlı tutan bir deney düzenlemiş, ve sonuç onun barometrede ağırlıkların basit bir dengelenmesinin, yani atmosfer ile sıvı sütununun ağırlıklarının dengesinin, söz konusu olduğu inancını desteklemişti. Daha az bilinen ancak düzenlenişinde asla daha az parlak olmayan bir başka deneyi de, Pascal'ın bir boşluktaki boşluk adını verdiği deneydir. Bir tüp üflenerek ve iki tane herbiri yetmişaltı santimetreden uzun uç uca iki düşey bacak meydana getirecek şekilde eğilmiş, ve ikisi arasına bir cıva deposunun yer alabileceği bir büyük balon yerleştirilmişti. (Bak. Şek. 3.2.) Bütün sistem doldurulup bir cıva kabı üzerinde dikilince, aşağıdaki bacak sıradan bir barometre olarak çalıştı. Ortadaki deponun yüzeyinde atmosfer yoktu, buna karşın, üst tüpteki cıva yüzeyi depodaki cıva yüzeyinden daha yukarıda değildi. Aşağıdaki tüpün üstünde yer alan ve bir tıkaç ile kapanan delik açılarak içeriye yavaş yavaş hava alınabiliyordu. Hava girdikçe, aşağı tüpteki cıva düşmekte, yukarı tüpteki ise yükselmekteydi, ve delik atmosfere tamamiyle açılınca, yukarıdaki tüp olağan (basit) bir barometre gibi çalışıyor ve aşağıdaki tüpün cıva yüzeyi de kaptaki cıva yüzeyinde kalıyordu.

Pascal'ın deneylerinden sonra, barometrenin sabit bir mekaniksel denge ile işlemediğini aklı başında bir kişinin iddia etmesi artık olanaklı değildi. İncelemelerinde, sıvı yüksekliğini belirleyen faktör tek başına atmosferin ağırlığıydı. 1650'lerde hava pompasının icadı, Robert Boyle'un (1627-1691) daha başka kavramları geliştirmesine yol açtı. Barometre, pompaya bağlı bir fanus içine konulduğunda, sütun yine yetmişaltı santimetre yükseklikte durmaktaydı, çünkü atmosferin ağırlığını taşıyan fanus, kapalı havada da basıncı sürdürmekteydi. Boyle esnekliğin, nedenini "havadaki yaylarda" arıyor ve iyi bir mekanikçi

filozof olarak, havadaki herbir parçacığı dış kuvvetlerle sıkıştırılabilen küçük yaylar olarak düşünüyordu.



Şekil 3.2. Pascal'ın boşlukta boşluk deneyi.

Boyle'un deney ve tahminlerinin *New Experiments Physico - Mechanical, Touching the Spring of the Air** (1660) adlı eserinde yayımlanması, bir İngiliz eizviti olan Papaz Linus'un karşı saldırısına yol açtı. Esenlik kavramını reddeden Linus, Boyle'un getirdiği kavramın saçma gözükten bir sonucuna dikkati çekti. Buna göre, hava daha da sıkıştırılabildiği gibi, genişletilebilmeliydi de. Bunun yol açtığı araştırma Boyle Yasası'nın bulunmasına böylece de Boyle'un ölümsüzlüğe kavuşmasına yol açtı. Uzun bir cam tüpü, kapalı ucundan U şeklinde büküp içindeki civanın üstünde bir miktar hava bıraktı ve diğer koldan içeri cıva püskürterek, havanın basıncını birkaç atmosfer değerine yükseltebildi. Havanın hacmi, kapladığı tüpün boyu ölçülerek kolayca bulunabiliyordu ve böylece önceden tahmin edildiği üzere, basınç ve hacim arasındaki ters orantılılık kanıtlanmış oldu.

Boyle yasası 17 nci yüzyıl biliminin ideal bir ürünüydü. Basit bir nicel bağıntı olan yasa, olayın kesin matematiksel tanımını veriyor ve mekaniksel açıklama gereksinmesini karşılıyordu. Mekanikçi felsefe, egemen doğa felsefesine saldırmak için akışkan statîğinden daha elverişli bir taban bulamazdı. Kaldıraç ve denge arasındaki ilişki eski çağlardan beri bilinmekteydi. Şimdi denge ile barometre ilişkisi de bulunmuştu, ve sabit nicel bağıntıları tekrarlayan çeşitli deneyler düzenlenebilirdi. Buna karşılık, mekaniksel olmayan açıklamalar örtük olarak sahip oldukları canlılıklarıyla, olayların nicel yüzlerine hiçbir uygun yanıt bulamıyorlardı. Bu tür açıklamalar açıkça *uydurma*'ydı ve mekaniksel yanıtların üstünlüğünden ciddi bir kuşku duyulamazdı.

Optik olayların mekanikçi düşünce biçimine uygunluğu, akışkan statîğine göre daha az aşikârdır. Yine de, 17 nci yüzyıl biliminin büyük ölçüde uğraştığı optik araştırmaları mekanikçi felsefeden derin bir biçimde etkilenmiştir. Bu etkinin barometredekinden farklı olması kaçınılmazdı. Barometre çalışmalarında mekanikçi felsefe, temel faktörlerin salt mekaniksel denge olarak benimsenmesini teşvik etmişti. Optikde ise, mekanikçi felsefe bilinen olayların anlaşılmasına yardım edebilecek mekaniksel ışık kavramlarının geliştirilmesini destekledi. Mekanikçi felsefenin herhangi bir optik keşfine yol açtığını söylemek zordur. Hattâ bazan başarılarla engel olduğu bile ileri sürülebilir. Bununla

(*) Havanın yaylarıyla ilgili Fikiko- Mekanik Yeni Deneyler

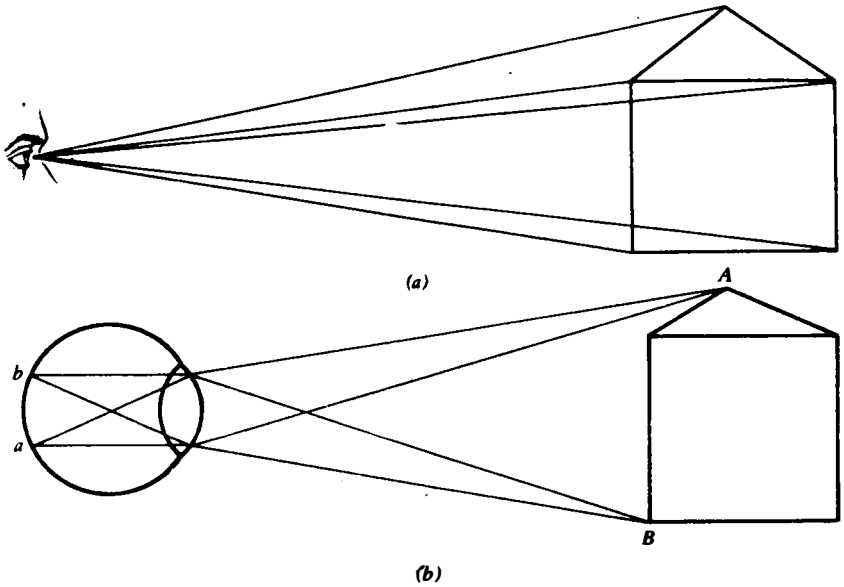
beraber, mekanikçi felsefenin, 17 nci yüzyıl optik tartışmalarının biçimini belirlediği kuşkusuzdu.

17 nci yüzyıl optiğinin ilk büyük simasını gözönüne aldığımızda bu iddiamız doğrudan da öte bir değer kazanır. Johannes Kepler optik araştırmalarını, astronominin bir parçası olarak ele aldı ve büyük eserine *Astronomiae pars optica** (1604) adını verdi. Bu eserde, o zamandan beri optik araştırmalarının dayanmakta olduğu temel önermeleri geliştirdi. Kepler öncelikle görme ile ilgili fizyolojik problemle uğraştı. Eski optik soruna, tabanı görülen nesnede tepesi ise gözde yer alan görme piramidiyle yaklaşıyordu. (Bak. Şek. 3.3.) Kavrama maddesel açıdan bakan atomcu felsefeye göre nesneler sürekli olarak kendi suretlerini dışarı salmakta, ince bir atom tabakası nesnenin şekil ve renkçe bir kopyasını meydana getirmekteydi. Nesneden çıkan cisimcikler görme piramidinin tepesine doğru sıkışarak yol almakta ve göze girmekteydi. Işık ister gözden çıkan birşey, isterse göze dışarıdan giren birşey olarak düşünölsün, bütün görüşler nesnelerin organik bir birlik içinde göründüğünde birleşmekteydi.

Kepler'in Arap Alhazen ve ortaçağ optik araştırmacısı Witellio** dan esinlenerek gerçekleştirdiği optik reformunun özü, görülen nesneyi sonsuz sayıda noktaya ayırmasıdır. Kepler, ışık nokta kaynaktan dışarıya, ışın adını verdiğimiz, sonsuz sayıda düz çizgi halinde çıkma özelliğine sahiptir diyordu. Görülebilir nesnelerin herbir noktası bir ışık kaynağı olarak düşünölebilirdi, ve optiğın temel problemi bir noktadan uzaklaşmakta olan bir ışın demetini bir başka noktada odaklanıncaya kadar izlemekten ibaretti. Kepler optiğı ışın izlemekle özetlenmişti ve ışın izlemek de onun optik piramidi tersine çevirmesine yol açtı. (Bak. Şek. 3.3.) görülebilir bir nesnenin herbir noktasından çıkan ışınlar tepesi o nokta ve tabanı gözbebeğı olan bir piramid (daha doğrusu bir koni) oluşturmaktaydı. Göz içinde ise aynı tabanlı ancak tepesi

(*) İbni Heysem, (Bağdat 965- Kahire 1051) Arap filozof ve matematikçi. En önemli eseri Latinceye de çevrilmiş olan, ve optik konularını işleyen Kitap-ül-Menazir (Görüntüler kitabı)'dır.

(**) Witellio (Erazm Ciolek) (1225- 1290) Polonyalı matematikçi. Çalışmaları ölümünden sonra, Vitellionis Perspectivae Libri Decem (Vitellio'nun On Bölümlü Perspektifleri) adıyla 1533 de yayınlandı. (Ç.N.)



Şekil 3.3. (a) Optik piramid. (b) Kepler'in görme teorisi.

retinada olan ikinci bir koni meydana gelmekteydi. Retinada, görülebilen cisim her bir noktasının bir noktasal hayali meydana gelmekte ve bu noktasal hayallerin toplamı da cisimlerin gözümüzdeki görüntüsünü oluşturmaktaydı.

Kepler aynı çözümlemeyi genişleterek, yansıma ve kırılma ile ilgili temel problemleri de çözebiliyordu. Nesnelerin aynadaki görüntüleri neden aynanın arkasında gibi görünürler?... Nesnenin noktalarından çıkan ışın demetlerinin ulaştığı göz, ışınların gelene kadar izlediği yolu görecek bir araca sahip değildir. Göze göre ışınlar düz çizgiler boyunca yol alırlar. Göz ışın denetlerini odaklar ve nesnenin yerini, ışınlar sanki hep son yol parçası boyunca gelmiş gibi belirler. Böylece göz nesneyi aynanın arkasında görür. Benzer bir çözümleme, kırılma sonucu görünüşte meydana gelen sapmayı da açıklar. 16 ncı yüzyılın sonlarında, İtalyan della Porta, kırılmayı eski kavramlarla incelemeye çalışmıştı.

* * *

"Eğer bir göz su altındaki bir nesneye yüzeye dik bir doğru boyunca bakarsa, nesne sudan (aynen böyle yazıyor) sıçrar ve doğrudan göze girer; öte yandan nesne eğimli bir çizgi boyunca gözlenirse, sudan çıkan nesne düşeye göre bir sapmaya uğrar."

* * *

Bu tür kavramların doyurucu bir çözümleme yapmaktaki kesin yetersizliğinin aksine, Kepler açıklık için gerekli temeli kuran kişi oluyordu. *Astronomiae pars Optica*'yı yazdığında, teleskop henüz bilinmiyordu, bu yüzden de mercekleri tartışmamıştı. Yedi yıl sonra, Galileo teleskopu yaptığında, dikkatleri üzerinde toplayan bu nesne hakkında Kepler, mercekler teorisini incelediği ikinci bir eser olan *Dioptrice**'yi (1611) yazdı. Kırılma yasalarını bulmayı başaramadığından, teorisi yarım kaldı. (Kırılma olayı, ışık ışınlarının şeffaf bir ortamda diğerine eğimli bir biçimde girerken —mercekler halinde, havadan cama girerken— yönünü değiştirmesidir). Bununla beraber, Kepler'in ilk kitabı nasıl bir bütün olarak optik biliminin temelini oluşturmuşsa, *Dioptrice*'si de daha sonraki mercek araştırmalarının temeli oldu.

Nesnenin bir bütün olarak ele alınmasına göre daha büyük bir gerçekliği ifade eden görülebilir nesnelerin sonsuz sayıda noktalara ayrılması yolunu izlerken Kepler, mekanikçi felsefenin doğa yaklaşımının temel kavramlarından birisini kullanmaktaydı. Mekanikçi felsefede, deney dünyasındaki sıradan cisimler için parçacık ve atomlar ne ise, görülebilen cisimlerin noktaları da odur. Descartes'le birlikte optiğe mekanikçi felsefeden, benzer düşünce tarzlarının da ötesinde şeyler aktarıldı. Doğ a felsefesinin tamlığı bakımından ışığı da genel ilkeler içine almaktan da fazlasını yapmış ve güneşten çıkan ışığı bir girdaptaki maddenin hareketinin zorunlu bir sonucu olarak ele almıştır.

Diyoptri (1637) adlı eserini yazarken, Descartes ışıkla ilgili genel düşüncelerini, geniş ölçüde daha belirli hale getirmek zorunda kalmıştı. Descartes'in kavramına göre ışık, esas olarak, şeffaf ortamda anlık olarak yayınlanan bir basınç olarak ele alınıyordu. *Diyoptri*'de, kör adamın "görmesini" sağlayan bastonu ile bir benzerlik kurmuştur. Bastonun ucu bir taş a çarptığı zaman, uçtaki hareket baston boyunca sap-

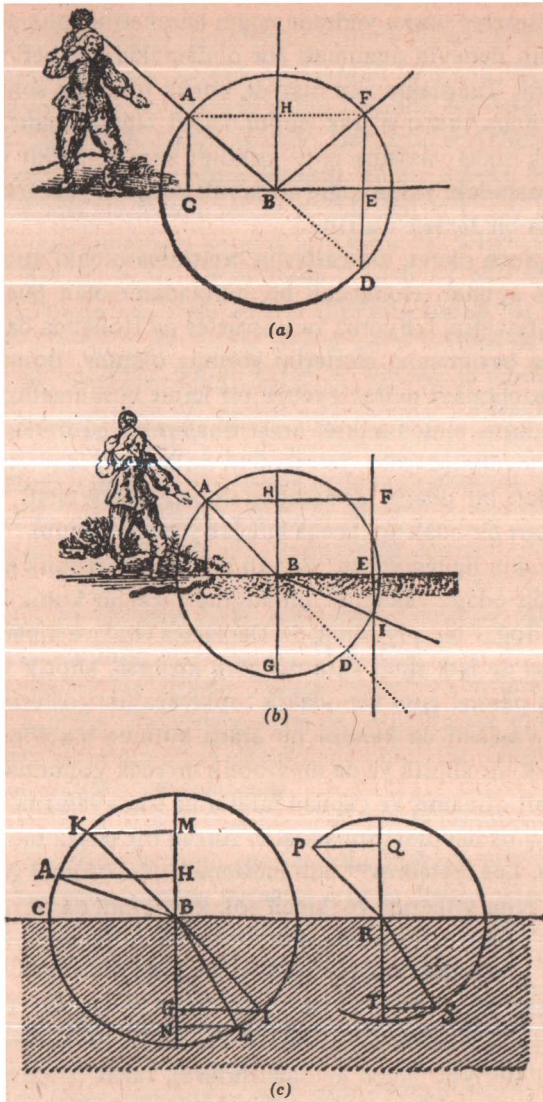
(*) *Diyoptri* (Işık kırılması konusu /Ç.N./)

taki e'le iletiliyor ve kör adam yolu üzerindeki engeli "görüyordu". Doğa bir madde doluluğu olduğuna göre, şeffaf ortamı da göz karşısında duran katı bir ortam gibi düşünebilirdik. Aydınlık bir cisimden çıkan basınç retina üzerinde bir etki yapıyor, bu da optik sinir de bir harekete neden oluyor, beyne iletilen bu hareket de ışık olarak yorumlanıyordu. Descartes ışığı tam olarak açıklamak için iki mekaniksel benzetme daha kullandı. Bu benzetmelerden ikincisinden ışığı bir tenis topunun hareketi ile karşılaştırıyordu. Basınç harekete doğru bir eğilim olduğundan, hareketle aynı yasalara uyar, diyordu. Pek üstelemeksizin bu benzetmeyi kullanarak, yansıma ve kırılma yasalarını türetti.

Yansıma yasası, tenis topu örneğinden kolayca çıkıyordu. Işığın düz çizgi üzerinde yayılması, topun hareketle vurulduktan sonraki eylemsizlik hareketine tekabül etmekteydi ve hareketi raket yüzeyine paralel ve dik iki birleşene ayırıyordu. Rakete çarpınca paralel bileşen aynı kaldığı halde, dik bileşen yön değiştirdiğine göre, Descartes yansıma açısının, geniş açısına eşitliğini kolayca gösteriyordu. (Bak.Şek. 3.4.) Yansıma yasası asırlardır bilinmekte olduğuna göre, sağlamlığı hakkında ne düşünsürsek düşünelim, bu tanıtlama pek zafer sayılamaz.

Öte yandan kırılma değişik bir sorundu ve yasası bilinmemekteydi. Hattâ, böyle bir yasanın olup olmadığı bile bilinmiyordu. Descartes kırılmada da, yansımada kullandığı ilkeleri kullandı. Yansıtıcı yüzey yerine, içinden topun geçeceği ve iki ortamın arakesiti yerine geçecek olan bir ağ düşündü. (Bak.Şek. 3.4.) İkinci ortamda ışığın ilk ortamdakine göre daha yavaş hareket ettiğini varsaydı. Bütün hız değişikliğinin yüzeyde meydana geldiğini ve topun sadece yüzeye düşey hız bileşiminin değiştiğini öne sürdü. Bu önermelerin zorunlu sonucu olarak da, ışığın ikinci ortama kırılabilirdiği bütün geliş açıları için, geliş açısının sinüsünün kırılma açısının sinüsü ile orantılı olduğunu gösterdi.

Tanıtlamada kullandığı kanıtlar akla aykırıydı ve temelini keyfi ve çelişkili varsayımlar oluşturunuyordu. Harekete doğru bir eğilim dediği basıncı hareketin kendisi ile aynı sayılara bağlı tutuyordu. Işığın ikinci ortamda birincidekine göre daha hızlı gittiği halde, tenis topunun ağdan geçerken ek bir itme olmadığını düşünmek zorundaydı ki, bu mekanizmanın optik benzerini hayal etmek zordu. Hepsinin ötesinde de, tanıtlama ışığın iki ortamda farklı hızlarla yol almasını gerektiriyordu.



Şekil 3.4. (a) Yansıma. (b) Kırılma, (c) Kırılma Yasası. Verilen iki şeffaf ortam için $KM/LN = AH/IG$ dir. Yani, herhangi bir geliş açısı için; n ortam çiftine ait bir sabit olmak üzere $(\sin i) / (\sin r) = n$ olmaktadır.

Halbuki Descartes başka yerlerde ışığın hareketini anlık alıyordu. Bulduğu yasanın deneyle sınanması zor olmamakla beraber, Descartes bu işe girişmedi. Tanıtlama akıl dışıydı, ancak bulduğu sonuç bugün de kırılmanın sinüs yasası olarak doğru kabul edilmektedir. Daha sonra Fermat, ışık sinüs yasasına göre kırıldığı zaman, farklı ortamlardaki iki nokta arasındaki yolda ışığın en çabuk yolu izleyeceğini göstererek, yasayı başka bir temele oturttu.

Bir düşünce okulu, Descartes'in tanıtlamasındaki anormalliği eser hırsızlığı ile açıklar. Hollandalı bir bilimadamı olan Snel'in de sinüs yasasını keşfettiğini biliyoruz ve Descartes de Hollanda'da oturduğuna göre Snel'in basılmamış eserlerini görmüş olabilir. Bununla beraber, ortada bu suçlamayı destekleyecek bir kanıt bulunmamaktadır ve bu buluşa kendisini matematiksel araştırmalarının götürmüş olması çok daha olası gözükmektedir. Teleskopun kullanımı, küresel merceklerin paralel ışınları bir odağa kırmadığını açıkça göstermişti, ve Descartes paralel ışınları bir odak noktasına kırarak yüzey biçimini, "anaclastic*" eğriyi bulmakla ilgileniyordu. Bunun için de, parabolik aynanın paralel demeti bir odağa yanaştığı bilindiğine göre, bir konik kesiti kullanmak kadar doğal bir şey olmazdı. Descartes-elips ve hiperbolü incelerken *Diyoptri*'de ışık sinüs yasasına göre kırılırsa, eliptik ve hiperbolik merceklerin paralel ışını bir odakta toplayacağını göstermiş olduğuna göre, sinüs yasasını da kendisi bu arada bulmuş olabilir. O zamanlar kimse gerçek bir eliptik ya da hiperbolik mercek yontamadığı için, bir deneme kabil olmamış ve yapılan tanıtlama sinüs yasasını kabul etmek için ciddi bir neden oluşturmamıştır. Ancak bir başka tanıtlama bu kabulü sağladı. *Les meteoros*** adlı incelemesinde, birincil gök kuşağının 41°47'dan daha yukarıda ve ikincil gök kuşağının da 51°37' dan daha aşağıda görülemeyeceğini gösterdi. Hesabını sinüs yasasını kullanarak yapmıştı ve gözlemler.bulduğu sonucu doğruladı.

Descartes renk olgusunu da optik bilimine bağladı. O zamana kadar ışık ve renk iki ayrı şey olarak düşünülüyordu. Renkler cisimlerin gerçek nitelikleriydi. Işıkla aydınlatılırlardı, fakat ışıktan farklıydılar. Bununla beraber bütün renkler için aynı şey söylenemezdi. Örneğin

(*) Geriye kıran (Ç.N.)

(**) Meteoroloji, eser başlığının tamamıyla doğru olmasa da en uygun çevirisi dir.

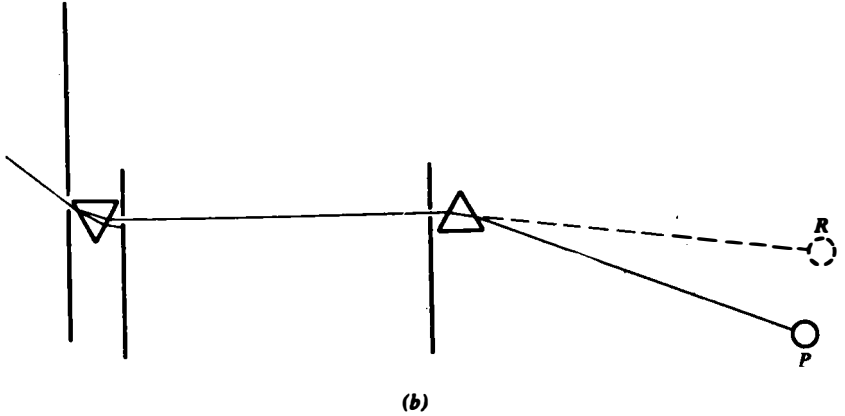
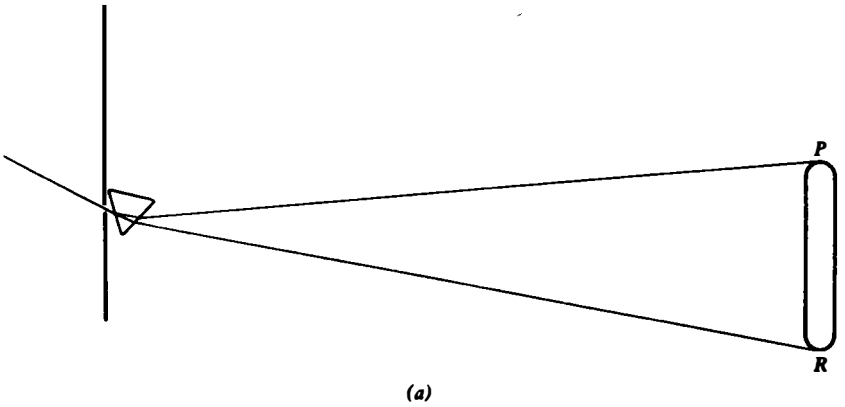
gök kuşağı gibi bir olayda, renklerin üzerinde gözüktükleri cisimlerde olmadığı açıktı. Bunlara, gerçek renklerden ayırmak için, "görünen renkler" deniyordu ve bu renkler ışığın karanlık bir ortamdan geçerken uğradığı değişikliğe bağlanıyordu. Descartes'in felsefesi renk gibi gerçek niteliklerin varlığını reddediyordu. Tanım gereği, bütün renkler görünüşten ibaretti, ve Descartes bu görünüşleri ışık için kullandığı ilkelerin aynısı ile açıklamayı kendisi için bir görev biliyordu. Işığı, küçük kürelerden oluşmuş bir ortamda iletilen bir basınç olarak görmekteydi. Renklerin ise, sözü edilen kürelerin başka tür hareketlere, yani eksenleri etrafında dönmeye, doğru sahip olabilecekleri bir eğiliminin yol açtığı duyular olduğu aşikârdı. Prizma ile yapılan bir deneye dayandırdığı karmaşık bir muhakeme sonucu, kırılmanın kürelerin dönme hareketini değiştirdiği sonucuna vardı; hızlanan dönme kırmızı, yavaşlayan dönme ise mavi duyusuna neden olmaktaydı. Kırılma dönmeyi değişikliğe uğratabilirse, tıpkı zıplayan tenis topunun eksen etrafındaki dönmelerinin değişmesi gibi, yansıma da dönmelerde değişikliğe neden olacaktı. Yüzeylerin türü dönmeye nasıl değişiklikler olacağını belirler, böylece de yüzeyler farklı renklerde görünürler. Bütün keyfi ve inandırıcı olmayan unsurlarına karşın, Descartes'in renk incelemesi optik tarihinde önemli bir olaydır. Sadece gerçek ve görünen renk ayırımını ortadan kaldırıp, ikisini de aynı temele oturtmakla kalmamış, renk olgusunu optik biliminin içine alan kişi de olmuştur. O zamandan beri de renk olgusu optiğin bir parçasıdır.

Şüphesiz ışık ve renk, Descartes'in ele aldığı biçimde düşünülmeyi sürdürmedi. Descartes'in renk incelemesi, Aristocu nitelik kavramına olan bütün tepkisine karşın, görünen renkler hakkındaki peripatetik incelemenin mekanikçi dile dönüştürülmesinden ibarettir. Bu inceleme de, —bilimsel geleneğin, dünyanın durgunluğu türünden, herkesin ortak duyularının sonucu olan ve aslında bir varsayım olduğu bile güçlükle farkedilebilmiş olan— bir varsayım ile, yani ışığın ilkel ve doğal halinde iken beyaz görüldüğünün kabulü ile başlıyordu. Renkler, ışık içinde geçtiği ortam tarafından değişikliğe uğratılınca ortaya çıkıyordu. Kırmızıyı hızlı, maviyi de yavaş dönme ile bağlaştıırarak; geleneksel teorilerdeki kuvvetli ve zayıf renkler teorisini mekaniksel bir eşdeğerini bile bulmuş oluyordu. 17 nci yüzyıl boyunca, mekanikçi filozoflar teoriler kurmak değil, teorilerin yerini tutacak mekanizmalar hayal

etme eğiliminde oldular. Descartes'in renk incelemeleri, Grimaldi, Hooke ve Boyle'un ve daha sonrakilerin yapıtları hep bu eğilimi yansıtır. Mekanizmalarının ayrıntıları farklılıklar göstermekle beraber, var-sayımlarında değişiklik yapmayı hiçbirisi de düşünmemiştir.

Bu işi Cambridge Üniversitesi öğrencilerinden Isaac Newton (1642-1727) yaptı. Prizma arkasından gözlenen cisimlerdeki renkli saçakları dikkate alan Newton, renk konusuna yeni bir yaklaşım önerdi. Farklı renk duyuları meydana getiren ışınlar belki de farklı özelliktedirler ve farklı açılarla kırılmaktaydılar. Prizma da ışınları değişikliğe uğratmak yerine onları birbirinden ayırarak renkleri ortaya çıkartmaktaydı. Bu düşüncesini sınamak için Newton, yarısı kırmızı yarısı ise mavi bir ipliği bir prizma arkasından gözlediğinde, iki uç birbirinden kopmuş gibi göründü. Deneyle de doğrulanan bu yeni görüş, renkle ilgili açıklamayı tersine çevirmiş —ya da doğrusuna çevirmiş demek daha doğru olur— ve halen geçerli olan temeline oturtmuştur. Newton'un, meseleyi ilk olarak anlayışından kırk yıl sonrasına, 1704'e kadar basılmamış olan eseri *Opticks*'de ilk açıklamanın uzun ayrıntıları yer alır.

Yeni teori eğer ciddi olarak ilerliyecek idiyse, kapsamlı deneysel tanıtlamalara gereksinme vardı. Newton deney aracı olarak prizmayı seçti. Temel deneyi, daha önce Descartes'in yaptığından değişimiydi. Bir prizmadan geçen dar bir ışık ışınının spektrumunu, prizmanın hemen arkasındaki ekrana değil, ışınların yeterince ayrılmasına izin veren uzaktaki bir duvara iz düşürdü. (Bak.Şek. 3.5.) Duvar da boyu eninin beş katı bir spektrum deseni meydana geldi. Halbuki, eğer bütün ışınlar eşit biçimde kırılmaya uğrasalardı duvarda yuvarlak bir iz meydana gelecekti. Işınların prizmada değişime uğraması teorisinin, uzatılmış spektrum için olası bir açıklaması vardı. Bu teori spektrum renklerinin prizmanın beyaz ışıktaki meydana getirdiği bir değişim olduğunu zaten kabul ediyordu; ışının dağılması da bir başka değişim olamaz mıydı? Buna yanıt olarak, Newton *experimentum crucis* (Bak.Şek. 3.5.) adını verdiği düzeneği kurdu. Prizmanın arkasına üzerinde küçük bir delik bulunan bir levhayı öyle yerleştirdi ki, prizmayı eksen etrafında hafifçe döndürmekle deliğin içinden spektrumun farklı parçalarını geçirebilecekti. Odanın ortasına yerleştirilen delikli bir başka levha da ışın demetinin geçmesine olanak veriyordu. İki levhanın da yerleri tesbit edilmiş olduğundan, bunlar ışın için sabit bir yol ve ikinci levha arka-



Şekil 3.5. (a) Prizmasal ışıkışürme. (b) Experimentum crucis

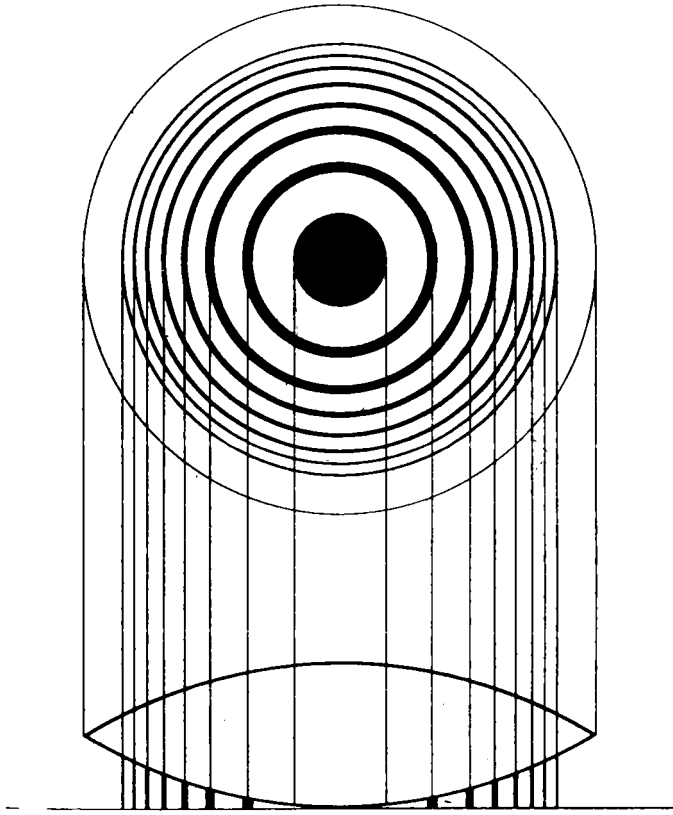
sına sabit bir yere yerleştirilen ikinci prizmaya da sabit bir geliş açısı tanımlıyorlardı. Spektrumun kırmızı ucu deliklerden geçerek ikinci prizma üzerine düşürüldüğünde, burada da ilk prizmadaki kırılma açısına eşdeğer bir açıyla kırıldı; mavi ışık ise yine ilk prizmadaki kırılmasına eşdeğer daha büyük bir açı ile kırıldı. Her iki halde de, ikinci prizma ışınlarda daha fazla bir dağılmaya neden olmadı.

Newton beyaz ışığın, hem göze değdiği zaman uyandırdığı renk duyuları, hem de prizmadan geçerken uğradıkları kırılma açılarını bir-

birinden farklı ışınların ayrışık bir karışımı olduğu sonucuna vardı. Renk olgusu, beyaz ışığın uğradığı değişimden değil, beyaz ışığı meydana getiren ışınların ayrışması sonucu ortaya çıkmaktaydı.

Gök kuşağı türünden şeyler de eklense, prizmasal spektrum, dünyadaki renk olgusunun ancak küçük bir kesrini oluşturur. Teorinin tamlik iddiasında bulunabilmesi için, Newton cisimlerin renklerini de benzer şekilde açıklayabilmeliydi; yani, yansımanın da ışığı bileşenlerine ayırdığını göstermeliydi. Kanıtlarını Royal Society*'ye 1675'de gönderdiği bir makalede topladı. Araştırmasının temeli, Hook'un 1665 de *Micrographia* adlı eserinde sunduğu bir gözlem idi. Buna göre mika gibi şeffaf materyalden yapılmış ince film ya da levhalar renkli görünüyor ve renkler kalınlığa göre değişiyordu. Hook, o kadar ince filmlerin nasıl ölçülebileceğini düşünememişti. Newton bu işi başardı. Eğrildiği bilinen bir merceği düz bir cam tabakasına bastırarak, ikisi arasında ince bir hava tabakası (filmi) oluşturdu. (Bak. Şek. 3.6.) Filmde bir dizi renkli halka göründü ("Newton halkaları"); bu çemberlerin yarıçapları ölçülerek de halkanın denk düşen kalınlığı hesaplanabilirdi. Newton, renkli bir ışık kullanıldığı takdirde, eğer aydınlık halkalardan birisi filmin kalınlığında oluşuyorsa, öteki halkaların 3x, 5x, 7x şeklinde sonsuza dek uzanan kalınlıklarda, karanlık halkaların ise 2y, 4y, 6y, vs., kalınlıklarda oluştuğunu gösterdi. Bu ölçme yansıyan ışık ile yapılmıştı; eğer filme öteki taraftan bakılacak olursa, aydınlık ve karanlık halkalar yer değiştiriyordu. Yani, ışık filmin verilen bir kalınlığından yansıdığı, ya da geçtiği için renkli halkalar görünüyordular ve etkin kalınlıklar periyodikti. Dahası, mor ışığı yansıtan bir kalınlık, kırmızı ışığı yansıtıyordu. Newton spektrumdaki farklı renklere denk düşen, kalınlıkları büyük bir duyarlılıkla ölçtü ve böylece bugün girişim adını verdiğimiz olayla ilgili araştırmaların eylemsel temelini de atmış oldu. Vardığı sonuçların onun için önemi, cisimlerin renkleri konusunda bir açıklama getirmesiydi. Kırılmaları farklı, farklı renklerdeki ışık ışınları, yansımalarında da farklılık gösteriyorlardı. Kırmızıyı yansıtan bir film kalınlığı moru yansıtıyordu. Öte yandan, mekanikçi felsefe, cisimlerin belirli biçim ve büyüklükteki parçacıklardan meydana geldiğini söylüyorlardı. O halde, kırmızı görünen cisimler kırmızıyı yansıtmaya uy-

(*) Royal Society: İngiltere'deki Kraliyet Bilim Derneği (Ç.N.)



Şekil 3.6. Aşağıda, düz bir cam levhaya bastırılan ve levha ile arasında ince bir hava filmi oluşturan merceğin enine kesiti gösterilmektedir. Yukarıda ise, film-den yansıtılan tek renkli ışıkla gözlenen karanlık ve parlak halkaların örüntüsü gösterilmektedir. Işığın geçirildiği yerlerde göze yansıtılan hiçbir şey olmadığından karanlık bir halka görülür.

gun kalınlıkta (şeffaf) parçacıklardan, öteki renktekiler de yine uygun kalınlıkta parçacıklardan meydana gelmişti.

Newton'un renk teorisi ilk yayınlandığında, çağdaşlarınca genellikle anlaşılamadı. Sistematik doğa felsefesinin başladığı zamandan beri, yani ikibin yılı aşkın süredir, beyaz ışık basit ve ilkel sayılmıştı. Halbuki Newton beyaz ışığın herbiri farklı renk duygusu uyandıran, ay-

rışık ışınların bir karışımı olduğunu öne sürüyordu. Kavramları tersine döndürüşü düşünülürse, çalışmasında, Descartes'in sadece kurgul temellere oturttuğu bir konuya deneysel bir taban sağlayan, mekaniksel doğa felsefesine önemli bir katkı bulunduğu görülür. Newton renklerin cisimlerin gerçek niteliği olmayıp, sadece ışığın neden olduğu duyular olduğunu kabul etmekle, renk teorisini bütünüyle optik içine almış oluyordu. Gerçek ve görünen renkler ayırımını yıkarak bütün renk duyularını özdeş ilkeler ile açıklıyordu.

Descartes kadar Newton da ışığın mekaniksel özellikte olduğuna inanmıştı. Descartes, ışığın şeffaf bir ortamdaki sürekli bir basınç olduğunu ileri sürmüş, Newton ise tıpkı Hooke gibi bu görüşte değişiklik yaparak, ışığı ortamda iletilen tek tek atmalar olarak görmüştür. Bu görüşlerden bizim bugün doğa tabiatı dediğimiz ışık kavramı gelişti. Newton tarafından hararetle benimsenen ve öncekilerden köklü bir biçimde farklı olan bu kavram, 17. yüzyıl doğa felsefesinin temel öncülleri ile tutarlıydı. Işık muazzam bir hızla hareket etmekte olan küçük tane-ciklerden ibaretti. Newton, ışığın düz çizgi üzerindeki hareketinin, cisimlerin eylemsizlik hareketine eşdeğer olduğunu benimsemekle kalmamış, kırılma, yansıma ve herbirinin görüldüğü renk gibi ışınların değiştirilmez özelliklerinin de, yani tek tek ışınlarda hiçbir şekilde değiştirilemeyecek özelliklerin de maddesel bir temele sahip olması gerektiğine inanmıştı. Böylece, örneğin kırmızı duyusu uyandıran taneciklerin, mavi duyusu uyandıranlardan daha büyük olduğuna inanıyordu. 1670'lerde optik olayları mekaniksel biçimde açıklayan, ayrıntılı bir teori geliştirdi. Bütün uzayın, eter denilen ince bir madde ile dolu olduğunu ve eter yoğunluğunda var olan değişmelerin, içinde giden ışık taneciklerinin yönünü değiştirdiğini düşündü. Bu şekilde yansıma kırılma ve bükülme (ya da bugünkü deyimimizle kırınım-ışınların belirli koşullarda cisimler yakınından geçerken bükülmeleri) olayların açıklandığı ve eterin periyodik titreşimlere sahip olduğunu varsayarak Newton halkalarına bile bir açıklama buldu.

Newton'un teorisini üzerine kurduğu "ışık Hipotezi" 17 inci yüzyıl mekanikçi felsefesinin tipik bir ürünüdür. Ortaya attıktan dört yıl kadar sonra, eter inancından vaz geçti. 18 inci yüzyıl başlarında *Opticks*'i yayınladığında daha önceleri eter yoğunluğundaki değişimlere yüklediği olayları parçacıklar arasındaki çekim ile açıkladı. Bu

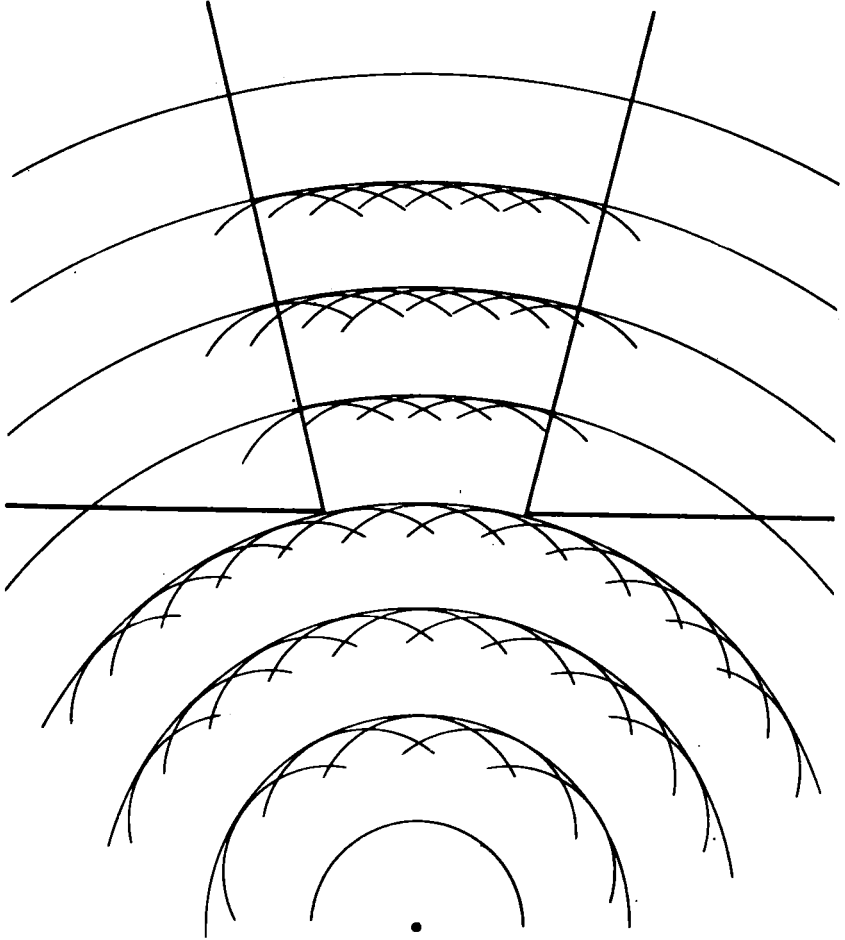
sayede birisi dışındaki bütün olayları açıklayabiliyordu. Açıklayamadığı olay, ince filmlerdeki periyodik görüntülerdi. Bu periyodik görüntülerin varlığından deneyinin de doğruladığı üzere, kuşku duyulamazdı; ancak, eter titreşimi olmadan bir açıklama getirmek olanaksızdı. Bu yüzden Newton'un *Opticks*'inde, teorisi tarafından açıklanamayan olaylardan söz ettiği "kolay iletişime uygun" ve "kolay yansımaya uygun" gibi çok ilginç bölümler vardır.

Newton'un teorisi sözünü ettiğimiz bakımlardan tek örnek değildi. 17 nci yüzyılda periyodik olayları açıklayabilen bir ışık kavramı yoktur. Dalga kavramı denilen kavram bile bir açıklama getiremiyordu. Nasıl Newton tanecik teorisinin önde gelen temsilcisi idiye, Hollandalı bilimadamı Christiaan Huygens de (1629-1695), dalga teorisinin başlıca kişisiydi. Huygens, tanecik görüşüne karşı çok ağır eleştirilerin varlığını seziyordu. Işık ışınları birbiri içinden girişim yapmadan geçebilirler, fakat parçacıklardan oluşmuş bir akım girişimden kaçınmazdı. Dahası, bir kaynaktan çıkan ışık kaynak etrafında oluşan dev küre yüzeyleri halinde yayılmaktaydı. Bu durumda örneğin güneş aydınlattığı küreyi yayınladığı parçacıklarla sürekli olarak dolduracak olsa, kendi özünden kayıp verecek ve büyüklüğünün azaldığı görülecekti. O halde ışığın tanecik özelliğinde olmasına olanak yoktur. Öte yandan ışık mekaniksel bir görüntü olduğundan, bir ortam içinde iletilen bir hareket olmak zorundaydı.

"Işığın bir tür maddedeki bir hareketten ibaret olduğundan kuşku duymak olanaksızdır. Işığın meydana gelişini düşündüğünüz zaman, ışığın burada, yeryüzünde, esas olarak, son derece katı olan bir çok başka cismi eritip çözdüğü için, kuşkusuz hızlı bir hareket halinde bulunan bir çok parçacığa sahip ateş ve alevlerden ortaya çıktığını hatırlamalıyız. Öte yandan ışığın etkilerini göz önüne aldığınızda, iç bükey aynalarla bir noktada odaklandığı zaman, ateş gibi yakma gücünde olduğunu görürüz; yani cisimlerin parçalarını birbirinden ayırır ki, bu da şüphesiz harekete işaretler, hiç değilse bütün doğa olaylarının nedenlerinin mekaniksel açıdan anlaşıldığı gerçek felsefede bu böyledir."

Bir su havuzuna bir taş düşse, merkezden yayılan ve tüm havuzu kaplayan dalgalar meydana getirir. Suyun kendisi değil hareket bir su parçacığından ötekisine geçerek yayılır. Huygens'in optiğe yaptığı büyük katkı, katı parçacıklardan oluşmuş bir ortamda (yani eterde) su-

dekine benzer bir hareket yayılmasının, ışığın düz çizgiler üzerindeki hareketi ile nasıl bağdaşabildiğini göstermesi oldu. Işık veren bir cisimdeki parçacıkların hızlı hareketi sonucu meydana gelen bir tedirgenme eter içinde yayılırken, eterdeki her bir parçacık da kendisinin merkezini oluşturduğu küçük dalgacıklar yayan bir kaynak olurdu. (Bak. Şek. 3.7.)



Şekil 3.7. Huygens'in dalga cephesi kavramı.

Her bir dalgacık ise ışık olarak algılanmak için çok zayıftı ancak birbirlerini destekleyecek kadar çok sayıda ve biçimde toplanırlarsa ışık olmaya yetecek şiddette bir hareket oluşacaktı. Huygens dalgacıklarının birbirlerini desteklediği yerlere dalga cephesi adını verdi ve aydınlatıcı bir noktadan yayılan dalga cephesinin, merkezi kaynak noktasında olan bir küre olduğunu gösterdi. Gerçekte dalga cephesi birbirini destekleyen sonsuz sayıda dalgacıktan oluşmuştu, ancak, sonuç bir noktadan yayılan küre yüzeylerine eşdeğer çıkıyordu.

Dalga teorisine yapılan başlıca itiraz tıpkı su yüzeyindeki dalgalar gibi, ışıklı dalgaların da bir engelin arkasındaki gölge alan içinde yayılacağı idi. Huygens bu itirazı dalga cephesi kavramını kullanarak ortadan kaldırdı. Herbir dalgacık gölge içine de yayılıyordu, ancak birbirlerini desteklemedikleri için bir dalga cephesi oluşturmuyorlardı. Etkin bir dalga cephesi sadece kaynaktan çıkan düz çizgiler boyunca oluşuyor ve dalgasal ışık kavramını da, tıpkı tanecik modeli gibi, düz çizgi yayılımı sonucuna ulaşıyordu. Dahası Huygens, bugünde başlangıç ders kitaplarında okutulduğu üzere, dalga cephesi kavramını kullanarak yansıma ve kırılma yasalarını elde etti.

Huygens'in dalga kavramı da, Newton'un tanecik kavramı da, geniş ölçüde aynı temel optik olaylar bölgesinde geçerli oldu. Newton ışığın ayrışık niteliğini tanecik teorisi ile bağdaştırabilmişti. Huygens ise teorisi ile renkleri açıklamayı hiçbir zaman başaramadı. Bununla beraber, bir süre sonra, Malebranche farklı renklerin farklı frekanslara karşılık gelmesi gerektiğini önerdi. İki teori, ışığın farklı ortamlardaki görelili hızı konusunda ayrılıyorlardı. Newton'a göre ışığın yüzey normaline doğru kırıldığı ortamda daha hızlı gitmesi zorunluydu (Örneğin ışık havadan suya ya da cama girdiğinde daha hızlı gitmeliydi.) Huygens'e göre ise, tam aksine, böyle ortamlarda ışık daha yavaş gitmeliydi. Her iki halde de, zorunluluklar keyfî görüşlerden değil, kırılmayı sinüs yasasına uydurma gereksiniminden doğuyordu. Bu yasa böylece, iki teori-den birisini eleyecek can alıcı bir deneyin düzenlenebileceğine işaret etti; ve 19 uncu yüzyıl ortalarında yapılan deney dalga teorisini doğruladı. Bugün ışın hem dalga hem de tanecik doğasında olduğu bilinmekte. Optik frekanslarda titreşen elektromagnetik dalgadan ibaret olan ışığın, tanecikleri (Kuantaları), yani fotonlar sıfır kütlelidir ve durgun halde bulunmazlar, hep ışık hızı ile hareket ederler. (Ç.N.) Böyle bir dene-

yi yapmak, 17 nci yüzyıl optik araçları kapasitesinin tamamıyla dışındaydı.

19 uncu yüzyılda, daha görelî hızlar ölçümü yapılmadan önce dalga teorisi geçerliliğini ilân etmiş gibiydi ve tartışma konusu artık hızlar değil, periyodik olaylardı. Bu duruma 17 nci yüzyılda neden varılamamıştı. Bu sorunun yanıtı, dalga teorisinin 17 nci yüzyılda henüz periyodik dalgaları kapsamamasında yatar. Huygens teorisinin temel amacı ışığın düz çizgisel hareketini açıklamaktı, ve dalgadan söz ederken, periyodik bir dalgalanmayı değil, bir taşın düştüğü noktadan dışarı havuz suyu yüzeyi boyunca giden bir düzensizliği anlıyordu. Atmaların periyodik olabileceğini özellikle yadsımişti. *Traite de a lumier're* Işık üzerine inceleme (1690) adlı eserinde Newton'un keşfettiği ve kendisinin de özdeş deneylerde gözlediği periyodik olaylardan söz bile etmez.

Huygens'in değinmediği konular bundan ibaret değildir. 17 inci yüzyılın ortalarında, İtalyan bilimadamı Grimaldi, kırınım olayını keşfetmişti. Birkaç yıl sonra da, Bartholinus-*kutuplanmayla ilgili* olan ve çift kırılma denilen bir olay keşfetti. Periyodiklik, kırınım (periyodik olduğu 17 inci yüzyılda henüz görülmemiş bir olay) ve kutuplama olayları, 19 uncu yüzyılda ışığın dalga teorisinin temelleri oldu. Huygens bunların hiçbirisine değinmemiştir. Newton bu üç olayı da incelemişse de, durumu yine de pek farklı değildi. Titreşen eter düşüncesini terkettiğinden beri, periyodik olaylar onun için de açıklanamaz olmuştu. Kırınım olayını açıklayışı olayın kendisi ile bağdaşamıyordu, ve kutuplanmayı açıklayış biçiminin de, ışık teorisinin geri kalan kısmı ile uzlaşması zordur.

17 nci yüzyıl sonuna geldiğinde, yüzyılın başlarında optiğe destek vermiş olan ve Newton ve Huygens'in de içinde bulunduğu bir çok optik araştırmacının, bilimsel yöntemlerini belirleyen mekanikçi felsefe artık daha ileri doğru olan atılımların önünde bir engel haline gelmişti. Deneyler üç özellik ya da olay keşfetmişti ki, doğrusu bunları açıklamaya kullanılan mekaniksel modellerden hiçbirisi yetmezdi. Sadece mekaniksel ortak değil, dalga hareketinin kendisine de önem veren daha ince bir dalga mekaniği geliştirilene kadar optik, bir asır boyunca donmuş bir halde kaldı.

BÖLÜM

IV.

MEKANİK KİMYA

17. yüzyılın devraldığı kimya modern kimyadan öylesine farklı bir kalıba dökülmüştü ki, 20. yüzyıl okuyucusu hayal gücünü kullanarak kendisini, bugünküne hiç benzemeyen bir atmosfere taşımak zorundadır. Astronomi ve mekanik gibi bilimlerde temel problemler, ele alınışlarında kullanılan kavramlar çok değişik de olsa, daha önceki geleneklerin problemlerine benzemekteydi. Kimyada ise problemlerin farkına varmak için dahi büyük bir çaba gerekti.

Güçlüğün bir bölümü karışmış cisimler düşüncesinden çıkıyordu. Kimyacılar inceledikleri bütün cisimleri (ya da malzemeyi) karışmış cisim sayıyordu. Sınırlı sayıda elementin ya da ilkenin değişen oranlarda birleşerek dünya üzerinde bulunan maddeleri meydana getirdiği evrensel bir inançtı. "İlke" sözcüğü "element"e göre bugünün okuyucusunu daha az yanıltıcıdır, çünkü daha sonraki kimyanın, bir kavramı belirtmek için kullanıldığı element ile önceki elementin ortak bir yanı ya biraz vardır ya da hiç yoktur. İlkelerin (ya da elementlerin) sayısı sistemden sisteme değişiyordu; genellikle üç, dört ya da beşdi. Her ne olursa olsun bu sayı bugünkü element sayısından sadece az değil, fakat bizim alıştığımız elementlerin sayılarından farklı bir düzeydeydi. Bu ilkeler dünya üzerindeki cisimlerin evrensel bileşenleriydi. Herbir karış-

miş cismin bileşimine, bütün ilkeler ya da prensipler çeşitli oranlarda girmekteydi. Doğadaki maddelerin şaşırtıcı çeşitliliğine bakılırsa, olası oranların sayısı sonsuz olmalıydı. Daha sonraki kimyalardan bir önemli farklılık da işte budur: İlkelerin sayısı köklü bir biçimde küçükse kimyasal madde sayısı sonsuz mertebede büyük olmaktadır. 1600 yılının kimyacıları, kesikli sayıdaki bileşikler yerine, kabil oranların sürekli bir spektrumunu düşünmekteydi. Örneğin bir güherçile diğer bir güherçileyle özdeş değildi ve kimyacılar ellerindeki materyalin kökenini belirlemek gerekliliğini duymaktaydılar. Bu tür bir bileşik anlayışı kuşkusuz maddede mevcut safsızlıklardan kaynaklanıyordu. Ancak sürekli spektrumdaki oranlarda bulunan karışmış cisimler görüşü, verilen bir kimyasal maddeyi safsızlıklardan ayırdetmeyi gerçekten olanaksız kılıyordu. Kimyasal maddeyi tanıyacak herhangi bir ölçü olmaksızın safsızlıkları farketmek nasıl kabil olacaktı? Değerli madenler için, en pratik düşüncelerle saflık ölçütleri uzun süredir geliştirilmiş bulunuyordu, ancak kimyacılar değişik "altın" ve "gümüş"lerden söz etmeyi sürdürmekteydi. Metalleri de karışmış cisimler olarak düşünmeyi sürdürdüler. 17 inci yüzyıl kimyacılarının yüz yüze olduğu pratik sorunlar konusunda, hiçbir şey, Robert Boyle'un, sözünü ettiğiniz dönemden elli yıl kadar sonra, deneylerin başarısızlığı üzerine yazdığı iki makale kadar öğretici değildir. Yüzyılın başlangıcında, hâlâ uygun bir kavramlar kümesini el yordamı ile aramakta olan kimya, görüngülerin çeşitliliği altında ezilmiş durumdaydı.

Kimyanın işi çözümleme yapmaktı. Kimyacılar hemen hepsinde de ateşin kullanıldığı çeşitli yöntemlerle karışmış cisimleri element ya da ilkelerine ayırmaktaydı. Bir 20 inci yüzyıl tarihçisinin işaret ettiği üzere, "element" sözcüğü gibi, "çözümleme" de bizim bugün alıştığımızdan değişik bir anlam taşıyordu. Bizim elementlerimiz somut, tanımlanabilir maddeler olduğundan, onları çözümleme ile yalıtmaya çalışırız. 1600 de ise, kimyacıların çözümlemesi gerçek olmaktan çok düşünseldi karışık cisimlerin bileşimini çeşitli işlemlerle ortaya çıkartmaya çalışırlar, fakat bileşenleri elle tutulur somut maddeler olarak ayırmayı ummazlardı zaten. İlkelerin anlaşılış biçimleri onların yalıtılmış olarak var olmalarını engelliyordu.

17 inci yüzyıl başının kimyasının bir başka özelliği de, daha geniş bir disiplin olan doğa felsefesi ile ilişkisidir. Kimya ayrı bir bölüm ola-

rak güçbela mevcuttu. Ayrıca bir iş haline geldiği zaman bile, genellikle bir bilim sayılmadı. Öte yandan bilimin bir parçası olduğundan beride, ayrı bir iş sayılmıyordu. Kimyacıların kendileri de, konularını tıbbın hizmetinde bir sanat sayıyorlardı ve çabalarını ilaç yapımına yöneltmişlerdi. Bilimadamları onları küçük görür ve ne demek istediklerini çok iyi anlatan bir deyimle "isli ampirikler" derlerdi. Paracelsus'un (1493?-1541) çalışmaları kimyayı en gelişmiş biçimlerden birisine getirmişti. Paracelsus'u, kimyasal olayları, öncelikle, esasta dinsel sorunlarla ilgilenen bir felsefeyi şekillendirmek için kullanıldığı sonucunu çıkartmadan okumak zordur. Kavram ve teorilerinin 17 inci yüzyıl boyunca varlığını sürdüren kimya üzerinde etkileri olmuşsa da; aslında başlangıçta kimyasal olayları ele almak için formüllendirilmiş değillerdi. Tam aksine, olaylar, kavramların biçimlendirdiği bir kalıba sıkıştırılmıştı.

Teori, Paracelsus öğretilerinin üç ilkesine, tuz, kükürt ve cıvaya dayanıyordu. Bütün karışık cisimler bu üç ilkeden yapılıyordu. Paracelsus'a göre, tuz, kükürt ve cıva mevcut bütün cisimlerin üç fizik ötesi yapıtaşı olan bedeni, canı ve ruhu temsil ediyordu. Tıpsal kimyacılar fizik ötesi spekülasyonlara daha az eğimli olmakla beraber, başlangıçta sahip oldukları niteliğin ilkelerinden hiçbir zaman tümüyle ayrılmadılar. 17 inci yüzyılın öndé gelen tıpsal kimyacısı Jean Beguin (1550?-1620?), cıvayı içine sızılabilir, sızıcı, etersel bir sıvı asit olarak tanımlıyordu. Cisimlerin duyu ve hareketlerini, kuvvet ve renklerini sağlayan cıva idi. İnce bir merhem olan, yağlı ve kıvamlı kükürt ise, cisimlerin doğal ısılarını muhafaza eder ve onları yanıcı kılardı. Bitkilerin, büyümenin ve şekil değiştirmenin aracı ve kokuların kaynağı idi. Zıtları azlaştırmaya, cıvanın sıvılığı ile tuzun katılığını birleştirme gücüne sahipti. İlkelere sonuncusu tuz kuru ve tuzluydu; cisimlerin katılığının kaynağıydı. Beguin'in ilkeleri tanımlayışı, Paracelsus'un beden, can ve ruh anlayışını korumakla beraber, daha çok Aristo'nun elementlerini akıla getirir. Tuz toprağa, kükürt ateşe, cıva da suya tekabül ediyordu. Aristo'nun elementleri gibi, Beguin'in ilkeleri de nitel bir biçimde anlaşılıyor; ve belirli niteliklerin maddesel taşıyıcılarıydı. Bir cisim içinde yüksek oranda tuz bulundurduğu için katı, ya da yüksek oranda kükürttten oluştuğu için yanıcıydı. Tıpsal kimya, nitel bir doğa kavramının benimsenmesi nedeniyle, 17 inci yüzyıl fiziksel bilimlerine gittikçe daha

çok egemen olan nicel görünümün ile çatışma halinde oldu.

Rönesans Naturalizmi gibi, onun bir başka yüzü olan, Paracelsus'cu geleneğin aktif ilkeleri de, mekanikçi felsefe ile zıtlık içindeydi. Tıpsal kimyacılar arasında, evrensel olmamakla beraber çok yaygın olan bir görüş de, üç Paracelsus ilkesini aktif ilke olarak kabul ederek, bunların yanında su ve topraktan oluşan iki de pasif ilke benimsemekti. Büyük Paracelsusların belki de sonuncusu olan Helmont, Paracelsus'un cıvasına bazen bir aktif ilkenin, her bir cismin yapısında yaşamsal bir önemi olduğunda ısrar etmekteydi. Böyle bir görüş ise, mekanikçi felsefenin cisim kavramıyla taban tabana zıttı.

17 inci yüzyılın devraldığı kimya geleneğinin bir başka kolu olan simya da, kimyaya egemen olan görünüş ile gittikçe daha ağır basan mekanikçi felsefe arasındaki ikiliği derinleştirmekteydi. Her ne kadar 17 inci yüzyıl tıpsal kimyacılarının çoğu akli başında, gerçekçi ve bir simyacıнын sahip olması gereken hayalcilikten uzak kişilerse de, Paracelsus'un kendisi simyacılığa çok yakındı ve doğa kavramları da simyanınkilerle uyum içindeydi. Simyaya göre metaller temelde birbirinin aynısıdır, sadece olgunluk dereceleri değişti. Altın kuşkusuz bozulma ve çürümeye karşı olan direncinin de gösterdiği gibi, metallerin en kusursuzuydu. Daha sonra gümüş gelmekte ve ötekiler de daha alt sıralarda yer almaktaydı. Yeryüzünde metalleri oluşturan doğal süreç sonuna vardığında, altın meydana geliyordu. Bu süreç kesintiye uğrar ya da boşa çıkarsa, daha alt düzeydeki metallerden birisindeki metal meydana gelmekteydi. Kabaca söylemek gerekirse, simyanın işi, yeryüzünde altını meydana getiren doğal süreci, sanatı ile tekrarlıyarak, altın miktarını artırmaktı. Simya, organik doğa kavramının en parlak ifadesidir. Kullanıldığı sözcükler bile bu tür imalarla doludur; mayalanma, bitkilenme, kazım, üretim, olgunlaşma vb... uzun süreçleri boyunca organik ısılar kullanma eğilimindeydi; örneğin, maddeler gebelik sürecince gübre yığınları altına gömülürdü. 17 inci yüzyılda, simyanın azalan etkisi ile tıpsal kimya, metalleri toprakta büyüyen organik maddeler sayan ve karışık cisimleri kimyasal ilkelere bileştiren bir metal kavramını desteklemek işbirliği içine girdiler.

17 inci yüzyıl ortalarında, kimya, geleneğinin önemli bütün yönleriyle, fizik biliminde egemen hale gelen akımlara, derinden karşı doğa görüşleri taşımaktaydı. Descartes'in kimyaya karşı takındığı suskun

tavır bu aykırı görüşlerin bir göstergesidir. Halbuki mıkmatılık ve ısıık gibi konuları tartışdığı bölümlerde, çoğu paragrafı kimyasal sorunlara ayırmıştır. Bir miktar kimyasal sorunun, çalışmalarında yer alabilmiş olması bile, kimya açısından derhal ve kaçınılmaz bir biçimde mekanikçi doğa felsefesi ile ilişki kurduğu için, geleceğin bir göstergesidir. Eğer cisimlerin özellikleri, yapıtaş parçacıklarının neden olduğu görüşler idiyse, kimyanın bu konuda mekanikçi doğa felsefesine kulak ardı edilmeyecek, bir çok sözü olacaktı. Kimyanın yüzyılın ikinci yarısındaki öyküsü mekanikçi felsefeye dönüşün öyküsüdür. Belki de mekanikçi felsefeye boyun eğmek demek daha doğru olur. Çünkü, kimyasal literatürde mekaniğin anten rolü kimyasal olayların zorlaması sonucu olmaktan çok, dışarıdan empoze edilen görüşlerin sonunda ortaya çıkmış gibidir. Bugün, 20 nci yüzyıldan beri dönüp baktığımızda bize kimyanın, egemen doğa felsefesi etkisinden uzak kalabilmesi zaten olanaksız gibi gelir. Yüzyılın ilk yarısının önde gelen kimyacılarının çoğu Paracelsuscuyken, ikinci yarının önderlerinin hemen hepsi de mekanikçidir.

Kimya görüşlerinde yer alan değişmeyi belirlemek için, tıpsal kimyanın kendi tarihini de hatırlamanız gerekir. Paracelsuscu ilkeler ilk formüllendirilişlerinde, çoğu organik olan nisbeten az sayıda kimyasal cisme uygulanmıştı. Bugün bile, kimyasal bilgi birikimine önemli ölçüde katkıda bulunmuş olan Paracelsusculuğun sözcüğü olan "ruh"u bazı organik damıtma ürünleri için kullanmaktayız. 17 inci yüzyılda, kimyasal bilgi birikimi geniş ölçüde artmıştı. Daha çok organik olmayan kimya ile ilgili bir yığın yeni bilgi edinildi ve bunları Paracelsuscu teorisinin kategorileri içine yerleştirebilmek için kayda değer çabalar harlandı. Tıpsal kimyanın yüzyılının ikinci yarısındaki gözle görülen çöküşü, artan kimyasal bilgi göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Tıpsal kimya geleneği etkileşmelerin ve kimyasal maddelerin hazırlanışının bir katologunu oluşturmuştu. Olguları, bütünlüğü olan ve yararlı bir teori içinde düzenlemeyi başaramamış ve bu başarısızlığı mekanikçi kimyanın zaferine katkı yapmıştır. Yüzyılın ikinci yarısında kimyanın karşı karşıya kaldığı en önemli sorun, tıpsal kimyanın yapamadığını mekanikçi felsefenin yapıp yapamayacağı oldu.

Nicolas Lemery (1645-1715) Fransa'da yüzyılın ikinci yarısının önde gelen kimyacısıydı. *Cours de chimie** adlı eseri ilk 1675 de yayınlandı ve yaptığı birçok baskı ve çevirileriyle kimyada geniş bir etki yaptı. Eserin tarzını, aqua fortis'de (nitrikasit, HNO_3) çözülmüş metallerin, deniz tuzu ruhu (hidroklorik asit, HCl) ile nasıl çökertileceğini tartıştığı projeler çok güzel anlatır. Buna göre, deniz ruhunun daha iri olan sivri parçacıkları, aqua fortis'in parçacıklarının çözelti halinde tutmakta oldukları metali bırakana kadar itip, sarsmaktaydı. Yazar bazı kimyacılarının etkileşmeyi, ruhun asitliği ile aqua fortis'in uçucu ve kükürtsel bazlığının birleşerek, aqua fortis'in metali terketmeyi zorlaması biçiminde açıkladığını yazmaktaydı.

"Ancak bu kendilerinin de belirttiği gibi, belirsiz bir şeyi çok daha belirsiz bir başka şeyle açıklamaktır; çünkü Aqua fortis'in uçucu ruhunun ne münasebetle bir baz olduğu ve bu bazın, aynı suyun sabit asit ruhu yanında, bu kadar büyük bir hareketi, kendi niteliğini bozup, kaybetmeden nasıl koruyabildiği hiçbir zaman kolay anlaşılamayacaktır. Bundan başka, bu ruhun bazik olduğunu farzetsek bile, bu bazın, metali terkedip neden kendisinin Tuz ruhu'na gittiğini mekaniksel olarak açıklamamız gerekirdi, yani bu iki Ruhun birleşmesinin Aqua fortis'i içinde çözülmüş metali bırakmaya zorladığını söylemek, bu iki Ruhun akla sahip olduğunu kabul etmedikçe, soruna bir açıklık getirmez. Bu yüzden olayı gerçek nedenlerden dolayı, sallanma ve itmelerle açıklamak zorundayız.

Lemery'nin kimyasında asit etkileşmelerinin oynadığı belirleyici rol nedeniyle, kitabında yukarıdakine benzer pasajlar sık sık yer alır. Asitler sivri parçacıklardan meydana gelmişti. Lemery bunlara sık sık "asit sivrileri" adını verir. Bunlar aynı zamanda çok da hafifti ve tıpkı su yüzündeki bir tahtanın kendisine tutturulmuş metali yüzdürmeleri gibi, asit sivrileride saplandıkları metal parçacıkları yere düşürmeden tutabilirlerdi. Bu model raslantısal olarak neden belli miktarda bir asitin, ancak belli miktarda metali çözdüğünü de açıklanmaktaydı; zira herbir sivri bir metal parçacığına saplanınca, geri kalan metal parçaları açıkta kalıyordu. O halde bir çözücü yakaladığı cisimleri terkedip, bir başkasına neden gidiyordu? Yani, örneğin bir bazik tuz, aqua regia'da-

(*) Bir Kimya Dersi

ki (mitrik asit ile hidroklorik asidin bir karışımı, HNO_3 ve HCl) altını niye çökertiyordu? Lemery bunun doğa felsefesi içindeki en zor sorulardan birisi olduğunu kabul ediyordu, ancak mekanikçi felsefenin çözeltiye, parçacıkları biçim ve hareketçe, altın parçacıklarına saplanmış asit sıvrilerini kırabilecek bir madde eklersek, bu madde altını çökertmelidir. Bazı ruhlar "çok aktif Tuzlarla" aşılandığı zaman karşılaştıkları cisimleri öylesine şiddetle sarsmaktaydı ki, altına saplanan sıvriler kırılmaktaydı. Bu sıvrilir, kırılmalarına karşın, yine de tuz parçacıklarına saplanacak kadar sıvri ve aktif olduklarından, tuzu ısı ve kaynama ile çözebilmekteydiler.

Lemery, bir şeyin doğasını anlamanın "onun, meydana getirdiği etkiden sorumlu olan nesnelerden oluştuğunu kabul etmekten" daha iyi bir yolu olmadığını önu sürüyordu. Bu ifade anlamlıdır. Lemery'nin mekanikçi kimyasının en son amacının, bir kimya teorisini formüle etmek değil, gözlenen özelliklerin açıklanması olduğunu gösterir. Asitlerin özellikleri, sıvri uçlu parçacıkları akla getirmekteydi. Asitlerin meydana getirdiği paslandırıcı tuzlar; örneğin bakır sülfat, paslandırıcı güçlerini kendilerine saplanmış, ya da daha doğrusu kendilerinden çıkan, asit parçacıklarından almakta, ve kiminden çıkartılmış bir sürü bıçağın önlerine çıkan maddeyi kesip, dilimlemeleri gibi bir etki yapmaktaydı. Mekanikçi felsefe, bir açıklama aracı olmak üzere, kendi içinden bir kimya teorisi çıkartmamıştı. Aksine bu felsefe hemen her teoriye uygulanabilecek potansiyeldeydi. Lemery ve başkalarının sözünü ettiği türden keskin parçacıklar hiç bir biçimde gözlenememişti. Bunların varlığı gözlenen özelliklerden çıkartılıyordu ve bu yüzden incelenen olayların gerektirdiği hareketlilik ve keskinlikte parçacıkları hayal edebilmek pratikte kabil oluyordu.

Lemery örneğinde, mekanikçi felsefenin, tıpsal kimyanın değiştirilmiş bir biçimini açıklamakta kullanıldığını görürüz. Cıva ya da ruhu kimyadan çıkartmıştı; ruh adını verdiği bütün maddeler uçucu tuzlardı. Gerçi bütün belirli maddelerin ereksel nedeni olan bir evrensel ruh vardı (bunu maddesel mi yoksa tinsel mi kabul ettiğini kestirmek zordur) ancak Lemery bunu bir kimya incelemesinde yer verilmeyecek kadar fizik-ötesi sayıyordu. Kükürt, ya da Lemery'in yeğlediği adıyla yağ; yumuşak, dallanmış parçacıklardan oluşuyordu ve bu parçacıklar öteki parçacıklara ve kendilerine dolanarak sıvı ya da katı yağlara bili-

nen kıvamlılığı veriyordu. Lemery'ye göre yağ hâlâ yanabilme ilkesiydi, ancak yakıcı küçük parçacıkların da varlığına inanmaktaydı, böylece tutuşmayı inceleyiş biçimi tamamiyle anlaşılmaz bir hal alıyordu. Gerçekte, Lemery çalışmalarında yağa çok yer ayırmamış, hemen tamamen üçüncü Paracelsus ilkesi olan tuz ile uğraşmıştır. Lemery doğada bir tek tuz olduğunu ve bunun da sıvı asitin yerin damarlarında katılaşarak oluştuğunu öne sürüyordu. Bütün öteki tuzlar bundan oluşmaktaydı. Bazik tuzlar karışık cisimlerde doğal halleriyle bulunmazlar, sadece kimyasal işlemler sırasında, karışık cisimleri ayırtırmak için ortaya çıkarlardı. Lemery tuz ilkesinin varlığında, onu kimyasal olayların anlaşılmasında anahtar saydığı için, ısrar etmekteydi. Bu özelliğin kendi keşfi olduğunu söylemek gereksizdir. Bununla beraber bu ilkeyi geniş ölçüde kullanmış da değildir. Halbuki kaynakları ne olursa olsun, bazların varlığı kimyasında en önemli yeri tutmaktaydı. Lemery'in *Cours de chimie*'sinde temel bir plân ararsak, etkileşmelerinin çoğunu bir asidin bir bazca nötrleştirilmesine indirgeme çabasında olduğunu görürüz. Böyle bir nötrleşmenin van Helmont tarafından ilk tanımlanışından beri Lemery'nin kimyasında sahip olduğu önem, Lemery'nin Paracelsus okulu ile ilgisinin bir diğer yanını meydana getirir.

Asitler keskin uçlu parçacıklardan, yani iğnelerden meydana gelmişti. Bazlar ise asit sıvrılarının saplanabileceği, iğnedenlik gibi gözenekli parçacıklardan meydana geliyordu. Asit ve bazlar kaynayarak karışıyorlardı, ancak bu olayın sözü edilmekle beraber hiç bir inandırıcı şekilde açıklanamıyordu. İğneler iğnedenliğe saptanarak; iğnedenlik de gözenekleri iğneler tarafından doldurularak nötrleşiyordu. Lemery çalışmalarında bu modeli sonsuza değin çeşitli biçimlerde, örneğin sıvri ya da kör sıvriler dar ya da geniş gözenekler kullanarak yenilemekteydi. Tıpsal kimya geleneğinin yetiştirdiği bir kimyacı olarak, çalışmalarının tıbbı uygulanmasıyla da ilgilenmiş ve temel modeli'ni bu alana da uygulamıştır. Hastalıklar havanın taşıdığı asit enfeksiyonlarıydı ve esas olarak zehirlere benzerlerdi. Bütün tıp, bunların bazlarla nötrleştirilmelerinden ibaretti. Süblime ile ilgili bölümde yaptığı uyarıda dediği gibi insan panzehiri kullanmadan önce zehirin niteliğini bilmek zorundaydı. Lemery'in eseri baştan sona; bazların farklılıklarını değil de benzerliklerini vurguladığı için, hekimlere pek yararlı bir rehberlik yapmış oluyordu.

Tıpsal kimyanın Lemery üzerindeki en kapsamlı etkisi, belki de, onun maddeleri az sayıda geniş sınıf içinde düşünme eğiliminde bulunabilir. Asit ve bazlar için birer temel biçim düşünmüş ve deney ne gösterirse gösterecek hep, bütün asitlerin ve bütün bazların ve hattâ bütün maddelerin aynılığını ifade etmişti. Onun incelemelerinde kimya, kalıcı maddelerin ayrışma ve bileşmelerine değil, yumuşatılabilir parçacıkların bir kaç genel biçimin kalıbına sokulmasına yönelmişti. Daha önceki zamanlardan kalma karışık cisimlerin sürekli spektrumu inancı kendisine Lemery'in incelemelerinden biçimlerin sürekli değişiminden ibaret bir eş bulmuştu. Asitler sıvrilerinin keskinliği ile birbirlerinden ayırdediliyordu. Herbir sıvri, belirli bir aside denk düşen ayrık ve değişmez bir biçimdeydi? Görüldüğü kadarıyla böyle değildi. Çünkü, daha kesin parçacıklar toprakta daha ince sıvriler haline gelmelerine neden olan, daha uzun bir mayalanma dönemi sonunda meydana çıkıyorlardı. Bu yüzden, örneğin süblimedenden (HgCl_2)den *mercurius dulcis* (kalomel, $\text{Hg}_2 \text{Cl}_2$) yapılırken, madde asit sıvrileri körelinceye kadar üç kere süblime* oluyordu. Eğer iki kere süblime olsaydı, sıvriler çok keskin kalacak ve müşhil etkileri çok kuvvetli olacaktı. Öte yandan, eğer beş kere süblime olursa, müşhil olarak güçleri bütünüyle ortadan kalkıyor ve sadece terletici haline geliyordu. Mekanikçi felsefenin temel önermelerinden birisi de maddenin parçacıklarının sadece biçim, büyüklük ve hareketlerinden türetilen bağıdaşlılığıydı. Oranların sürekli spektrumu düşüncesini mekanikçi dile çevirmenin yolu elde hazırды ve bu yolu Lemery hiç düşünmeden benimsedi. -

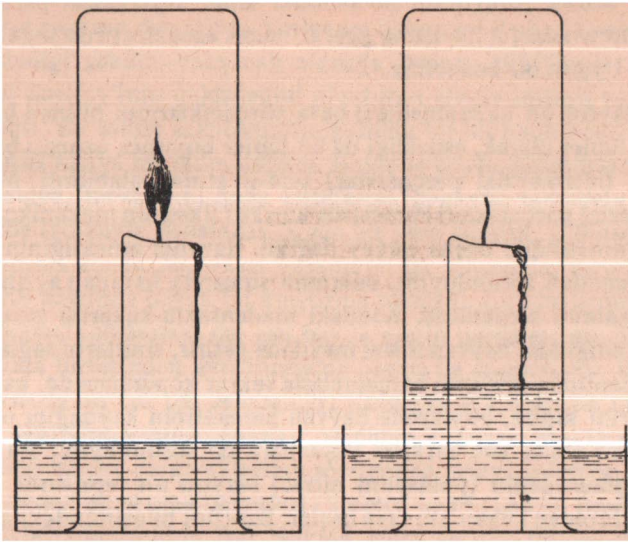
Mekanikçi ön yazıları, civa nitratin ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$) ısıtılarak civa oksite ($\text{Hg}_2 \text{O}_2$) bozunması üzerinde yaptığı incelemenin gösterdiği önemli gözlemlerin anlamını daha ne kadar gözünden kaçırabilirdi. Bir civa çözeltisinin kezzapta (HNO_3) buharlaşmasıyla elde olunan beyaz kristaller ısıtıldığı zaman, ağırlıkları azalıyor ve renkleri kırmızıya dönüyordu, yani asit sıvrilerinin uçları çarpılmıştı. Bir başka kırmızı çökelti ancak civanın yıkılıp toz haline getirilmesiyle elde edilebiliyordu. Bu durumda da, ateşli parçacıklar civanın gözeneklerine giriyor ve kırmızı çökeltilerin oluşturduğu yerlerde, civa parçacıklarına yeni bir düzen ve hareket veriyorlardı. İki ayrı şekilde meydana gelen bu iki kırmızı

- Süblimasyon: Katı maddelerin sıvı hale geçmeden buharlaşması (Ç.N.)

bileşğin aynı olacağı Lemery'in aklına hiç gelmedi. Eseri, belirli kin. yasal maddelerin ve bunların nasıl hazırlanacağını geniş bir listesini kapsar. Değişmez özelliklerle tanımlanan belirli maddelerin varlığı, kendisinin maddenin esnekliği ile ilgili incelemeleri ile doğrudan çelişkili görünmektedir. Lemery, "bütün civalı bileşikler farklı yapılaşma biçimlerine göre farklı etkilere neden olan, bir çok çeşitli şekillerdeki *Civa*'nın asit ruhlarınca meydana getirilmesinden başka bir şey değildir" diyordu. Ancak asıl civanın bileşiklerinden yeniden elde edilebileceğine de değinmekteydi. Bu durum bize maddenin derecede şekillenebilir oluşuyla çelişkili gelmektedir, ancak Lemery bu ikilemi çözmek için hiçbir çaba harcamamıştır.

Mekanikçi felsefenin Lemery'e ne kimya teorisini eleştirmekte ne de bir seçenek göstermekte yardımı olmamıştır. Dikkatini, bileşiklerin oranlarını açıkladığı kabul edilen düşsel parçacık biçimlerinde toplamış, bu da onu sahip olduğu geniş veri kümesini yeniden gözden geçirmekten alıkoymuştur. Çağdaşı diğer mekanikçi kimyacılar gibi, o da herbir özelliği ve olayı açıklama deliliğine tutulmuş görünüyor. Mekanikçi felsefe kimyacıları, görünmez mekanizmaları hayal ederek geleneksel teoriyi benimsemiş olan doğa felsefesi ile uyum içinde göstererek, sürdürmeye çalışmakta teşvik etti. Tıpsal kimya bağımsız bir teori olarak başarısızlığa uğradıysa da, mekanikçi kimyanın biçimini örtülü olarak etkiledi.

Bir İngiliz hekim ve kimyacı olan John Mayow'un (1640-1679) çalışmaları, mekanikçi felsefenin geleneksel bir kimya görüşünü desteklemekte nasıl kullanıldığını daha da gözönüne serer. Su üzerine konulan kapalı bir kaptaki bir mum yakıldığı zaman, mumu yandıkça suyun kap içinde yükseldiği ve hava hacminin azaldığı biliniyordu. (Bak. Şek. 4.1.) Deneyler aynı olayın (hemen hemen aynı nicelikte), kapalı kaptaki küçük hayvanın nefes aldığı zamanda meydana geldiğini göstermekteydi. Hacmin küçülmesi sadece havadan bir şeylerin eksilmiş olduğunu göstermekle kalmıyor, fakat hava pompaları ile yapılan deneyler de havanın hem yanma ve hem de yaşam için zorunlu olduğunu ortaya koyuyordu. Bu bilinen deneylere Mayow bir diğerini ekledi. Küçük bir hayvanı bir pertavsızla tutuşturulabilen yanıcı bir maddeyle beraber bir kavanoza koydu. Hayvan nefes aldığı zaman yanıcı madde tutuşturulamıyordu; o halde hem solunum hem de yanma havadaki aynı mad-



Şekil 4.1. Mayow'un deneyi

deyi gerektiriyordu. Mayow bu maddeye potasyum nitrat'tan (güherçile) türettiği nitro-aezial* ruh adını verdi, ve gühercileden yapılan maddelerin, örneğin barutun, kendi nitro-aezial ruhlarına sahip oldukları için, hava almadan da yanabileceklerini ifade etti.

18 inci yüzyılda Lavoisier'nin çalışmaları oksijenin yanma ve solunumdaki rolünü açıkladıktan sonra Mayow bu keşfin öncüsü olarak anıldı. Aslında çalışması, nitro aezial ruh adının da kaynağı olan, Paracelsuscu gelenek ile ilişkisi çerçevesinde çok daha iyi anlaşılır. Anlayışı, hava hacminin azalışını yorumlayışındaki gizli din bizim bugünkü kimyamıza göre, hem solunum hem de yanmada oksijen karbonla birleşip karbondioksit yapar ve bu da suda çözülür. Buna karşılık, Mayow havanın esnekliğinin azaldığını iddia ediyordu. Nitro-aezial ruhu havanın bir bölümünü oluşturan bir gaz olarak değil de havanın esnekliğinin

- Havasal azot ruhu (Ç.N.)

nedeni olarak görüyordu. Mekaniksel dille, nitro-aezial parçacıkların hava parçacıkları içine kama girerek onları esnekleştirdiğinden söz ediyordu. Uygun bir benzetme.

(Mayow'un kullanmadığı) hava parçacıklarının bilinen bir sertlikte boş tüpler olarak, esnekliği de bu tüpler boyunca uzanan bir tel parçasıyla (nitro-aezial parçacıklar) temsil etmek olabilirdi. Mayow'un nitro-aezial parçacıkları Paracelsus'un aktif ilkesinin mekanikçi giysilerle süslenmesinden başka birşey değildi. Havanın esnekliğinin nedeniydi. Yanmadan sorumluydu. Solunum sırasında havadan ayrılır ve hayvan yaşamını sürdürürdü. Kandaki madentuzlu-kükürtlü parçacıklarla mayalandığında, hayvan ısını meydana getirir, sinirlerin sağladığı başka madentuzlu-kükürtlü parçacıklarla tekrar köpürünce de, kasların kasılmalarını sağlar, böylece hayvan hareketinin kaynağını oluştururdu. Nitro-aezial ruh bitkisel yaşamdan da sorumluydu. Bu noktada insan, güherçilenin (potasyum nitrat) Mayow'un teorisinde oynadığı anormal rolden kuşkulanmaya başlar. Barutun bileşimindeki maddelerden birisi olan güherçile, topraktan kazılarak bol miktarda elde olunur ve gübre yerine geçerdi. Bu rolüyle bereketi temsil etmekteydi. Fazladan, kezzap da (nitrik asit) güherçileden yapılmaktaydı. Bilindiği kadarıyla Mayow'un *nitro-aezial* ruhunda en az üç değişik element karışmış bulunuyordu. Bu ruh yanma ve hayvansal yaşamın etmeni olarak, oksijen; bitkisel yaşamın etmeni olarak, azot; asitsel ruh olarakta hidrojen iyonu gibiydi. Şüphesiz 17 nci yüzyıl kimyası bu ayrımı yapacak kadar gelişmiş değildi. Mayow için *nitro-aezial* parçacıklar Paracelsuscu kimyanın aktif ruhunun, yeni dildeki karşılığından başka birşey değildi.

En önemli mekanikçi kimyacının Robert Boyle olduğunu kolaylıkla söyleyebiliriz. Doğabilim koleksiyonu ile uğraşan ve teorik ön yargılara aldırmayan Boyle, Baconcu bir ampirikçi olarak görünmek isterdi. Bir çok kez sözlerinde Descartes ve Gassendi'yi, onların sistemlerince daha az ayartılmak için, okumaktan kaçındığını söylemiştir. Hiçbir şey bu sözlerden daha yanıltıcı olamaz. Boyle bilimsel yaşamının ta başından beri, kendisini mekanikçi felsefeye adanmıştı ve bilimsel yazılarının tümü, birden bu felsefenin ilerleyen bir ifadesi olarak yorumlanabilir. Son derece varlıklı bir ailenin çocuğu olan Boyle (hakkın-

da yapılan bir şakanın deyimiyle, kimyanın babası ve Earl of Cork'un* kardeşi), istediği şekilde çalışacak olanağa sahipti. 1650'lerde, daha sonra Royal Society'inin çekirdeğini oluşturan grupla birleşti ve kimya dalını seçti. Bu seçim arkadaşlarını görünür bir biçimde hoşnutsuz kılmıştı; çünkü kimya bir bilim değildi. Boyle'se böyle düşünmüyordu. Ona göre kimya, mekanikçi doğa felsefesini, deneysel temellere oturan bir madde teorisiyle donatacak özgün bir yere sahiptir. Bilimsel yaşamını bu amaca adadı. Mesleki yaşamının ilk yıllarında, maddenin tanecik teorisi üzerinde büyük bir araştırma planladı. Bu araştırma hiç bir zaman sonuçlanmamışsa da, asıl büyük eserin parçaları sayılabilecek çok sayıda birbirinden ayrı inceleme başarı ile sonuçlandı. Bütün bu incelemelerde bir tek tez egemendir: Kimyasal etkileşimler parçacıkların yer değiştirmesinden ibarettir, ve bütün kimyasal özellikler hareket halindeki madde parçacıklarının sonucunda ortaya çıkarlar.

İlk eserlerden birisi olan Sceptical Chymist'de** (1661), Boyle bir elementi şöyle tanımlıyordu (bu belkide onun en çok bilinen sözleridir): "Element dediğim zaman, belli ilkel ve basit, ya da kusursuz biçimde saf olan cisimleri kast ediyorum. Bunlar ne başka cisimlerden ne de birbirinden yapılmıştır ve tam olarak karışık dediğimiz cisimler bunların bileşikleridir ve sonunda bunlara ayırılırlar" Bu sözlerden sık sık alıntı yapılmış ve sık sık da yanlış anlaşılmıştır. Aslında bu sözler yeni bir element kavramı önermek bir yana, karışmış cisimlerin bileşenleri olarak geleneksel element ve ilkel kavramını ifade ediyordu ve Boyle bu kavramı, yukarıya aldığımız sözlerini izleyen ifade ile redd ediyordu. Geleneksel kavram yerine, Boyle kendisine has bir mekanikçi felsefe modeli koydu. Madde çok sayıda bağdaşık (homojen) ince tanecikden ibaretti, bunlar birleşip daha büyük parçacıkları oluşturuyor, bu parçacıklardan da kimyanın madde ve cisimleri meydana geliyordu. Cisimlerin gözlediğimiz bütün değişik özellikleri, işte bu ikincil kümenin biçim ve hareketlerindeki değişikliklerden türiyordu. Bunlar maddenin bileşimini oluşturan etkin parçacıklardı. Boyle'un sonu bir türlü gelmeyen cümlesinde, sonsuz kez yinelenen bu nokta, onun çalışmalarının ana temasını oluşturur.

- Cork: Güney İrlanda'da bir kent, Earl: İngiltere'de üçüncü derecede bir soyluluk sam. (Ç.N.)

- Kuşkucu Kimyacı (Ç.N.)

Boyle, mekaniksel kavramların kimyasal etkileşmelerle uygulanmasıyla özellikle ilgileniyordu. En açıklayıcı denemelerinden birisi "Güherçilenin Yenilenişi" başlığını taşır. Güherçilenin (KNO_3) uçucu bir ruha (HNO_3) ve bir sabit tuza (K_2CO_3) karbon deneyde kullanıldığı odun kömüründen çıkıyordu) ayrıştığı bir deneyi anlatıyordu. Çıkan güherçile ruhunu toplamayı başaramamışsa da, onu başlangıçtaki güherçilenin ağırlığında meydana gelen ağırlıktan ölçebilmişti. Çıkan kezzaba aşağı yukarı eşit miktarda kezzap, sabit tuza damlatıldığı zaman, başlangıçtaki güherçileye eşit ağırlıkta güherçile yeniden elde olunuyordu. Deneye güherçile ile başlamak da zorunlu değildi. Güherçile, belirli bir asit ruhunun belirli bir bazik tuzla bütünleşmesi olduğundan, yapay olarak üretilebilen bileşiklerden farklı bir şey değildi. Dahası da bu iki bileşen, hem birbirlerinin hem de güherçileninkilere zıt niteliklere sahiptirler ve geleneksel kimyanın ileri sürdüğü gibi, güherçilenin özelliklerinin nasıl olup da bileşenlerinden türetilebileceğini görmek güçtür. Güherçilenin özellikleri, parçacıklarının biçimlerinden geliyordu ve bu parçacıklar iki bileşen maddenin parçacıklarından meydana gelmişti. Böyle doyurucu bir kimya teorisi geliştirmek Boyle'in amacı değildi. Onun için kimya, mekanikçi doğa felsefesinin geçerliliğini kanıtlamanın bir aracıydı.

Lemery ve Mayow örneklerinde olduğu gibi onun kimyası da mekanikçi görünüşü altında, hatırı sayılır ve bir Paracelsuscu gelenek yükü taşımaktaydı. Güherçileyi bileşenlerine ayırma işlemine giriştiğinde, ateşi ayırıcı etmen olarak kabul etmekten hiç çekinmemiş ve meydana gelen iki ürün ona uçucu bir ruh ve sabit bir tuz gibi görünmüştü. Asit ruhunun güherçiledeki aktif unsuru ifade ettiğini kabul ediyordu. Aktif unsurlar düşüncesi kimyacıların bilincinde öylesine yer etmişti ve hareketin mekaniksel ilişkisi öylesine apaçıktı ki, "aktif" unsurların mekanikçi doğa kavramıyla uyuşup uyuşmayacağını sormaktan çekinmiyorlardı. Boyle, metallerin toprakta yetiştigiine, ve "tohumsal ilkelerce" (van Helmont'un deyiimi) üretildiğine inanıyordu. Helmont'un ağaçla yaptığı ve herşeyin sudan meydana geldiği sonucuna varmasına neden olan deney, mekanikçi felfesinin bütün cisimlerin birbirinden sadece biçim ve hareketçe farklı bir örnek bir maddeden oluştuğu ilkesi ile uyuşmaktaydı. Boyle bu deneyin sözünü hep etmiş ve kendisi de iki kez yinelemiştir.

Böylece mekanikçi kavram, kimyasal maddeler için birbirlerine dönüşmelerini sağlayan, evrensel bir başkalaşabilirlik (Mutability) önermekteydi.

"Herhangi bir nesnenin hemen bütün nesnelerden meydana geldiğini, altın bir yüzüğün altın bir çividen, ya da yağdan, ya da ateşin sudan meydana geldiğini söyleyecek değilim, yine de sadece bir tek ortak maddeden ibaret olan cisimler, sadece hepside yerel hareketlerin sonucu meydana gelen etkiler gibi görünen rastlantılar sonucu farklılaşabileceğinden, (hiç değilse cansız cisimler için) çok az miktardan madde ekleyip ya da çıkararak müdahale etmekle (ki çoğu durumda buna pek gereksinme olmayacaktır.) ve biçim değişikliğinin- değişikliğin derecesine göre düzenlenen, bir dizi değişimler ile hemen her şeyin sonunda her şeyden meydana gelebileceğini düşünmenin neden saçma olduğunu göremiyorum."

Hemen her şey, herşeyden meydana gelebilirdi. Mekanikçi felsefesinin hazır bulduğu bu görüşün eski biçim değiştirme inancının yeni dile çevirisinden ibaret olduğunu böyle hiç düşünmedi. Deneyler bazı maddelerin kalıcı olduğunu göstermekteydi. Gümüş ve civa birbiri ardına bileşikler üreten bir dizi etkileşmeye uğratıldıktan sonra sonunda başlangıçtaki gümüş ve civa yeniden elde olunabiliyordu. Boyle'un madde kavramı, bu duruma mantıklı bir açıklama getirdi. Gümüş ve civa parçacıkları en temel taneciklerin birbirine sımsıkı bağlanmalarından oluşan ikincil yapıtaşlarıydı. Gümüş ve civa parçacıkları deney dizisi süresince hiç değişmiyordu ve aynı metaller bileşenlerde de varlıklarını sürdürmekteydi. Bu model en umut verici olasılıklara gebe görünüyordu. Sadece az sayıda metal değil başka maddeler de örneğin güherçilenin iki bileşimi- kalın parçacıklardan oluşmuş görünüyordu ve Boyle sonlu sayıda ayrık maddelerin birleşme ve ayrılmaları ile uğraşan bir kimyanın başlangıcını temsil etmekteydi ve bizim gördüğümüz olasılıkları o göremezdi. Değindiği deneysel sonuç, onun metallerin bileşik oluşu görünüşünden kuşkulanmasına yol açmadı ve bir kere daha mekanikçi modeli, onun geleneksel inancı doğrulamasına neden oldu. İkincil yapı taşları olarak kalıcı bile olsalar, yine de bozunabilecek parçacıklardı. Boyle maddeleri altına değiştirme yollarını araştırdı ve John Locke ile Isaac Newton gibi öteki ünlü simyacılarla gizli reçete değiş tokuşunu sürdürdü. Metalleri karışmış cisim saymaya ve suyla alkol (Şarap ruhu) gibi maddeleri daha elemanter kabul etmeye devam etti.

Herşeye karşın Boyle, mevcut kimya teorisinin yapısından kuşku lanmakta çağdaşı bütün kimyacılar da daha ileri gitmiştir. Lemery'nin yaptığı şey eldeki teoriye ince bir mekaniksel açıklama sıvası sürmek olmuştur. Boyle ise, kimyasında varlığını sürdüren geleneksel unsurlar ne olursa olsun, hem Paracelsuscu ilkeleri hem de Aristo'nun elementlerini *Sceptical Chynist*'inde eleştirici bir araştırmaya konu etmiştir. Element ve ilkelerin ikisinde niteliklerin maddesel taşıyıcıları olarak anlaşıldığından, Boyle gibi düşünen bir mekanikçi tarafından itiraza uğraması kaçınılmazdı, ancak Boyle'nin eleştirisinin can alıcı noktası başka temellere dayanmaktaydı. Kimya doktrinine göre karışmış cisimler çözümlemeyle ilkelerine ayrılıyordu; Boyle farklı cisimlerin çözümlemeler sonucu çok farklı maddeler verdiğini ve farklı çözümleme biçimlerini aynı maddeyi farklı bileşiklere ayırdığını kanıtlayan kimya deneylerinde yaptı. Kimyasal tane deneyleri önceden de vardı. Ancak Boyle tarafından çok daha kapsamlı bir biçimde uygulandılar ve daha önce hiç olmadıkları bir yararlılık düzeyine ulaştılar. Öteki odunlar gibi şimşirde damıtılınca bir ispirto vermekteydi. Boyle bunun adı ispirotodan farklı olduğunu gösterdi. Şimşir ispirotosu kalkerli deniz kabuklarını çözüyor ve tartar tuzu ile bir ılık sesi çıkartarak kaynıyor, halbuki adı ispirto kalkerli deniz kabuklarını çözümüyor ve tartar tuzu ile beraber de hiçbir şey olmadan da kalıyordu. Boxwood ispirotosu mor şurubu kırmızıya dönüştürüyor; adı odun ispirotosu ise mavi bırakıyordu. Güherçile, kezzaba ve sabit güherçile (potasyum karbonat) denilen bazik tuza çözülüyordu. Kezzap bir çok metali çözüyor; sabit güherçile ise metalleri çöktürüyordu. Sabit güherçile birçok yağlı ve kükürtlü cismi çözüyor, kezzap ise çöktürüyordu. Kezzap, breziya sarısını skarlet kırmızısına değiştiriyor; sabit güherçile ise tekrar kırmızı yapıyordu. Güherçilenin kendisi ise çözeltinin rengini değiştirmiyordu. Daha önceki kimyanın element ve ilkeleri öncelikle fiziksel özellikleri ile tanımlanıyordu. Örneğin, tuz katılığı, civa ruhu ise uçuculuğu ile tanımlanmaktaydı. Boyle'in kimyasal testler kullanmasında ise yepyeni bir kimya tanısı anlayışı gizliydi. Tanı bir dizi kimyasal deneyle yapıyordu.

"Ve gerçekte her bir belirli cisim türünün birden fazla niteliği olduğuna ve çoğu zaman bu niteliklerin bir çoğuna birden bu tür cisimlerde raslamak çok önemli olduğuna göre bu niteliklerden her hangi birisinin yokluğu, incelenilen cismin söz konusu türe ait olmadığını söylemeye yeterlidir; Her hangi bir tür cismi, bu türden olmayan cisimlerden yeterli bir biçimde ayırdetmek için daha fazla bir şey gerekmez."

Kimya, sonunda bu kavrayışın çıkarımlarını işlemekle, çağdaş kimya kuramının temellerini de atmış oldu. Bu kavrayış, maddelerin sonsuz bir biçimlenirliği olduğunu yahut oranlarının sonsuz süreklilikte olduğunu değil, bir dizi duyarlı deneyle belirlenebilecek, kesikli sayıda cisimler halinde varolduğunu içermektedir. Boyle, yukarıdaki kavramı ortaya koymakla birlikte, her şeyin, her şeyden yapılmış olduğuna da inandığından, kendisini doktrinine adayamamıştır. Mekanikçi felsefesi, bir kez daha kimyasının en parlak yönünün karşısında çalışan bir görünümüdür. Mekanikçi felsefe, geleneksel kavramları destekleyerek ve onlara sahte bir saygınlık sağlayarak, Boyle'i biçimde değiştirmeler üzerindeki çalışmalarında eşlik etmiştir. Halbuki, tanım-lama testlerini tutarlı bir biçimde uygulaması onu, hiç değilse her şeyin her şeyden elde edilemeyeceği konusunda ikna edebilmeliydi.

1660 ve 1670'lerde, o sıralar Cambridge'de genç bir profesör olan Isaac Newton, Boyle'nin yazıları üzerinde dikkatle çalıştığı ve kendisinin maddenin yapısıyla ilgili düşünceleri için önemli olan malzemeyi elde etti. 1706 da kimya üzerine spekülasyonları *Opticks*'in ilk latince basımına bir soru şeklinde eklendi. Bu günkü İngilizce basımlarda 31 numaralı soru olarak yer alan bir ek, kimya düşüncesi-nin 17'nci yüzyılda ulaştığı en yüksek düzeyi temsil eder. Newtonun kimyasıda mekanikçi doğa felsefesine Boyle'unkine oldukça yakın bir biçimde bağlıydı, ancak Boyle'den ve 17. yüzyıl düşüncesinin büyük bölümünden parçacıklar arasında kuvvetlerin var olduğunu öne sürmesiyle ayrılıyordu. Boyle kimyayı doğadaki tüm olayları, hareket halindeki madde parçacıkları ile açıklamanın bir aracı sayarken, Newton olaylarında madde parçacıklarının birbirini çekme ya da itmesinin kanıtını görüyordu.

"Herhangi bir metal adi bir suya konduğundan, su metalin göze-neklerine girerek etki edemez yada çözemez. Bunun nedeni suyun bu işe çok büyük gelecek parçalardan oluşmasından değil, metalle bağ-daşmamasındandır. Zira, gizli bir doğa ilkesi uyarınca, sıvılar bazı nes-nelerle bağdaşmakta bazılarıyla bağdaşamamaktadır. Ancak bir cisimle bağdaşamaz olan sıvı, uygun bir aracı ile karıştırıldığı zaman bağdaş-daşabilir olabilir. Ve su maden tuzu ruhları aracılığı ile metallerle karışabilir. Böylece herhangi bir metal nitrik asit, kiral suyu sülfat suyu*

* Kral Suyu: Aqua regia; bir hacim derişik nitrik asit ve hacim derişik hid-roklorik asitten oluşan karışım alünü çözen tek asit karımı olduğu için bu atı ta-sır (Ç.N.).

yada benzeri bir ruh ile tohumlanmış su içine konulduğunda su içinde yüzmekte olan grup parçacıkları metale çarpıp bağdaşabilirlikleriyle onun gözeneklerine girer ve metallerin dış parçacıkları etrafında toplanırlar ve metal parçacıklarını sürekli olmak için de bulundukları titreşim hareketlerinden yararlanarak kendilerini metal gövdesiyle bu parçacıkları arasına yerleştirerek, metal parçacıklarını gövdeden sökerler."

Eger, asit için çok daha bağdaşabilir olan bir madde, örneğin tartar tuzu (K_2CO_3) çözeltiye eklenirse, asit parçacıkları bu madde etrafında toplanır, metal de dibe çökerdi: Newton'un etkileşmeleri açıklaması Boyle'un kinden dâna az spekülatif ve çekim kuvvetleri de (Yukarıdaki paragrafta bağdaşabilirlik diyor) Boyle'nin parçacıklarının biçimlerinden daha az ampirik değildi. Bununla beraber Newton'un bu görüşleri, dikkatleri Boyle'nin çalışmalarının en unut verici tarafında, yani maddelerin kimyasal özellikleri ile tanımlanmaları kavramında toplaması nedeniyle kimya açısından önemlidir. Newton Boyle'nin deneylerinden, örneğin yukarıda kısmen değindiğimiz, yer değiştirme etkileşmelerini öğrenmişti: Bir asit çözültesindeki bakır gümüşün yerine, demir bakırın tartar tuzu demirin yerin geçiyordu. Newton kimya yazılarında, tuz yada ruhlar gibi geniş sınıflarda değil, belirli kimyasal maddeler ve belirli etkileşmelerle ilgilenmiştir. Bu yaklaşım tarzında belki de bir atomcu olarak madde parçacıklarını, [biçimden biçime geçirilebilir değildi], değişmez kabul etmesinin rolü olmuştur. Her bir maddenin parçacıklarının, başka parçacıklarla belirli çekme ve itmeler içinde olduğuna inandığı kuşkusuzdur. Bu nedenle de kimya deneyleri, maddelerin kimyasal özellikleri üzerinde toplanmalıydı. Newton'un 31'nci sorusu, 18'inci yüzyıl başlarında kimyada birincil bir rol oynayan ve Lavoisier'nin araştırmalarına zemin hazırlayan, kimyasal ilgi çalışmaları üzerindeki en önemli etken oldu.

17'inci yüzyıl sona ererken, kimyanın hizmetindeki veri birikimi bir asır öncesinkiyile karşılaştırmayacak kadar büyüktü. Yüzyıl boyunca yoğun bir biçimde yapılan deneyler boşa gitmemişti. Bununla beraber kimya teorisinde büyük ilerlemenin meydana gelmemiş olduğunu da görmezden gelemeyiz. Kimya düşüncesine yüzyılın ikinci yarısında egemen olan mekanikçi felsefe, sadece etkileşmeleri tanımlıyacak bir dil vermişti. İlayal edilen bir mekanizmanın, bir diğerine

üstünlüğünü kanıtlayabilecek hiçbir ölçüt olmadığından, mekanikçi felsefenin kendisi de ne kadar kimyacı varsa o kadar değişik yorumla ayrılmıştı. Bilimin kimya dışında hiçbir alanında, hayali görünmez mekanizmalara olan düşkünlük bu kadar saçma boyutlara ulaşmadı. Mekanikçi felsefenin, kimyanın bir bilim olarak ilerlemesine her hangi bir katkıda bulunduğunu söylemek zordur.

Mekanikçi kimyanın tek başarısı, kimyayı doğa bilimleri sınırları içine sokması olmuştur. Yüzyıla girilirken kimya genellikle doğa bilimlerinin bir parçası sayılmıyordu, en kötümser tanımıyla doğa dışı bir mistiklik, en iyimseriyle ise tıbbın hizmetinde bir zenaatdı. Yüzyılın sonunda ise kimyacılar Avrupa'nın bilim derneklerinde onurlu yerler işgal ediyorlardı. Bu değişimde mekanikçi kimyanın en önemli rolü oynadığı konusunda kimsenin pek kuşkusu yoktur. Zira, mekanikçi kimyacılar kimyayı bilim çevrelerinin kabul edebileceği bir dille formüle ederek, onu daha önceleri hiç bir zaman olmadığı kadar saygın kıldılar. Descartes 1630 ve 1640'larla kendi doğa sistemini oluştururken, kimyayı hemen hemen yok saymıştı. 1700 yılında ise böyle bir şeye cesaret edemezdi.

BÖLÜM

V.

MEKANİKÇİ FELSEFE VE BİYOLOJİ

Bilimsel araştırmaların 17'inci yüzyıldaki hızla ivmelenişi sadece fiziksel bilimlerin sınırları içinde kalacaktır. Her ne kadar en parlak başarılar fiziksel bilimlerde elde edilmişse de, biyoloji de (gerçi bu isim henüz verilmemiştir) çok geniş bir ilgi toplamış ve bu konuda da kayda değer keşifler yapılmıştır. Bir bilimsel devrim kavramından inorganik bilimlerde olduğu kadar organik bilimlerde de söz edebiliriz.

Bu yüzyılda, yaşam bilimlerini bir yeni bilgi seli kapladı. Deniz aşırı ülkelere yapılan keşif seyahatleri yeni bitki ve hayvanlarla ilgili bir yığın bilgi getirdi; mikroskop yaşamın yeni yüzlerini ortaya çıkarttı; ve yoğun anatomi araştırmaları o zamana kadar çok iyi bilindiği sanılan konularda yepyeni bilgiler elde etti. Thomas Moffet'in çekirgeleri sınıflandırma girişimi, aşırı bilgi birikiminin tehlikelerini ortaya koydu:

"Bazıları yeşil, bazıları siyah, bazıları mavidir. Bazıları bir çift, bazıları daha çok kanatla uçarlar; kanatsız olanları sıçrarlar, uçup sıçrayamayanlar ise yürürler; bazılarının bacağı uzun, bazılarınınkı kısadır. Bazıları şarkı söyler, bazıları ise sessizdir. Ve doğada o kadar çok çeşitleri vardır ki, doğa bilimcilerinin kayıtsızlıkları sonucu, bunların sayısı hemen hemen sonsuza ulaşmış ve yararlanılamaz hale gelmiştir"

Biyolojideki, hemen özümleyemeyeceği ölçüde yeni bilgi birikimi, fizikle aralarındaki önemli bir farkı akla getiriyor. Fizik kavramlarındaki devrim öncelikle, yeni gerçeklerle değil, eski gerçeklere yeni bakış tarzlarıyla ilgili bir konuydu. Buna karşılık biyoloji biliminde genellikle büyük bir olgusal bilgi birikimine tanık oldu. Bu bilgi birikimi daha sonraki bir dönemde, biyolojik düşünce kategorilerinin yeniden kuruluşunda kullanıldı.

Bu koşullarda taksonomi* kaçınılmaz olarak büyük önem kazandı. 17'inci yüzyıl başlarında Gaspard Bauhin altı bin kadar farklı ot türünden söz etmekteyken, John Ray'ın yüzyılın sonunda yayımlanan *Historia Plantarum Generalis*** adlı eserinde on sekiz binden fazla tür vardı. Bu büyüklükte bir veri yığını düzenlemek için bazı sınıflandırma sistemleri gerekiyordu. 1750'de Linnaeus'un çalışmalarının, botanikte bir dönüm noktası meydana getirdiği sıralarda önerilen sınıflandırma sistemlerinin sayısı yirmibeşten aşağı değildi. Bunlardan çoğu botanikçilerin deyimiyle, yapaydı; doğal sistem denilen sistemleri meydana getirmek üzere bitkinin bütünü ve doğal ilgilerini kullanmak yerine bir özellik, sınıflandırma ölçütü olarak keyfi biçimde abartılıyordu. Bu sistemler, hususları ne olursa olsun, muazzam sayıdaki türleri baş edilebilir kalıplar içinde düzenlemeyi başardılar ve 18'inci yüzyılın daha büyük taksonomistlerine yol gösterdiler.

Botanik en yüksek düzeyine Fransız Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708) ve İngiliz John Ray'ın (1627- 1705) çalışmalarıyla ulaştı. Tournefort cinslerden daha yukarı kategorileri sistematik olarak sınıflandıran ilk kişi oldu. Bütün bitkileri yirmi iki sınıfa ve bunların her birini de içinde cinslerin yer aldığı familyalara böldü. Ray ise bir ve iki çenekli bitkiler (bir ve iki yaprakla çinlenen bitkiler) arasındaki temel ayrımı yaptı. Tournefort cinsin en önemli sınıflandırma kategorisi olduğunu iddia etti ve adlandırmaayı cinslere birer sözcüklük adlar verecek şekilde yeniden kurdu. Ray ise, türlerin-sonlanmış birim oluşunda aynı derecede ısrarlıydı. 18'inci yüzyılda Linnaeus soruna, bitkilerin cins ve türlere ayrıldığı ikili bir sınıflandırma sistemi ile yaklaştı; öyleki bitkilere verilen adlardaki sözcükler, onların iki sis-

- Taksonomi: Bitki ve hayvanların sınıflandırılması (Ç.N.)

- Genel Bitki İncelemesi

temdeki yerini de belirliyordu. Hem Tournefort'un hem de Ray'in sistemi kusursuz olmaktan çok uzaktır. Ve botanik bilimi ikisinden de büyük taksonomist olarak Linnaeus'u tanır. Bununla beraber, Linnaeus'un çalışmalarına diğer ikisinin etkisi, 17'inci yüzyılın doğa bilimcilerinin katkısının kanıtıdır.

Zoolojide ise, yaşam biçimlerinin çokluğu görünüşte doyurucu bir sistemin elde hazır oluşu ile bir araya geldi ve durum botaniktekine benzer bir ilerlemeye engel oldu. Botanikteki başarı geniş ölçüde alışılmış kök, gövde ve yapraklar kalıbındaki bitkilerle sınırlıydı; deniz yosunu ve kara yosununa benzer zor yapılar ise çözülmemiş bulmacalardı ve mükemmel olmayan otlar sayılıp bir kenara bırakılmıştı. Buna karşılık, zooloji kaçınması olanaksız bir çeşit çokluğu ile yüzüyüydü. Örneğin dört ayaklılar, kuşlar, sürüngenler, balıklar, deniz kabukluları ve böceklerle, yüzyılın içinde mikroskobik yaşamda eklenmiştir. Ancak talih zoolojiye, eski çağlarda Aristo gibi şaşırtıcı çeşitli bir düzene sokan bir sistemleştirici bahşetmişti. 17'inci yüzyılın zoolojik taksonomiye, botaniğe göre neden çok daha az dikkat harcadığını anlatmakta kuşkusuz Aristocu sistemin varlığının hatırlanmasına yardımcı olur. Zoolojinin Aristocu sınıflandırmanın dışına taşması için bir yüzyılın daha geçmesi gerekmiştir.

Geleneğin zoolojide ne kadar büyük ağırlık taşıdığını, Aldrovandi'nin 1599 ve 1616 arasında basılan ve büyük boy yedi binden fazla sahi fe tutan on cilt hacimli eserinde görebiliriz. Bu büyük eserdeki etraflı bilgilerin çoğu ne yazık ki okuyucunun kendiliğinden türetebileceği şeylerdi. Atlara ayrılan 294 sahifenin üç ya da dördü zoolojik özellikler ile ilgileniyor, geri kalanlarında ise atların mizacı, savaşta kullanımları, sempati ve antipatileri vb. hakkında söylenen her şeyi kapsayan bir yığın söz yer alıyordu. Aldrovandi Aristocu sınıflandırmayı tam olarak benimsiyordu. Kanla dolu hayvanların (biz olsak şimdi omurgalıları deriz) sınıflandırılmalarına, dolaşım ve solunum sistemlerinin karşılaştırılma incelemesini kullanarak, yeni bir biçim vermeyi deneyen John Ray bile, sonuçta pratik olarak Aristo'nunkine özdeş beş sınıf bulmuştu. Daha sonra ortaya çıkan bütün kusurlarına karşın Aristocu zoolojik sınıflandırma, toplu, geçmişten daha az miras devraldığı için daha özgün olan, botanik sistemler gibi bilgiyi uyumlu kipler içerisinde bir düzene sokabilmiştir.

Taksanomi, biyolojik bilginin içinde düzenlendiği geniş bir çerçeveye sağladı. Bu çerçeve içinde, çok çeşitli biyolojik problemler üzerinde ayrıntılı araştırmalar yapıldı. 16'ncı yüzyılda Vesalius ve ardıllarının meydana getirdiği anatomi atlasındaki boşluklar, tek tek organlar üzerinde yapılan çalışmalarla dolduruldu. Bugün anatomi 17'inci yüzyıl araştırmacılarının anısına verilen adlarla doludur. Glisson Kapsülü, Malpighi Cimsimcikleri, Whanton Kanalı, Sylvius Kemer, Brunner Bezi. Bedenin bu parçalarının meslekten olmayan pek az kişi tarafından biliniyor olması, 17'inci yüzyıl anatomisinin derinliğinin kanıtıdır. Anatomi araştırmaları sadece insan bedeni ile sınırlı kalmadı. Yüzyılın ikinci yarısında, benzer ayrıntılı araştırmalar Claude Perrault, Edward Tyson ve başkalarıncı öteki türler üzerinde de yapıldı. Marcello Malpighi'nin *Dissertatio de bombyce** (1669) adlı eserin de böcek yaşamının iç düzeni ile ilgili ilk araştırma yer alır. Taksanomitlerin Aristo'nun sınıflandırılmasını ciddi olarak tasfiye etmeyi başaramayışlarının da ortaya koyduğu gibi 17'inci yüzyılda karşılaştırmalı anatominin kendi geleceği hakkında ufakık bir ışık yakmaktan öteye pek az şey yaptığı doğrudur. Bununla beraber ne kadar ürkek olursa olsun bir başlangıç yine de bir başlangıçtır ve karşılaştırmalı anatomi tarihinin başlangıcı bilimsel devrim çağına kadar izlenebilir.

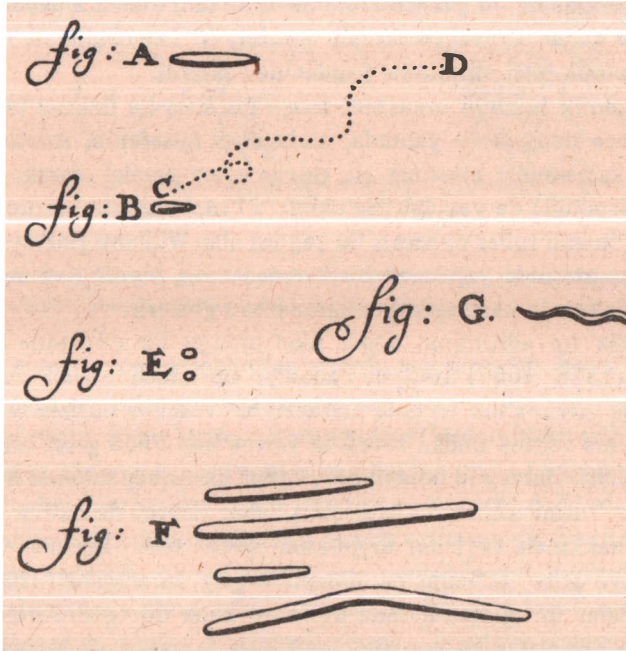
Yüzyıl içinde, hiç bir şey mikroskobun 1624'lerde icadı kadar, biyolojik araştırmaya katkıda bulunmamıştır. Astronomi için teleskop ne ise, biyoloji için de mikroskop oydu. Nasıl Galileo'nun yeni gezegenleri (onun deyişiyle Jüpiter'in uydularını) keşfi Avrupa'nın hayalini uyardıysa mikroskobun da bizim üstümüzde değil, fakat çevremizde ve içimizde, hiç umulmayan bir yaşam düzeyinin varlığını ortaya çıkartması daha da kamçılayıcı oldu. Francesco Stelluti mikroskobik gözlemlerinin ilk basımında "Mikroskobu arıları ve onların bütün parçalarını incelemekte kullandım" diye ilan ediyordu. "Keşfettiğim bütün organları ayrı ayrı resmettim. Ne Aristo'nun ne de herhangi bir başka doğa bilimcisinin bilmediği şeyleri bulmak bir harikaydı" Stelluti'nin aracının büyütme gücü kabaca beşti. Yüzyılın sonunda Anthony Van Leeuwenhoek üçyüz büyütme gücüne yaklaşan mikroskopları gerçekleştirdi ve Stelluti'nin rüyasını bile göremeyeceği yaşam biçimleri

* İpek Böceği Üzerine İnceleme.

gözledi. (Bak Şek. 5.1.) Jonathan Swift'in kynikliği* bile duyduğu heyecanı yansıtır.

"Pireler üzerinde, diyor tabiyeciler,
Daha küçük pireler var beslenen,
Onları da daha küçükleri ısırmakta,
Ve böyle sürmekte sonsuza dek."

Yüzyılın ikinci yarısı mikroskobun destanının yazıldığı çağ oldu; ilk gözlemler geliştirilmediler ve 1830'lara gelinceye kadar birbirlerine pek ender olarak uydular. Leeuwenhoek (1632- 1723) devler arasında bile kahraman gibi durur. Mikroskoplardan çok daha fazla büyütebilen mercekler (Luplar) kullanarak, bir yüzyıldan fazla bir süre ulaşılmayan büyütme güçleri elde etti. Swift'in sözünü ettiği pireler, Leeuwen



Şekil 5.1. Leeuwenhoek'in yaptığı insan ağzındaki bakteriler çizimi.

* Kynik: Hiçbir şeye gereksinme duymadan kendi kendisiyle yetinmeyi amaçlayan ve uygarlığı çöpe alan Sokratesçi Okul'un yandaşı /Ç.N./

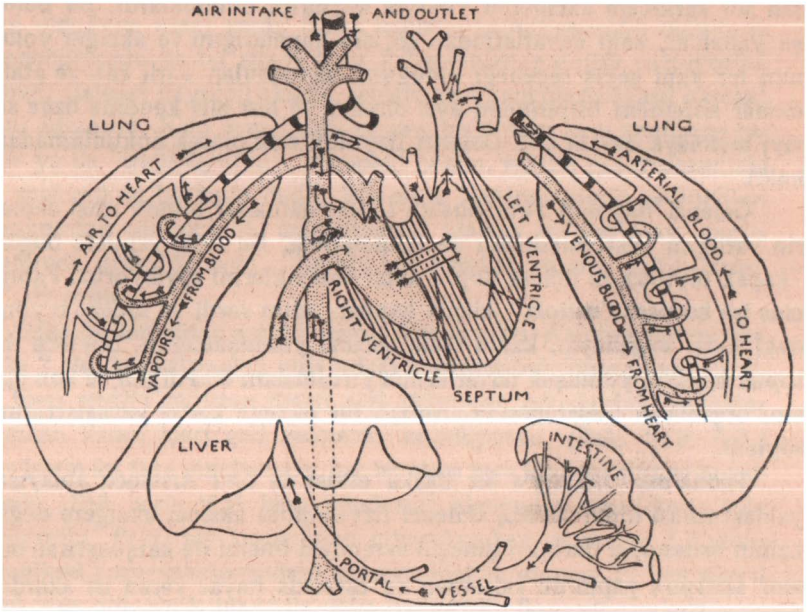
hoek'in yağmur suyunda gözlediği küçük hayvanlar infusoria ve rotatoria'lardı.

"Bu mikroskopik yaratıklar ya da yaşayan atomlar hareket ettiklerinde, kendilerini sürekli olarak devindirerek ileri doğru iki küçük boynuz çıkartıyorlardı. Gövdenin geri kalan bölümü yuvarlakça olduğu halde, iki boynuz arası düzdü. Gövde bitimine doğru biraz sivriliyor ve birarada kalınlığı (benim mikroskopumla) örümcek ağı, uzunluğu ise tüm gövdenin dört katı kadar olan bir kuyruk yer alıyordu. Kuyruk ucunda ise, gövdeyi meydana getirenler büyüklüğünde bir yuvarlak vardı" Spermatozoa'ları gözledi ve kan taneciklerini keşfetti. "temiz bir sıvı içinde yüzen, düz oval parçacıklar." Bu gözlemlerin geliştirilip, düzeltilebilmeleri için bir yüzyıldan fazla zaman geçmesi gerekti, bunun anlamı, bu gözlemlerin öneminin tam olarak anlaşılması için de bir o kadar süreye gereksinim olmasıydı. Leeuwenhoek'in bulguları, biyolojik bilgi birikimine yapılan dev eklerdi.

Biyolojik bilginin muazzam artışı—bu artış ile fiziksel bilgi artışı son derece dengesizdi—yanında, mekanikçi felsefenin, Aristoculuğun bu son kalesindeki etkisinin git gide artışına paralel olarak, yaşamın doğal (özelliliği) de yeniden ele alındı. 17'inci yüzyılın biyoloji düşüncesinde önemli roller oynamış iki çağdaş olan Williams Harvey ve Rene Descartes arasında yapılacak bir karşılaştırma, biyoloji ve mekanikçi felsefe ilişkisinin karmaşıklığını biraz olsun gösterir.

İngiliz tıp eğitiminin henüz ilkel olduğu bir dönemde Williams Harvey (1578- 1657) 1600'de Padua'ya tıp tahsiline gitti. Padua, tıp biliminde Avrupa'nın en ünlü merkeziydi. Vesalius burada teşrih yapmış ve ders vermiş ondan sonra da yerine hep önde gelen anatomciler geçmişti. Harvey'in döneminde, Padua'da Aquapendente'li Fabricius vardı. Yarım asırlık dikkatli çalışmalar, Harvey'de kalbin işlevi ve işleyişi hakkında kuşkular doğmasına neden oldu. Egemen Galenci* fizyolojiye göre, beden en önemli organı karaciğerdi. (Bak. Şek. 5-2) Gıdalar ise işleme burada uğrar ve kana dönüştürülürdü. Doğal ruhlarla dolu olan kan, karaciğerden toplar damarlar aracılığıyla organlara ve daha önce gıda halindeyken soğurulduğu vücut bölümlerine giderdi. Kanın bir kısmı kalbin sağ karıncığına girer ve iki karıncığı

*Claudius Galen (MS 130-200): Yunanlı hekim ve tıp yazarı /Ç.N./



Şekil 5.2. Galen'e göre kalp ve kan damarlarının işleyiş diagramı. Sağdaki ekte Sewetus'a göre akciğer içindeki dolaşım görülüyor.

ayırır duvardaki gözeneklerden sızardı, sol karıncığa geçer ve burada akciğerlerden çıkarak atardamar sistemiyle vücuda taşınan nesne ise dirimsel ruhtu, ki bu kandan, kanın yiyeceklerden farklı olduğu kadar, farklı olan bir sıvıydı. Dirimsel ruhun beyine çıkan bölümü ise, üçüncü bir işleminden geçerek canlı ruha dönüşür ve sinirlere dağılırdı.

Kısaca özetlediğimiz Galenci fizyolojinin saygınlığının nedeni kısmen mekanikçilik öncesi çağın benimseyebileceği kavramlar cinsinden ifade edilmiş olmasından, kısmen de organlara teşhir sonuçlarının da doğruladığı işlevler yüklemesindendi, Teşhirler Galenci fizyolojiyi Vesalius kalpteki duvardaki gözenekleri bulmaya çalışıp da, başarısızlığa uğrayana kadar doğrulamışlardı. Vesalius'dan sonra gelen ve gözenekleri bulmayı deneyen başka kişiler de hep başarısızlığa uğradı. Bununla beraber bir ikinci keşif, Galenci fizyolojinin ufak tefek değişikliklerle kurtarılabilmesini sağladı. Anatomiciler, kanın sağ karıncık-

tan sol karıncığa akciğerler yoluyla geçtiğini bulmuşlardı. Bu buluşu yapanlar, kalp duvarlarından geçişin kapandığını ve akciğer yolunun bir yeni geçiş seçeneği olduğunu duyurdular. Kirli kan ve atardamar sistemleri birbirinden ayrı olmaya ve her biri kendine özge sıvıyı taşımaya devam etti. Galenci fizyoloji esas olarak dokunulmadan kaldı.

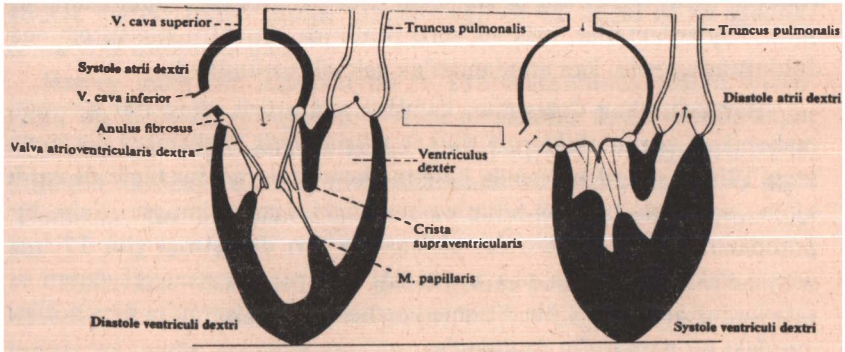
Galenci fizyoloji Fabricius'un toplar damarlar içinde zarsı ceplerin varlığını keşfetmesinden de etkilenmedi. Bu zarsı yapılara bugün "kapak diyoruz ve uçlara doğru akışı önlediklerini söylüyoruz. Fabricius ise bunlara "ostiola" -küçük kapılar- adını verdi ve sadece o yöndeki akışı engelleyip, kanın fazla gücünü yumuşattığını, böylece de toplardamarın yumuşak duvarlarının yırtılmasını önlediğini ve kan akışını organların beslenmesine elverişli bir düzeye kadar yavaşlattığını söyledi.

Padua'nın Harvey'e bir başka etkisi de onu Aristocu anlayışa yaklaştırması oldu. Aristo, Galenci fizyolojinin aksine, akciğere değil kalbin bedendeki önemini güneşin evrendeki önemi ile karşılaştıran bir sürü tartışma yapıldı. İkisinden de dışarıda hayat veren ısı akardı. Güneşin yer etrafındaki dairesel hareketi, evrensel süreçlerde önemli bir rol oynuyordu. Kalbin de benzer bir hareketi neden olmasındı? "Dolaşım" sözcüğünün değişik anlamları olmakla beraber, o dönemin literatüründe dolaşım ile kalbin beraber düşünülmesi oldukça yaygındı. Kimisi dolaşımı, kalp ve damarların sıkışma ve gevşemesi gibi çevrimsel olarak kendini yineleyen hareketlerle eşit tutuyordu. Damıtma ile ilgili bir kimyasal anlamı da, kanın kalpte ısıtılıp akciğerlerde yoğunlaştığını ifade ediyordu.

Harvey'in soruna bakışındaki temel anlayış, dolaşım kavramını artık kabul edilmiş olan anatomi gerçeklerine uygulaması ve dolaşımın mekaniksel bir anlamının da görülmesi gerektiği konusundaki ısrarıydı. Benimsenmiş kalp hareketi anlayışını tersine çevirerek işe başladı. Köpekler üzerindeki deneme ameliyatlarında yaptığı gözlemler sonunda (insan 17'inci yüzyıl fizyologlarını okurken, bazen köpek türlerinin ameliyatı ölmeden atlattıklarını görerek şaşkınlığa düşüyor) özellikle de yaklaşan ölümle beraber kalp yavaşlarken, hareketi daha iyi farkedebildiği gözlemlerle, kalbin aktif hareketinin sıkışma, yani

sistol olduğuna karar verdi. Sistol halinde, kalbin gerilimli olduğunu hissedebiliyordu ve bu sırada kalp göğüs duvarına doğru çarpıyordu. Halbuki Galenci fizyoloji aksine, genişlemeyi yani diastolü asıl hareket kabul ediyordu. Kalp genişlediği zaman, bir miktar kanı kendisine çekiyor ya da "sürüklüyordu". Buradaki çekim, vakum pompalarındaki gibi mekaniksel biçimde değil, Rönesans Naturalizminin sempatileri ni anımsatan bir biçimde anlaşıyordu. Harvey bu kavramın yanlış olduğunda ısrar ediyordu. "Kalbin asıl hareketi *diastol* değil, *sistol*-dür". diyordu.

Daha da ileri giden sorular derhal ortaya çıktı: Kalpte kana ne oluyordu ? Her bir karıncığın girişindeki kapaklar öyle düzenlenmişti ki, kan içeri girdiği geçitten dışarı geri akamıyor; çıkışlardaki kapaklar da çıkan kanın içeri geri gelmesini engelliyordu. (Bak. Şek. 5.3.) Aynı işlem üst üste yineleniyor, her bir atma yeni bir kan miktarı boşaltıyordu. Sağ karıncığın kanı, kuşkusuz akciğerler aracılığıyla sola sürülüyordu. Peki, sol karıncıktan çıkartılan kan oluyordu ? Kalbin mekaniksel zorunluluklarındaki ısrarı nedeniyle, Harvey 17'inci yüzyıl bilimi için çok tipik bir iddia daha ileri sürdü. Bedenden çıkartılmış bir kalbin hacmini ölçerek, bir karıncığın iki onstan* fazla kan alabileceğini buldu; sağlam olsun diye de maksimum hacmin iki ons olduğunu varsaydı. Her bir sıkışmada bu kanın dörtte birinin dışarı sü-



Şekil 5.3. Sağ karıncık kapaklarının diastol ve sistol sırasındaki işleyişlerini gösteren modern bir diagram.

* Yaklaşık 60 gr /Ç.N./

rüldüğü kabul edilebilirdi; her türlü hata payını düşünerek Harvey bu miktarı sekizde bire kadar düşürdü. Ve kalbin yarım saat içinde bin kere çarptığını varsaydı ki bu rakam da yine özellikle küçük tutulmuştu. Bugünkü bilgilerimize göre, Harvey'in kalbin pompaladığı kan miktarı içinbulduğu değer, doğru değerın yüzde üçünden bile azdır. Ancak Harvey'in amacı bir kesin ölçme yapmak değildi, iddiasının polemik değerini artırmak için, sayıları özellikle küçük tutmuştu. Basit bir hesapla, çok küçük tutulan sayılarla bile, kalbin yarım saat içinde atardamarlara tüm vücudun sahip olduğundan fazla kanı boşalttığını göstermişti. Bu kanın, bir başka yoldan kalbe dönmek dışında, gide bileceği nesi vardı?

Harvey dolaşımın zorunluluğunu göstermişti. Şimdi sorun dolaşımın bir gerçek olduğunu göstermekti. Mikroskop olmadığından, atardamar sistemi ile kirli kan damarlarını birleştiren kılcal damarları görmesi olanaksızdı. Yine de kendi üzerinde yaptığı dahice bir deneyle kanın atardamarlardan toplar damarlara geçtiğini gösterebildi. Koluna mükemmel sıkıştırıcı bir tel (ligatür) bağlayarak, hem atar hem de toplardamarları kesti. Kol yavaş yavaş soğudu, fakat rengi değişmedi *telden* yukarı kısımdaki atardamarlar doldu ve atmaya başladı. *Teli* atardamarı serbest bırakacak, ancak toplardamarları hala sıkacak kadar gevşettiğinde, taze kanın koluna dolması nedeniyle bir sıcaklık dalgası hissetti. Aynı anda, kol pembeleşti ve *telin* altındaki toplardamarlar şişti. Toplardamarlar, hala sıkışmış durumda olan kirli kan sistemince doldurulmuyordu; kan atardamardan gelmek zorundaydı.

Harvey'in kan dolaşımını kanıtlamasının özü, damarsal sistemin mekaniksel zorunluluklarına dikkat edişindeydi. Mekanikçi düşünme tarzı 17'inci yüzyıl kafasında öylesine kendiliğinden bir biçimde vardı ki, bu sorun da biyoloji bilimine hemen yardımcı olmuştu. Kalp, bir pompanın kapalı bir borular sisteminde sıvı dolaştırışı gibi 17 inci yüzyıl hükümdarlarının pek beğendiği teferruatlı çeşmeleri akıtan su şebekesini anımsatan bir düzenle işlemekteydi. Harvey'in ders notları içindeki bir paragrafın dediği gibi;

"Kalbin yapısına bakıldığında, kanın *tıpkı* bir su tulumbasının (tek yöne açılabilen) *iki kapağının suyu yükseltişi* gibi, sürekli olarak ciğerlerden geçip aorta taşıdığı açıkça görülür."

Aynı William Harvey, kan dolaşımını açıkladığı aynı kitapta kalp için "yaşamın başlangıcı" diyordu.

"Kalp mikroevrenin güneşidir, hatta güneşin kendisi de dünyanın kalbi olarak görevlendirilmiş olabilir; zira, kalbin marifeti ve atmalarıyla kan hareket eder, kusursuzlaşır, beslemeye hazır hale gelir, çürüme ve pıhtılaşmadan korunur; kalp, öyle kutsal bir aile reisidir ki, işlevini sürdürürken, besler, doyurur ve bütün bedene canlılık verir; ve gerçekten de yaşamın temeli, bütün eylemlerin kaynağıdır".

Harvey kalbi bir pompa olarak görmekle beraber, onu sadece, hatta öncelikle dahi bir pompa olarak görmemekteydi. İncelikle kurulmuş bir makinanın mekaniksel etkisi olan kan dolaşımının varlık nedeni, mekaniksel olmayan bir sona hizmet etmektir. Kan, bütün canlı nesillerinin üreticisi olan "üstün cisimlerin dairesel hakeretinin" sonucu meydana gelen ve onu taklide uğraşan, buharlaşma" ve yağmur çevrimini anımsatıyordu.

"Ve böylece- herhalde-, bedeni dolaşmaya başlayan kanın hareketiyle beraber, çeşitli bölümler daha ılık, daha kusursuz, açucu, canlı ve gıdalı kan ile beslenir, doyurulur ve canlanır; öte yandan bu dolaşım sırasında bedenin çeşitli bölümleri ile temas sırasında kan, soğur, pıhtılaşır ve deyim yerindeyse eskir; daha sonra kaynağına ya da bedenin en içten yuvasına döner gibi kalbe, yani hükümdarına döndüğünde, üstünlük ve kusursuzluğuna kavuşur. Burada özünde olan akışkanlığı yeniden kazanır ve güçlü yakıcı ve bir tür yaşam hazinesi olan ruhla kudret nariyle tohumlanmış diyebileceğimiz bir doğal ısı ile aşılanır, sonra yine bedene dağılır."

Harvey sadık bir Aristocuydu ve kan dolaşımında kalbin önceliğinin bir örneğini görüyordu. Ancak ustasından farklı olarak kanın rolü üzerinde kalpte olduğu kadar ısrarlıydı; kalp ve kan beraberce, yaşamın dayanağı olan ve mekanizmalarla ve maddeyle hiçbir ilişkisi olmayan tek bir işlevsel birim oluştuyordu. Kan ruhsal bir tözdü.

"Yıldızların özüne karşılık gelen canın, ruhun yoldaşı oluşu nedeniyle, kan aynı zamanda semavidir de, bir başka deyişle cennete benzer bir şeydir, cennetin aracıdır, vekilidir."

Hayvanların üremesiyle ilgili araştırmaları sırasında Harvey, embriyo içindeki yaşamın ilk belirtisi olarak, atmakta olan bir kan

noktası gözlemişti. Ölüm sırasında ise kanın bir titreyişi son yaşama eylemiydi- "Ölüm sırasında geriye adımlar atmakta olan doğa, başladığı yere doğru yönelir, yolunun sonunda başladığı yerdeki hedefine döner."

Aristo'ya göre olduğu gibi, Harvey'e göre de, dolaşım çeşit çeşit anlama sahipti ve evreni ve bütün içindekileri muhafaza etmenin aracı olan yeniden üretilişi temsil etmekteydi. Doğanın, üreme ve ölümünün dönemsel başkalaşımında, yersel yaratıkların üreme ve çürümelerini belirleyen, öncesiz yörüngelerin bir başka yansıma ve ifadesini görüyordu. Türler, bir dolaşıma sahip olmakla ölümsüzlüğe ulaşıyordu;

"Şimdi piliç, şimdi yumurta, bu dizi sonsuza dek böyle gider; zayıflayan ve ölen bireylerden ölümsüz bir tür doğar. Bunlar ve bunlara benzer yollarla, birçok aşağı ve yersel şeyin, üstün ve gökssel şeylerin ölümsüzlüğünü taklit ettiğini görürüz. Ve, yaşamsal ilkenin yumurtanın özünde bulunduğunu ister söyleyelim, ister söylemeyelim, sözünü ettiğimiz dönemsellikten de açıkça görüldüğü üzere, kuştan yumurtaya, yumurtadan tekrar kuşa, dolaşımı etkileyen ve onlara sonsuzluk veren bir ilke olmaktadır."

Aynı şekilde, kan dolaşımına da bir ilke yön vermeliydi. Dolaşımın mekaniksel zorunluluğu sadece onun maddesel koşullarını ifade ediyordu. Halbuki kan ruhsal bir sıvıydı ve yaşamın kendisine bağlı olduğu yaşamsal ilkenin taşıyıcısıydı. Kanın asıl dolaşımı yenilenme ve eskime çevrimi idi. Kalbi sıcak ve yaşamsal olarak terkederek, organlara yaşam taşır ve yenilenmek üzere, bozulmuş ve eskimiş olarak geri dönerdi. Dolaşımı sırasında kan mikroevrende, evrenin üreme ve çürümelerini tekrarlamakta ve bu tekrarlarıyla da bireysel yaşamı muhafaza etmekteydi.

Harvey'in *De motu cordis-et sanguinis** adlı eseri 1628'de basıldığından, Descartes doğa felsefesinin yeniden kuruluşu üzerinde çalışmaktaydı. Harvey'in keşfi kaçınılmaz olarak onu ilgilendirdi; ve kaçınılmaz olarak olayı kendi anlayışı doğrultusunda algıladı. Kendisinin uzay doluluğundaki hareket açıklamasına eşdeğer görünen, kanın kapalı bir devrede hareketi anlayışı gözünden kaçmamıştı.

* Kalp ve Kan'ın Hareketi Üzerine.

Bu yüzden *Discourse on Method* adlı eseri Harvey'in kitabından on yıl sonra yayınlandığında, eserde, kan dolaşımının bir yorumu da salt mekaniksel olan fizyolojik süreçlerin bir örneği olarak yer aldı.

Sözlerine "Ve bu konu üzerinde şimdi söyleyeceklerimi anlamak ta daha az güçlük çekilebilir" diye başlarken öğüt veriyordu: "Anatomist olmayanlara tavsiyem, gözlemleri okumaya başlamadan önce, gözleri önünde bir büyük hayvanın kalbinin akciğerleriyle beraber bedeninden dışarı çıkartılmasını izlemeleridir, (zira, görecekleri şeyler insanlarınkine yeterince benzemektedir.) "Tavsiye, muhtemelen 17'inci yüzyıl okuyucusu içinde 20'inci yüzyılınkine olduğu kadar uygunsuzdu. Kalbi kesip çıkartacak birisini bulamayan ve kendileri de bu işi yapmak istemeyecek olan okuyucuları düşünen Descartes, kalbin yapısını betimliyor ve "kanın geçmesine hemen izin veren, ama geri dönmesini önleyen" kapaklar üzerinde önemle duruyordu. Kalbin, bedenin geri kalan bölümlerinden daha fazla ısıya sahip olduğuna işaret etmekteydi. Kalbin içinde "yığın haline getirilmiş otların içinde kurumadan önce bulunan ısıdan farklı olmayan yada yeni şarabın mayalanmasına neden olan, o ışısız ateşlerden biri" tutuşuyordu. Sözüünü ettiği tür bir mayalanmayı, kuşkusuz mekanik bir süreç olarak anlamaktaydı.

Kanın iki karıncığa giren kısımları, "Karşılaştıkları ısı nedeniyle derhal seyreilmekte ve kabarmaktaydı."

"Böylece tüm kalbin genişlemesine neden olurlar ve aynı anda içeriye basınç yapar ve içlerinden akıp geldikleri iki damarın girişinde bulunan beş küçük kapağı kapatırlar ve bu şekilde kalbe daha fazla kanın girmesini önleyerek ve gitgide daha seyreterek, içlerinden akıp dışarı çıkacakları diğer iki damarın ağzındaki altı küçük kapağı itip açarlar, bu yolla atardamarların bütün kollarının ve şahdamarın kalple beraber hemen hemen eş zamanlı olarak genişlemelerine neden olurlar. Kalp ve atardamarlar bundan hemen sonra süratle sıkışırlar, zira içlerine giren kan soğumuştur. Daha sonra altı küçük kapak kapanır, boş toplardamarların ve kirli kan damarının beş kapağı yeniden açılır ve iki diğer kan damlasının kalbe girmesini sağlar, bu da kalp ve atardamarların yeniden genişlemesine neden olur."

Matematiksel kanıtlamaların gücüne inanmayanları uyarmaktaydı: "Şimdi anlattığım hareket, kalp içinde çıplak gözle bile görülebilen parçaların düzeninin, parmakla hissedilebilecek ısının ve deneyimlerden öğrenilen kan doğasının bir zorunlu sonucudur. Tıpkı bir saatin hareketini, dengeleme ağırlıkları ve çarklarının güç, durum ve biçimlerinden anlayışımız gibi."

Descartes'in yaptığı Harvey'in keşfini kabul etmek, ancak Harvey'deki doğa dışı saydığı canlılığı sistemli bir biçimde bertaraf etmekte. *Traite de l'homme** adlı eserinden insanın bütün fizyolojik işlevlerini, yani dolaşım, hazım, beslenme, büyüme ve algılamasını, yerine getirebilen bir makineyi anlatmaktaydı.

"Bu makinenin bütün işlevlerinin, tıpkı bir saatin yada başka otomatin işlevlerinin denge ağırlıkları ve çarklarının yerleşiminin sonucu oluşu gibi, sadece organların düzeninin doğal bir sonucu olduğunu düşünmenizi isterim diye bağlıyordu konuyu; böylece makinenin işlevlerini açıklamak için kalpte sürekli olarak yanan ve cansız cisimlerdeki ateşlerden hiçbir şekilde farklı olmayan ateşin tutuşturduğu kan ve ispirotadan başka, duygusuz ya da duygulu ruhların, ya da bir başka hareket ve yaşam ilkesi hayal etmek zorunlu değildir."

Bir yaşam ilkesinin varlığını düşünmek gereksizdir. İşte Descartesci fizyolojinin özü buydu. Yaşam mekanik dünya içinde ayrıcalıksız bir varlıktı. Gerçekte, bir varlık bile değil, fakat diğer esrarlı özelliklerle beraber açıklanması gereken bir görünümdü sadece.

Descartes'in Harvey'in buluşunu benimsediğini söylemek, onun buluşu çok kötü bir biçimde değiştirdiğini söylemedikçe, pek doğru sayılmaz. Yaşam gibi her türlü gizemli unsuru bertaraf etmeye kararlı olan Descartes, kalbin hareketini bilinen fiziksel süreçlerle açıklamakta ısrar etmiş ve bu işi yaparken de, kalbi bir çaydanlığa döndürmüştü. Dahası, bu radikal yenilikçinin fizyolojisi, muhafazakâr Aristocu Harvey'inkiyle karşılaştırıldığında gerici bir adım oluşturmuyordu. Harvey sistolun temel rolünü ortaya çıkarmışken, Descartes'in buharlaşma modeli Galenci *diastole* dönmekteydi. Dolaşımı kabul ettiği doğrudur. Ancak kalbi terkeden buharlaşmış kan

* İnsan Üzerine İnceleme.

Galen'in yaşamsal ruhunu ihya etmekteydi ve kanın en özlü parçacıklarının beyinde ayrılarak canlılık ruhunu yarattığını ve bunun da sinirlerde dolaştığını anlatmaktaydı. Descartes'in fizyolojisi aslında mekanikçi felsefe gıysileri içinde Galen fizyolojisiydi. Bir ömür boyu yaşamsal olguyu düşünmek Harvey'i bunların maddesel açıklamalarının yapılamayacağına inandırmıştı. Descartes, biyolojik endişelere hiç bir şekilde dayanmayan önsel nedenlerle, daha kolay mekanikleştirmek için Harvey'in çalışmalarını vulgarlaştırmıştı. Bu arada, Harvey'in mekaniksel kalp incelemesinin temel unsurlarını bile kaybetti. Descartes'in açıklaması, biyoloji bilimine mekanikçi felsefenin yaptığı bir mutlu katkı değildi.

Her şeye karşın 17'inci yüzyılın geri kalan yıllarındaki biyoloji araştırmalarının tonunu belirlemekte Descartes, Harvey'den çok daha etkili olmuş ve mekanikçi biyolojinin tıpsal mekanik* denilen bir dalını geliştirmiştir. Biyoloji kimyaya göre çok daha zengin bir çeşitlilik için de olmuş ve tıpsal mekanik biyolojiyi hiçbir zaman mekanikçiliğin kimyada kurduğu egemenlik ölçüsünde etkileyememiştir. Bununla beraber, tıpsal mekanik 17'inci yüzyıl sonlarının biyoloji biliminin faktörlerinden biri olmaktan öte, onun ayırıcı özelliği olmuştur.

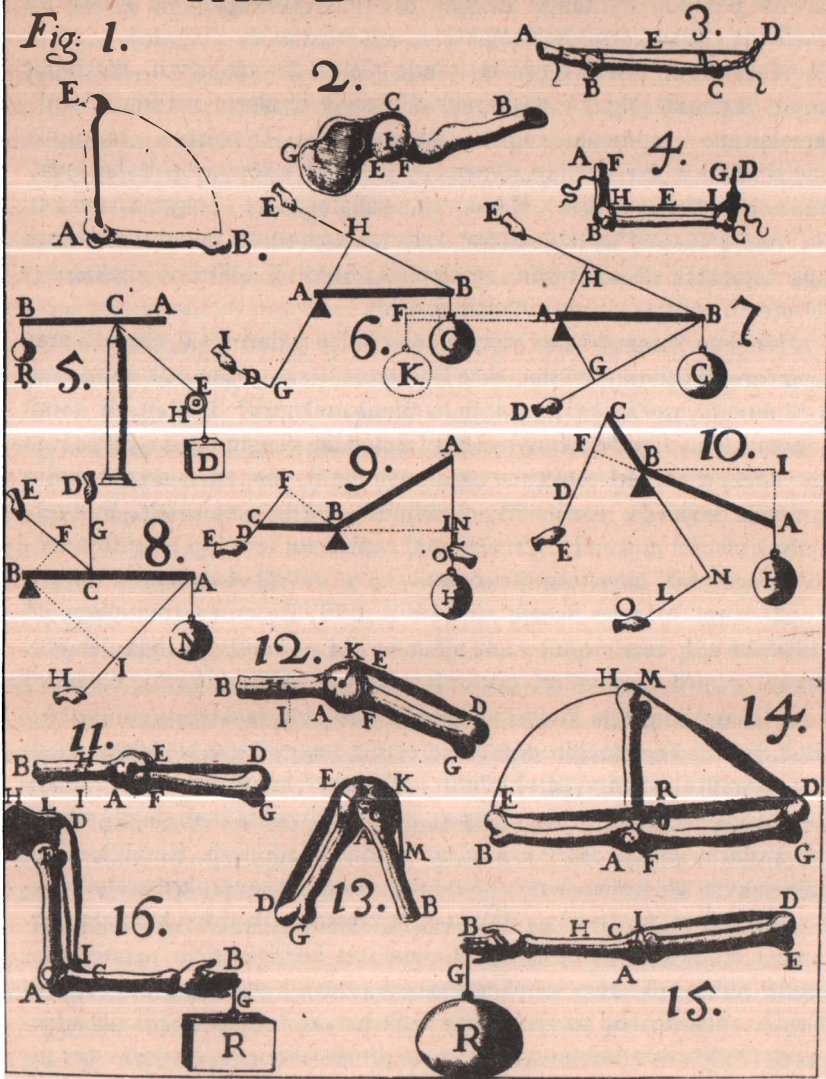
Giovanni Altonso Borelli'nin (1608-1679) *De motu animalium* ** (1608-1) adlı eseri tıpsal mekaniğin en iyi ürünleri arasında yer alır. Borelli çeşitli hareketleri çözümlemek için basit mekanik ilkelerini önce insana sonra da kuşlar ve balıklar dahil hayvanlara uyguluyordu. (Bak.Şek. 5-4). Örneğin çömelmiş ve sıçramaya hazır bir adamı düşünün. Borelli, kasılmış olan kasların yerlerini ve kemiklerle olan bağlanmalarını inceliyordu. Temel anlayışı, hem bir örnekte hem de diğerlerin de, kasların kayda değer zorluklar altında işlediği idi. Kemiği, dayanak noktası ekleme olan bir kaldıraç olarak düşünerek, hareket ettirici kuvveti sağlayan kasın dayanak noktasına çok yakın bir yere bağlanmış olduğunu, halbuki yükün genellikle kemiğin öbür ucunda, dayanak noktasına, kasa göre on kez daha uzakta yer aldığını gösterdi. Birçok eklemin işe karıştığı karmaşık hareketler zorlukları uzlaştırıyordu. Böylece çömelmiş insanın sıçraması olayında, kasların sırf in-

*Latromechanics /Ç.N./

** Hayvanların Hareketi Hakkında /Ç.N./

TABVLA SECVNDA.

Fig. 1.



Şekil 5.4. Borelli'nin eserinde, kas ve eklemlerin işleyişine mekanik ilkele-
rin uygulanışını gösteren çizimler.

sanı doğrultmak için, insan ağırlının dörtüzyirmi katı kuvvet harcamak zorunda kaldığı ve fazlaca dikkatle hazırlanmamış akıl yürütmelerle, kişiyi sıçrama yörüngesine oturtmak için de bunun yedi katı kuvvet gerektiği sonucuna varıyordu. Böylece, kişinin uygulaması gereken kuvvet ağırlığının ikibindokuzyüz katına ulaşıyordu. Sıçrama örneğinde olduğu gibi Borelli'nin çözümlemelerindeki hata, hareketi incelemek için durgun denge kurallarını kullanmasındaydı. Her şeye karşın, Borelli'nin statik ilkelerini insan bedenine uygulamadaki istekliliği, biyoloji anlayışına yapılan küçük fakat sağlıklı bir katkıydı.

Ancak, ne Borelli ne de öteki tıpsal mekanikçiler böyle sınırlı problemlerle yetinecek kişiler değillerdi. Harvey'in dolaşımı keşfedişi mekanikçi araştırmalara geniş bir ufuk açmıştı. Tıpsal mekanikçiler kanın hızını ve çeşitli boyutlardaki damarların kana karşı direncini hesapladılar. Hayvansal ısının, Descartes'in alevsiz ateşiyle değil de kan ile atardamarların duvarları arasındaki sürtünmeyle açıklanmasını önerdiler. Dolaşan sıvı hızlarına dayanan bir salgılama teorisi kurdular ve gövdeyi parçacıkları boy ve biçimlerine göre ayıran gözenekli süzgeçlerle doldurdular. Dr. Richard Mead, insan vücudunun "içinde uygun şekilde ayarlanmış sayısız tüpün yer aldığı ve farklı türde sıvıların akışına göre yapılmış, ince sanat eseri gibi kurulu bir hidrolik makina" olduğunun genellikle kabul edilmiş bir olgu olduğunu öne sürüyordu. "Sonuç olarak, sağlık katıların uygun durumları ve sıvıların düzenli hareketi, hastalık ise bunlarda meydana gelen sapkınlıklardır."

Böyle bir görüşün gözlemci doğa bilimcisinin gözlemlerini yanıltması düşünülemezdi. Biyolojinin en az iki dalında, bu görüş büyük öneme sahip buluşların önemsenememesine neden oldu. İlk mikroskopçular odunun hücresel yapısını gözlemişti. Bizim biyoloji biliminde bu kadar temel rol oynayan "hücre" sözcüğü, bir biyoloji deyiimi olarak ilk kez Robert Hooke (1635-1703) tarafından *Micrographia** (1665) adlı eserinde kullanılmıştır. Mikroskopta bir mantar parçasını gözlerken gördükleri, ona bal peteğini hatırlattı ve gördüklerine gözenek ya da hücre adını verdi. "Gözenek" sözcüğü Hook'un yorumunu çok daha iyi anlatmaktaydı. Gördükleri için "*Succus nutritius*, ya da bitkilerin öz suyunun içinden aktığı kanal ya da borular olmalıdırlar ve duyu

* Mikroskobik İncelemeler /Ç.N./

sahibi yaratıklardaki toplardamar, atardamar ve öteki kanallara eşdeğer gibi görünüyorlar" diyordu. Akış yönünü denetleyecek kapakları bile aradı; kuşkusuz bulamadı. Ancak doğanın amacına ulaşmak için böyle "uygun araç ve düzenleri" sağlamamasının yine de kabil olmadığı düşüncesindeydi.

17'inci yüzyıl düşüncesinin tüm eğilimleri, mikroskopçuların bu keşifte, yaşamın ereksel birimini değil, sıvı taşımaya elverişli boruları görmeleri doğrultusunda idi. Hook'un ilk gözlemlerini tam bir bitki fizyolojisi teorisi haline getirmiş olan Nehemiah Grew'in sorduğu gibi: "Kanallar, sıvı taşımaktan başka ne için varolabilirlerdi." Mikroskopçuların, spermatozcu'lar gibi tek hücreli yaratıkları da gözlemiş olmaları gerçeği, gülünçlüğü iyice artırmaktaydı. "Küçük hayvanlarının", bitkilerde gözledikleri gözeneklerle herhangi bir ilişkiye sahip olmadıklarını düşünemezlerdi bile.

Embriyoloji araştırmalarının daha da karmaşık bir öyküsü vardır. 17'inci yüzyıl eski dünyadan birleşmiş bir üreme teorisi devrilmemişti. Her bir sınıf için farklı teoriler vardı. Doğurgan dört ayaklıların (ve insanın) üremesinin yumurtlayıcılarınkinden değişik olduğu apaçıktı. Böcekler bozulan maddelerden kendiliğinden üremekteydi, bitkilerinki ise apayrı bir konuydu. Bütün hayvanların üremesine ortak bir açıklama getirmeye çalışan ilk araştırmaları, kan dolaşımının kaşifi oluşu yanında, modern dünyanın ilk büyük embriyolojistlerinden birisi de olan William Harvey yapmıştır. *De generatione animalium** (1651) adlı kitabının başındaki resimde, Zeus'un içinden insan dahil her çeşit hayvanın çıkmakta olduğu bir yumurtayı açışı görülüyordu ve yumurtanın üzerinde "Ex ovo omnia" öz deyişi okunmaktaydı ki, bu görüşü kitabında "Bir yumurta bütün hayvanların ortak başlangıcıdır" cümlesiyle ifade etmekteydi. Yakından incelenince, bu "Yumurta" sözcüğü oldukça belirsiz bir anlam kazanmaktaydı. Yumurtlayıcı hayvanlar için yeterince belirliydi. Bununla beraber, Harvey doğurgan hayvanlarda bizim yumurtalık dediğimiz organın önemini hiçbir şekilde kavrayamamıştı. Onun geyik yumurtası dediği şey, embriyonun içinde haftalar boyu geliştiği rahim torbasıydı. Böcekler için ise yumurta, kelebeğin içinden çıktığı kozaydı. Böylece onun yumurta ile

* Hayvanların Üremesi Hakkında

kastettiği şey dışının yumurtalığı değil, "Primordium" adını verdiği, üretilen her şeyin ilk maddesi ya da ilk başlangıcıydı. Bu, Harvey'in hiç üzerinde durmadığı, böceklerin kendiliğinden üreyişini bile içine almaya yetecek genişlikte bir kavramdı.

Yine de Harvey'in formülü önemli bir genellemeyi ifade etmekteydi. Yumurtaya verdiği anlam ne kadar belirsiz olursa olsun, bütün üremeleri bir tek ortak kalıp içinde anlamaya çalışmıştı. Bir bitkinin tohumunu bile bir *primordium* sayılabilirdi. Üremenin ayrıntıları türden türe değişebilirdi., ancak hepsinde de yumurta, türlerinin muhafazasını sağlayan yeniden üreme çevrimindeki bir noktayı temsil etmekteydi.

Her yaratığın başlangıcı olan yumurta, Harvey'e göre yerleştirici, biçimlendirici bir ilkenin kalıplandığı ve düzgün bir birey haline dönüş tüğü, bir bağdaşık madde noktasıydı ve böylece meydana gelen birey de ereksel eylemi olarak bir bağdaşık madde noktası, yani bir başka neslin primordiumunu üretebilirdi. Harvey dişi geyik üzerinde yaptığı incelemelerde, döl yatağında erkek spermi izine rastlayamadı ve geyik yumurtasını ilk kez çiftleşmeden yedi hafta sonra görebildi. Erkek sperminin üremede maddesel bir rol oynayamayacağı apaçıktı. Harvey spermin eylemini "bulaşıcı" sözcüğüyle tanımlıyordu; maddi olmayan bu etki bir türlü geçmiyor ve uyuyan yumurtayı uyarıyordu. Bir kez tahrik edilip, uyanan yumurtanın içinde hem yerleştirici ilke hem de gerekli malzeme zaten vardı. Harvey, tavukların üremesinde gözlediği bir süreci tanıtlamak için "epigenesis"* sözcüğünü uydurmuştu. Yumurtladıktan üç gün sonra bir yumurtayı açtığında, sonradan kalp hali ne gelecek olan bir kan noktasının atmakta olduğunu görmüştü. Bu ilk organın oluşturduğu merkezden tavuğun geri kalan kısmı meydana geliyordu. Epigenesis, türlerin tanrısal ilkesini ifade eden biçimlendirici özelliğin yol göstericiliği altında yaratıcı bir üreme olarak, Harvey canlılığının doğal bir ifadesiydi.

Descartes, epigenesis'i yaşamın geri kalan taraflarıyla beraber mekanikselleştirmeye hazırды. *La description du corps humain* ** adlı eserinde, erkek ve dişi tohumların birleşince nasıl mayalandığını ve ortaya çıkan hareketin, mekaniksel zorunluluklarla nasıl kalbi dolaşım sis-

* Embriyonun birdizi yeni biçimlenmeler sonucu son halini aldığını söyleyen teorik üreme kavramı /Ç.N./

** İnsan Vücudunun Tanıtlanması

temini vb. inşa ettiğini tanıtladı. Bu açıklamayı, tıpkı bizim gibi, 17'inci yüzyılda, çok kötü bir saçmalık olarak kabul etti ve Gassendi'nin önerdiği bir başka embriyoloji, daha çok taraftar kazandı. Gassendi'ye göre üremenin temel işlemi tohumun üretilmesiydi. Hem bitkilerde hem de hayvanlarda, tohum bir şeyin her bir tarafına ait parçacıkların toplandığı bir küçücük cisimdi. Bazen tohum içindeki bir ruhtan da söz etmekteydi. Ancak ruhun kendisi de zaten etersel maddeden meydana geldiği için sorunun temel mekanizmasını sulandıramazdı. Üreme deki denetleyici faktör benzerlerin birbirini çekmesiydi. Bu düşünce Rönesans Naturalizmini insana rahatsızlık verecek ölçüde anımsatmaktaydı, ancak uyumlu biçim ve hareketler olarak anlaşılmaya yatkın görünüyordu. Tohum içinde benzer parçacıklar (yani bedenın aynı tarafından gelenler) bir araya toplanır ve hazır besindeki öteki benzer parçacıkları çekerek. Buna göre bir bakıma üremenin ürünü tohum içinde hazır bulunmaktaydı. Gassendi'nin dediğı gibi "tohum yaratığın kendisini içinde bulundurmaktadır, ancak ayrıntılı biçimde değil de sadece ana hatlarıyla"...

Bu üreme kavramı için "ön biçimlenim*" deyiimi kullanılmaktadır. Epigenesis'e göre üreme, mevcut malzemeyi biçimlendirici özelliğın kalıplayıp değıştirdiğı, bağdaşıklıktan ayrışıklığın* meydana çıktığı yaratıcı bir süreçtir. Ön biçimlenim ise, ayrışıklığın daha başında var olduğunu ve üremenin sadece bir evrim (harfi harfine söylersek, ayrıntılaşıma)ya da gelişme (harfi harfine söylersek, zarftan ya da kılıftan çekme) işlemi olduğunu iddia etmekteydi. "Ayrışıklık", bunun daha başlangıçta değışik şekillerdeki parçacıklar halinde hazır olduğuna inanan atomcuların çok iyi anladığı bir deyimdi. Sadece embriyolojide değil, fakat genel olarak her konuda, mekanikçi felsefe nesnelerin biçimlenişini, baştan hazır olan uygun parçacıkların birbirine uydurulması olarak anılıyordu. Descartes'in epigenesis mekanikleştirme girişimi açık bir başarısızlığa uğramıştı, ancak ön biçimlenim kabul edilemez bir düşünce olan biçimlendirici özelliğ bir mekaniksel seçenek getirmekteydi.

Yüzyılın belki de en büyük embriyolojisti olan Marcello Malpighi (1628- 1694), Gassendi'nin açıklamasını irdeledi. Yeni açılmış yumur-

* Preformation /Ç.N./

tanın zarını soyma ve cam üzerine serme tekniğini geliştirerek, embriyoloji çalışmalarında mikroskobu kullanma olanağını elde etti. Yumurta yumurtlandıktan tam altı saat sonra, kafa ve omurga bölgelerini ayırdedebildi. Omurgalar on iki saat sonra görünüyordu. İkinci gün atmakta olan kalbi gördü ki, Harvey mikropsuz olduğundan bunu ancak dördüncü gün farkedebilmişti. Kalple beraber başı ve gözlerin başlangıcını da gördü. "Doğa bilimcileri, ayrı parçaların değişik aşamalar-daki yaratılışını keşfe çalışıyorlardı." diyordu. "Halbuki hayvanların yumurtadan yaratılışını dikkatle incelediğimizde, ne görelim ?.. hayvan yumurtanın içinde adeta hazır duruyor."

Malpighi tavukların üremesini incelemeye başladığında, hem bitkiler hem de ipek böceklerinin üremesi konusunda zaten deneyimli bir araştırmacıydı. İpek böceklerini incelerken, kelebeğin kanat ve antenlerinin tırtıl vücudunda ana hatlarıyla hazır olduğunu bulmuş ve tomurcu içinde de "Henüz ayrıntılaşmamış bitkinin bir hülasesini" keşfetmişti. Bu durumda tavuğu daha işin başında yumurta içinde bulmayı ummaktaydı. Halbuki tavuk yumurtada, henüz ana hatlarıyla vardı Malpighi, vücudun farklı bölümlerinin içinde geliştiği sacule ve hava kabarcıklarından söz etmekteydi. Yumurtanın geri kalan kısmından elek gibi iş gören zarlarla ayrılan kabarcıklar, "organların yapılışında kullanılan uygun maddeyi kabul" etmekte ve bu kabarcıklar bir araya toplanınca da, hayvanın yapısı ortaya çıkmaktaydı. Malpighi'nin kullandığı "ana hatlar" deyiminin Gassendi'nin ifadesini yineleyişi gibi, göze nekli zarın süzgeç işlevi de yine Gassendi'nin benzerlerin birbirini çekmesi teorisinin bir yorumundan ibaretti.

Malpighi öncelikle bir usta gözlemciyken, ötekiler daha çok sınıflandırma ile uğraşan kişilerdi ve Malpighi'nin çalışmalarındaki incelik bunların içinde fırtınalar koparıyordu. Yumurta, diyordu Swammerdam; tavuğa dönüşmez, "fakat zaten mevcut organlarının genişlemesiyle büyür", "Doğada üreme diye birşey yoktur" diye ekliyordu, "Sadece organların gerilmesi ya da büyümesi vardır". Eğer doğada üreme diye birşey yokdidiyse, yumurtanın kendisi de üreyemezdi. Yumurta içinde hazır olan tavukların da içinde hazır yumurtalar vardı ve kuşkusuz bu yumurtalar içinde de hazır yumurtalara sahip tavuklar hazır.

Doğa bilimcilerinin dediğine göre, yumurtada..."

17'inci yüzyıl sonunda, embriyoloji *emboitement* teorisini kurdu ki,

buna göre; örneğin, tüm insan ırkı başlangıçta Havva'nın içinde zaten mevcut olmaktaydı.

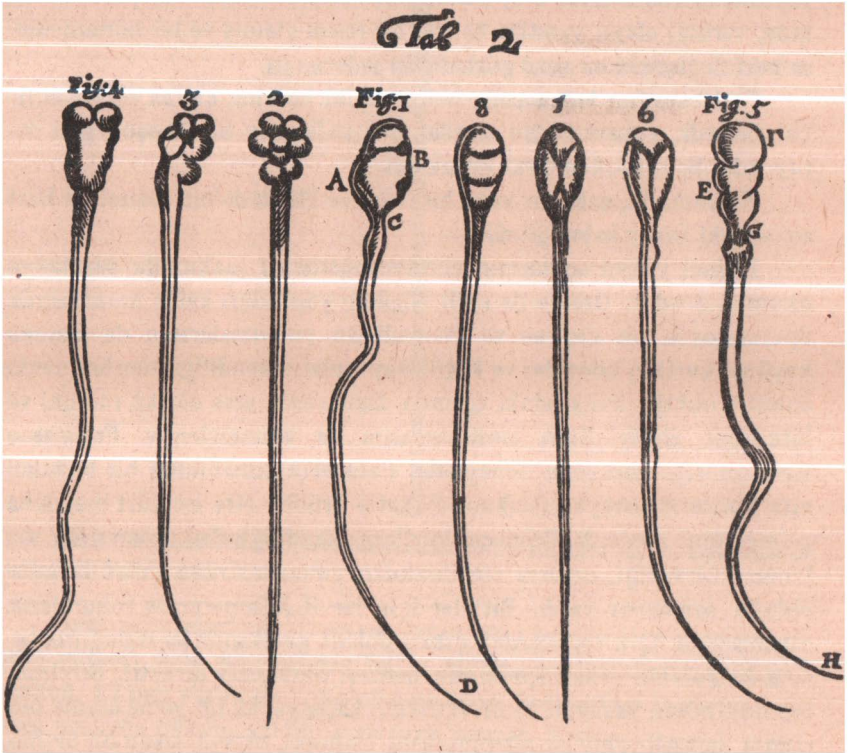
Tavukları olduğu kadar Havva'yı ve insan ırkını da kapsayan bu *emboitement* teorisi, ön biçimlenimciliği kanıtlayacak gibi görünen, daha başka keşiflerin sonucuydu. 1667'de, Nicholas Steno doğurgan bir yaratık olan köpek balığında, yumurtayla dolu olan yumurtalıkları keşfetti. Beş yıl sonra, Regnier de Graaf (1641- 1673) tavşan, köpek, sığır ve insanın dişi testislerinde (o zamanlar öyle deniyordu) hava kabarcıkları keşfetti. Bu kabarcıkları yumurta olarak kabul etti ve testis denilen şeyin aslında yumurtalık olduğunu iddia etti. Gebe tavşanlarla yaptığı bir dizi zekice düzenlenmiş deney sonunda, döl yolundaki embriyoların sayısı ile yumurtalıklar üzerindeki sarı cisimlerin (yumurtlamadan sonra kabarcıklardan kalan corpora lutea) sayısı arasında sabit bir sayısal özdeşlik buldu. Her ne kadar da Graaf kabarcığı yumurta ile karıştırmışsa da (memelilerin yumurtaları o kadar küçüktür ki, 19'uncu yüzyıla kadar gözlenememiştir.) keşfini yorumlayışı esasta doğrudu ve hala bunlara onun adıyla, Graaf folikülü diyoruz. Harvey'in yargısı şimdi yeni ve daha kesin bir anlam kazanmıştı; doğurgan memeliler de gerçekten yumurtadan doğuyordu. Ön biçimlenimcilik kendisini yumurtalarda üreme araştırmalarıyla kurumsallaştırmıştır; ve yumurtacılık, yani yumurtadan üremenin evrenselliği doktrini kendisine güçlü bir destek oluyordu.

Yumurtacılığın rakipsiz saltanatı tam beş yıl sürdü. Mikroskobun verdiğini yine mikroskop aldı, 1677'de, Leeuwenhock spermatozoaları gözledi (Bak. Şek. 5-5)

"Bu *animalicula** kanın kırmızı rengini veren taneciklerden küçüktü öyleki bir milyon tanesi bir araya gelse bir büyük kum taneciği büyüklüğüne ulaşamazlar. Ön tarafı küt, gövdeleri yuvarlakçaydı ve arkaları bir nokta haline gelinceye kadar inceliyordu; vücuttan beş ya da altı kez daha uzun ve vücudun yirmibeşte biri incelikte ince, şeffaf bir kuyrukla donanmışlardı, öyle ki, şekillerini en iyi upuzun köklü bir küçük turpla karşılaştırabilirim. Kuyruğun yılan gibi kıvrımlı hareketiyle tıpkı yılan balıklarının suda yüzüşü gibi, ileri doğru hareket ediyorlardı". Bu durumda yumurtacılık müşhit bir hata olarak görünüyordu. Pasif

* Mikroskopla görülebilen hayvandılar. /Ç.N./

yumurta, yeniden üremenin gerçek taşıyıcısı olan, açıkça yaşamsal animaküller, ya da leeuwenhoek'in verdiği adla, erkek sperminin "spermsel kurtlarının" besininden başka bir şey olamazdı. Bir İsveçli doktor, insan onuruna daha uygun olan yeni bir doktrin buldu. Nikolaas Hartsoeker (1656- 1725) yumurtacılığın saçmalığını, ilk yumurtanın altmış yüzyıl sonra (o zamanki inanışa göre dünyanın yaratılışı M.Ö. 4004 yılında yer aldığına göre Havva'yı kendi nesliyle karşılaştırıyordu.) döllenecek yumurtadan 30.000 kez daha büyük olması gerektiğini hesaplayarak gösterdi.



Şekil 5.5. Leeuwenhoek'in spermatozoa çizimleri. 1-4 insan, 5-8 köpek spermatozoa'sını temsil etmektedir.

İnsan animaliculacılığın (Yeni doktrine böyle deniyordu) on biçimlenimciliği reddettiğini sanabilir. Bundan daha yanlış bir şey olmaz. Ön biçimlenimciliği yumurtacılar için çekici kılan etkenler, onu animaliculacılar için de çekici kılıyordu. Yumurtacılığın saçmalığını kanıtlayan Hartsoeker, animaliculacılığın da aynı sorunlarla yüz yüze olduğunu göremiyordu.

"Her bir hayvanın, aslında minyatür halde olan, aynı türün erkek yada dişisini, spermi içinde bulunan ince ve hassas bir zarın içinde taşıyıp koruduğu söylenebilir."

Bir spermatozoa başı içine kıvrılmış bir homunculus resmi bile yayımladı. (Bak. Şek. 5-6) Bir Fransız doktoru olan François de Plantade, verdiği alaylı yanıtta benzer bir resim çizmiş ve bir homunculusu kılıf değiştirirken nasıl gözlediğini anlatmıştı.

"İki bacağına kalçalarını, belini ve iki kolunu, çıplak olarak açıkça gösterdi; yukarı doğru sıyrılan zar kafasında bir kapşon gibi duruyordu. Soyunurken biraz durakladı."

Ne yazık ki, şaka bir yana bırakıldı ve Plantade'nin çizimi de Hartsoeker'inki kadar kabul gördü.

17'inci yüzyıl sonlarının enbriyolojistlerini şaşkınlığa düşmeden okumak zordur. Üreme ile ilgili bilgilere yaptıkları katkı muazzamdı. Spermatozoa'nın keşfine ve memelilerin yumurtalarının da zımnen keşfine; kurtlar, böcekler ve küçük hayvanların kendiliğinden üremenin ürünleri olduğu hakkındaki egemen düşüncenin esas olarak reddini ve bitkilerde cinsiyetliğin tanıtlanmasını da eklemişlerdir. Francesco Redi yaptığı kontrollü deneylerle, sineklerin konabildiği bir bozulan ette kurtların ortaya çıktığını, dikkatle örtülen ette ise kurt meydana gelmediğini gösterdi. Böylece, kurtların kendiliğinden üremesinin söz konusu olmadığı, onların ete bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar olduğu sonucuna vardı. Bitkiler için ise R.J.Camerarius tohumların olgunlaşmak için erciklerden çıkan polene gereksinmesi olduğunu tanıtladı. Polenin erkek sperminin benzeri olduğunu farketti. Böylece, biyoloji bilimi yaşayan bütün varlıkları kapsayacak bir genel üreme teorisinin menzili içine girmiş oluyordu. Halbuki, ortaya çıkan ön biçimlenimcilik, üremenin en aşkar yanına, yani yavrunun hem ana hem de babadan karakteristikler taşıması gerçeğine, bile doyurucu bir yanıt veremeyen bir teoriydi.



Şekil 5.6. Hartsoeker'in bir homunculus'un sperm içindeki bir animalicula-daki görünüşü ile ilgili çizimi.

Mekanikçi felsefenin, üremede zaten hazır beklemekte olan organların görünür hale gelmesinden başka hiçbir şeyi kabuledemeyişi yüzünden, 17'inci yüzyıl embriyolojisi ile kendi keşiflerinin bilincine varması arasında çakılıp kaldığı sonucuna varmak, insana kızgınlık verir. Böyle bir sonuçlandırmayı benimsemeden önce, dirimselciliğin ve epigenesis teorisinin temsilcisi olan Harvey'in aynı zamanda, erkek sperminin embriyoya her hangi bir katkısı olabileceğini kabul etmeyen bir yumurtacı olduğunu da anımsamalıyız. Mekanikçi filozoflarinkine

tamamen zıt nedenlerle, yani üremenin maddesel olmayışını iddia edebilmek için, Harvey sperm ile yumurta arasında meydana gelebilecek bir fiziksel temas olasılığını reddetmekteydi. Bu durum, yeni keşiflerin anlaşılmasında mekanikçi felsefeye göre çok daha engelleyici oldu. 17'inci yüzyıl keşiflerinin öneminin tümüyle farkedilebilmesi için 19'uncu yüzyıla gelinceye kadar elde edilemeyecek olan, geniş bir ek bilgi ve yaşamsal süreçler anlayışı gerekecekti. Biyolojinin bir çok öteki alanlarında olduğu gibi, emriyolojideki keşiflerin de mekanikçi felsefenin bilimsel düşünce üzerindeki etkisinin sürdüğü bir dönemde yapılmış olduğu gerçeğini de hatırd tutmalıyız. Mekanikçi felsefe katagorileri,biyolojik anlayış için ne kadar elverişsiz olursa olsun biyoloji bilgisinin genişlemesini engellememiştir.

Bir diğer eğilime de,tıpsal mekanikçileri ilk biyofizikçi ya da biyokimyacılar olarak sayma eğilimi, kapılmamalıdır. Tıpsal mekanik,biyoloji araştırmalarının gereksinmelerinden doğmamıştı; daha çok, mekanikçi felsefe işgalinin kurduğu bir kukla rejimdi. Tek tek problemlerde kan dolaşımı buna klasik örnektir. Mekanik düşünme tarzı, yani yaşamsal süreçlerdeki mekaniksel zorunluğa görebilme yeteneği, yeni anlayışlara yol açabilirdi. Bununla beraber, Harvey'in kendisi mekanikçi değil, dirimselciydi. Çoğu yerde, tıpsal mekanik,biyoloji konusunun dışındaydı. Yaşamsal öneme sahip ayrıntılı gözlemleri engellemedi; ancak görülen şeylerin anlaşılmasına da hemen hiç bir katkıda bulunmadı. Biyolojik süreçlerdeki incelik bir yana, 17'inci yüzyıl mekanikçi felsefesinin zaten kendisi hamdı. Her şeyden önce, fiziksel ve biyolojik bilimlerle uyum içine girebilmek için gerekli ön koşul olduğu ortaya çıkmış olan olgun bir kimyadan yoksundu. İnsan, mekaniksel açıklamaların biyoloji olaylarına uygun olduğunun kabul edildiği bir dönemde, tıpsal mekanikğin hiçbir kayda değer keşif yapmamış olmasından, sadece şaşkınlığa düşüyor.

BÖLÜM VI BİLİMSEL GİRİŞİMİN ÖRGÜTLENİŞİ

17'inci yüzyılda olanlar bilimsel kavramların basit bir yeniden formüllendirilmesinin çok ötesindedir. Kaldı ki, kavramların yeniden formüllendirilmesi bile örneklerini sık sık gördüğümüz üzere, "devrim" nitelenmesini kazanmaya yeter ölçüde radikaldir. Bu dönemde bilim, aynı zamanda bir örgütlü toplumsal etkinlik olarak da kendisini gösterdi. Daha önceki dönemlerde kuşkusuz büyük bilimsel etkinlikler meydana gelmişti. Bununla beraber, 17'inci yüzyıldan önce bilim ile felsefeyi birbirinden ayırdetmek ve bir çok kişiyi, öncelikle bilim adamı olarak betimleyebilmek zordu. Aslında 17'inci yüzyıl sonunda bile, Leibniz gibi bir kişinin varlığı, bugün anladığımız biçimi ile bilimin bağımsızlaşmasının tamamlanmış olmaktan çok uzak olduğunun işaretidir. Yine de, yüzyılın sonunda Batı Avrupa'da hiç çekinmeden bilim adamı olarak tanımlayabileceğimiz, öyle birkaç kişi değil, bütün bir küme insan vardı. Dahası, bunlar birbirinden kopuk bireyler halinde çalışmıyorlardı, aksine kendilerinin aynı amaç peşinde koşan büyük sayıda insanla etkili bir iletişim içinde bulunabilmelerini sağlayan örgütlü dernekleri vardı. Peygamberlerin kurduğu temel üzerinde artık örgütlü bir din yükselmekteydi.

20'inci yüzyıl insanı için bu dinin adında "üniversite" sözcüğünün yer almadığı olduğunu öğrenmek şaşırtıcıdır. Bizler üniversiteleri bilimsel araştırmanın başlıca merkezi ya da hiç değilse başlıca merkezlerinden birisi olarak düşünmeye alışkınızdır. Benzer bir durum bilimsel çalışmalar dahil her türlü entellektüel etkinliğin, üniversiteler çatısı altında yer aldığı Orta Çağ için de doğrudur. 17'inci yüzyılda ise kökünden değişik bir durum doğdu. Avrupa üniversiteleri bilimsel etkinliklerin sadece merkezi olmamakla, ya da doğa bilimleri üniversitelerden bağımsız, kendi etkinliğin merkezlerini kurmaya zorlanmakla kalmamışlar, fakat üniversiteler modern bilimin kurduğu yeni doğa kavramlarına muhalefetin de önde gelen merkezleri olmuşlardır.

Avrupa üniversitelerinin modern bilime karşı tavırlarını anlamak için, varlıklarına yol açan koşulları ve kurulma nedenleri olan işlevlerini anımsamak gerekir. Aslında üniversiteleri, kazanılmış Aristocu felsefe birikimi 13'üncü yüzyılda birer öğrenim merkezi olarak yaratmıştı. Başından beri bu kurumlar, Aritso yorumuna ve duyurulmasına adanmışlar ve Avrupa akademik çevreleri Aristo felsefesinin sürdürülmesine kapsamlı bir ilgi duymuşlardı. Yine baştan beri, üniversite katolik kilisesi ile de ilişkili olmuştu. Kilise öğreniminin önde gelen merkezi oldukça, üniversitenin bağımsız bir varlığa sahip olabilmesi olanaksızdı. Kilise isteklerini kendi dışındaki bir kuruluşa benimsetmeye çalışmadı; tam aksine, üniversiteyi, aksi halde böyle bir kurumu oluşturmasına olanak olmayan, bir toplumun en ileri öğrenim kurumu olarak yaratan ve besleyen zaten kilisenin kendisiydi. Avrupa üniversitelerindeki bütün hocalar tarikat üyeleri idi ve öğrencilerin büyük bir bölümü dinsel kariyere hazırlanan kişilerdi. Ortaçağ üniversiteleri, Aristo'yu vaftiz etmiş ve hristiyanlaştırmıştı ve sayısız eserde değinilen adıyla ona, "filozof" sanını yakıştırmıştı. 1600 yılına gelindiğinde, bu kurumların temel özelliklerinden pek azı değişmişti. Rönesansın etkisi, Aristo dışındaki klasik yazarları da müfredata sokmuş görünüyorduysa da, yine de üniversiteler edebiyat öğrenimi merkezleri değillerdi. Protestan bölgelerde, üniversiteler başkaca önemli bir değişikliğe uğramaksızın, kilise dışı zümrelere de hizmete başlamışlardı. Soyluların oğulları yüksel öğrenime heves ettikçe, üniversitelerin kilise elemanlarına mahsus olma niteliği ortadan kalkmaya başladı, ancak dinsel işlevlerinde hiçbir gevşeme olmadı. Böylece 1600 de, üniversitele-

rin çatıları altında, oldukça eğitimli ve modern bilimin doğuşunu selamlamaktan çok, onu hem egemen felsefe hem de içlerine işlenmiş olan din için bir tehdit olarak görmeye eğilimli bir grup toplanmış bulunuyordu.

Galileo, bilim ile üniversite ilişkisi konusunda bir örnek olarak incelenebilir. Mesleksel kariyerine Pisa Üniversitesinde matematik profesörü olarak başladı ve 1592 de en önemli İtalyan üniversitesi olan Pavia da benzer bir kürsüye geçti. Pavia, 16'ncı yüzyıl boyunca bilimsel öğreniminin merkezi ve mantık üzerindeki yazıları, bilimsel yöntemin felsefel kuruluşuna önemli katkılar yapmış olan bir dizi filozofun yeri olmuştur. Bu kişilerin çalışmaları Aristocu mantığa sıkı sıkıya bağlı kalmış ve egemen geleneğe bir tehdit oluşturmamıştı. Buna karşılık, Galileo mantıkla değil, kozmoloji ve mekanikle uğraşmış ve daha önce gördüğümüz gibi çalışmaları Aristocu biliminin çerçevesi dışına taşmıştı. Galileo 'nın, mekaniğin yapısını kurduğu ve Aristocu göklerin yıkılmasına katkıda bulunan teleskobunu yaptığı, yaşamının en yaratıcı döneminin, Pavia'da kürsü sahibi olduğu onsekiz yıla rastladığı bir gerçektir. Bununla beraber, sonunda Pavia'yı terkederek Floransa'ya gitti ve *Dialogue* ve *Discourses* adlı büyük eserlerini, bir üniversite profesörü olarak değil, Taskani Grand Dükünün matematikçisi olarak yayımladı. Bu durum 17'inci yüzyıl için simgesel değerdedir. Bazı hekimler dışında, önde gelen hiçbir bilim adamı üniversite kürsüsü sahibi değildi ve bilimsel devrim üniversiteler sayesinde değil, üniversitelerin düşmanlığına karşı gerçekleştirilirdi. Galileo'nun Pavia'yı terk edişi ne kadar simgeselse, Roma'da eziyetini çektiği yargılamanın arkasındaki asıl itici gücün, din adamları değil, onun sert karşı Aristoculuğunda, "filozofa" olan geniş kapsamlı ilgileri için bir tehdit gören, perde arkasındaki akademisyenler oluşu da o kadar simgeseldir.

Önde gelen bilim adamlarının büyük bir bölümü üniversite dışında çalışmışlarsa da, üniversitede çalışanlar da vardı. Bunların en büyüğü olan Isaac Newton, kariyerinin yaratıcı dönemi boyunca Cambridge'de Lucasçı matematik kürsüsünün sahibi oldu. Lucas, profesör olduğu süre içinde (ve bu kürsüye getirilmeden önceki yine üniversitede geçen beş yıl boyunca) Newton; cebiri, beyaz ışığın bileşimini ve evrensel çekim yasasını keşfetti. Yine de Newton örneği, 17'inci yüzyılda üniversitelerin bilimsel etkinlik merkezi olmadıkları tezi ile çelişmez. Ga-

lileo'nun karşılaştığı düşmanlıkla Newton'un karşılaşmadığı doğrudur yüzyılın sonundaki Cambridge, yüzyılın başındaki Padua değildi. Bunun beraber, Newton bir bilim adamı olarak üniversitenin eğitim yaşamında temel bir rol oynamamıştır. Hem optik hem de mekanikle ilgili keşiflerini yayımlamadan önce üniversite çevrelerine açıklardı. Bu konferanslarının kavrandığına, ya da bir yankı uyandırdığına dair en küçük bir işareti bile yoktur ve birçok belirtiye göre açıklamaları sık sık hiç üzerinde durulmadan unutulup gitmiştir. Zaten, başka türlü olmasına olanak var mıydı ? Standart müfredatda öğrencileri Newton'un derslerine hazırlayacak hiçbir şey yoktu; eğitim yönetiminin belke miğini oluşturan, özel hocalardan ders alma sistemi, bambaşka amaçlara yönelikti. Bugün bir Nobel ödülü sahibinin bir Amerikan üniversitesinin yeni gelmiş birinci sınıf öğrencilerine araştırması üzerinde konferans vermesi, Newton'un 17'inci yüzyılda Cambridge Üniversitesi lisans öğrencilerine keşiflerini duyurmasından daha az saçmaydı. Üniversitenin saygısına sahip olmasına ve Şanlı Devrim'den önceki dönem de kralın Cambridge'i yıkma çabalarına karşı oluşan direnişin bir önderi olarak parlamasına karşın, bir bilim adamı olarak Cambridge'de tek başınaydı. Londra'daki Royal Society'yle ilişkisi eserlerinin yayımlanmasını sağladı; benzer bir teşvik Cambridge'den gelmedi.

Yeni bilime karşı tavırlar, ötekilerle karşılaştırıldığında gerici olmaktan çok uzak olan İngiliz Üniversiteleri, gelişme düzeyleri bakımından ancak Avrupa'dakiler gibiydi. Cambridge'de, Lucas matematik kürsüsü 1663'de kurulmuştu. Oxford Cambridge'den hemen hemen yarım yüzyıl eskidir. Sir Henry Saville geometri ve astronomi profesörlüğünü (Saville Profesörlüğü) 1619'da vakfetmiş, iki yıl sonra da damadı doğa felsefesinde Sadle kürsüsünü kurmuştu. Genel olarak yüzyıl boyunca bu kürsülerde hep yetenekli kişiler bulundu. Newton'un Cambridge'i bir bilimsel merkez haline getirmediğini görmüştük; aynı şey Oxford'daki Saville profesörler içinde söylenebilir. Bu arada, üniversitelerin boş ve amaçsız buldukları geleneksel eğitimin egemenliği altında bulunuşunu vurgulayanlarca kınaması, yüzyılın atmosferini doldurmuştur. Yüzyılın hemen bütün önemli bilim adamlarının üniversite ürünü olduklarını anımsamak gerekir. Buna karşın, bilimin kolej

salonlarına ya da üniversite müfredatına ciddi bir biçimde giremediği de bir gerçektir. Yüzyıl sona ererken, Orta Çağdan kalma müfredat sistemli bir değişikliğe uğramamıştı.

İngiliz üniversiteleri için doğru olan her şey, kıta Avrupası üniversiteleri için de en az o kadar doğrudu, ve çoğu zaman durum daha da kötüydü. Kıta Avrupa'sında başlıca öğretim mevkileri, kendisine kapalı olan bilimsel hareket, kendi kurumlarını yarattı. Bu kurumlar eğitimsel değil, fakat bilimi entellektüel olduğu kadar toplumsal bir olgu haline de getiren örgütlerdi. 17'inci yüzyıl bilimsel derneklerin doğumuna tanık oldu.

Bilimsel dernek denilebilecek bilinen ilk örgüt, yüzyılın başlarında Roma'da gelişen *Accademia dei Lincei*'dir. (Lincei Akademisi). Galileo bu derneğin bir üyesiydi ve *Dialogue*'daki sözcüsü Salviati'ye "Akademisyen" sözünü söyletmekle kendisini Lincei Akademisi üyesi olarak tanıtlamaktaydı. Biçimci olmayan bir yapıya sahip olan ve İtalyan edebiyatçılarının gruplarına öykünerek şekillenmiş olan Lincei Akademisi, benzer düşüncedeki arkadaşların doğa felsefesi konularını tartışabildikleri bir topluluktu. 1630 da ortadan kalktıktan sonra bir başka benzer grup yüzyılın ortasında Floransa'da Medici dükünün himayesinde örgütlendi. Adından da anlaşılacağı üzere *Accademia del Cimento* (Deney Akademisi) zamanının doğa felsefesi problemlerinin deneysel incelemesi ile uğraşmaktaydı. Lincei Akademisinden daha ayrıntılı bir yapılanma içinde olan bu yeni akademi, öncelikle deneysel işbirliği ile ilgiliydi ve *Saggi de naturali esperienze** (1667) başlıklı bir ciltte bulgularını yayımlamıştı.

Yüzyılın ilk yarısında, öteki Avrupa ülkelerinde de, Lincei Akademisine benzer resmi olmayan gruplar ortaya çıktı. Bir Minim Biraderi** olan Mersenne kendisini, yüzyılın ortasında kısa bir dönem için Avrupa bilimine yön veren Fransızların önemlice bir bölümünün ekseni haline getirdi. Destancı bir muhabir olan Mersenne, sadece Fransız değil bütün Avrupa biliminin haberleşme merkezi haline geldi. Galileo'nun çalışmaları kuzey Avrupa'ya onun aracılığıyla iletildi. Gerçekten de Galileo'nun *Discourses*'ini Hollanda'da ilk olarak basılmasını sağlayan oydu. O sırada engizisyon tarafından ev hapsinde tutulan Galileo, ki-

* Doğa Deneyleri Hakkında Makaleler

** 15'inci yüzyılda kurulmuş bir dinsel tarikat /Ç.N./

tabı kendisi yayımlamaya cesaret edemezdi. Birkaç yıl sonra Mersenne Toricelli'nin boşlukla ilgili deneylerinin haberlerini yaydı. Pascal'ın deneylerini destekledi ve matematik çalışmalarının basımını teşvik etti. Descartes için ise Mersenne, bilgili dünyanın geri kalan bölümü ile haberleşmenin en önemli aracıydı. Descartes *İlk Felsefe Üzerinde Düşünceler* adlı metafiziksel incelemesini yazdığında, Mersenne eserin kopyalarını zamanın önde gelen filozoflarına dağıttı, böylece ilk basım da yedi kümelik itiraz ve Descartes'in bunlara yanıtı da yer aldı ki, bu durum asıl eseri bir kaç kez daha genişletmiş oldu. Mersenne'in tek başına bir bilimsel dernek olduğunu söylemek pek abartma değildir.

1635 de Richelieu tarafından kurulan *Academic Française*'in Fransız edebiyatını bir örgütle, Fransız dilinin arılığını da bir savunma kalkanı ile teçhiz etmesinden sonra, Fransız bilimi de daha resmi bir örgüte gereksinme duymaya başladı. Evinde, Montmor Akademisinin toplandığı Herbert de Montmor bu alanın varlıklı koruyucusu oldu. Pierre Gassendi ölümüne kadar akademi toplantılarına başkanlık etti. Burası 1650'li yıllarda Fransız biliminin odağı oldu.

Montmor Akademisinin bir toplantısı, sonunda bilimsel dernek leri oluşturan, ilk resmi olmayan grupların işleyiş tarzını göstermesi bakımından öğreticidir. 1658'de o sıralarda kariyerinin başında genç bir bilim adamı olan Christiaan Huygens'in bir bildirisi akademiye sunuldu. Bu bildiride Huygens Satürn'ün biçimini açıklamak için, gezege nin etrafını halkaların çevrelediğini öne sürüyordu. Toplantı, bir olay niteliğindeydi. Çeşitli hükümet temsilcileri, soyluların temsilcileri ve Sorbonne doktorlarıyla beraber sıraları işgal etmişti ve sade bilim adamlarından yer bulabilen talihliler ise arka sıralara sığışmıştı. Demek istediğimiz ilk resmi olmayan dernekler, araştırmanın geliştirilmesi ile olduğu kadar propaganda çabalarıyla da ilgiliydi. Yeni bir doğa kavramı ve insanın bundaki yeri yaratılmaktaydı. Sağduyuya ve onun bütün okumuş insanlarca bilinen ve çoğu kişinin de aşına olduğu Aristocu felsefedeki, karmaşık biçimlenişine meydan okumaktaydı. İlk derneklerin belki de en çetin işlevi, yeni fiziksel doğa kavramını eğitilmiş kamu oyuna yaşama yeteneği olan seçenekler olarak sunmaktı. Bu işlev, Galilleo'nun *Dialogue*'undaki üç adamın tartışmasında

sağlam bir mantıkla sunulmuştu ve Montmor Akademisindeki topluluk da, benzer bir tartışma biçimini önermekteydi.

İngiltere'de kurulan Mersenne'in oluşturduğuna benzer resmi olmayan gruplar ise, Gresham Kolejinde kurumsal bir mesken buldu. Sir Thomas Gresham'ın isteğiyle kurulup, onun Londra'daki evinde yerleşen ve yine onun arazisinin geliri ile finanse edilen Gresham Koleji, şehirde yüksek öğrenim etkinliklerinin bir bölümünü yerine getirmek amacını taşıyordu. Yedi profesörlük kadrosundan üçü- tıp, geometri ve astronomi dalında, bilimle ilgiliydi. Kolejin bir eğitim girişimi olarak ne ölçüde başarılı olduğu hakkında pek az şey biliyoruz, ancak, İngiliz bilim adamlarının orada bir araya gelmeye pek çabuk alıştığını kesin olarak söyleyebiliriz.

Saygın bir matematikçi ve fizikçi olan John Wallis'in çok sonraları naklettiği iki olay, 1645 de başlayan ilginç toplantıları anlatır. On kişilik bir grup Londra'da doğa felsefesi sorunlarını tartışmak için düzenli olarak toplanmaktaydı. Tarihin bu gruba, Robert Boyle'un bir mektubundaki bir deyimle izafeten, "Görünmez Koleji" adını vermesinden sonra, birisi Boyle'un sözünü ettiklerinin bir başka grup olduğunu söyleyerek oyun bozanlık etmişti. Şu kadarını söylemek yeter ki, Wallis'in çevresi Londra'daki toplantılarını Parlamenter zafere kadar sürdürmüşlerdir; Kral yanlısı Oxford'daki Wadham Koleji'nin müdürü oldu ve aşağı yukarı on yıl kadar süren bir dönem boyunca, Wadham Koleji ve Oxford İngiltere'deki bilimsel etkinliklerin en yoğununa sahne oldu. Stuart hanedanının 1660 da yeniden iktidara dönüşü ile Oxford grubunu dağıtılması tamamlanınca, grubun büyük bölümü yeni den Londra'da yerleşti. Otuz kişi kadar olan bu grup elemanları bilimin aktif olarak içindeydiler ve bir birlerini çok iyi tanıyorlardı. O zamanlar Gresham astronomi profesörü olan Christopher Wren'in bir konferansından sonra, yakındaki bir tavernada toplandılar ve resmen örgütlenmeye karar verdiler iki yıl sonra da Royal Society /Kraliyet Derneği) adını aldılar.

1660'ların başlarında, Fransa'da da dikkatleri Kraliyet Derneği'nin kurulmasına yönelten, önemli siyasal gelişmeler yer aldı. Kardinal Mazarin 1661 de ölünce, 14'üncü Louis bundan böyle kendi başbakanının yine kendisi olacağını ilan etti. Montmor Akademisi üyeleri de 2'inci Charles'ın kendi desteğine bahsettiğini hayal ettikleri türden,

bir kraliyet himayesine kavuşmayı düşlemeye gelen bölünmeler sonunda hızla dağılmaktaydı. Bu koşullar altında 1663 de, daha önce İngiltere'ye gitmiş ve Royay Society'ye kabul edilmiş olan Samuel Sorbierre, devlet desteğine gereksinme olduğunu ifade eden bir muhtıra kaleme aldı. Üç yıl sonra, 1666 da *Academie royale des sciences* (Kraliyet Bilim Akademisi), 14'üncü Luis'nin maliye bakanı Jean Baptiste Colbert'in aracılığı ile resmen kuruldu.

Başından beri *Academie des sciences*, Montmor Akademisinden farklı bir dernek oldu. Onaltı üye ile sınırlı olarak bilimin önderlerini bir araya getirme çabasındaydı ve eğitilmiş kişiler arasında propaganda yapmak değil, araştırma yapmak amacındaydı. Sadece Fransız bilim önderlerine özgü bile değildi. Hollanda'dan Cristiaan Huygens, Danimarka'dan astronom Roemer, İtalya'dan Cassini Paris'e getirildi -modern beyin göçünün bir türü. Üyelerin atamalarını yapan Fransız hükümeti, maaşlarını da ödüyordu. *Academie* Fransız hükümetinin yarattığıydı.

Bu durumun bir sonucu olarak, *Academie* nisbeten dolu bir keseye sahip oldu. *Academinin* bilim adamları, Avrupa'nın en zengin donanımına sahipti ve başkalarının yürütmesi olanaksız projeler gerçekleştirecek durumdaydılar. *Academie* yer üzerinde, bir derecelik yayın uzunluğunun ölçümünü destekledi; böylece de dünyanın büyüklüğünü önceki ölçmelerden çok daha ileri bir duyarlılıkla belirledi. Güney Amerika'ya yapılan bir keşif gezisi, Mars'ın Dünya'ya olan uzaklığının ve dolaylı olarak da güneş sisteminin boyutlarının belirlenmesini sağladı. Bu çapta projeleri üstlenmek birey olarak bilim adamlarının olanaklarının çok üzerindeydi ve *Academie des sciences* bu projeleri gerçekleştirmekle bütün bir bilimsel topluluğu gönül borcu altında bırakmıştı.

Elde olunan bu yararların bir bedeli de vardı. *Academie*, mali desteği Fransız hükümetince sağlandığına göre, onun tarafından da yönetilecekti. *Academie* hükümetin bir patent bürosu gibi işledi ve önde gelen bilim adamlarının zamanını boş şeyler için harcadı. *Academie* bazan bir şirket gibi işliyor ve kendibaşlarına bırakılsa başka türlü işler yapacak olan insanlara yükümlülükler getiriyordu. Fransız bilimine olan etkisini belirlemek, hatta öteki etkilerden ayırdetmek bile zordur. Ancak şu kadarı açıktır ki, *Academie* Fransız biliminin, hükümetin desteğine gereksinme duyduğu düşüncesinin ifade edilmesi üzerine

kurulmuştur. Bu kuruluşun gerçekleştiği sırada Fransa, Avrupa biliminin önderiydi. Ancak önderliğin otuz yıl sonra İngiltere'ye geçtiği de kuşkusuzdur. Bu görelî çöküşe *Academie*'nin neden olduğunu kanıtlayacak delil yoktur. Sadece örgütün kendisi kurulmadan önce, Fransız biliminin sahip olduğu önderliği sürdüremediğini söyleyebiliriz.

Bu sıralarda İngiltere'de bilimsel çevreler tamamen farklı bir örgüt olan Royal Society'yi kurmuştu. Gresham Kolejinde bir semineri dinlemek için toplanan bir grupça kendiliğinden kurulan dernek, İngilizlerin öz-yönetim yeteneklerinin tipik bir ifadesidir. Aralarında yer alan saraylıların yardımı ile kraliyet himayesi peşinde koştu ve böylece, "Royal" sıfatı ile ayrıcalıklandı. II. Charles'ın kesesi, kendisinden istenenleri karşılamakta her zaman yetersizdi. Nell Gwyn *e ya da bilimi desteklemek seçeneklerinden birisini yeğlemek zorunda kaldığı zaman görevini hiçbir kararsızlığa düşmeden ifa etmiştir ve Royal Society'ye yaptığı en değerli katkı "Royal" sıfatından ibaret kalmıştır. Dernek, adına ve resmi ayrıcalığına karşın, her bakımdan özel bir kuruluştur.

Bu durumun bir sonucu, Royal Society üyeliğinin *Academie*'ninkinden tamamen farklı oluşuyordu. Fransız derneği bir bilimsel seçkinler topluluğu oluşturmak isterken, Royal Society kapısını ilgi duyan herkese açtı ve kısa sürede bir sürü geveze amatörle doldu. Görüldüğü kadarıyla 17'inci yüzyılda üyelik için önerilen herkes kabul olundu ve Royal Society'ye üye olmak Restorasyon toplumunun heveslerinden biri haline geldi. 1660'larda dernek ilk heyecan dalgasını yaratmayı başardı. On yıl sonra ise, saf amatörlük hemen hemen unutulmuş bulunuyordu.

Bununla beraber, Royal Society yok olmadı; bugün yaşayan en eski bilimsel dernektir. Varlığını sürdürebilmesinin nedeni kısmen üyeleri açısından şanslı oluşudur. Örneğin deneysel tartışmayı tercih ettikleri toplantılara bile, bir damla bilimsel içerik katabilen evrel değerde bir adama sahipti. Dernekte, sürgün edilmiş bir Alman olan ve yazışma sekreterliği yapan Henry Oldenburg'da (? 1620- 1677) de çalıştı. Onun yazışmaları aracılığı ile, sadece İngiliz değil, fakat çok daha geniş bir bilimsel çevre işbirliği olanağı buldu. Oldenburg, bugün de ya-

* İngiliz artisti ve II Charles'ın metresi (1650-1687) /Ç.N./

şayan en eski bilimsel dergi olan *Philosophical Transactions*'ı kurmakla kendi işlevini kurumsallaştırdı ve modern bilimin beslediği yeni yazın biçiminin yaratılmasına yardımcı oldu. Oldenburg ve *Philosophical Transaction* aracılığıyla, Hollandalı mikroskopçu Van Leeuwenhoek ve İtalyan Malpighi, keşiflerini duyurdular. Oldenburg ve *Philosophical Transaction* aracılığı ile, Isaac Newton endişelerinden kurtuldu ve bilimsel dünya ile ilişki kurdu.

Ancak, Royal Society'yi Hooke ve Oldenburg'un kurtardığını söylemek gerçeğin sadece yarısını söylemek olur. Oldenburg 1677 de öldü ve onu izleyen on yıl içinde de Hooke faal yaşamdan ayrıldı. Bu kişilerin o zamana kadar çok iyi yürütmüş oldukları işleri başka kişiler de aynı yetkinlikle üstlendi. Royal Society'nin neden yaşamını sürdürdüğünü ve başka derneklerin de neden kurulduğunu, yaşadığını ve geliştiğini bundan daha iyi belki de hiçbir şey anlatamaz. Bilimsel dernekler, bilim adamlarının iletişim gereksinimleri sonucu kurulmuştu; her bir birey bu gereksinimi duymaktaydı. 17'inci yüzyıl başlarında, grupların yaşaması Mersenne gibi bireylere bağlıydı. Yüzyılın sonuna gelindiğinde durum artık böyle değildi ve Royal Society ya da *Academie* modeli üzerine kurulmuş olan dernekler Avrupa'nın çeşitli köşelerinde yeşermeye başlamıştı.

Resmi olmayan ve sık sık karışık bir hal alan Royal Society'nin 17'inci yüzyılın gereksinimlerine daha iyi finanse edilen fakat katı bir yapısı olan *Academie*'den daha iyi cevap verişinin nedenleri üzerinde düşünmek gereklidir. Dünyayı ölçmek gibi pahalı projeler Royal Society'nin olanakları dışındaydı, ancak bu tür projeler daha çok sabitlerin ölçümü ile sınırlıydı. Nicel bilimin ilerlemesi bu ölçümlerin sonuçlarına bağlıydı, ancak bu ölçümlerin kendilerinin bilimsel anlayışın büyük adımlarını oluşturmaları pek olası değildi. Bu sıralarda Royal Society böyle projeleri desteklemese de, sonunda çok daha önemli olan çalışmaları teşvik etmekteydi. Burada kilit sözcük "teşvik"tir. Dernek, gevşek yapısıyla üyelerini çalışmalarında zorlamaya ya da onlara egemen olmaya cesaret edemezdi. Yalın varlığı ve açık ilgisiyle dernek, kibarca teşvikçi olabiliyordu ve bu yolla en büyük mikroskopçulardan birisi olan Robert Hooke'un, en büyük doğa bilimcilerden birisi olan Joh Ray'in, en büyük fizikçi Isaac Newton'un ve daha dar ölçüde olmak üzere, büyük kimyacı Robert Boyle'un çalışmalarının

basımına yardımcı oldu. *Academie* ise bu ölçüde hizmet iddiasında bulunamaz.

Derneklerin kurulması, bilimsel hareketin gücünün artışının bir göstergesi ise, araçların icadı da bir başka göstergesidir. 17'inci yüzyıla, bilimsel araştırmalarda o zamandan beri temel olan, önemli sayıda araç borçluyuz, Yüzyılın başında, teleskobun icadı astronomiye, gök çalışmalarında devrim yapan bir araç sağladı. İzleyen on yıl içinde, daha sonraki bir tarihte biyolojiye aynı ölçüde hizmet etmiş olan mikroskop ortaya çıktı. İlk duyarlı saat, o zamana kadar hayal bile edilemeyen doğrulukta zaman ölçmelerine olanak sağladı. Termometre, bir termometreyle yapılan ölçmeyi, diğerinkiyle karşılaştırmayı olanaklı kılan standart ölçek 18'inci yüzyıla kadar geliştirilememekle beraber sıcaklığı, ölçüm sınırları içine kattı. Atmosfer basıncı, barometre aracılığı ile bir ölçü nesnesi oldu ve hava pompalarının basıncı değiştirecek ve pratik olarak boşluk yaratacak bir güce ulaşmasıyla da, laboratuvar kullanımına konu oldu. Araştırma araçlarına önceki hiçbir yüzyıl bu kadar katkıda bulunmamıştır.

Somut deney araçlarının yanında, çok daha büyük önem taşıyan, bir soyut araçtan, yani deneysel yöntemden de söz etmek zorundayız. Daha önceki doğa felsefelerinin toptan reddinin bir nedeni de, -ki bu reddediş bilimsel devrimin önemli bir özelliğidir-, eski yöntemlerin yarattığı düş kırıklığıydı. Yüzyıllar süren araştırmalar sonunda, elle tutulur hiçbir şey elde olunmamıştı. O halde araştırma yöntemi yanlış olmalıydı. Yüzyıl boyunca çalışmalarını yöntem sorununa yönelten kişilerin çokluğu, bu düşüncenin ne kadar yaygın olduğunu gösterir. Bacon'ın *Novum Organum*'unu Descartes'in *Discours de la Methode*'ı izledi ve Pascal, Gassendi, Newton ve daha bir çok kişi bu konu üzerine de az ya da çok durdular.

Bütün bu tartışmalarda doyurucu olmayan bir taraf vardır. Bacon (1561- 1626) deneysel yöntemin kurucusu olarak büyükçe bir üne sahiptir, ancak bu ünü *Novum Organum*'u* (1620) dikkatlice okuduğumuzda pek yakıştıramayız. Doğanın doğrudan incelenmesindeki ısrarının değeri ne olursa olsun, bilimin zorunlu temeli olarak evrensel bir doğa tarihi gereksinmesi belirtmesi, çalışmalarına egemen olan ba-

* Yeni Organon, Organon Aristo'nun mantık incelemeleri külliyatına verilen addır.

şıboş gözlemlerin genel havasını yansıtır. Öte yandan Descartes, deneyin sadece bilimsel ayrıntılar için geçerli olduğunu, doğa felsefesinin genel ilkelerinin ise tek başına akıl yürütme ile kurulabileceğini iddia etmekteydi. Doğanın sınırlarının araştırılmasında aklın gücüne olan inancı 17 ve 18'inci yüzyıl düşüncesinde kayda değer bir etki yaptı, ancak bizim bugün anladığımız haliyle bilimsel yöntemin oluşmasına pek az katkısı oldu. Pascal'ın yöntem üzerine yazdığı kısa denemeleri, deney ile Descartesci program arasında daha yalın bir ilişki kurma çabasıydı, ancak denemeler tamamlanamadı.

Yüzyıl içinde deneysel yöntemin en güzel ifadesi, belki de Robert Boyle'un yazılarında bulunur. Kusursuz bir önermenin niteliklerini içeren bir liste içinde kısa fakat anlamlı bir şekilde sunulmuştur.

"/Deney/ marifetli bir doğa bilimcinin, /deneye/ uygunluğu ya da aykırılığı ile, gelecek olayları önceden bildirebilmesini sağlamalıdır; ve özellikle bu deneylerde yer alan hadiseler incelenmek üzere öyle düzenlenmelidir ki, şeyler /bu hadiselerin/ sonucu olmalı ya da olmamak zorunda kalsın".

17'inci yüzyılda yöntem üzerine yazılan yazıların çoğu kanıtlama sorunu ile ilgiliydi. Boyle'un kısa ifadesi, modern bilimin deneysel yönetimini mantıktan ayırdetmek için yapılan çalışmaları göstermektedir.

Deneysel yöntem, gezegen hareketleriyle ilgili üç yaşa, ya da kırılmanın sinüs yasası gibi sadece 17. yüzyıla mal edebilecek belirli bir keşif değildir. Kuşkusuz bir tek deneysel yöntem yoktur ve sadece en genel biçimde, öteki deneysel süreçlerden, örneğin; tarih araştırmaları ya da mantıksal soruşturmalardan ayırdetmek için genel tiplerden söz edebiliriz. Deneysel araştırmanın öncü örnekleri ve müjdecileri boldu. Bunun örnekleri Galen'in fizyoloji yazılarında bulunabilir. Koşullu-tümevarım sistemine çok benzer şeyler oldukça uzun bir biçimde Robert Grosseteste'den gelen ortaçağ ekolü ve 16'ıncı yüzyılda Padua Üniversitesi mantıkçıları tarafından tartışılmıştı. Bununla beraber, asıl 17. yüzyılda, doğanın kendiliğinden sunduğu olayları çıplak olarak gözlemenin aksine, doğayı deneyle belirlenen koşullar altında aktif bir biçimde incelemekten ibaret olan deneysel yöntem, bilimsel araştırmanın çok kullanılan bir aracı haline geldi. Daha önceki örnekleri öne sürmek ne kadar haklı olursa olsun, deneysel araştırmanın ilk klasikleri

nin çoğu örnekleri 17'inci yüzyıldan kalmadır.

William Harvey'in fizyoloji deneylerindeki basitlik, deneysel yaklaşımın asıl yüzünü aydınlatır. Kolundaki dolaşımı bir ligatürle kesip, meydana gelen değişiklikleri gözlerken, doğaya sorusunun dikte ettiği bir dizi yapay koşul empoze etmekteydi. Aynı şekilde, ilk barometre de dikkatle tanımlanmış sorunun, Torricelli'nin bir cam tüpü civa ile doldurup bir tabağa dökmesine yol açtığı bir deneydi. Deneycinin düzenlemesi olmasaydı, Toricelli'nin gözlediği olay hiç bir zaman meydana gelmezdi. 17'nci yüzyılda yapılan deneysel incelemelerin en güzel örneklerinden birisi de Newton'un renklerin nedeni üzerine yaptığı bir dizi deneydir. Bu deneylerin doğada kendiliğinden oluşan olaylarla ilgisini kurmak gücü. Newton bir dizi yapay koşul düzenledi ve bu koşullar deneycinin doğaya sorduğu soruları bütünüyle tanımlıyordu. Kuşkusuz, deneyci sorusuna alacağı yanıt razı olacaktı ancak, deneyin düzenlenişi doğaya "evet" ya da "hayır"dan başka yanıt verme seçeneği bırakmıyordu.

17'inci yüzyıl sonuna gelindiğinde, bilimsel devrim o zamandan beri kullanılmakta olan bir araştırma aracına yavaş yavaş sahip olmaktadır. Bilimsel devrimin başarısının önemli bir payı gereksinmelerine uygun bir yöntemi geliştirmesindeydi ve o zamandan beri bu başarı örneği gittikçe genişleyen bir taklit alanı bulmaktadır.

Yüzyıl boyunca, deneysel araştırma yöntemi doğa bilimleri dışında -epistemolojide ortaya çıkan sorular hariç-, pek hissedilmedi. Bununla beraber, yöntemle yakından ilgili bir konu yetki sorunuuydu ve bu konuda bilimsel devrim Batı Düşüncesinin temel bakış biçimini oluşturmakta önemli rol oynadı. Avrupa uygarlığı Orta Çağda, eski uygarlığın gölgesinde doğmuştu ve yetkinin korkunç ağırlığı en başından beri hep üzerinde olmuştu. Bir yandan, içlere işlenmiş olan Kutusal Kitap ve Kilise, ruhsal konularda Tanrının arzusunu insanlara bildirmekteydi. Öte yandan, eski uygarlığın biraz daha az zorlayıcı olan layık mirası da ilerlemeye karşı, çağın insanının kapasitesini açıkça aşan, saygılı bir davranış telkin etmekteydi. Reform hareketinin doğurduğu protestan kilisesi, İncili sorgusuz sualsiz Tanrının sözü olarak kabul ediyordu. Rönesans kültürü ise, eski yetkinin boyunduruğuna zaten kendi isteğiyle teslim olmuştu. Luther, Kutsal Kitaptan alıntılar yaparak Copernicus'u çürütmeye çalışmakta, bir İtalyan hümanisti ise

bir delikanlıya iki yıl boyunca sadece Cicero'yu okumasını ve orada olmayan bütün sözcükleri dilinden dışlamasını salık veriyordu. Yetkeyi kabullenmeye olan istek ve yetkenin bireylere göre daha doğrucu olacağı varsayımı, 17'inci yüzyıla kadar egemen bir tavır olmaya devam etti. Galileo Aristo'nun sözlerini kabul eden peripatetikiklere mantık ve akıl ışığında saldırıyordu, ve bir İskoç aydını olan Aristocu Alexander Ross'un sözleri Galileo'nun bir bostan korkuluğu ile düello etmemekte olduğunu ortaya koyuyordu.

"Çoğunluğu oluşturan ve en bilgeleri olan filozofların hareket tarzlarını izliyorum /John Wilkins'in Copernicus astronomisini savunmasına yanıt vermekteydi/, böylece yalnız kalmıyorum; ve en iyilerle kötü yolu tutmak, kötü ile beraber olmaktan, beraber olmak da tek kalmaktan iyidir."

Bilimsel girişime yardımcı olmayan bu tavrın, bilimsel devrim çağında, meydan okumayla karşılaşmaması pek olanaklı değildi.

Boyun eğici tavır 17'inci yüzyılın sonuna gelindiğinde kaybolmuş ve Avrupa düşüncesi Aydınlanma çağının ayırdedici özelliği olan katıksız iyimserliğe doğru hızla ilerlemeye başlamıştı. Kuşkusuz, ekonomik büyüme ve siyasal kararlılık gibi birçok etkenin bu değişime katkısı olmuştur. Ancak bilimin başarısının da egemen tavrın tersine çevrilmesinde önemli bir rolü görülmektedir. Joseph Glanvill'in 1668 de basılan kitabı *Plus Ultra* buna bir örnek oluşturur. Kitapların savaşı adlı bir episodda yer alan ve eski ve modern dönemlerin göreceli başarılarını konu alan bir tartışmada, *Plus Ultra* modern başarıların eskilerden çok üstün olduğunu öne sürerken öncelikle bilime dayanıyordu. Kitabın başlığı bile kapsamını içermektedir. Efsaneye göre Cebelitarık Boğazındaki Herkül Direkleri* üzerinde "*ne plus ultra*" (Daha ileri gitme) yazılıydı, Glanvill'in kitap başlığı olan *Daha Fazla* ise eski çağın entellektüel dünyasının dar sınırlarının parçalandığını ilan etmekteydi. *Plus Ultra* modern başarıların, özellikle de bilimsel buluşların bir kataloğudur. Glanvill kitabında anatomi, matematik, astronomi, optik ve kimyadaki başarıları sıralar. Mikroskop, teleskop, barometre, termometre, hava pompası gibi buluşlara değinir. Eserin tüm üslubu, yazarın yetkeye boyun eğme eğiliminin ifadesidir.

* Cebelitarık Boğazının iki yakasındaki dik kayalar /Ç.N./

İncil Tanrının vahyi olarak özel bir yer sahibi olmayı sürdürmüşse de, onun yetkisi bile artık sorgusuz sualsiz benimsenmemekteydi. Modern İncil ilminin ilk adımları, kitabı tarihsel eleştiri konusu yapmak oldu. Bilimsel açıdan, Isaac Newton'un yazışmalarında yer alan kapalı bir episod, meydana gelen değişimi açığa vurur. Thomas Burnett'in bir mektubuna verdiği yanıtta, Newton, *Yaradılışın* inanırlığını bilimsel delillerle kanıtlamak için, yaradılışın kısa bir açıklamasını yapıyordu. Burada, Luther'in Copernicus'u yalanlamak için İncil'e başvurusu ile karşılaştırıldığında, rollerin tamamıyla ters yüz edildiği görülür. Newton'un mektubu, *Yaradılışın* inanılabilirliği için bilimsel yetkeye danışmaktaydı. Sorun Newton'a bu söylediğimiz şekliyle sunulursa kuşkusuz reddederdi, ancak mektubun (büyük olasılıkla bilinç dışı) içeriği bizim dediğimiz gibidir. Yetkenin reddinde bilim bu kadar ileri gitmişti ve tek başına insan yeteneklerinin, yani insanın kendisinin boş olan yetke koltuğuna doğru yükselişi bu ölçüye gelmişti.

Bilim, yeni bilgi işlevi ideale de katkı da bulundu. O zamana kadar bilgi kendi başına bir amaç olarak düşünülmüş ve gerçeğin sessizce irdelenmesi insanın içinde bulunabileceği en yüksek etkinlik olarak kabul olunmuştu. Halbuki şimdiki sav, insanın amacının eylem, bilginin amacının da yararlanma olduğuydu. Bu yeni kavramla en yakından ilgili kişi Francis Bacon'du ve bu kavrama sık sık Baconcu yararcılık adı verilir.

"Dünya insan içindir, Hunt, insan dünya için değil" diyordu Bacon uşağına. Görüşünü, tüm yazılarının belki de ana fikri olan "İnsan Kırallığı" deyimi ile özetlemişti. Bu kırallık, Tanrının insan için yarattığı fiziksel bir dünyaydı ve bu dünya içine ancak doğa bilimleri yolundan girilebilecek bir mirastı. Bacon'a göre, bilgi insanların doğaya egemen olmasını ve onu hizmetinde kullanmasını sağlayan bir güçtü. İlk bilimsel ütopya olan *New Atlantis** (1627) adlı eserinde Bacon, /kabil olan herşeyi yapabilecek şekilde, İnsan İmparatorluğunun sınırlarını genişletmeye/ adanmış bir örgüt olan, Süleyman Evinde betimlediği hemen bütün araştırmalar pratik niteliktedir -geliştirilmiş meyva bahçeleri, geliştirilmiş hayvan besiciliği, geliştirilmiş tıp, Bacon'un

* Yeni Atlantis /Ç.N./

kendisi pratik sonuçların ancak doğru teoriden çıkabileceğine inanır-
dı, ve bizim salt araştırma dediğimiz etkinliğe hiç bir şekilde karşı de-
ğildi. Yine de, Süleyman Evi betimlemesinin ereksel hedefi hakkında
bıraktığı izlenim doğrudur. Ona göre, bilginin amacı insanın durumun-
un iyileştirilmesi, yaşamın konforlu ve uygun hale getirilmesiydi.

17'inci yüzyılın bütün aydınları, Baconcu yararcılığın yandaşı de-
ğildi. Gerçekten de bu ideal mekanikçi bilimden, çok doğaya onun
gizemli güçlerini bilerek egemen olma amacı güden, Rönesans Natura-
lizmi ve doğasal sihir Bacon'ı derinden etkilemişti ve doğasal sihirbaz-
lar okunmadığı halde, Bacon hep okuna gelindiğinden, Baconcu yararcı-
lık'' adını Bacon'dan önceki yaklaşım için de kullanıyoruz. 17'inci
yüzyıldan bu yana Batı dünyasını dönüştüren türlü ekonomik ve sos-
yal değişimler, Baconcu yararcılığı seçecek ve vurgulayacak şekilde
işledi. Bu değişimlerde teknoloji önemli bir rol oynadı ve teknoloji
doğa bilimiyle her zamankinden çok paralellik içinde oldu. Bu bakı-
mdan 17'inci yüzyılın bilimsel hareketi, sonradan modern kültürün ade-
ta ahlakı haline gelmiş olan bilginin işlevi idaealine biçimlenmesine
katkıda bulundu.

17'inci yüzyıl sonuna gelindiğinde, modern doğa bilimi, Avrupa
sahnesinin önemli bir etmeni olmuştu. Copernicus'un Doğu Prusya'da
yalıtılmış halde çalışmaya çabalaması örneğinde olduğu gibi, yalnız
araştırmacılar devri kapanmıştı ve bilimsel hareketin sürmekte olan
yükselişi, artık hareketin yarattığı örgütlü derneklerin güvencesi altın-
daydı. Doğa biliminin oluşturduğu örneğin, Batı uygarlığının bir bü-
tün olarak yeniden biçimlendirilmesi olasılığını ortaya koyması
nedeniyle, bilimin etkisi, 18'inci yüzyılın Aydınlanma çağına doğru
yönelen Avrupa kültüründe de kendisini duyurmaktaydı. O zamandan
beri, Batı tarihini, onu başlangıçta Hristiyanlık etrafında örgütlenmiş
bir kültürden, bugünkü bilim etrafında oluşmuş haline dönüştüren, bi-
limin düzenli olarak genişleyen rolü ile özetlemek bir abartma de-
ğildir. Dönüşüm daha bilimsel devrim tamamlanmadan önce başlamıştı.

BÖLÜM VII MEKANİK BİLİMİ

17'inci yüzyıl bilimine iki akım egemen oldu. Bunlardan, mekanik çi felsefe aracılığı ile ifade edileni, bütün gizemsel izlerin doğa felsefesinden silinip atılmasındaki zorlamaydı. İlhamını eski dünyanın atomcularından alan, yeni doğa kavramı, her bir olayın arkasındaki mekaniksel gerçekliği açıklamak kararındaydı. Bilimin hiç bir alanı, yeni kavramın etkisinden uzak kalamadı. İkinci akımın geçmişi de yine eski çağlara, Pisagorculuğa dayanıyordu. Olayların kesin matematiksel betimlenmesi ile ilgilenen bir adam, güneş merkezli astronomiyi canlandırdı. 17'inci yüzyılda, mekanik bilimi bu akımın başta gelen ifadesidir.

Modern mekanik biliminin tarihi, Galileo'nun ilan ettiği yeni hareket kavramı üzerinde yapılan bir dizi incelemeden ibarettir. İlk incelemeyi Descartes yaptı. Galileo, Copernicus'un koyduğu problemi çözmeyi amaçlamışken, Descartes dikkatini yeni doğa felsefesinin ifade edilmesinde odaklamıştı. İşte bu odaklanma onun Galileo'nun atmaya hiç bir zaman başaramadığı bir adımı atmasını ve bütün hareketleri aynı biçimde ele almasını sağladı. Galileo'nun kafasında, bir merkez etrafındaki eylemsizlik (dairesel) hareketi, "doğal hareket" adını verdiği, merkeze doğru hareketten daima ayrı bir şey olarak kalmıştı. Bu

tür bir ayırım Descartes'ın evreninde tamamen ortadan kalkmıştır. Hareketteki bütün değişiklikler aynı nedenden, yani bir madde parçacığının diğerine çarpmasından kaynaklanmaktaydı. Konu bu çerçeve içinde ele alındığında, Galileo'nun eylemsizlik hareketinin, bir kütleli çekim merkezi etrafındaki dairesel hareket olduğu varsayımından kuşkulananmak kolaylaşmaktaydı. Descartes, hareket halindeki bütün cisimlerin doğrusal bir yol izleme eğiliminde olduğu sonucuna vardı. Cisim, eğrisel yola sadece birşeyler kendisini saptırırsa izlemekteydi. Doğru bir doluluk olduğuna göre, her cisim sürekli olarak saptırılmaktaydı; yine de eylemsizlik hareketi doğrusaldı.

Descartes verdiği bu kararın sonuçlarını elde etmeye uğraşırken, dairesel hareketin mekaniksel unsurlarının ilk çözümlenmesini yapmayı da denedi. Yaptığı çözümlemede mekanik açısından büyük kusurlar vardı. Öyle ki, bugün fiziğe yeni başlayan herhangi bir öğrenci daha iyisini yapabilir. Ancak bugünkü yeni başlayan öğrenciden farklı olarak, Descartes'in önünde hiç bir örnek yoktu. Onun çözümlemesini başkaları örnek aldı ve bu örnek üzerine temelleri kurdular, ki bu temeller üzerinde bugünün öğrencisine dairesel hareketin çözümlenmesi kolayca öğretilbilmektedir. Descartes'ın vardığı sonuca göre, bir daire üzerinde hareket etmekte olan bir cisim, hareketin doğrusal eğilimi nedeniyle, sürekli olarak merkezden uzaklaşma çabasında olacaktı. Bir ipin ucuna bağladığımız taşı çevirirsek, çekmeyi hissedebiliriz. "zira taş ipi elimizden fırlayıp dosdoğru dışarı kaçmak için, gerekmektedir." Descartes, merkezden dışarı kaçış eğilimi için nicel bir ifade bulmayı denemedi bile, bu eğilimin varlığı ile yetindi ve bu durumu doğru felsefesi sisteminin merkezci bir etkeni kabul etti.

Descartes'ın doğru felsefesi mekanikteki bir başka problemi daha vurguluyordu. Gizemli sayılan her şeyin bilinçli olarak dışarlanması, etkiyi de sadece cisimlerin birbirine doğrudan değmesi ile sınırlamıştı. Dolayısıyla, çarpma sorunu mekanikçi filozoflar için önem kazanmak zorundaydı. Problem kolay değildi. Galileo vurma kuvveti adını verdiği bu etkiyi kayda değer bir başarıya ulaşılmaksızın incelemiş ve bu yüzden de çalışmalarını yayımlamamıştı. Descartes'ın çarpma ile uğraşma girişimi, mekanikçi felsefesine, kesin nicel mekanikçi katma denemelerinin birkaç örneğinden birisidir.

Çözümlemesini hareket miktarının korunumu üzerine oturtmuştu. Hareket miktarı ile kaskı, cismin büyüklüğü ile hızın çarpımıydı -bu kavram, bugünkü momontum kavramımızın benzeridir, sadece onun sözünü ettiğı "büyüklük" bizim "kütleimizden" farklıydı ve incelemelerindeki hız da vektörel bir nicelik değildi. Descartes'ın akıl yürütmesine göre, hareketin ereksel nedeni olan, Tanrının değışmezliğinin zorunlu bir sonucu olarak, evrendeki toplam hareket miktarı sabit kalıyordu. Bununla beraber, herbir cismin hareket miktarının aynı kalması zorunlu değildi; ve çarpışmalarda hareket bir cisimden diğerine aktarılabilirdi. Descartes çarpışan iki cismi bir birim olarak ele aldı; çarpışma sonrasındaki hareketlerin toplamı, öncekine eşit olmalıydı. Bununla beraber konuyu yalın bir hareket korunumu problemi olarak düşünemiyordu; ve Galileo örneğinde olduğu gibi, bir çarpma "kuvvetine" baş vuruyordu.

"Bir cismin diğerine etki ettirdiğı, ya da onun etkisine direnmesini sağlayan kuvvet, her bir cismin kendisini içinde bulunduğu durumda kalmaya kabil olduğu kadar gayret etmesinden ibarettir". Bu öncülden vardığı beklenmedik sonuçla şaşırtıcı olan üçüncü hareket yasası, yani çarpma yasası ortaya çıktı.

"Eğer hareket halindeki bir cisim kendisinden daha kuvvetli bir başka cisimle karşılaşır, hareketinden hiç bir şey kaybetmez ve eğer hareket ettirebileceğı daha zayıf bir cisimle karşılaşır, öteki cisme verdiğı kadar hareket kaybeder".

Tartıştığı yedi ayrı durumda da, Descartes hareket miktarını yünden ayırdetti. Hareket yönündeki bir değışiklik, hareket miktarını değıştirmiyordu. Örneğın, hareket etmekte olan bir cismin duran daha büyük bir cisme çarptığını düşünelim. Büyük olanı, sırf daha büyük olduğu için, bulunduğu durumda kalmakta daha gayretliydi ve küçük olanı (yani, zayıf olanı) onu hareket ettiremezdi. Küçük, büyüğü yolu üzerinden atamayacağına göre, aynı yönde yoluna devam edemezdi kuşkusuz ve büyük olanı durmakta devam ederse, hareketin korunumu küçüğün hızını aynı hızla sürdürmesini gerektirirdi. O halde küçük hareketi aynı kalmak üzere, sadece yönü tersine dönmüş olarak geri sıçramalıydı. Benzer şekilde, biri diğerinden daha yavaş olan iki eşit cisim zıt yönde birbirlerine doğru hareket etseler, yavaş (daha zayıf) olanı hızlı (daha kuvvetli) olanının durumunu değıştiremeyecekti. Ya-

vaş olan geriye doğru aynı hızla da sıçrayamadı, zira hızlı olan bu yön-
de daha büyük bir hızla hareket etmekteydi. Hızlı cisim fazla hızının
yarısını yavaş olana aktarır, ikisi birden hızlı cismin ilk hareket yönün-
de hareket edecekti.

Descartes'ın çarpma incelemesi, cismin bulunduğu durumu mu-
hafaza kuvveti düşüncesi ile içinden çıkılmaz bir hale gelmişti, ancak
onun mekaniğinde daha açık bir kuvvet kavramı yer almıyordu. Bu
gün kabul edildiği haliyle, en basit dinamik olay, düzgün kuvvetin mey-
dana getirdiği sabit ivmeli harekettir. Galileo serbest düşmeyi bir düz-
gün ivmelenen hareket olarak tanıtlamıştı, ancak ne Galileo ne de Des-
cartes bu hareketin nedeninin kuvvet olduğunu söyleyememişlerdi.
Böyle bir kuvvet ne olabilirdi ? Buna bir çekim olduğu yanıtı verildi-
ğinde, gizemli özelliklerin hayali korkunç yüzlerini ortaya çıkartmak-
taydı. Galileo tüm bu konulardan, serbest düşmeye "doğal hareket"
diyerek kaçınılmaktaydı. Descartes'ın dünyasında ise, doğal hareketler
mevcut değildi. O ağır cisimlerin yere doğru neden düştüklerini açık-
lamak için, merkezkaç eğilime dayalı bir mekanizma geliştirdi. Ağır-
lık, yerden dışarı merkezkaç eğilimleri, büyük cisimlerden daha fazla
olan bir çok küçük parçacığın, çok sayıda çarpmaları sonucu meyda-
na gelmekteydi. Dolu bir uzayda, daha küçük merkezkaç eğilimi olan
cisimler merkeze doğru itilirlerdi ve bu cisimlere ağır derdik. Böylece,
ağırlık kavramı gizemli çağrışımlardan kurtulmaktaydı. Aynı zaman-
da, hem Galileo'nun ulaştığı serbest düşmenin bir düzgün ivmelenen
hareket olduğu sonucu ile ve hem de Descartes'ın bütün cisimlerin ay-
nı ivme ile düştüğü sonucu ile bütün uyuşma olanakları da ortadan
kalkmış olmaktaydı. Mekanikçi filozofların "hareket eden bir cismin
kuvvetinden" başka hiç bir kuvvet kavramı düşünemeyişleri, matema-
tiksel bir dinamiğin gelişmesine bir engel oluşturdu ve mekaniği, ha-
reketlerin onlara neden olan kuvvetlere hiç değinilmeden incelendiği,
kinematik problemlerle sınırlama eğilimine girdi.

Ancak bu söylediklerimiz, Galileo'nun İtalyan havarilerinin en bü-
yüğü olan Evangelista Torricelli, Galileo kinematiğine gerçekten dina-
mik olan bir takım kavramları uygulayabildi. Her ne kadar dinamiği
bugünkünden tamamiyle değişikse de, Galileo'nun sonuçlarının dina-
mik bir yorumunun doğasında bulunan, temel matematiksel bağlan-
malar derhal ortaya çıkıyordu.

Torricelli, Galileo'nin çarpma kuvveti problemiyle işe başladı. Bir masayı kırmak için bin kiloluk bir ağırlık gerekmekte olduğu zaman, yeterince yüksekte düşen yüz kilo ağırlıkdaki bir cismin de masayı kırabilmesi nasıl kabil oluyordu ? Bu soruya Torricelli, bir cismin ağırlığının, her bir anda ağırlığına eşit bir zor üreten, bir iç ilke olduğunu söylemekle yanıt verdi. Bunun için çeşme örneğini kullandı, buna göre çeşme zoru ya da momentumu sürekli olarak akıtan ağırlık olmaktaydı. Eğer bir çeşme dakikada bir litre su akıtırsa, yüz litre su biriktirmek için, bir litrelik bir kabı yüz kere doldurmak gerekir. Aynı şekilde ağırlık dediğimiz çeşmeden de -dışarı akan momentumu-, bir değil bir çok anda biriktirebilirsek, istediğimiz güce ulaşırdık. Momentumu nasıl biriktirecektir ? Cismi düşmeye bırakarak, masa üzerinde yüz kiloluk ağırlık durmaktayken, masanın direnci, her bir anda yaratılmakta olan momentuma karşı koymakta ve yok etmekteydi. Cisim düşerken ise momentumu yok edecek bir direnç yoktu; dolayısıyla her bir anda üretilen momentum, bir önceki anda üretilene eklenmekte, böylece de cismin gücü sürekli olarak artmaktaydı. Böylece, yeterince yüksekte bırakılan yüz kiloluk bir cisim, masayı kırmak için gereken bin kilonun gücüne sahip olabiliyordu.

Torricellinin, bize hiç de aşına olmayan bir kavramlar demeti kullanmakta olduğu açıktır. Zaten problemi tanımlayış biçimi, yani dinamik vurma etkisini statik ağırlıkla ölçmeye çalışması, acıip görünmektedir. Ağırlığı, ancak bu çerçeve içinde, her biri cismin ağırlığına eşit değerde momentum akıtan bir çeşme olarak düşünebilirdi. "An" sözcüğünün Torricelli için özel bir anlamı vardı. "An" daha fazla bölünmesi kabil olmayan, sonsuz küçüklükte, en son zaman birimiydi. Torricelliye göre madde bir kaptı, "kuvvetin ve hızın momentumunun birikmesine yarayan, büyüğü bir kirke* vazosu. Kuvvet ve dolayısıyla zor öyle ince soyutlamalar, öyle ruhsal özlerdir ki, doğal cisimlerin en içindeki maddesellik dışında hiçbir kaptı muhafaza edilemezler". Torricelli, içselleştirilmiş kuvvetlerin cisimlerin yörüngesini belirlediği, Ortaçağın zor mekaniğinin bir yorumunu yapmaktaydı. Şimdi yaptığı, zor mekaniğini Galileo kinematığıne uygulamaktı, ve bize bugün yabancı gelen ifadelerinin altında modern dinamiğin bir takım bağın-

* Kirke: Homer'in Odisesindeki, Aiaie adasında yaşayan ve Odize'nin arkadaşlarını domuza çeviren büyücü kadın /Ç.N./

tıları yatmaktaydı. Düşey ve eğimli düşüş için, ağırlığın (*gravitas*) hareket ettirici kuvvet rolünü oynadığı dinamik bir görüşü benimsiyerek, kuvvet ve ivmenin birbiriyle orantılı olduğunu farketmişti. Aynı şekilde, bir sabit kuvvet ile, bu kuvvetin etki ettiği sürenin çarpımının sükunetten itibaren düşüşe geçen cisimde meydana gelen, toplam momentuma eşit olduğunu da görmüştü.

Dahada önemlisi, serbest düşmeden türettiği bağıntıları başka durumlara da uygulayabiliyordu. Bunlar arasında çarpmanın kendisi de vardı. Eğer bir zor, her bir anda birbiri ardına etkilenen ağırlıkların toplamı ise, ve anlar sonsuz kısa ise, bir cismin sonlu bir sürede kazandığı güç sonsuz olmak zorundaydı. Bunu Torricelli de kabul etmekteydi. Ancak gücün etkisi sadece anlık bir şekilde uygulandığı zaman sonsuz olacaktı ki bu durumu hiç bir zaman ortaya çıkmıyordu. Cisimlerin esnekliği nedeniyle, çarpma sonlu bir zaman aralığına yayılacak ve çarpışma süresi ne kadar uzun olursa uygulanan güç de o kadar az olacaktı. Torricelli, momentumun yok olmasının, yaratılmasına dinamik bakımdan özdeş olduğunu farketmişti. Her iki hale de aslında aynı denklemi uygulamaktaydı.

$$F \cdot t = \Delta mv$$

Buna göre, sabit kuvvet ile bu kuvvetin etki ettiği sürenin çarpımı momentum değişimine eşit olmaktadır. Bu bağıntıyı esnek geri sıçramaya da uyguladı. Daha da hayranlık verici olan şey bu denklemi bütününüyle farklı bir problemin çözümlenmesinde de kullanmasıdır. Bir büyük kadirga ve bir küçük sandalın bir rıhtımdan yirmi metre uzaklığa demir attığını düşünelim. Bir adam kadirgayı kıyıya doğru itse, bütün çabasına karşın gemiye güç bela birazcık hız verebilir, yine de kadirga çarpınca rıhtımı sarsar. Buna karşılık, adam kayığa büyük bir hız verebilir, ancak kayığın rıhtıma çarpınca doğurduğu etki hemen hemen hiç bir şeydir.

"Adama kadirgayı ne kadar süre çektiğini sorsanız, koca tekneyi yirmi metre hareket ettirebilmek için belki de yarım saat boyunca sürekli çaba harcadığını söyleyecektir. Halbuki küçük kayığı çekmek için dört dörtlük bir müzik süresinden daha fazla zaman harcamıştır. Öte yandan adamın kollarından ve enerjisinden canlı bir çeşmeden akar gibi akmakta olan kuvvet, dağılıp gitmeyecek ya da havaya uçmayacaktır. Bu kuvvet kadirganın hareketi hiç kabil olmasaydı yok ola-

bilirdi, ya da hareketi engelleyen kaya ya da demir tarafından ortadan kaldırılabilirdi. Aksine, su direncinin alıp götürdüğü bir küçük miktarını ihmal edersek kuvvetin tamamı geminin yapıldığı tahta ve halat takımında birikecek, korunacak ve büyüyecektir. O halde, yarım saatte biriken momentumu taşıyan bir darbenin, dört dörtlük bir müzik süresinden daha uzun olmayan bir sürede birikmiş olan momentum ve kuvveti taşıyan darbeden çok daha büyük bir etkisi olması çok mu şaşırtıcıdır. ?".

Biz bugün bu problemin çözülmesinde daha az şiirsel hayallere başvurmaktayız, ancak ulaştığımız sonuç Torricelli'ninkinin benzeridir.

Mekanikçi filozofların, Galileo kinematiğinin dinamik bir yorumu nu kolaylıkla neden yapamadıklarını anlamak için, Torricelli'nin çözümlemesinin kavramsal malzemesiyle Descartes'inkileri karşılaştırmak yeterlidir. Gerçekte, Torricelli'nin ders notları 18'inci yüzyıla kadar basılmadı, ancak derslerin verildiği tarihte basılmış olsalardı bile, iyi bir kabul göreceklere söylemek zordur. Bu arada, bastırdığı *Opera Geometrica* * (1644) adlı eserinde, mekanik bilimine önemli bir etki yapmış olan bir başka düşünce öne sürdü.

"Bir araya gelen iki ağır cisim, ortak ağırlık merkezleri düşmedikçe, kendilerini harekete geçiremezler"

Bir terazi, kollarının hareketi ortak ağırlık merkezini aşağı doğru çekmedikçe, dengede kalacaktır. İki cisim bir makaradan geçen bir ipin iki ucuna bağlandığında, eğer bu süreç için de ortak ağırlık merkezleri aşağı iniyor ise, biri düşer ve ötekini yukarı çeker. Torricelli, dış etkilerden yalıtılmış iki cismin, ağırlık merkezinde yoğunlaşmış bir tek kütle gibi davranacağı gerçeğini yakalamıştı. Böylece, Galileo'nun ağır cisimler kinematiği, cisimler sistemini de kapsayacak şekilde geniş letilebilecekti. Bu düşünceyi daha da geliştirerek, mekanik bilimi 17'inci yüzyıldaki en büyük zaferlerinden birisine ulaştı.

Konuyu derinleştiren kişi Hollandalı bilim adamı, Christiaan Huygens'tir. Descartes'ın bir arkadaşının oğlu olan Huygens, bir Descartes ci olarak yetişmiş ve öğrenim görmüştü, ancak hareketin kesin matematiksel betimlemesiyle, Galileo da kendisini en az Descartes kadar

* Geometrisel İş

etkilemişti. Daha genç bir adamken, Descartes'ın çarpma kurallarının yanlış olduğunu öne sürerek, Descartes'ı utandırmıştı. Aslında "öne sürmek" fiili çok hafif kalır; Huygens Descartes'ın hatasını Descartes'ın kendi ilkelerini kullanarak ortaya koymuştu. Descartes'a göre dinginlik ve hareket görelî kavramlardı; cisimler dışında hiçbir uzay olmadığına göre bir cismin hareket etmekte olduğunu ya da durduğunu, ancak bir başka cisimle olan ilişkisine göre söyleyebilirdik. Ne yazık ki, Descartes'ın çarpışma kuralları farklı referans çerçevelerinde farklı sonuçlar vermekteydi. Küçük bir cisim duran bir büyük cisme çarptığında, hızı değişmeden geri sıçırıyor, bu arada büyük cisim hiç bir değişime uğramıyordu. Ancak referans çerçevesini küçük cisim dinginlikte olacak şekilde kaydardığımız zaman, büyük cisim küçük cisme verdiği kadar hareket kaybedip, küçük cismi harekete geçiriyor ve çarpışmadan sonra iki cisim beraber hareket ediyordu. Kuşkusuz, eğer hareket ve dinginlik Descartes'ın iddia ettiği gibi görelî kavramlar idiyse, iki sonuç birbirleriyle tutarsız oluyordu. Huygens, hareketin göreliliğini tartışma dışı bir gerçek olarak kabul ediyordu. O halde sorun çarpışma kurallarının gözden geçirilmesini gerektiriyordu.

Bu amaçla, ancak bir Hollandalının önerebileceği bir düşme deneyi hayal etti. Durgun bir Hollanda kanalında kıyı boyunca kayarak gitmekte olan bir tekne, ve bu teknede çarpışan cisimlerle deney yapmakta olan bir adam düşündü. Cisimler adamın ellerinden sarkan iplerin ucuna asılıydı; ve ellerini bir araya getirerek cisimleri çarpıştırmaktaydı. Biz bugün bu düzenlemeyi, sürtünme türünden düzensizlikleri ortadan kaldıran ve Galileo'nun idealleştirilmiş hareketini gerçekleştirmeye çalışan bir tertip olarak anlamaktayız. İplerin sağladığı kolaylık sayesinde tekne geçip giderken, adam kıyıda durmakta olan bir başka adamla ellerini birleştirebiliyordu. İki adam beraberce, bir tek deneyi yapabilmekteydi. Huygens, sonucu en basit olan çarpışmanın -ki bu birbirine doğru eşit hızla ve zıt yönden gelen, eşit büyüklüklü ve kusursuz sert olan (biz bugün kusursuz esnek deriz) cisimlerin çarpışmasıydı-, iki cismin aynı hızla geri sıçramaları olduğunu varsaydı. Huygens deneyin cisimlerle aynı hızda hareket etmekte olan bir teknede yapılmakta olduğunu düşündü. Kıyıdaki adama göre, cisimlerden birisi çarpışma öncesinde durur gibi görünecek, çarpışma ile ikinci cismin sahip olduğu harekete eşit bir hareket kazanacak, ve bu sefer ikin

ci cisim dinginliğe gelecekti. Huygens, teknenin hızını değiştirerek eşit cisimle bütün çarpışma türlerini elde edebiliyordu. Eşit büyüklükte olmayan cisimlerin çarpışmalarını da inceleyebilmek için, Huygens bir varsayım daha yaptı. Buna göre, bir cisim durmakta olan küçük bir cisme ne zaman çarparsa, küçük cismi harekete geçirir ve kendisinden ne kadar hareket kaybederse, o kadar hareketi küçük cisme aktarırdı. Tekne aracılığıyla, artık hareket ve dinginlik durumlarını birbirlerine dönüştürebiliyordu. Yeni referans çerçevesinden bakıldığında, hareket etmekte olan küçük cisme büyük cismin verdiği hareket, sanki küçük cisim tarafından büyük cisme aktarılmış hareket gibi görünmekteydi. Böylece Huygens, Descartes'inkine doğrudan doğruya zıt bir sonuca ulaştı. "Ne kadar küçük olursa olsun bir cisim , hangi hızla olursa olsun bir başka cisme çarptığında, bu cisim ne kadar büyük olursa olsun onu hareket ettirir". 17'inci yüzyılın maddenin eylemsiz edilgenliğine olan inancını, hiç bir şey bundan daha açık ifade edemezdi.

Huygens Descartes'ın hareketin korunumu ilkesini özel bir ifadeye kavuşturdu.

"İki sert cisim birbiri ile çarpıştığında, eğer birisi çarpışma sonrasında önceden sahip olduğu hareketi aynen muhafaza ediyorsa, öteki cisim de ne hareket kazanmış, ne de kaybetmiştir."

Bir kere daha, öncülün gerektirdiği bütün sonuçları elde etmek için tekne deneyine başvuruldu. Hangi koşullar altında, cisimler çarpışma öncesinde, sahip oldukları hareketin tamamını koruyabiliyorlardı? Huygens bu durumun, sadece cisimlerin büyüklükleri, hızlarıyla ters orantılı olduğu zaman ortaya çıkabileceğini gösterdi. Fakat, bu durumun sadece sözünü ettiğimiz koşullarda gerçekleşebileceğini söylemek bütün çarpışmalarda da gerçekleşeceğini söylemek demekti; çünkü, hareketin göreliliği her bir çarpışmada, hızların cisimlerin büyüklükleri hızlarıyla her zaman ters orantılıydı, ve çarpışmadan sonra cisimler birbirlerinden, çarpışma öncesinde sahip oldukları hızlarla * ayrılırlardı. Kuşkusuz, ağırlık merkezi hiç bir değişime uğramamaktaydı. O halde diyordu Huygens, ortada bütün cisimlerin bütün çarpışmalarında geçerli olan "takdire şayan bir doğa yasası" vardır.

* Buradaki irdelemelerde hız ile hız vektörünün büyüklüğü kastediliyor. Aslında çarpışmada hızın yönü değiştiği zaman, büyüklüğü aynı bile kalsa, hız değişmektedir. /Ç.N./

"İki ya da üç, ya da herhangi bir sayıda cismin çarpışmasında ağırlık merkezinin hareketi, çarpışma öncesi ve sonrasında daima aynı yönde bir doğru boyunca ve düzgün olarak sürer".

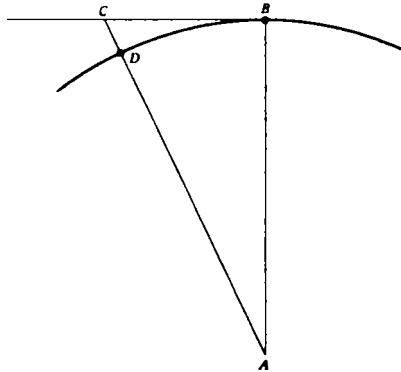
Bunun anlamı, çarpışma probleminin Torricelli'nin ilkesini uygulamakla çözülebileceğiydi. Torricelli ilkesini, sadece beraber hareket etmeye zorlanan iki cismin düşey hareketine uyguladığı halde, Huygens böyle bir kısıtlılık altında olmayan cisimlerin eylemsizlik hareketine de uyguladı. Yalıtılmış bir cisimler topluluğu, ortak ağırlık merkezlerinde yoğunlaşmış bir tek cisim gibi düşünebilirdi. Soruna bu açıdan bakınca, hiç bir darbe kuvvetini işin içine katmadan, çarpışmanın tamamen kinematik bir incelemesi kabil olmaktaydı. Huygens'in incelemesinin başlığında "kuvvet" sözcüğü yer almamaktaydı: *Çarpışan Cisimlerin Hareketi Hakkında**. Descartes'ın incelemesinde yaptığı kapsamlı düzeltmelere karşın, Huygens'in çarpışma konusundaki görüşleri Descartes'ınkinin temel unsurlarını kapsamaktaydı. Çarpışmada hiç bir dinamik etki yer almamaktaydı; ağırlık merkezinden bakıldığında, her cismin hareket yönü anlık olarak değişmekte, ancak iki cisim de çarpışmadan ilk hareketleri değişmeksizin çıkmaktaydı.

Ancak artık, Descartes'ın incelemesinin asıl temeli ve onun doğa felsefesinin temel taşı, yanlış görünmekteydi. Hareket miktarı bütün çarpışmalarda, en azından bütün referans çerçevelerinde, korunmaktaydı. Yön ve hızı birbirinden ayırdetmekte Huygens de Descartes'ı izlediğinden, mekaniğinde cismin büyüklüğü ile hızının çarpımı olan hareket büyüklüğü daima artı-bir değere sahip oluyordu. Tek başına bir cismin hareket yönünü değiştirmesi halinde, hareket miktarının sabit kalmayacağını göstermek basit bir işti. Ancak, kusursuz sert cisimlerin çarpışmasındabir başka nicelik sabit kalmaktaydı. Eğer her cismin büyüklüğü hızlarının karesi ile çarpılırsa, böylece elde edilen iki niceliğin toplamı, çarpışma sonrasında çarpışma öncesindeki ile aynı kalmaktaydı. Huygens için, bu işlemin sonucu, yani büyüklüklerle hız karelerinin çarpımı, sadece bir sayıydı ve bu sayı çerçeveden çerçeveye değişmekteydi; ancak, kusursuz sert cisimlerin çarpışmaları halinde her bir çerçevede sabit kalmaktaydı. Dolayısı ile bu nicelik, yanlışlığı gösterilmiş olan Descartesci hareket miktarının yerine geçmekteydi.

* Latince özgün başlığı: *De motu corporum ex percussione*

Başkaları ise bu nicelikte sadece bir sayı olmasının ötesinde bir değer bulacaklardı ki bu nicelik o zamandan beri hem mekanik biliminde hem de bir bütün olarak doğa biliminde gitgide artan bir rol oynamıştır.

Huygens'in çarpma incelemesi, kusursuz sert adını verdiği cisimlerin çarpışmalarının tam bir çözümünü veriyordu. Bu çalışmayı tamamladığı sıralarda, dairesel hareket problemini de ele almış bulunuyordu. Çıkış noktası yine Descartes'dı, ancak bu sefer, Descartes'ın vardığı sonucu benimsemiş ve daha da ileri giderek cismin merkezden uzaklaşma çabası için nicel bir ifade bulmuştu. Huygens bu çabaya, "merkezkaç" kuvvet adını bile vermişti. Çarpışmaya getirdiği çözüm, dinamik düşünceleri özellikle dışladığına göre, "kuvvet" sözcüğünün kullanımı ilgi çekici olmaktadır. Bu incelemesinde kuvvet sözcüğünü kullanmaya istekliydi, zira onu durgun ağırlığa benzer olarak düşünmekteydi ve zımnen sağlamlık anlamında "kuvvet" sözcüğünü kullanmak, statik bakımından tamamiyle kabul edilebilirdi. Ucuna bir ağırlık bağlanmış bir ip tuttuğunuzda, ağırlığın aşağı doğru ipi gerdiğini hissederiz. Aynı ağırlığı dönen bir platformda tutsak, ipin yarı çapsal doğrultuda gerildiğini hissederiz. Her iki halde de, gerilme cismin gerilme doğrultusunda hareket etme eğiliminden kaynaklanmaktadır. Benzerlik daha da ileri gitmektedir. Bir (AB) yarıçapının ucuna çizilmiş bir teğet (BC) ve ilk yarıçap ile küçük bir açı yapan ikinci bir yarıçapın uzanımını (ADC) düşünelim. (Bak.Şek.7.1.) ikinci yarıçap



Şekil 7.1. A daki açı küçük ise, $DC \propto (BD)^2$ olacaktır.

düzgün bir hızla dönmekte, dolayısıyla da ucuna tutturulmuş bir cisim de çember üzerinde düzgün olarak hareket etmekte olsun. Huygens'e göre, merkezkaç kuvveti, eğriyi herbir noktasında terketmeye çabalayan cismin doğrusal eylemsizlik hareketinden kaynaklanmaktaydı ve uzatılmış yarıçapın eğri ile teğet arasındaki uzaklığı olan (DC), cismin eylemsizlik eğilimine göre harekette özgür olması halinde, değme noktasından itibaren çemberden uzaklaşabileceği mesafeye eşit olacaktı. Geometriden bilinen bir gerçek, iki yarıçapın (A' daki) açısı küçük ise, çemberle teğet arasındaki uzaklık olan (DC) nin (BD) yayının uzunluğu ile orantılı olarak artacağıdır. Açısal hareket düzgün olduğuna göre, yay uzunluğu bir zaman ölçüsü olarak alınabilir. Bu durumda Huygens, merkezkaç kuvvetin, mesafenin, zamanının karesi ile arttığı bir harekete doğru bir eğilim olduğu sonucuna vardı. Galileo'nun gösterdiği gibi, ağırlık da benzer bir harekete olan eğilimdi. Huygens, cismi teğet hareketten geri çekip ve çember üzerinde tutan şeyin ne olduğunu kurcalamıyordu. Bunun yerine, dairesel hareketi olduğu gibi kabul ediyor ve merkezkaç kuvveti cisme etki eden bir kuvvet değil, tıpkı ağırlığı anlayışına benzer bir biçimde, cismin, nedeni her ne ise somut bir durumda sahip olduğu bir eğilim olarak görüyordu. Huygens'in kafasında ağırlık ve merkezkaç kuvvet benzer olmanın da ötesinde, birbirlerinin tamamlayıcısı olan kavramlardı. Descartes'in etkisiyle ağırlığa merkezkaç kuvvetin bir sapmasının neden olduğunu kabul ediyordu. Bir taş düşerken, yerden de eşit miktarda çok ince bir madde yukarı hareket etmeliydi ve merkezkaç kuvvetin ağırlığa benzerliği, nedensel bir ilişkiydi.

Huygens, ağırlık ve merkezkaç kuvvet arasındaki ilişkiyi kurmaktan daha fazlasını yapmak istiyordu. Verilen bir merkezkaç kuvvet miktarını ifade eden bir formül bulmak istiyordu. İlk bulgusuna göre merkezkaç kuvvet ağırlıkla ya da cismin madde miktarıyla orantılı olarak artmaktaydı.

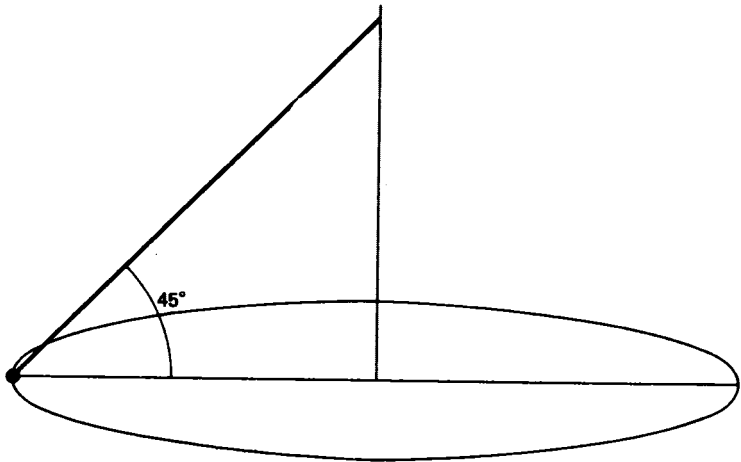
Huygens kütle kavramına en çok bu kadar yaklaşabilmiştir. Konunun geometrisini dikkatle çözümleyerek, kuvvetin hız karesi ile orantılı, çember yarıçapı ile de ters orantılı olarak değiştiğini gösterdi. Sonra da, cismin verilen bir daire üzerinde, durgunluk halinde başlayıp yarıçapın yarısı kadar bir yükseklikten düştükten sonra kazanacağı hıza eşit olacağını kanıtladı. Bu bağıntıyı, düzgün ivmeli hareketteki hızı

mesafeye bağlayan formülde yerine koyarsak, merkezkaç kuvvet için bugün kullandığımıza özdeş bir formül elde ederiz.

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

Dairesel hareketin dinamik incelemesiyle, Huygens matematiksel mekanikğin güçlenmekte olan silah deposuna, önemli güce sahip bir yeni silah daha eklemiş olmaktadır.

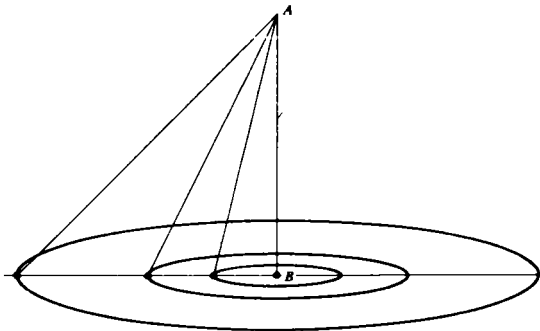
Formülün, sarkaç periyodu denklemini türetmekte nasıl kullanılabileceğini de yine Huygens tanıtladı. Türetme konisel sarkaçı göz önüne almakla başlıyordu ve konuya yaklaşımında, mekanikçi filozofların dairesele hareket hakkındaki ortak görüşleri kendisini açıkça gösterir. Konisel bir sarkaçta, merkezkaç kuvvet, sarkaç ucundaki ağırlığı kısmen karşılar ve aksi takdirde düşey doğrultuda asılı kalacak olan bu ağırlığı düşeyden sapan bir doğrultuda tutar (Bak Şek. 7. 2.). İp düşeyle 45 'lik bir açı yaptığı zaman, merkezkaç kuvvetin ip ucundaki ağırlığa eşit olacağı sezgiyle görülmekteydi. Böyle bir konisel sarkaçta ağırlığın üzerinde hareket ettiği çemberin yarıçapı, koninin yüksekliği ne eşitti; dolayısıyla da (dairesele hareket için yaptığı çözümleme gereği) ağırlığın hızı, ağırlığın, yüksekliğin yarısına eşit bir yükseklikten düşmesiyle ulaşacağı hıza eşit olacaktı. Bu denklem yardımıyla cismin



Şekil 7.2.

koninin yüksekliğini düşmesi için geçen zamanı sarkacın periyodu ile de karşılaştırabiliyordu. Aynı düşey yüksekliğe sahip bütün konisel sarkaçların aynı periyoda sahip olduğunu (Bak . Şek. 7. 3.), ve farklı düşey yükseklikli sarkaçlar için de periyodun düşey yüksekliğin (AB) kare köküyle değiştiğini tanıtladı. Galileo, adi sarkacın periyodunun, uzunluğunun kare kökü ile değiştiğini göstermişti, Huygens de küçük salınım limitinde, konisel sarkacın adı sarkaç özdeş olduğunu buldu. O halde, konisel sarkacın periyodu, uzunluğu, koninin düşey yüksekliğine (AB) eşit olan adi sarkacın periyoduna eşitti. Bir dizi basit oranları, ardından da, kendi konisel sarkaç çözümlemesini ve Galileo'nun kinetik düşmesini kullanarak, bir sarkacın periyodu ile sarkaç yüksekliğinden düşme süresi arasındaki oran için $\pi\sqrt{2}$ değerini buldu. Düşme süresi $\sqrt{2l/g}$ idi. O halde sarkaç periyodu da $2\pi\sqrt{l/g}$ olmalıydı. Huygens için bu denklemde bilinmeyen şey yer çekimi ivmesi olan G idi. Periyodu ve uzunluğu ölçebiliyordu. Galileo zamanından beri, bir çok kişi G'yi cisimlerin bir saniyede düştüğü mesafeyi hesaplayarak ölçmeye çalışmıştı. Çoğu G için 7.32 m/sn^2 civarında bir sonuç bulmuştu; Jesuit Riccioli 9.14 m/sn^2 değerini elde etmişti. Huygens ise G için 9.81 m/sn^2 değerini elde etti ki, bu rakam Hollanda enlemi için bizim bugün yaptığımız en iyi ölçmelerin sonucu ile uyuşmaktadır.

Yukarıda değindiğimiz sonuçların ötesinde, Huygens sikloйдin* eşzamanlı eğri olduğunu, yani bir cismin bu eğri üzerindeki her bir



Şekil 7.3.

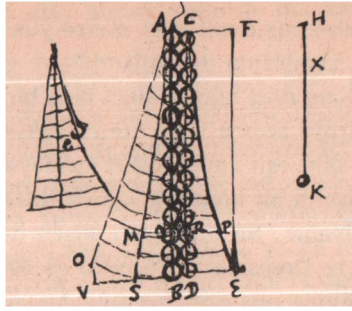
Sikloйд: Bir düzlem üzerinde kaymadan, sabit hızla dönen bir çemberin üzerindeki bir noktanın geometrik yeri /Ç.N./

noktadan merkeze eşit zamanda düştüğünü de tanıtladı. (Bak Şek. 7. 4.) Bir sikloyidin kendisine eşit bir sikloyidin zarfı olduğunu da tanıtlamış bulunduğu, iki sikloyidse yüz arasında, bu yüzler etrafında kordonu dolanarak salınan bir sarkaç'ın yörüngesinin sikloyid ve eşzamanlı olacağı sonucuna ulaştı.

Teorisine dayanarak, Huygens batı dünyasının ilk hassas saatini planladı. O zamana kadarki bütün sarkaç çözümlemeleri, noktasal bir kütlenin ağırlıksız bir ipe asılması şeklinde idealleştirilmiş basit sarkaç çözümlemeleri olmuştu. Gerçek sarkaçlar ise farklıdır. Bir ucu etrafında salınan bir çubukla işe başlayan, ve çubuğun her biri yukarı doğru sapmış parçacıklara ayrıldığını düşünen Huygens, bütün parçacıkların düşmekte olduğu yükseklikten daha yukarı çıkamayacağı sonucuna vardı. (Bak Şek. 7.5.) Bu düşüncelerle, çubuğun periyodu ile salınan basit sarkacın merkezini belirledi. Fiziksel sarkaç incelemeleri başlamıştı.

Hareket olgusunu, geniş ölçüde kesin matematiksel betimleme konusu haline getiren Huygens'i Galileo'nun halifesi olarak niteleyebiliriz. Galileo ve Newton arasında, matematiksel mekaniğin ilerlemesine onun kadar katkı yapan bir başka kişi yoktur. Birçok bakımdan, Descartes'in izdesi olmayı da sürdürmüştür. Huygens'in evreni ayrıntılarda farklı olsa da, Descartes'in evreni kadar katı bir şekilde mekanikseldi ve mekaniğe olan kinematik yaklaşımı da bu evrenin gereksinimleri zoruydu. Huygens'e göre mekanik, sadece çarpışarak etkileşebilen hareketli cisimlerin bilimidir. Kuvvet kavramı sadece dairesel hareketle ilişkisi içinde ortaya çıkmıştı ki, cisim üzerindeki bir etkiyi değil, hareket halindeki cisimleri bir eğilimi temsil etmekteydi. Bu kavram, Descartes'in bazan kabaca momentum adını verebileceğimiz "bir cismin hareketinin kuvveti" kavramının bir benzeriydi ve mekanikçi filozoflar için kabul edilebilir nitelikteydi.

Fransız *Académie des sciences*'in bir üyesi ve Paris sakini olan Huygens, kariyerinin zirvesindeyken Pariste öğrenimini tamamlamaya gelmiş olan genç bir Almanla, Gottfried Wilhelm Leibniz ile (1646-1716) tanıştı. Huygens, matematik ve mekanikte Leibniz'in akıl hocası oldu ve Leibniz Huygens'in vardığı bazı sonuçları daha üst bir genelliğe ulaştırdı.



Şekil 7.5. Fiziksel sarkacın çözümü için Huygens'in çizdiği şekil AB toplarının çizgisi, AO konumundan salınma bırakılan bir katı çubuk temsil ediliyor. Çubuk düşey konumdayken bileşen parçalarına uyulmuş olarak düşünülüyor ve CD toplarının çizgisi de ayrı parçaları temsil ediyor. Daha sonra her bir parça dosdoğru yukarı çıkacak şekilde sapmış olarak hayal ediliyor. AS düz çizgisi üzerinde çubuğun her bir parçasının düştüğü yükseklik işaretlenmiştir. CE eğri çizgisi üzerinde de herbir parçanın birbirinden ayrıldıkları zaman çıkabileceği yükseklik işaretlenmiştir. Parçaların birbirlerinden ayrıldıktan sonraki ağırlık merkezinin yüksekliği, çubuğun ağırlık merkezinin ilk yüksekliğinden daha büyük olamayacağından, ABS üçgeninin alanı, CDE eğrisel alanına eşit olmak zorundadır.

Leibniz 1686 da "Descartes'in unutulmaz bir hatasının bir kısa tanıtılması"* başlıklı makalesiyle Avrupa'nın felsefe güvercinliklerini telaşa verdi. Makalenin ana teması cismin hareketinin kuvveti hakkındaki Descartesci kavramdı; ve Leibniz tanıtılmasının öncülü olarak, verilen bir yükseklikten düşen bir cismin, hiç bir dış etki olmadığı takdirde kendisini ilk yüksekliğine geri taşımaya yetecek kadar kuvvet kazanacağını iddia etti. Bu ilke 17'inci yüzyıl mekaniğinde, biraz değişik şekilde olmakla beraber, Galileo zamanından beri yürürlükteydi. Son tahlilde bu ilke, ebedi hareketin olanaksızlığı inancına dayanıyordu, ve Leibniz de bunun haklılığını göstermek kararındaydı. Eğer dört metre yükseklikten düşen bir cisim, beş metreye yükselmeye yetecek bir kuvvet kazanırsa, bu fazla bir metreye yükselmesine neden olan kuvvet, başka bir amaca yöneltilebilirdi (örneğin ideal yükselme olan dört metreye ulaşmak için sürtünme kuvvetini yenmeye kullanılabılırdi). Bu ise hiçbir şey vermeden bir şeyler almak demekti ki, olanaksızdı. İkinci olarak, Leibniz, dört kiloluk bir cismi bir metre yükseltmek için gerek-

* Latince özgün başlığı: "Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii."

li kuvvetin, bir kiloluk bir cismi dört metre yükseltebileceğini varsaydı. Bu Descartes'ın kendisinin de kullandığı ve güçlü delillerle desteklenen bir ilkeydi. Eğer dört kiloyu, dört tane birer kiloluk birime bölssek, bu birimleri birbiri ardına birer metre yükseltmek tabii ki, bir kiloyu ard arda gelen dört eşit adımda dört metreye yükseltmeye eşit olacaktı. Şimdi, bir cismin bir metrelik yükseklikten düşmekle kazanacağı hıza bir birim diyelim. Bir metreden düşen dört kilo dört birimlik kuvvet kazanacak; ve Descartes'ın formülü gereği, bu kuvvet bir kiloluk cisme aktarıldığında ona dört birimlik hız verecekti. Bu noktada, bir cisim yukarı doğru bir birimlik hızla fırlatıldığında on altı metre yükselir diyen Galileo, bir kez daha Descartes'ın karşısına dikiliyordu.

"O halde hareket ettirici kuvvet ile hareket miktarı arasında büyük bir fark vardır /Sonucuna varıyordu Leibniz/, bizim uğraştığımız üzere, birinden diğeri hesaplanamaz. Bu durumda öyle görünüyor ki, *kuvvet* daha çok meydana getirdiği *etki* yardımıyla tahmin edilmelidir; örneğin, verilen bir büyüklük ve türdeki bir ağır cismi kaldırabildiği yükseklikten bulunmalı, cisme verdiği hızdan bulunmamalıdır."

Hareket miktarının korunumu Descartesci doğa felsefesinin temel direklerinden birisiydi ve aslında korunum ilkesinin kendisi Leibniz'in dünya görüşüyle uyuşmaktaydı. Leibniz'e göre eğer kuvvet hep artırılabilseydi; "etki, nedenden daha güçlü olabilirdi, ya da kendi nedenini ve daha da fazlasını yeniden üretebilen bir sonsuz mekaniksel hareket meydana gelebilirdi ki, bu saçmalık olurdu. Öte yandan eğer kuvvet azaltılabilseydi, sonunda tamamen ortadan kalkacaktı; zira, hiç bir zaman artmayacağı, fakat herşeye karşın azalabileceği için, git gide daha çok eriyecekti ki, bu durum nesnelerin düzeyine kuşkusuz aykırı düşecekti." Bir bütün olarak dünya bile yeni bir itme olmaksızın kuvvetini artıramazdı. Kuvvet korunuyordu, ancak ne ile ölçülüyordu? Leibniz hızın kuvveti yeterli bir şekilde ölçemeyeceğini öne sürüyordu. 'Kuvvet ancak onu tamamiyle tüketen bir etki ölçebilirdi ve böyle bir etki de bir ağırlığın kaldırılmasıydı. Böylece Leibniz'e göre, ağırlık ile onun çıktığı ya da düştüğü yüksekliğin çarpımı, kütle ile hızın çarpımından önce geliyordu. Descartes'ın hatası hareket miktarı ile hareket ettirici kuvveti birbirine karıştırmasıydı. Kuvvetin kendisi etkisinden ayrı ölçülebilmeydi ? Leibniz'in yanıtı kullandığı örnekte

içerilmekteydi. Kuvvetin ölçüsü kütle ile hız karesinin çarpımı, yani Huygens sayısyıdı.

Leibniz, hareket miktarı kavramının, basit mekanikten, örneğin teraziden alınmış olduğunu öne sürüyordu. Bir terazinin dengede olan kolları döndürüldüğünde, iki ağırlık hızları ile ters orantılı olacaklardı; zira, dengede oluşları nedeniyle kuvvetleri eşitti. Leibniz sadece, böyle statik durumlarda kuvvetin hareket miktarına eşit olduğunu iddia ediyordu. Hareket eğilimini başlangıcını ya da bitimini oluşturan statik kuvvetleri ölü kuvvet olarak niteliyordu (kendisi *conatus** sözcüğünü kullanıyordu.) Tam bir zor ile etki eden canlı kuvvetler halinde ise, hareket miktarı ölçü olamazdı. "Canlı gücün ölü güce, ya da zorunlu eşitliği, bir çizginin noktaya, ya da bir düzlemin çizgiye eşitliği, gibidir".

Kuşkusuz, Leibniz için canlı kuvvet (*vis viva*) basit bir sayı olmakdan çok daha önemliydi. Kendi başına bir öz olan canlı kuvvet, içeriği mekanik konusundan çok ötelelere uzanan bir metafiziksel önem taşımaktaydı. Leibniz için *vis viva*'nın korunumu, Tanrının yaratıcılığının ezeli ve ebedi oluşuyla özdeşti. Mekanik içinde ise, bir takım problemlerin daha iyi anlaşılmasını sağlıyordu. Bunların başında kuşkusuz, kendisinin Descartes'in yanlış ortaya koyduğu problem, yani düzgün ivmelenen harekette kuvvetin artışı geliyordu. İkinci problem ise, çözerken Huygens'in çözümlemesini izleyip, daha da ilerlettiği, çarpışma olayıydı. Huygens için esneklik her zaman için bir sorun olmuştu ve sadece idealleştirilmiş hal olan sert cisimlerin çarpışmasını incelemişti. Böyle bir örnekte, çarpışma anlık oluyordu, ve başlangıçtaki hareket yönü değişmiş olarak çarpışmadan sonra da sürüyordu. Leibniz esnek çarpışma dinamiğini çözümlemeyi, hareketli cisimdeki *vis viva*'nın, cisim durdurulduğu zaman esnek kuvvet haline dönüştürüldüğünü, ve zıt yönde yeni hareket meydana gelirken yeniden oluşturulduğunu öne sürerek ele aldı. Çözümlemesini esnek olmayan çarpışmaları da kapsayacak şekilde genişletti. İki eşit, yumuşak çamur topağı zıt yönde eşit hızla hareket ederek birbirlerine çarptıkları zaman, ikisi de duruyordu. Canlı kuvvet ne olmaktaydı?. Leibniz, toprakların, toprak olarak, canlı kuvvetlerini yitirdiklerini kabul ediyordu.

* Latince çaba /Ç.N./

"Ancak, toplam kuvvetin bu yitirilişı, aynı kuvvetin dünya çapında korunumu yasasının çürütülemez doğruluğundan bir şey eksiltmez. Zira bu kuvvet kesişen cisimlerin toplam kuvveti olarak yitirilmiş olmakla beraber, küçük parçalarca soğurulduğundan, mutlak olarak düşünülüğünde evren için yitirilmemiştir."

Büyük cisimlerce yitirilen kuvvetin, bu cisimlerin parçalarına aktarılmış olduğunun öne sürülmesi, ilerisi için anlamlarla yüklüydü. Aslında Leibniz bunu, canlı kuvvetin korunumunu ilkesini kurtarmak için, önsel bir biçimde öne sürmüştü. Parçalanan kuvvetin (biz, hareketin diyelim) ısı olarak ölçülebileceğini fark edememişti.

Leibniz'le beraber, Huygens'in mekaniği kinematikle sınırlı tutmak, hareketi kuvvete değinmeksizin incelemek için harcadığı ince çaba terk edildi. Kuvvet kavramı üzerine kurulan bir mekaniği anlatmak üzere "dinamik" sözcüğünü de o icat etti. Bununla beraber, Leibniz'in kuvvet kavramı, modern fiziğin, Newton'u izleyerek kullandığı kavramdan farklıdır. Leibniz'in kullandığı haliyle "kuvvet", daha çok bizim "kinetik enerji" deyimimiz olarak anlaşılabilir. Onun doğa felsefesi Descartes'inkinden çok değişik olmakla beraber, yine de, kuvveti, cisimler üzerine etki ederek onların hareketini değiştiren bir şey olarak değil, fakat cisimlerin sahip olduğu bir şey olarak anlamıştır. Gerçi ölü kuvvet düşüncesiyle, öteki kuvvet kavramına yaklaştırmış, fakat ölü kuvveti durgun hallerle sınırlı tutmuştur. Her ne kadar, içinden canlı bir kuvvetin çıktığı bir ölü kuvvet olarak, esnek kuvveti ağırlıkla karşılaştırmışsa da, çözümlemesi hiç bir zaman soyut sözlerden öteye götürmemiştir.

Leibniz mekanik araştırmalarında, buldukları sonuçları klasik geometri oranları ile ifade eden, Galileo ve Huygens'in daha önceki başarılarını kullandı. Geometri ile sınırlandırılmak, mekaniği geniş ölçüde, düzgün ivmelenmenin içlerinden en karmaşığını oluşturduğu problemlere hapsediyordu. Huygens, bazı problemlerde bu sınırları aşmayı başardı ve sikloyidin eşzamanlılık özelliği ile fiziksel sarkacın salınımını merkezini tanıtlaması, geleneksel geometri ile ifade edilen bir mekaniğin elde edebileceği en uç başarılar arasında yer aldı. Bununla beraber, yüzyılın sonunda muazzam güce sahip bir yeni matematiksel araç, sonsuz küçükler hesabı icat olundu. Bu hesap sayesinde, yüzyıl boyunca mekaniğin geliştirdiği kavramsal araçlardan da yararla-

narak, daha karmaşık hareketler de kesin olarak betimlenmeye başlandı.

Yüzyıl boyunca mekanikte ileri doğru atılan önemli adımların çoğunda, Descartes ile çelişmeler vardı. Mekanikçi felsefe, evreni oluşturan madde parçacıklarının hareketlerinin mekanik yasaları ile yönetildiğini iddia etmekle beraber, hareketlerin hassas betimlemeleri mekanik bilimiyle mekanikçi felsefe arasında sürekli olarak çelişkiye yol açıyordu. Bu konuda, hiç bir şey Galileo'nun düzgün ivmelenen hareket betimlemesinden daha aydınlatıcı değildi; Descartes bu betimlemeyi görmezden gelmişti, ve yüzyıl boyunca bu konuda hiç bir açıklayıcı mekanizma bulunmamıştır. Leibniz'in canlı kuvvet konusundaki savı sonunda Galileo'nun düzgün ivmelenen hareket kavramına dayanıyordu. Mekanikçi felsefe ile mekanik arasındaki çatışma, Leibniz'le beraber kendisini, mekanikçi felsefenin değiştirilmesiyle çözmeye başladı. Leibniz, doğanın sadece olaylar düzeyinde mekaniksel olduğunu ve en son gerçekliğin etkinlik merkezlerinden ibaret olduğunu ileri sürdü ki, bu kavram mekanikçi felsefede maddenin kesin edilgenliğine tamamiyle zıttı. Leibniz'de bile "kuvvet", cisim üzerindeki bir etki değil, cismin bir etkinliği anlamına geliyordu. Kuvvet kavramının cismin hareket durumunu değiştiren bir etki olarak gelişimi ki, bu kavramın matematiksel mekaniğin daha ileri gitmesinde büyük katkısı olmuştur, mekanikçi felsefe yüzyıl boyunca yasaklandı. Bu kavramın matematiksel mekaniğe ne gibi katkılarda bulunabileceği Torricelli tarafından, ancak mekanikçi felsefenin kabul edemeyeceği araçlarla, gösterilmişti. Hem mekaniği geliştirmekde hem de mekanikçi felsefeyi düzeltmek de kullanmak üzere, bu kavramı yeniden ele almak işi Isaac Newton'a kalmıştı.

BÖLÜM VIII NEWTON DİNAMİĞİ

Newton'un genel olarak bilim tarihindeki, özel olarak da 17'inci yüzyıl bilimindeki yerini herkes kabul eder. Newton'un başarıları sadece, insan zekasının üstün ulaşımlarından birisini oluşturan bir anıt değildir. Newton'un başarıları, insan zekasının üstün ürünlerinin bir anıtı olmakla kalmamış, fakat 17'inci yüzyıl biliminin akımlarının toparlayıcısı da olmuştur. Problemleri çözerken yaptığı araştırmalar bilimsel girişim için hiçbir zaman bir son, ya da ara oluşturmadi. Dehaların eserlerinde hep olduğu üzere kitapları, yanıtladığı her soru için iki yeni soru ortaya atmıştır, ve çalışmaları 17'inci yüzyılın fizik biliminin de açılışını yapmıştır. Newton ile temelinden düzeltilmiş olan mekanikçi doğa felsefesi, öyle bir mükemmellik düzeyine ulaştı ki, bu sayede bilimsel düşüncenin bir diğer iki yüzyıl için batı dünyasındaki çerçevesini çizebildi.

Newton bilim tarihinde başka nedenlerden dolayı da özel bir yer işgal eder. Hemen hiç bir kağıdını imha etmediğinden -bitmemiş aritmetiksel hesapları dışında, bütün kağıt yığınlarını korumuştur-, Newton ile ilgili incelemelerimiz sadece bitmiş ve süslenmiş çalışmalarına dayanmamaktadır. Okuduğu kitaplardan, üzerindeki önemli etkileri bilebilmemizi sağlayan, çok miktarda not olmuştur. Lisans öğrenimi

yıllarına kadar uzanan çeşitli defterleri aracılığı ile de, kendi doğa araştırmalarını adım adım izleyebiliyoruz. Bu incelemelerin sonucu, bir usta zekanın düşünce tarihinde bir eşi daha bulunmayan ayrıntılı bir tablosudur, ve bu tablo bize Newton'un çalışmalarını onun anladığı biçimde anlamak ve 17'inci yüzyıl bilimindeki yerine sağlamca oturtmak olanağını verir.

17'inci yüzyıl bilimiyle olan ilişkisi kaçınılmaz olarak, Newton'un bilimsel düşüncedeki ilk adımlarına vücut vermiş olan egemen mekanikçi doğa felsefesi çerçevesinde olmuştur. Newton, daha bir lisans öğrencisiyken mekanikçi filozofların, Descartes, Gassendi, Hobbes, Boyle ve diğerlerinin eserlerini keşfetmiş bulunuyordu. Bir defterine, bu kişilerin eserlerinin bazı pasajlarını ve ortaya attıkları soruları kaydetmişti. Kendisi de mekanikçi felsefenin atomcu yorumunun üstünlüklerine inanmıştı. Defterdeki kayıtlar, fiziksel gerçekliğin ereksel doğası üzerinde bir ömür boyu sarfedilen zihinsel çabaların ilk bölümleridir.

1675 den önce, zihinsel çabaları kendi yarattığı olan bir doğa düzeni şeklinde somutlaşmış bulunuyordu. Aynı yıl, doğa düzeninin bir ifadesini Royal Society'ye "Işığın Özelliklerini Açıklayan Bir Varsayım" başlığı altında sunmuştu. Başlığının da içerdiği gibi, makale öncelikle optiksel olayların açıklanmasıyla, özellikle, Newton'un makale beraberinde sunduğu notlarda betimlediği periyodik "Newton halkaları" olayıyla ilgiliydi. Bununla beraber, makale optiğin çok ötesine geçmiş ve mekaniksel doğa düzeninin kısa fakat tam olarak işlenmiş bir ifadesi haline gelmişti. Bu doğa düzeninin temelinde, küçücük parçacıklardan oluşmuş bir sıvı olan ve tüm uzayı kaplayan, bir eterin varlığı vardı. Yoğunluğu değişmekte olan eter, içinden geçmekte olan ışık taneciklerinin yönünü değiştiriyordu ve sadece optik olaylar düşünüldüğünde, "Varsayımın" amacı bütün ışık olaylarının, yönde meydana gelen böyle değişikliklerle nasıl açıklanabildiğini göstermekti. Newton eteri, optiğin ötesinde, duyu alma ve kassal hareket, cisimlerin yapışması ve ağırlık gibi çeşitli olayları açıklamakta da kullanılıyordu. Bütün cisimlerin yoğunlaşmış eterden meydana geldiğini öne sürdü ve eterin güneş haline yoğunlaşmasını açıklarken, kamu önünde evrensel kütle çekim yasasını da ilk kez belirsizce ortaya atmış oldu. Eterin dünya haline yoğunlaşması, büyük cisimleri aşağı doğru taşıyan ve onların ağır görünmelerine neden olan, dünyaya doğru sürekli bir

eter hareketinin varlığını gerektiriyordu, dolayısıyla eterin güneş haline yoğunlaşması da benzer bir eter hareketine neden oluyor ve bu da gezegenleri yörüngelerinde tutuyordu.

"Işık Varsayımı" mekanikçi doğa felsefesinin bütün standart özelliklerine sahipti. Newton'un zihinsel irdelemelerinin özel bir ayrıntısı, bunlarda belirli bir grup olayın oynadığı roldür. Bu olayların çoğu daha lisans yıllarında tuttuğu defterlerde yer almış ve *Opticks*'e eklenen sorular"ında son ifadelerini bulana kadar, irdelemelerinin her bir biçimi ile kaydedilmeyi sürdürmüştür. Bu olaylardan birisi, genellikle mekanikçi sistemlerde cisimlerin parçalarının birbirine kilitlenmesine yüklenen yapışmaydı. Descartes ise olayı, yapışan parçaların hareket-sizliği ile açıklamıştı. Newton iki çözümünden hiçbirisini de doyurucu bulmuyordu. Gazların genişlemesi bir başka problemdi. Robert Boyle havadaki basınç kavramını formüllendirirken, koyun postu benzetmesini kullanmıştı. Post sıkıştırıldığında, kıllar bükülür ve bir araya toplanırlar; sıkıştırıcı kuvvet ortadan kaldırılırdığındaysa, ilk konumlarına dönerlerdi. Halbuki, deneyler havanın hacimce bin kez genişleyebileceğini ortaya çıkartmıştı ve Newton Boyle'unkine benzer bir kaba mekaniksel benzetmenin bu ölçüde bir genişlemeyi açıklayamayacağına inanmıştı. Newton'un gözüne iki tür kimyasal olay çarpmıştı. Bazı etkileşmelerde ısı üretiliyordu. Newton'a göre, ısı cisimleri oluşturan parçacıkların hareketinin neden olduğu bir duyuydu; iki soğuk madde yavaşça karıştırıldığı zaman bu hareket nereden geliyordu ? Aynı şekilde, çekim etkisi gösteren etkileşmeler de onu şaşırtmaktaydı. Bu tür etkileşmelere özdeş olduğunu düşündüğü bir örnekti, suyun şarapla karıştığı halde, sıvı yağla karışmamasını açıklamakta zorluk çekiyordu. "sıvıların bazı nesnelerle uyuşabilir, bazı şeylerle ise uyuşamaz oluşlarıyla ilgili gizli bir doğa ilkesinden" söz ediyordu. Gizli uyuşabilirlik ilkesi. Bu söz, mekanikçi felsefenin kendilerini defetmek için ortaya çıktığı, gizemli niteliklerin cinlerine davetiye çıkartıyordu. Gerçekten de, Newton'un yaşamı boyunca üzerinde zihin yorduğu bütün çetin doğa olaylarının bir tek ortak özelliği vardı. Hepsi de, mekanikçi felsefenin standart araçları ile, yani parçacıkların biçim, büyüklük ve hareketi ile açıklanması güç olan olaylardı.

Mekanikçi felsefenin açıklamakta güçlük çekeceği görüngülerin var olması kaçınılmazdı. Felsefe, doğa gerçekliğinin, duyularımızla

algılanan biçimiyle aynı olmadığı ölçütü üzerine kurulmuştu. Daha öncede gördüğümüz gibi, bu tür güçlükleri çözmek için mikroskobik mekanizmalar hayal olmaktaydı. Kuşkusuz, Newton de etersel varsayımını bu amaçla ortaya atmıştı. Yine de, bu tür olaylara getirilen standart mekanikçi açıklamalardan hoşnut olmadığı açıktı ve 1686'da *Principia*'yı yazdığında, eter yerine parçacıklar arasındaki kuvvetlerden söz ediyordu. Yirmi yıl sonra, bizim bugün soru 31 olarak bildiğimiz, *Opticks*'in 1706 da çıkan ilk latince kısmında, Newton bu iddialarını kesin bir biçime sokmuştu.

"Cisimlerin küçük parçacıkları neden belirli güç, etki ya da kuvvetler ile uzaktan, sadece Işık Işınlara etki ederek onları yansıtmak, kırmak, ve bükmek için değil, fakat Doğa Olaylarının büyük bir bölümünü meydana getirmek üzere, birbirlerine de etki etmesin ? Zira, cisimlerin birbirlerine kütesel, Magnetizmatik ve Elektriksel Çekimlerle etki ettikleri çok iyibiliniyor; bu örnekler doğadaki bir akım ve eğilimi ortaya koyuyor ve yukarıda saydıklarımızdan başka da çekici kuvvetlerin bulunabilmesini olanaksız kılıyor. Böyle bir hal doğa için çok uygun ve rahat olurdu."

Soru 31 daha sonra, böyle bir uzaktan etkileşme ile ilgili belirtileri işlemeye koyuluyordu. Çoğu belirti kimyasaldı. Tartar tuzu (K_2CO_3) kendi kendine havadan nem kapıp eriyordu (ya da, 17'inci yüzyılın çok daha pitoresk deyimiyle, erimeye can atardı); ve çektiği sudan ancak büyük zorlukla ayrılabilirdi. Tartar tuzunun suyu çektiği açıktı. Demir tozları üzerine bir asit döküldüğünde, karşılıklı çekim parçacıklarının şiddetle birbirlerine atılmalarına neden olduğundan, çözüme sırasında ısı çıkıyor ve kaynama oluyordu.

"Ve, iyice damıtılmış Şarap Ruhunun /alkol/ aynı /azot/ ruhu bileşiğine dökülünce parlaması; ve Kükürt, Azot ve Tartar Tuzundan bileşen *Pulvis Fulminans*'ın /sözcük anlamıyla, şimşek tozu/ Baruttan daha ani ve şiddetli bir şekilde patlaması ve kükürtün ve azotun asit ruhlarının birbirine ve tartar tuzuna, o kadar büyük bir şiddetle, her şeyi bir anda buhar ve aleve döndüren bir şokla atılmaları hep aynı nedenden dolayı değildir ?"

Isı çıkartan etkileşmelere, bir metalin bir asit çözeltisine eklenince birbirlerini çekeltmeleri gibi, seçimli çekim gösteren, açığa çıkartma etkileşmelerini de ekledi. Bütün kuvvetler çekici değildi; bazı par-

çacıklar birbirlerini itiyorlardı. Tuzun suda çözülmesi böyle bir itme gerektiriyordu -zira tuz sudan daha ağır olduğundan-, eğer tuz parçacıkları birbirlerini itmeselerdi dibe çökerlerdi, halbuki bütün çözelti tuzlanıyordu. Kimyasal olmayan olaylar da aynı kuvvetlerin varlığını gösteriyordu. Cisimlerin yapışmaları ve kılcal etki çekim kuvvetinin varlığını gösteriyordu, gazların genişlemesi ise itmelerin ürünüydü. Çekme ve itmeler arasındaki ilişki neydi ? Newton, cebirde artıların bittiği yerde eksilerin başladığını söylüyordu. Benzer şekilde, madde parçacıkları çok yakın mesafelerde birbirlerini çekerek, cisimlerin birbirine yapışmasına neden oluyorlardı. Halbuki, parçacıklar herhangi bir şekilde sallanıp gevşeyince ve birbirlerinden belli bir mesafenin ötesinde uzaklaşınca, çekimin yerini bir itme alıyordu; ve örneğin su buharı muazzam hacımlara genişliyordu.

Newton'un madde parçacıkları arasında kuvvet etkileşmelerinin varlığını kabul edişi egemen mekanikçi doğa felsefesinden önemli bir kopuştu. Mıknatıslığı inceleyiş tarzı, yer alan değişikliği anlatan, öğretici bir örnektir. Mıknatıslık 16'ıncı yüzyılda, evreni işgal etmiş olduğu sanılan gizemli etkilerin en başta gelen örneğiydi. Dolayısıyla, mekanikçi filozoflar kendilerini magnetik çekimi, görünmez mekanizmalar icat ederek, açıklamak zorunda hissediyorlardı. Aynı şeyi bir gençlik yazısında Newton da yapmıştı. Olgunluk çağının eserlerinde ise, magnetik çekim uzaktan etki eden kuvvetlerin bir örneğini oluşturdu. Kuvvetine eklediği özelliklerle, Newton daha önceki düşünce tarzına da yaklaşıyordu. Soru 31 de, parçacıklar arasındaki çekim ve itmeyi tartışırken, bütün parçacıkların yakındakileri çektiği ve uzaktakileri ittiği bir tek evrensel kuvvetten söz etmiyordu. Çözülmüş tuzu dağıtan itici kuvvet, sadece tuz parçacıkları arasında etki ediyor, tuz ve su parçacıkları arasında etki etmiyordu. Newton'u eleştirenlerin, onun Rönesans Naturalizmine dönmekte olduğunu ve bilimin dayandığı temeli kundakladığını düşünmelerine pek şaşmamak gerekir.

Newton'un kendisi ise, parçacıklar arasındaki kuvvetleri, mekanikçi felsefenin inkarı olarak değil, aksine onu kusursuzlaştırmak için gerekli bir kavram olarak görüyordu. Madde ve harekete bir üçüncü kategoriye -kuvveti eklerken, matematiksel mekaniği, mekaniksel felsefe ile uzlaştırmak istiyordu. Onun için kuvvet, hiçbir zaman Rönesans Naturalizmindeki sempati ve antipatiler gibi, doğa üstü bir nitel etki

değildi. Bu kavramı, kuvvetlerin meydana getirdikleri hareket miktarıyla ölçüldüğü, kesin bir mekaniksel rabıta içinde düşünüyordu. Soru 31 de tartıştığı kuvvetlerden çoğunu, matematiksel bir betimlemeye hiç bir zaman indirgeyemediği doğrudur. İki cam tabakası arasına koyduğu bir portakal suyu damlasıyla yaptığı ilginç bir deneyde, kılcallık kuvvetini nicelleştirmeye çalıştı. (Bak. Şek. 8. 1.) Cam tabakaları arasındaki mesafeyi ve portakal suyu damlasının camlara değdiği yüzeyi ölçerek, çekimi kaldırılan damla ağırlığı cinsinden hesaplandı *Principia*'da, hava parçacıklarının birbirlerini aralarındaki mesafeyle orantılı olarak ittikleri takdirde, Boyle Yasasının elde edilebileceğini gösterdi. Soru 31 de değinilen kuvvetlerin çoğu, sadece varlıklarını tanıtlar gibi görünen bir takım belirtilere iştirak edilerek, nitel bir biçimde tartışılmıştır. Halbuki, ilke olarak hepsi de kesin matematiksel betimleme konusuydu. Böylece Newton için kuvvet kavramı, Galileo'cu geleneği mekanikçi felsefeye sokabilmenin araçları oluyordu. Ve kuvvetlerin birisi için, araştırmasını tam ve muhteşem sonuçlarına kadar geliştirmeyi başardı. Kuvvet kavramı olmaksızın, evrensel kütle çekim yasasını düşünebilmek olanaksızdı. Evrensel kütle çekim yasasıyla, kuvvet kavramı doğa bilimini, o zamandan beri bir bilimsel tanıtlama örneği oluşturmaya devam eden, yeni bir mükemmellik düzeyine ulaştırdı.

Newton'un mekaniğe ilgisi, doğa felsefesi konusundaki ilk çalışmalarıyla kaynaklanıyordu. Lisans yıllarında tuttuğu defterlerden birisinin başlığı "Şiddetli Hareket"di, ve bu defterlerde yörüngeler hakkında içinde eylemsizlik ilkesine bir yaklaşımın da yer aldığı bir kısa deneme de vardı. 1664 yılı bitiminden önce, eylemsizlik ilkesi konusunda bir yaklaşımdan daha çoğunu yapmış bulunuyordu.



Şekil 8.1. Kılcal kuvvetlerin ölçülüşü, Bir ucunda birbirine değen, altmış santimetre uzunluğundaki iki cam tabakasının öteki ucu, bir portakal suyu damlasının iki tabakaya da değebileceği kadar aralık tutulmuştu. A ucu yükseltildiğinde, damlanın ağırlığı kılcal çekime karşı etkiyordu ve Newton iki kuvveti dengeye getirerek, kılcal çekimi ölçmek istiyordu.

"Doğal olarak her nesne, bir dış nedenle kesintiye uğratılmadıkça içinde bulunduğu durumu muhafaza eder /diye ilan ediyordu/ dolayısıyla bir kere harekete geçen bir cisim, aynı hareket çabukluğunu, miktarını ve kararlılığını sürdürür."

Bu ifadenin özgül dili, o sırada *Felsefe İlkeleri* adlı kitabını okumakta olduğu Descartes'ın Newton üzerindeki etkisini açığa vurur, ve Newton'un yaptığı bir küme önerme de mekanikçi felsefeyi akla getirir. Önergelerin üzerine "Yansımaların" başlığını atmıştı ki, bunun anlamı mekanikçi doğa kavramı tarafından kabul edilen tek etki tarzı olan, çarpma problemi ile ilgilenmekte oluşuydu. Konuyu terk etmeden önce, Huygens'in beş yıl kadar önce varmış olduğu sonuca ulaşmıştı. Buna göre, çarpışma halinde olan yalıtılmış iki cismin kütle merkezi sükunette kalmayı ya da bir düz çizgi üzerinde düzgün hareket etmeyi sürdürüyordu. Aşağı yukarı aynı sıralarda yazdığı bir başka makalede ise Newton, çarpışan cisimlerin hareketine dönme hareketini de ekleyerek ve açısal momentumun korunumu ilkesine ulaşarak, Huygens'ten öteye geçmişti. "Hareket Yasaları" başlığı altında, hem ötelenme hem de açısal harekete sahip iki cismin çarpışmaları için bir genel formül çıkartmıştı. Bu makalelerin de başlığı, çarpışmaya yüklenen daha geniş anlam ifade eder. 1660'larda, Newton için hareket yasaları demek çarpışma yasası demektir.

Herşeye karşın bir başka soru kendisini ortaya koymaktaydı. "Yansımaların" önergelerinde, Newton farklı büyüklüklerdeki cisimlerin hareketini ele alıyordu.

"Böylece, hareket eden cisimlerin hareketlerinin engellenmesi ya da desteklenmesi için, bazısının daha çok bazısının ise daha az kuvvetli ya da etkin bir nedeni, nasıl ve niçin gerektirdiği anlaşılıyor. Ve bu nedenin gücüne genellikle kuvvet denir. Ve bu neden, kuvvetini cisimlerin içinde bulundukları durumlarda kalmaktaki inatlarını engellemek ya da değiştirmek için kullandığı, ya da uyguladığı zaman cisimlerin inatlarını değiştirmeye uğraşılıyor denilir."

Kuvvet nedir ? Egemen mekanikçi felsefe çerçevesinde sadece bir tek anlama gelebilirdi: "Kuvvet bir cismin diğeri üzerine basıncı ya da yığılmasıdır.." Bu ifadeye ne Descartes, ne Gassendi ne de Boyle itiraz etmezdi. Yine de, Newton onların sormadığı bir soru ortaya atmak istiyordu. Hareketli parçacığı bir nedensel etmen olarak düşünme eğilimin

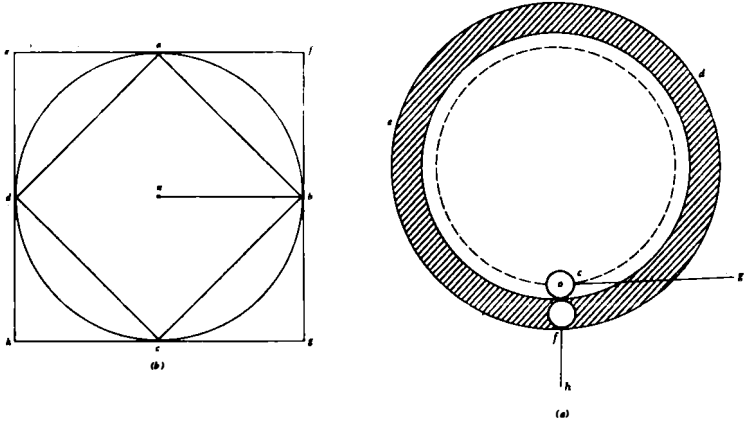
de olan Descartes, "bir cismin hareketinin kuvvetinden" söz etmişti. Öte yandan, Newton hareketli bir cismin hareketinin değişimini ölçebilecek, soyut bir niceliği düşünmekteydi. Çarpma, böylece benimsemeye hazırlandığı üzere, kuvvetin tek kaynağıydı; buna göre Newton'un kullandığı şekliyle "kuvvet", varlık bilimsel olarak, Descartes'in "hareketli bir cismin kuvveti" tanımından farklı olmuyordu.

"İki p ve r cismi birbirleriyle karşılaştığında, p nin r ye uyguladığı baskı kadar r de p ye baskı uyguladığı için, ikisindeki direnç de aynı olur. Ve dolayısıyla ikisi de hareketlerinde eşit olarak değişime uğramak zorundadır."

Bu önerme, Descartes'in çarpışan bir cismin sadece diğerinin kaybettiği kadar hareket kazanacağını söyleyen tezinin geleneğindeydi, ancak Newton'un ifadesi bir kez daha Descartes'i olduğu kadar Galileo yu da hatırlatan bir matematiksel rabita içine sınıksız oturtulmuştu. Bir hareket değişimine neden olduğu için, kuvvet kavramında, Newton'un mekaniğe olan katkısının özü yatar.

İlk makalelerinden bir başkasında da Newton, dairesel hareket problemini ele almıştı. Descartes'in anlayışından yararlanarak, dairesel hareketin temel unsurlarını yakalamıştı. Buna göre, bir cismin dairesel bir yörünge izlemesi için, doğal düz yolundan sürekli olarak saptırılması zorunluydu. Çarpışma hakkındaki görüşünün aşikar bir genellemesi, Newton'un böyle bir cismi bir dairesel yörüngeye saptıran kuvveti incelemesine yol açtı. Ancak bu yolu izlemek yerine, dairesel hareketi daha önce izleyenlerin yolundan gitti ve dairesel bir harekete kısıtlanmış bir cismin merkezden uzaklaşma eğilimini, yani Huygens'in merkezkaç kuvvetini ele aldı. Huygens gibi, o da bu kuvvetin nicel olarak ölçülmesi yollarını aradı. Çarpışmalarda meydana gelen hareket değişikliğini ölçmeye yarayan bir kuvvet kullanabilmek için, hareketli cismin sonsuz sayıda özdeş parçacığa çarptığını hayal etti. Cisim çember üzerine saptırılırken, öteki parçacıklara iletilen hareketin tamamı da bu parçacıklardan sadece bir tanesine aktarılıyor ve onda toplanıyordu. (Bak Şek.8.2) Bu yolla, cisim tarafından bir dönemde harcanan toplam kuvvet düşüncesine ulaştı (öteki cisimde meydana getirilen toplam harekete eşit). Bu düşünce, düşen bir cisme, örneğin bir dakikada uygulanan toplam kütle çekim kuvvetinin ve bir çarpmanın kuvvetinin benzeriydi. Bir kareden başlayıp, sonsuz kenarlı bir çokgen li-

mitinde çembere ulaşan bir geometrisel çözümlemeyle, bir dönemdeki toplam kuvvetin cismin hareketinin kuvvetine (bizim deyimimizle momentumuna) (oranın, daire çevresinin yarıçapa oranına eşit olduğunu gösterdi (Bak Şek. 8.2.). Toplam kuvveti, bir dönme için geçen zaman olan $\frac{2\pi r}{v}$ 'ye bölersek, Newton'un bulduğu sonucu, bugünkü merkezkaç kuvveti formülümüz olan $(F = \frac{mv^2}{r})$ 'ye indirgeyebiliriz.

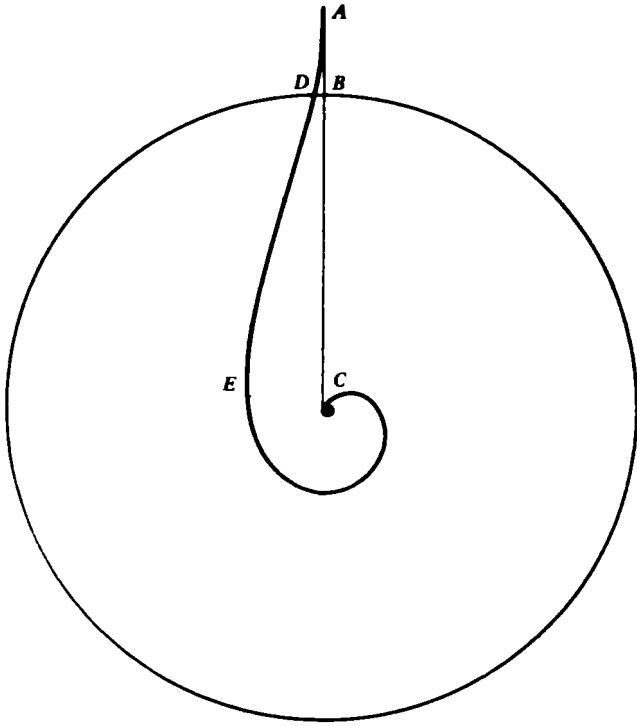


Şekil 8.2. (a) Silindir biçimli def cismi o cismini, bir dairesel yörüngede hareket etmeye zorlar. o cismi c'deyken, cg çizgisi boyunca hareket etmeye eğilimlidir ve silindire karşı baskı yapar. def'nin f'deki gibi birtakım ayrı cisimlerden oluştuğunu düşünün. o cismi daire üzerinde hareket ederken bu cisimlerin birbirine baskı yaparak, onlara hareket aktarır. Newton bütün bu hareketlerin f'ye aktarıldığını hayal etti ve f'nin fh boyunca hareketi, o cisminin bir tam dönme boyunca uyguladığı toplam kuvvetin bir ölçüsü oldu. (b) Newton'un nicel dairesel hareket incelemesi. Bu şekilde, cisim (b'deki) silindirel cisim içinde karesel bir abcd yolu izler. Newton dört yansımadaki kuvvetlerin cismin hareketinin kuvvetine oranının, cismin (ab+bc+cd+da) yolunun, yarıçap nb'ye oranına eşit olduğunu gösterdi. Daha da ileri giderek, kare yerine bir çokgen konulduğunda da bu oranın aynı kaldığını ve çokgen limit halde daireye yaklaştığında da oranın daire çevresinin yarıçapa oranı haline geldiğini gösterdi.

Newton, 1660 larda yazdığı bir başka makalede de, bu formülü, aynı merkezkaç eğilimini yeryüzündeki kütle çekim ivmesi ile karşılaştırmakta, ve gezegenlerin merkezkaç eğilimlerini birbirleriyle karşılaştırmakta kullandı. Bu son problem, gezegenlerin kusursuz dairesel yörüngeler üzerinde hareket ettiği varsayılarak, Kepler'in üçüncü yasasında kendi merkezkaç kuvvetini yerine koymaktan ibaretti, ve merkezden uzaklaşma eğiliminin yörünge yarıçapının karesi ile orantılı olarak azaldığı sonucunu veriyordu. Newton ay için, dünyadan uzaklaşma eğilimini yer yüzündeki kütle çekim ivmesinin dört binde biri olarak bulmuştu ve bu sayı, ayı dünyadan dünyanın yarıçapının altmış katı kadar bir uzaklığa yerleştirdiğinden, ters kare bağıntısına yaklaşık oluyordu. Makalede, evrensel çekim yasasının dayandığı temel - nicel- bağıntılar yer alıyordu.

Çok sonraları, Newton 1666'da kütle çekim kuvvetinin aya kadar uzanıp uzanmadığını ve onu yörüngesinde tutup tutmadığını görmek için bir hesap yaptığını, ve bulduğu sayıların "oldukça yakın" yanıtını verdiğini söyleyecektir. Bununla beraber iki noktanın altı çizilmelidir. Evrensel kütle çekim yasası, ölçülen kütle çekim ivmesi ile ay ivmesinin tam bir bağılılaşımını gerektirir. Newton ise sadece bir yaklaşıklık bulmuştu. Yerin yarıçapı için Galileo'nun *Dialogue*'undaki sayıyı kullanmıştı ki, bu sayı çok küçüktü. Ancak sonra yapılan doğru bir yer ölçümü Newton'a bu yanlış düzeltme olanağını verdi. O zamana kadar ise bağılılaşım tam değildi. Altı çizilmesi gereken ikinci nokta ise makalede çekim kavramının hiçbir şekilde yer almayışındır. Halâ ege-men mekanikçi felsefe çerçevesi içinde düşünen Newton, kütle çekiminden değil, uzaklaşma eğiliminden söz etmekteydi.

Newton'un ilgisine optik ve matematiğin yön verdiği on yılı aşkın bir ara, mekanik çalışmalarını kesintiye uğrattı. 1679 da, o sırada Henry Oldenburg'un ölümü üzerine Royal Society'nin sekreteri olmuş olan Robert Hooke'den, felsefel yazışmalarına yeniden başlamasını isteyen bir mektup aldı. Yanıtında, Newton düzenli bir yazışma içine girmeyi reddetti. "Felsefe ile hesabı kesmişti" ve bu konuda harcamış olduğu zamana acıyordu. Ancak, ilişkisini tamamen kesmemişti ki, mektubu doldurmak için olacak, dünyanın dönmesini kanıtlayacak bir deney önermekteydi. (Bak Şek. 8.3). Dünyanın hareketine karşı öne sürülen eski bir iddia, eğer dünya dönseydi yüksek bir kuleden bırakı-



Şekil 8.3. Yerin dönmesini kanıtlayacak deney. Ekseni etrafında dönen bir dünyadaki AB kulesinin A tepesinden bırakılan bir cismin yolu için Newton'un yaptığı çizim.

lan bir cismin düşey yolundan batıya doğru sapacağını söylüyordu. Bu nun aksine, Newton cismin doğuya doğru düşeceğini, zira kule tepesindeki ilk teğet hızının, kule dibindekinden büyük olduğunu öne sürüyordu. Bir diyagram, cismin yolunu dünyanın merkezinde biten bir helezonun parçası olarak gösteriyordu. Bu bir gaftı ve Newton tarafından herkesin içinde bir kere utandırılmış olan Hooke bu fırsatı kaçırmazdı. Bir dirençle karşılaşmaksızın yerin içine doğru düştüğü hayal edilen bir cismin yörüngesi yerin merkezinde sona ermeyecekti. Hook bunun, yörüngesel hareket için yaptığı teğetsel hareket artı merkezcil çekim üzerine kurulu teorisinin sonucu olduğunu söylüyordu. Newton düzeltmeleri kibarca kabul edecek bir adam değildi. Yanıtı, yanmış bir jambon gibi, kuru ve çıtır- çıtırdı. Kendi hatasında ısrar etti ve yörün-

genin kapalı bir elips olamayacağını söyleyerek, Hook'un betimlemesini düzeltmeye kalkıştı. Hook'un buna yanıtında bir salvo daha yer alıyordu. Eğer merkezci çekim sabit olsaydı Newton'un öne sürdüğü yörünge doğru olacaktı; ancak çekimin mesafenin karesiyle ters orantılı olarak azaldığını varsaymıştı. Newton ikinci kez yanıt vermedi, ancak sonradan Hook'un mektubunun kendisini; bir cisim odaklardan birisinde yer alan bir çekim merkezi etrafındaki dairesel bir yörünge de dönerse, çekim kuvvetinin odağa olan uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişeceğini tanıtlamakta teşvik ettiğini kabul etti. Böylece 1679 ya da 1680 de Newton, evrensel çekim yasasının dayandığı iki temel önermeden birisini tanıtlamış bulunuyordu.

1679 da, 1666 ya göre neden daha fazla ilerleme kaydedilebiliyordu ?.. *Principia* 1686 da tamamlandığı zaman, Hooke Newton'un eseri kendisinden çaldığını iddia etmişti. Tarihçiler bu iddiayı hemen hemen oybirliğiyle reddetmiştir, ve Newton'un yukarıda değindiğimiz ilk makaleleri de (kuşkusuz, Hooke bu konuda hiç bir şey bilmiyordu), onun Hooke'la yazışmadan önce de ne kadar yol almış olduğunu gösterir. Dahası, kütle çekimi Hooke ile hep üzerinde konuşulan fakat matematiksel olarak tanıtlanmayan bir düşünce olmuşken, evrensel kütle çekimi yasanın tamamen matematiksel tanıtlamaya bağlı olan geçerliliği tek başına Newton tarafından sağlanmıştır. Bununla beraber, 1666 da Newton merkezci çekimi değil, merkezkaç eğilimi düşünüyordu. Baş aşağı duran problemi ayakları üzerine dikip, yörüngesel hareketin mekaniksel unsurlarını bir teğet hız ve bir merkezci çekim olarak teşhis eden ve böylece soruyu içinden evrensel kütle çekiminin çıkabileceği bir biçime koyan kişi Hooke'dur. Hook'un ektiği tohumun içinde kök salıp filizlenebileceği bir toprağa düştüğünü söyleyelim. Zamanlama bundan daha iyi olamazdı. Hooke'un bir merkezci kuvvet önerisi, tam Newton'un akıl yürütmelerinin onu parçacıklar arasında bir kuvvetin varlığını öne sürmeye ittiği bir zamana rastlamıştı. Newton, çekim düşüncesini benimsemeye her zamankinden daha hazır bir durumdaydı. Çekim düşüncesi, daha önceki mekanik çalışmalarının yönelmiş bulunduğu kuvvetin matematiksel soyutlanmasına bir fiziksel içerik kazandırıyordu. Bir cümleyle söylersek, evrensel kütle çekimi kavramının ortaya çıkması için gerekli bütün etmenler artık mevcuttu.

Ancak, elipssel yörüngelerin bir ters kare çekimi sonucu olabileceğini tanıttıran bir özel yazışma dışında, hiç birşey Hooke'la yapılan yazışmalardan gelmemiştir. 1679'da Newton duygusal bir çöküntünün nekahat dönemindeydi; beş yıl boyunca, gerçekten kendisini Cambridge dışındaki tüm bilimsel dünyadan soyutlamıştı. 1684 Ağustosunda, yörünge problemi üzerinde bir başarıya ulaşmaksızın kafa yormakta olan, Edmond Halley tarafından ziyaret edildi. Halley doğrudan doğruya, bir başka cisim tarafından aradaki mesafenin karesiyle ters orantılı bir kuvvetle çekilen bir cismin hangi yörüngeyi izleyeceğini sordu. Bir elipsi diye cevap verdi Newton, nereden biliyorsunuz ? Çünkü, hesapladım ? Ancak, Newton hesabı aramaya gittiğinde, makaleyi bulamadı. Çok geçmeden, önermesini tekrar tanıtladı, ve karşılaşmanın kesinleşen sonucu *Philosophiae naturalis principia mathematica** olduki bu Newton'un bilim tarihindeki yerinin güvencesi olan yıkılmaz bir anıttır. Cambridge'den ayrılmadan önce Halley, Newton'dan tanıtlamayı kendisine göndereceğine dair söz aldı. Aynı yılın sonbaharında eline geçip, Royal Society'ye sunduğu kısa broşürde kesinleşmiş olan çalışmasının anahtar önermeleri yer alıyordu. Derneğin teşvi kiyle Newton, çalışmasını tamamladı ve eser 1687 Temmuzunda ortaya çıktı. Tarih, Newton'u sadece teşvik etmekle kalmayıp, kendi kıstıtlı, parasal olanaklarıyla eserinin basımını destekleyen Halley olmasaydı, *Principia*'nın yazılamayacağında müttefiktir. Bu yargı belki doğrudur, ancak başka etmenler de göz önüne alınmalıdır. Halley 1684 de ziyaretine gittiği zaman, Newton 1679 bunalımından itibaren beş yıl geçirmiş bir adamdı ve dış dürtülere her zamankinden daha açıktı. Hooke'un 1679'daki mektubu önceden planlanmadan ve Newton'un entellektüel yaşamının uygun bir anında gelmiş; Halley'in 1684'deki ziyareti de aynı şekilde tasarlanmaksızın ve duygusal yaşamının mutlu bir anına rastlamıştır. 1684 ilkbaharında Newton, dış bilimsel aleme yeniden açılmaya başladığını akla getirir biçimde, matematik üzerinde bir incelemeye başlamıştı. Aralık 1684 de Halley'in eline hareket hakkında kısa bir broşür ulaştı, ancak Newton, eseri hem hacim hem de içerik bakımından çok büyüten geniş bir düzeltme çabasına zaten girişmiş bulunuyordu. Çeşmeyi açan kişi belki Halley olmuştu, ancak çeş

* Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri

mebir kere açıldıktan sonra, *Principia*, Newton'un dehasının tükenmez deposundan kendiliğinden ve bir engelle karşılaşmaksızın akmaya başlamıştır.

Principia'nın Birinci kitabı evrensel kütle çekimi hakkında hiçbir şey söylemez. Kitap yörüngesel hareketi, yersel ve gökssel olayları aynı şekilde kapsayan bir birleştirilmiş mekanik sistemiyle bütünleştirmek için zemin hazırlayan bir rasyonel mekanik incelemesidir. *Principia*'nın önemi, evrensel kütle çekim yasasından çok birinci kitabındadır. Birinci kitapta Newton, 17'inci yüzyılın mekanik bilimini başarıyla matematikselleştirilmiş bir bilim örneği olarak o zamandan beri işgal etmekte olan yerine oturarak, en yüksek mükemmellik düzeyine ulaşmıştır.

Kitap temel tanımlarla ve üç hareket denklemiyle başlar. Birinci yasa, eylemsizlik ilkesini bugün kullanmakta olduğumuz haliyle ifade eder, ancak kavramın kendisi doğrudan doğruya Galileo ve Descartes'tan gelmiştir. Üçüncü yasa, yani etki ve tepki ilkesi Newton'un özgün yasasıdır, ancak, bununda Huygens'in daha önce tanıtladığı, çarpışmalarındaki hareket değişiminin dinamiksel bir genişletilmesi olduğu, görülebilir. Öte yandan ikinci yasa ve ilgili tanımlamaları kuvvet kavramını, rasyonel mekanığe fiilen sokmuştur. Kuvvet kavramı sayesinde, Galileo'nun kinematiği, dinamik bilimiyle tamamlanabilmiştir. "Hareket değişikliği, etki eden hareket ettirici kuvvetle orantılıdır; ve kuvvetin etki ettiği doğrultunun yönünde meydana gelir". Dikkatle yorumlarsak Newton'un ifadesi, bizim bugün aşına olduğumuz ikinci yasa biçimleri olan, $F = ma$ ya da $F = d/dt (mu)$ değil; $F = \Delta (mu)$ demektir. Newton'un yasa ifadesi, yasanın kaynaklandığı ilk çarpışma incelemelerini ve *Principia*'nın sunulduğu dil olan geometrinin gereklerini yansıtır. Δt nin sıfıra, gittiği halde, $F = \Delta (mu)$ nin $F = ma$ limitine gittiğini düşünüyordu. Kuvvet tanımı içinde, şimdi ağırlıktan ilk kez açıkça ayırılmış olan, kütle tanımı da yer almaktaydı.

Principia'daki hareket yasaları, Newton'un önceki makalesi, "Hareket Yasaları" ile karşılaştırılmalıdır. İlk makalede yasalar, çarpışmayla ilgili genelleştirilmiş bir formülde özetlenmiştir. *Principia*'da ise, çarpışma eylemsizlik hareketinin bir özel hali olarak ele alınmış ve yasaların iki sonucu şeklinde ifade edilmişti. Newton'un dikkati ar-

tık, çeşitli kuvvetlerin etkisi altındaki, cisimlerin hareketine çevrilmişti.

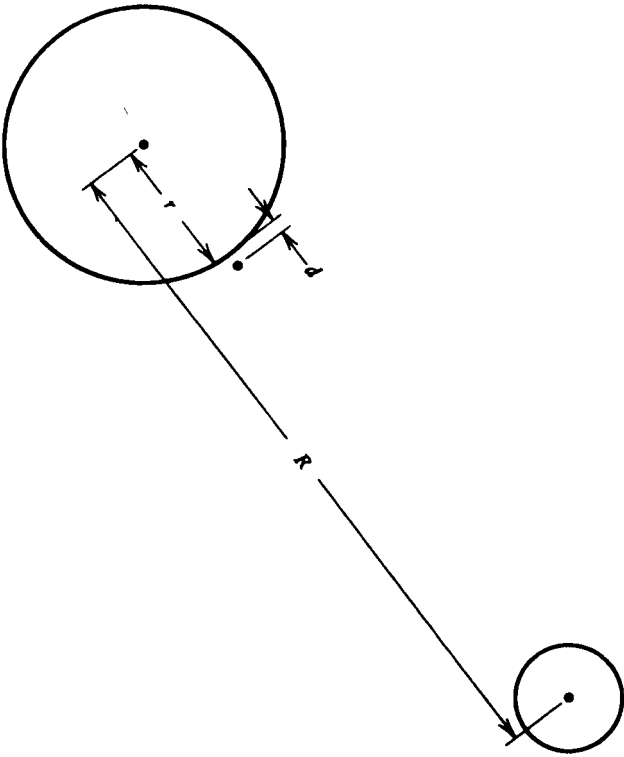
Birinci Kitap yasaların noktasal kütlelerin hareketine uygulanmasıyla ilgileniyordu. Bu amaçla Newton, merkeze yönelen kuvvet anlamında olan ve Huygens'in "merkezkaç kuvveti" ile kasıtlı bir zıtlık meydana getiren, "Merkezcil kuvvet" deyimini icat etti. Bu deyim, 1679 da Newton'a yazdığı mektupta meseleyi duyuran Hooke'nin anlayışını tekrarlar, ve Newton'un dairesel hareket incelemesinin Huygens'inkine göre temsil ettiği ilerleme bu deyimde yinelenen görüşte saklı oldukça, Hooke'un katkısı görmezden gelinemez. Newton Kepler'in gezegen hareketleri hakkındaki iç yasanın dinamikten türetilileceğini tanıtladı. Alanlar yasası, hareketli bir cisim eylemsizlik yolundan bir çekici kuvvetle saptırıldığı bütün durumlarda geçerli olmak zorundaydı. Böyle bir kuvvet mesafenin karesi ile ters orantılı olarak değiştiği zaman da, cisimler koniklerden birisinde yörüngeye giriyordu. Teğet hız kritik bir değerin altında olduğu zaman, bu yörünge bir elips (ya da elipsin limiti olan daire) oluyordu. Dahası, bir ters kare kuvveti varlığında, tek bir çekim merkezi etrafında yörüngeye oturmuş bulunan bir cisimler kümesi Kepler'in üçüncü yasasına uymak zorunda kalıyordu. Yine bir ters kare kuvvetinden çıkan Kepler'in üçüncü yasasının yani elipssel yörüngelerin tanıtlanması, son derece güçlü ve bu yasa evrensel kütle çekim yasanın dayandığı anahtar önermeden birisiydi.

Birinci kitap, sürtünmesiz olarak hareket eden noktasal kütlelerle ilgili idealleştirilmiş problemlere ayrılmışken, İkinci Kitap direnç gösteren akışkanlar içinde hareket eden cisimler ve bu akışkanların kendi hareketleriyle ilgiliydi. Birinci Kitap Galileo, Descartes ve Huygens'in daha önceki başarılarına dayanıyor ve onları daha yüksek bir mükemmellik düzeyine ulaştırıyordu. İkinci Kitaptan önce ise sadece en ham türden örnekler vardı, dolayısıyla bu kitap matematiksel akışkanlar dinamiğinin gerçek başlangıcını oluşturur. Öncü eserlerde hatalar bulunması kaçınılmazdır, ancak yepyeni bir problem alanını rasyonel mekaniğin konuları arasına almak başarısı, birinci kitabın başarısından daha az etkileyici değildir. En heyecanlı yerinde, İkinci Kitap Descartes'in girdaplarını tartışmaya başlıyordu. Newton, bir girdabın Kepler'in üçüncü yasasına göre hareket eden bir gezegenler siste-

mine hiçbir zaman yol açamayacağını kanıtladı. Girdap konusunda bundan da önemli olan güçlük bir girdabın kendi kendisini ayakta tutamayacağını, ancak bir dış kuvvetin girdabın merkezci cismine döndürdüğü sürece düzgün hareketini sürdürebileceğini kanıtlamasıydı. Newton'un sonradan ifade ettiği, gibi girdaplar sistemi bir çok güçlüğün tehdidi altındaydı.

Birinci Kitapta hazırlanan zemin ile ve İkinci Kitapta da Descartes ci sistemin yıkılmasıyla, Newton Üçüncü Kitapta dinamiğinin dünya sistemine uygulamasına girişti. Astronomide bir merkezci cisim ve etrafında Kepler'in üçüncü yasası uyarınca dönen gezegenlerden ibaret iki örnek yer alıyordu -güneş sistemi ve Jüpiter'le ayının oluşturduğu sistem. Bir örneklik ilkesini kullanarak, doğada ters kare kuvvetinin işleyişlerinin özdeş olması sonucuna vardı. İyi bir talih eseri, dünya etrafında da bir gezegen vardı, fakat sadece bir taneydi, kuşkusuz. Ancak Kepler'in üçüncü yasasına uyar biçimde, bu gezegenlerin sayısı iki de olsaydı, Newton'un tanıtılması eksik kalacaktı. Newton'un amacı, doğada çeşitli gezegenleri yörüngelerinde tutan kuvvetlerin özdeşliğini değil, bunların aynı zamanda dünyadaki herkesin aşına olduğu bir kuvvetle, yani bir elemanın yere düşmesine neden olan kuvvete de özdeş olduğunu kanıtlamaktı. Bir cümleyle söylersek, evrensel kütle çekim yasası, ayın merkezci ivmesi ile yer yüzündeki kütle çekim ivmesi arasındaki bağlantıya bağlıydı. Ancak 1666 da elde etmiş olduğu gibi yaklaşık değil, kesin bir bağlantı gerekiyordu.

Burada bir başka sorun kendisini gösteriyordu. Konu güneş ve gezegenler olduğu sürece, bu cisimleri noktasal kütleler olarak ele almak geçerliydi, hatta ay ve dünya halinde bile aralarındaki mesafeye göre cisimler pek büyük değildi. Sorun, elma ve dünya için ortaya çıkıyordu. İlk bakışta, bir ağaçtaki elma yerden üç ya da beş metre uzakta görünüyordu; Newton'un bulduğu bağlantı ise elmanın yaklaşık altıbinsekizyüz kilometre uzaklıkta olmasını gerektiriyordu. Yani Newton, elemanın yerin merkezine olan uzaklığını kullanmaktaydı. (Bak Şek. 8-4.) Böylece, Newton'un çekici parçacıklardan oluşmuş bir cismin çekiciliğini incelediği, Birinci Kitabın bir bölümünün yaşam sal önemi ortaya çıkıyordu. Bu bölümde, mesafeyle ters orantılı olarak değişen bir kuvvetle çeken parçacıklardan meydana gelen, bağdaşık



Şekil 8.4. Yer, ay ve elma. Yerden R uzaklığında bulunan ayın merkezci ivmesi ile elmanın merkezci ivmesinin bağlaşımları için, elmanın yerden uzaklığı d değil, $r+d$ olmalıdır ki, bütün pratik hesaplarda bu büyüklük r 'ye eşit olarak alınabilir.

bir kürenin (ya da bağdaşık kabuklardan oluşmuş bir kürenin) dışındaki herhangi bir cismi sahip olduğu madde miktarıyla (ya da kütle- siyle) orantılı ve merkeziyle cisim arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı bir kuvvetle çektiğini tanıtlamıştı. Yani, böyle bir küre dışındaki cisimleri, sanki bütün kütlesi merkezinde toplanmış gibi çekiyordu. Bu tanıtlamanın, ve ayın merkezci ivmesiyle yerçekimi ivmesi arasındaki kesim bağlaşımlarının yardımıyla, Newton evrensel kütle çekimi yasasını ilan etmeye hazır hale gelmiş bulunuyordu: "Bütün cisimler için geçerli olan, ve sahip oldukları çeşitli madde miktarlarıyla orantılı bir kütle çekim gücü vardır." Evren, hepsi de birbirlerini kütlelerinin

çarpınıyla orantılı ve aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı bir kuvvetle çeken madde parçacıklarından meydana geliyordu.

Evrensel kütle çekim yasasını, güneş sisteminin doğasında mevcut dinamik zorunluluklardan türetmiş olan Newton, bu yasayı Üçüncü Kitabın geri kalan bölümlerinde bir takım daha karmaşık problemleri açıklamakta kullandı. Newton'un sağlığında, bir saniyelik bir periyoda sahip bir sarkacın Ekvatordaki uzunluğunun Avrupa'dakinden daha kısa olduğu anlaşılmıştı. Newton bu gerçeği, evrensel çekim yasasından nicel bir kesinlikle elde etti. G_1 , git olayı uzun süredir bilim dünyasının ilgisini çekmekteydi; Newton buna güneş ve ayın çekimlerinin neden olduğunu gösterdi ki bu kütleçekimin karşılıklığının önemli bir doğrulanmasıydı. O zaman bilinen bütün gökssel cisimler içinde ayın hareketleri en düzensiz olanıydı. Ayı, hem dünya hem de güneş tarafından çekilen bir cisim olarak ele alan Newton, bu düzensizliklerden muhtemelen evrensel kütle çekimi yasasının sorumlu olduğunu gösterebiliyordu. Problem oldukça karmaşıktı ve Newton'un ay teorisi eksik kalmıştır. Astronomlar 18'inci yüzyılda bu teoriyi tamamladıkları zaman, evrensel çekim yasası önemli bir doğrulamaya daha kavuşmuş tur. Newton, ekinoksların presasyonunda, yani eksenin yavaş salınımında, daha büyük bir başarı elde etmiştir ve bütün başarılarının en büyüğü de kuyruklu yıldızların yörüngelerini çözmesidir. Newton'a gelinceye kadar, kuyruklu yıldızların hareketini bir yasaya bağlama çabaları hep boşa çıkmıştı. Newton kuyruklu yıldızların hareketine de, gezegenlerin hareketine egemen olan dinamik yasalarının egemen olduğunu tanıtladı.

Newton, *Principia* yazılmadan yirmi yıl kadar önce ve Leibniz'in bağımsız olarak yaptığı buluştan da evvel, integral hesabı bulmuş olduğu halde, büyük eserini integral hesap diliyle yazmamıştır. Geometri bilim dili olarak kabul edilmeye devam ediyordu, ve o da geometriyi kullanmıştı. Kesin ve ham oranlar kavramından, bazı bakımlardan diferensiyellere benzer bir şekilde yararlanmıştır. (Bak Şek. 8. 5.) Bununla beraber, Newton'un kavram ve sonuçları diferensiyel hesap diline kolaylıkla çevrilebilirdi ve kendisinin 18'inci yüzyıldaki izleyicileri, Newton mekaniğinin kapsamını genişletmek için Leibniz'in ifade ettiği diferensiyel ve integral hesabı kullandılar.

Newton'un düşündüğü şekliyle kütesel çekim, *Opticks'* in Soru 31'in de tartışılan parçacıklar arasındaki kuvvetlerden farklıdır. Orada ki kuvvetlerin evrensel değil, özel olduğuna inanılıyordu;örneğin mık-natısın demiri çekip de bakırı çekmeyişi gibi, bir tür madde sadece kendisiyle ilgili bir başka maddeye etki ediyordu. Kütesel çekim ise, aksine, bütün maddelerin madde oldukları için, bütün öteki maddeleri çektiği bir etkileşmeydi. Kütesel çekim evrenseldi, ve evrensel olduğu için de mekanikçi felsefenin temel bir ilkesini, yani bütün maddelerin özdeşliğini tasdik ediyordu. Yine de mekanikçi filozoflar öne sürülen çekimden pek azımsanamayacak bir rahatsızlık duydular. 1687 de, *Principia*'nın basımına yakın bir sırada, İngiltere'ye gelen ve Newton ile karşılaşan bir genç İsviçreli matematikçi, Huygens'e bir mektup yazarak dünya sistemi üzerinde hazırlanmakta olan çalışmayı görmeyi umduğunu, ancak bir yeni çekim teorisi olmamasını dilediğini yazıyordu. Ne yazık ki teori tastamam böyleydi, ve mekanikçi filozoflar baş-larını çaresizlikle salladılar. Kütesel çekim neydi?. Ya mekaniksel bir kaynağı vardı ve Newton bunu açıklayacaktı, ya da gizemli bir nitelik ti ve kabul edilemezdi.

Sonunda, Newton eleştirileri *Opticks*'in 1717 deki ikinci basımına sekiz soruluk bir ek (17 numarılıdan 24'e kadar) koyacak ölçüde kabul etti. Burada kütle çekim etkisini evreni işgal eden bir eterle açıklıyordu. Bununla beraber, bu uzlaşma sadece görünüşteydi, zira eter de birbirlerini uzaktan iten parçacıklardan oluşmaktaydı. Newton'un parçacıklar arasındaki kuvvetlerini sadece bir görüntü olarak değil, varlıkbilimsel gerçeklikler olarak kabul ettiği konusunda hiç bir ciddi kuşku olamaz. Bu kuvvetlerin nedenini tartışmaya hazırlandığı kadarıyla, onları doğrudan doğruya Tanrının etmeni olarak görmekteydi.

Bununla beraber, Newton'u mekaniksel evrenin varlıkbilimine yeni bir kategori ithal etmeye, neyin ikna ettiği sorusu ortadadır, ve yanıt öncelikle onun bilim ideali göz önüne alınarak verilmelidir. Daha önceleri, 1690'larda Huygens ve Leibniz'in Newton teorisini tartıştıkları yazışmaları, Newton'la olan farklılıklarına biraz ışık tutar. Leibniz, gezegenler sadece elipsel yörüngelerde dönmekle kalmıyorlar, üstelik hepsi de güneş etrafında aynı düzlemde ve aynı yönde dönüyorlar di-yordu. Bu gibi şeyleri açıklamak için bir çeşit girdap düşüncesine da-

yanmak zorunlu olduğuna göre, Newton teorisinde gezegenler her düzlemde ve her yönde hareket edebilmeliydi. Leibniz'in mektubu, evrenin insan aklı için tamamen apaçık olduğuna dair mekanikçi felsefenin temel inancını yineliyordu. Buna karşılık, evrensel kütle çekim yasası, insan anlayışına bir düzeyde şeffaf olmayan bir perde çeker gibi görünüyordu. *Principia*'dan on beş yıl önce, Huygens'in Newton'un renk hakkındaki makalesine verdiği yanıtta da aynı eleştiri yer almıştı. Newton sadece, bir rengin duyusunu meydana getiren ışınların, başka rengi meydana getirenlerden farklı kırılabilirliğe sahip olduğunu gösteriyordu, fakat renkleri birbirinden ayıran farklılıkların neler olduğunu açıklamıyordu. Newton ile geleneksel mekanikçi filozoflar arasındaki temel tartışma konusu, Newton'un doğanın nihai anlaşılabilirliğini kabul eden bir bilim idealini benimsemeye hazır oluşundan kaynaklanıyordu.

Kuvvet kavramı, Newton'un bilim idealinin merkezci konularını gündeme getirmişti. İlk olarak 1706 da basılan soru 31 de, Newton kendisinin doğa üstü nitelikleri yeniden canlandırmak istediğini öne süren suçlamalara yanıt veriyordu.

"Bu ilkeleri, nesnelerin özgül biçimlerinin sonucu olduğu varsayılan, gizemli nitelikler olarak değil, fakat nesnelerin kendilerinin biçimlendiricisi olan, genel doğa yasaları olarak görüyorum; bunların nedenleri henüz keşfedilmemiş olmakla beraber, doğrulukları bize görün gülerle görünmektedir. Bize nesnelerin herbir türüne, aracılıklığıyla etki ettiği ve açık etkiler meydana getirdiği bir özgül gizemli nitelik verildiğini söylemek, hiçbir şey söylememek demektir. Fakat görüngülerden iki ya da üç genel hareket ilkesi türetmek, ve bundan sonra bütün maddesel nesnelerin özelliklerinin ve etkinlerinin bu açık ilkelerden nasıl çıktığını bize söylemek, bu ilkelerin nedenleri henüz keşfedilmemiş olduğu felsefede büyük bir adım olacaktır: Ve, yukarıda değinilen hareket ilkelerini önermekten, çok genel uzamlı oldukları için, çekinirim ve bunların nedenlerini keşfedilmek üzere ileriye bırakırım."

Principia'nın 1713 deki ikinci basımının sonundaki genel Haşiyede, Newton aynı görüşü klasik biçimiyle ifade ediyordu. Görüngüleri kütle çekimi aracılığıyla açıkladığını, fakat kütle çekiminin ne-

denini bilmediğini söylüyordu.*

"Fakat şimdiye kadar bu kütle çekim özelliklerinin nedenini görüngülerden keşfedemedim, ve hipotezler uydurmadın; zira görüngülerden çıkartılmayan her bir şey bir varsayımdır ve varsayımları, fizik ötesi ya da fiziksel, gizemli niteliklere ait ya da mekaniksel olsunlar, deneysel felsefede yer yoktur."

Varsayımlar uydurmadım- *hypoteses non fingo*. Bir bakıma, bu söz açıkça yanıltıcı; Newton varsayımlar yapmıştı, ve de muhteşem varsayımlar yapmıştı. Öte yandan, ise tanıtlanmış sonuçlar ve bu sonuçları açıklamak için uydurulmuş varsayımlar arasında katı bir ayırım yapmakta oluşu, ve tanıtımları spekülasyonlarla sulandırmayı reddedişi hatırlanınca, yukarıdaki sözünün gerçeği ifade ettiği anlaşılır. Böylece Newton için kuvvet görüngüleri mekaniksel olarak betimlemek için zorunlu bir kavramdı, ve geçerliliği, kaynağını açıklayabilecek varsayımlara değil, tanıtımlardaki yararlığına bağlıydı.

Newton doğanın en sonunda insan aklına kapalı olduğuna inanıyordu. Bilim, nesnelerin özü ile ilgili belirli bilgileri edinmeyi umamazdı. Halbuki, bu 17'inci yüzyılda mekanikçi felsefenin programı olmuştu, ve görünmez mekanizmalar hayal etme sabit fikri, bilimsel bir açıklamamanın ancak görüngüleri *nihai* unsurlarına kadar izlerse geçerli olacağı inancından çıkıyordu. Newton için ise, aksine doğa olduğu gibi verilmişti, ve bazı yanları hiç bir zaman anlaşılamayabilirdi. Optik, kimya ve biyoloji gibi diğer bilimler de, aynı sınırlılığı kabul etmeği öğrendikleri zaman hayali mekanizmalarla oynamayı bıraktılar ve açıklamak yerine betimleyerek, kendi görüngülerine uygun bir küme kavramı formüllendirdiler. Newton fiziğin amacının hareket görüngülerinin nicel olarak kesin bir betimlemesi olduğuna inanıyordu. Buna göre kuvvetin kesinleşmiş gerçekliği anlaşılamasa bile, kuvvet kavramı bilimsel tanıtılamaya kabul edilebilirdi. Newton'un çalışmalarında kuvvet, Galileo'nun temsil ettiği matematiksel betimleme geleneği ile, Des cartes tarafından temsil edilen mekanikçi felsefe geleneğinin uzlaş-

* Bugün bu tür uzaktan etkileşmelerin, etkileşme alanının kuantalarına karşılık gelen parçacıkların değiş-tokuş ile meydana geldiği kabul ediliyor. Örneğin elektriksel etkileşmeler ışık kuantası, yani foton alış-verişi sonucunda meydana geliyor. Kütle çekim etkileşmesi için de graviton adı verilen, yine sıfır kütleli, parçacıkların bu rolü oynadığı ileri sürülüyor. /Ç.N./

masını olanaklı kılmıştı. Bu iki geleneği birleştirerek, Newton 17'inci yüzyılın bilimsel çalışmalarını, tarihçileri bir bilimsel devrimden söz ettirecek bir başarı düzeyine ulaştırdı. Ve modern bilim böylece, oluşan çerçeve içinde, bilimsel devrimin yolunda yürümeyi sürdürmektedir.

ÖNERİLEN EK KAYNAKLAR

Alexandre Koyre'nin çalışmaları, 17'inci yüzyıl bilimi hakkındaki bugünkü anlayışın biçimlenmesine her şeyden çok katkıda bulunmuştur. Ne yazık ki en önemli eseri, *Etudes Galiléennes*, (Paris 1939) İngilizçeye çevrilmemiştir, ancak eserin ulaştığı sonuçları özetleyen kısa makaleler, *Metaphysics and Measurement* (Cambridge, Mass., 1968) başlıklı ciltte yayınlanmıştır. Bir başka kitap, *From the Closed World to the Infinite Universe* (Baltimore, 1957) de yine Koyre'in dönem hakkındaki görüşlerini temsil eder. Temel entellektüel akımları anlamaktaki önemi pek de daha az önemli olmayan bir eser de, E.A. Burt'un *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, genişletilmiş basım (London, 1932) dir. Öncelikle 17'inci yüzyıl bilimiyle ilgili birçok güzel kitap vardır. Herbert Butterfield'din yazdığı *The Origins of Modern Science*, (London, (1950), ve A.R. Hall'ın *The Scientific Revolution*, (London 1954) adlı eseri ile daha yeni ve kronolojik bakımdan dahasıırnlı eseri *Galileo to Newton* (New York, 1963), bu konudaki önde gelen kitaplardır. Daha geniş dönemleri kapsayan iki çalışmanın 17'inci yüzyıla sona eren, E.J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture*, trans. C.Dikshoorn, (Oxford, 1961), ve 17 inci yüzyıla başlayan C.C. Gillispie, *The Edge Of Objectivity*, (Princeton, 1960) dır. İki kitapta haklı bir etkiye sahiptir. Son olarak, herbir bilimin gelişmesi hakkında ayrıntılı makaleleri kapsayan, iki ciltlik *Histry of Science*, ed. Rene Taton, trans. A.J. Pomerans (New York, 1964) yararlı bir referans kitabıdır.

Astronomi düşüncesinin Copernicus'dan Kepler'e kadarki gelişimi de literatürde önemli bir yer tutar. Bu konuda da yine Koyre en büyük çalışmayı yapmıştır, *La revolution astronomique* (Paris, 1961). Bu çalışma İngilizceye çevrilmiştir, fakat Lax Casper'in kısaca *Kepler* başlığını taşıyan biyografisi, trans. C.Doris Hellman, (New York, 1959) çevrilmiştir. Arthur Koestler, *The Slepwalkers*, (Londra, 1959) söz yerindeyse taraflı bir kitaptır. Burada Koestler'in kitapta yer alan bü-

tün diğer kişilerin aleyhine olarak yücelttiği Kepler'in asıl karakter olarak, ilginç bir portresi ve çözümlemesi yer alır. W.Pauli, *The Influence of Archetypal Ideas on the Scientific Theories of Kepler* (New York, 1955), ve Gerald Holton, "Johannes Kepler's Universe: Its Physics and Metaphysics," *American Journal of Physics*, 24 (1956), 340-351, de Kepler düşüncesinin önemli çözümlemeleri vardır. Kepler'in gezegenler teorisine yaptığı katkının güvenilir bir özeti, J.L.E. Dreyer, *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler*, (Cambridge, (1906) da bulunabilir.

Galileo'nun mekanik çalışmalarının anlaşılmasına Koyre'in yaptığı temel katkıya yukarıda değinilmişti. Koyre 17'inci yüzyıldaki mekanik hakkında bir dizi makale de yazmıştır. Bunlar arasından sadece iki tanesini vereceğim: *A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton*, (*Transactions of the American Philosophical Society*, New series, Vol. 45, Part 4, 1955), ve "An Experiment in Measurement," *Proceeding of the American Philosophical Society*, 97 (1953), 222- 237, Galileo'nun meslek yaşamının herbir yönü ile ilgili makalelerin toplandığı *Galileo, Man of Science*, ed. E.Mc Mullin (New York, 1967) adlı ciltte, Galileo'nun mekaniği üzerinde makaleler vardır, ve bunlar arasında başlangıçta yer alan, editör Mc Mullin'inki özel bir öneme sahiptir. Yüzyıl mekaniğiyle ilgili genel tarihler arasında I.B. Cohen, *The Birth of a New Physics* (Garden City, New York, 1960), parlak bir ifade taşır. Ernest Mach, *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of its Development*, trans. T.J. Mc Cormack, 6 th ed. (La Salle, Illinois, 1960), temelde tarihsel olan düzenlenişiyse, eleştirel çözümlemenin bir klasığıdır. Gerçek bir sabıra sahip kişilere ise, bol miktarda bilgiyi hızını oldukça zor bir biçimde sunan, Rene Dugas, *Mechanics in the Seventeenth Century*, trans. F.Jacquot (Neuchatel, 1958) önerilebilir.

Çoğu 17'inci yüzyıl öncesinde yaşayan, Paracelsus ve Bruno gibi Hermesci geleneğin son temsilcileri, büyük bir ilginin konusu olmuşlardır. Paola Rossi, *Francis Bacon: From Magic to science*, trans. S.Rabinovitch (London, 1968), ve Walter Pagel, *The Religious and Philosophical Aspects of van Helmont's Science and Medicine (Supplements to the Bulletin of the History of Medicine, No. 2, Baltimore, 1944)*, bu konuda 17'inci yüzyıl materyalini de kapsayan iki kayda değer istis

nadır. Mekanikçi felsefe üzerinde birçok çalışma vardır. R.G. Collingwood, *The Idea of Nature* (Oxford, 1945), 17'inci yüzyılın doğa kavramının algısal çözümlemesine bir bölüm ayırır. Marie Boas (şimdi Marie Boas Hall), "The Establishment of Mechanichel Philosophy", *Osiris*, 10 (1952), 412-541, tam başlığının konusunu inceler, ve Robert Boyle'e ağırlık verir. R. Harre, *Matter and Method*, (London, 1964), tarihsel olarak düzenlenmiş bir felsefel çözümleme sunar. Des cartes ile ilgili büyük materyal yığını, Descartes'ın bilimsel geleneğin bir parçası oluşuyla ilgili geniş bir çalışma ihtiva etmez. Descartesci felsefeyle ilgil kitapların çoğu onun madde ve doğa kavramlarıyla ilgilidir. Gassendi ve atomcu gelenek çok daha az incelenmişti ve bunların çoğu da Fransa'daki çalışmalardır, ancak bu konuda yeni bir kitap vardır: Robert Kargon, *Anomisim in England from Hariot to Newton* (Oxford, 1966).

W.E.K. Middleton yakınlarda *The History of the Barometer* (Baltimore, 1864)'ü yayınladı. Optik beklenilenden çok daha az incelenmiştir. Ancak A.I.Sabra'nın konunun 17'inci yüzyıldaki tarihi olma çabasındaki seçkin eseri, *Theories of light from Descartes to Newton* (London, 1967), kapsamlı bir eser olma niteliğine bütün diğer eserlerden çok yakındır. Vasco Ronchi, *Historie de la lumiere*, trans J. Taton (Paris, 1956), 17'inci yüzyıl da içine alan standart bir genel optik incelemesidir. Kitaba aldığım konuları çok daha bütünlük içinde incelediğim, çeşitli makaleler yayınladım - "The Development of Newton's Theory of Colors", *Isis*, 53 (1962), 339- 358; "Isaac Newton's Coloured Circles Twixt Two Contiguous Glasses," *Archive for History of Exact Sciences*, 2 (1965), 181-196; "Uneasily Fittul Reflections on Fits of Easy Transmission" *The Texas Quarterly*, 10 (1967) 86- 102; ve "Huygen's Rings and Newton's Rings: Periodicity and 17th Century Optics," *Ratio*, 10 (1968), 64- 77

17'inci yüzyıl biyoloji düşüncesi ile ilgili en önemli tarihler, Fransızca eserlerdir- Emile Guyenot, *Les Sciences de lavie aux XVIIIe et XVIII e siecles* (Paris, 1941), Jacques Roger, *Les sciences de la vie dansla pensee francaise du XVIIIe siecle* (Paris, 1963), bu sonuca eser de, adına rağmen, 17'inci yüzyılı kapsamlı olarak inceler. Standart bir biyoloji tarihi olan Erik Nordenskiöld, *The History of Biology*, trans. L.B. Eyre (New York, 1935), 17'inci yüzyıla ilgili geniş mater-

yale sahiptir. Harvey ise kapsamlı olarak incelenmiştir. Hakkında bir çok biyografi yazılmıştır. Bunlar arasında Robert Willis, "The Life of William Harvey, M.D. ", *The Works of William Harvey, M.D.* (London 1848) daki makale, ve Geoffrey Keynes, *The Life of William Harvey*, (Oxford, 1966)da yer alır. Harvey'in kalp üzerindeki çalışmalarıyla ilgili daha uzmanlaşmış incelemeler, Charles Singer, *The Discovery of the Circulation of the Blood* (London, 1922), ve H.P. Bayon, "William Harvey, physician and Biologist", *Annals of Science*, 3 (1938), 59- 118, 435, 456, 4 (1939), 65- 106, 329-389'da yer alır. Seçkin bir bilim tarihçisinin, yakınlarda çıkan bir şaheseri, Walter Pagel, *William Harvey's Biological Ideas* (Basel ve New York, 1967) Harvey'in çalışmaları, biyolojiye yaklaşımını bütünü içindeki rabatasıyla değerlendiren. 17'inci yüzyıl Embriyolojisi'nin ayrıntılı incelenmesi henüz başlangıç halindedir, ancak yakınlarda konunun hem kaynakları hem de ikincil tartışmaları Howard Adelman, *Marcello Malpighi and the Evolution of Embryology*, 5 vols. (Ithaca, New York, 1966)'da kültürel bir biçimde basılmıştır.

17'inci yüzyıl kimyası hakkındaki temel kitap da henüz Fransızca'dan çevrilmemiştir- Helene Metzger, *Les doctrines chimiques en France du debut du XVII e a la fin du XVIIIe siecle* (Paris, 1923). Miss Metzger, başlığın işaret ettiği tüm programı gerçekleştirecek kadar yaşamadı, ancak 17'inci yüzyıl kimyasını hem yukarıdaki ciltte hem de *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930) kitabında yazdı. 17'inci yüzyıldaki İngiliz kimyasını kapsayan iki güzel eser vardı? Allen Debus, *The English Paracelsians* (London, 1965), ve Marie Boas (Hall), *Robert Boyle and Seventeenth Century Chemistry* (Cambridge, 1958). Thomas Kuhn, "Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century," *Isis*, 43 (1952), 12-36, bilimsel devrim çağındaki kimyaya, benim bildiğim bütün diğerlerinden daha çok ışık tutan bir yirmibeş sayfadır.

Bilimsel derneklerin 17'inci yüzyıldaki gelişimi bir çok çalışmanın konusu olmuştur. Martha Crumstein, *The Role of Scientific Societies in the Seventeenth Century* (Chicago, 1928) standart genel tarihtir Royal Society sürekli bir inceleme konusu olmuştur. Bu konudaki en son tarihler, (New York, 1948), ve Margery Purver, *The Royal Society Concept and Creation* (London, 1967) dir. Bunlardan ikincisi, örgüte

Baconcu bir model yüklemeye çalışan bir bakıma iddialı bir kitaptır. Hercourt Brown, *Scientific Organizations in Seventeenth Century France* (Baltimore, 1934), İngiliz okuyucuya Fransız dernekleriyle ilgili ayrıntılı bir açıklama sunar. Yeni iki kitap, üniversitelerdeki bilimle ilgili bazı değişik görüşler sunar- William T. Costelle, *The Scholastic Curriculum at Early Seventeenth Century Cambridge* (Cambridge, Mass., 1958), R.K. Merton, "Science, Technology and Society in Seventeenth Century England," *Osiris*, 4 (1938), 360-632, ve Edgar Zilsel, "The Sociological Roots of Science", *American Journal of Sociology*, 47 (1941-42), 544-562, bilimsel devrimin toplumsal temelleri ile ilgili öncü çalışmalardır. A.R. Hall yukarıdaki makalelerin sonuçlarına iki makaleyle itiraz eder. "Merton Revised," *History of Science*, 2 (1963) 1-16, ve "The Scholar and the Craftsman in the Scientific Revolution," *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett (Madison, 1962), pp.3-23. bilimsel yönetimin gelişmesinin tarihi yazılmıştır; R.M. Blake, C.J. Ducasse ve E.H. Madden, *Theories of Scientific Method* (Seattle, 1960), bu konuya en yakın eserdir. R.F. Jones, *Ancient and Moderns* (St. Louis, 1936), bilimsel hareketle ilgili çeşitli tavırlarla ilgili önemli bir incelemedir.

Isaac Newton hakkında, burada değinilmesi bile olanaksız çoklukta akademik çalışma yapılmıştır. Birçok biyografiden en önemlileri David Brewster, *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton* (Edinburgh, 1855); ve Lois, T. More, *Isaac Newton, A Biography* (New York, 1934) dir. Frank Manuel, *A Portrait of Isaac Newton* (Cambridge, Mass, 1968), herkesin okuması gereken parlak bir tarihsel psikanalizdir. Koyre 17'inci yüzyıl biliminin bütün önemli konularında olduğu gibi Newton üzerinde de kapsamlı yazılar yazmıştır; en önemli makaleleri *Newton Studies* (Cambridge, Mass. 1965) de toplanmıştır. Görmezden gelinemeyecek bir diğer temel inceleme de I.B. Cohen, *Franklin and Newton* (Philadelphia, 1956) dir. John H. Rivel, *The Background to Newton's "Principia"* (Oxford, 1965), Newton'un dinamiğinin gelişmesinin bütün ilgili kaynaklarla beraber ayrıntılı bir çözümlenmesidir. A.R. ve Marie Boas Hall'ın editörlüğünü yaptığı bir diğer makale derlemesi olan *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton* (Cambridge, 1962) de, ve I.B. Cohen'in editörlüğünü

yaptığı *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy* (Cambridge, Mass. 1958) de değerli giriş yazıları vardır. Newton matematiği üzerinde uzmanlığını herkesin kabul ettiği bir eser de, D.T. Whiteside'in editörlüğünü yaptığı üç cildi yayınlamış. *The Mathematical Papers of Isaac Newton* (Cambridge, 1967)'un yeni ciltlerinin yayınlanması sürdürülecektir. Whiteside'in "Patterns of Mathematical Thought in the later Seventeenth Century", *Archive for History of Exact Sciences*, I (1961), 179-388, makalesi matematiksel makaleler derlemesine yazdığı girişlerle beraber, Newton Matematiği üzerindeki en iyi çalışmaları oluşturur. "The Annus Mirabilis of Sir Isaac Newton" genel başlığını taşıyan, ve yakınlarda çıkan bir *Texas Quarterly* (Vol. 10, No.3, 1967), sayısı, Newton anlayışımızın bugünkü durumunun tutarlı bir tablosunu çizen bir makaleler derlemesidir.

Bibliyografya konusunu, 17'inci yüzyıl biliminin temel eserlerinin çoğunun İngilizce olarak okunmasının olanaklılığına değinmeden, geçmek olanaksızdır. Kepler'den sadece iki kitabın, *The Epitome of Copernican Astronomy* ve *The Harmonies of the World*'un çevrilip R.M. Hutchins'in editörlüğünü yaptığı *Great Books of the Western World*'un 16'ıncı cildinde yayınladığı doğrudur. Galileo'nun bütün çalışmaları çevrilmektedir ve bunların çoğu da basım halindedir. Descartes'ların çoğu da yine çeviri ve basım halindedir. Gassendi'nin özel bir çevirisi 17'inci yüzyılda çıkmıştı. 17'inci yüzyıl sonları optiğinin iki büyük klasığı, Newton'un *Opticks*'i ilk olarak zaten İngilizce yazılmış ve Huygens'in *Treatise on Light*'ı da İngilizce'ye çevrilmişti. Huygens'den başka bir eser de çevrilmiş değildir. Boyle'un çalışmalarının çoğu ilk olarak İngilizce, yayınlanmış, ve Van Helmont'unkilerde 17'inci yüzyılda İngilizceye çevrilmişti. Gilbert çevrilmiştir ve basım halindedir. Aynı durum Harvey için de doğrudur. Yakın zamanlarda Malpighi'nin embriyoloji çalışmaları, Gassendi'ninkilerle beraber çevrilmiştir. Hook'un klasik mikroskobik gözlemleri ilk olarak, Latince başlık altında İngilizce yayınlanmıştı. Gözlemlerin o zamandan beri periyodik olarak yeni basımları yapılmaktadır ve şu sırada da yine basımdadır. Newton'un bütün önemli eserleri basım halindedir, *Principia* ve makalelerinin büyük bir bölümü de çevrilmektedir. Bilimsel devrimi anlamak için, ikinci elden yapılan bir çok değerlendirmeyi okumak yerrine, özgün eserlere başvurmak çok daha yararlıdır.

17. yüzyıl bilim tarihine giriş olan bu kitapta, "bilimsel devrim" iki temel düşünce arasındaki etkileşim açısından incelenmiştir. Cosmos'u matematiksel bir düzen olarak kabul eden plato-pisagor okulu, doğayı geometri bilgisi ile anlamayı amaçlar. Buna karşı olarak doğayı büyük bir makine şeklinde algılayan felsefe, olayların ardındaki bilinmeyen mekanizmayı anlama çabasındadır. Farklı amaçlara yönelen bu iki düşünce akımı, çatışmaya yatkındır. Bu çatışmanın etkileri kimya ve hayat bilimlerine kadar yayılmıştır. Ancak en fazla etkilenen matematiksel bilimler olmuştur. Bu kitabın gösterdiği gibi, bilimsel devrim, iki temel yaklaşım arasındaki çatışmanın bir çözüme kavuşmasından sonra gerçekleşmiştir.