Richard Wesfall _ Modern Bilimin Oluşumu

Modern Bilimin Oluşumu The Construction of Modern Science
Richard S. Westfall
12. basım
TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 4
Modern Bilimin Oluşumu The Construction of Modern Science
Richard S. Westfall
Çeviri: İsmail Hakkı Duru
Türkçe metnin bilimsel danışmanı: Doç. Dr. Osman Gürel
© Cambridge University Press, 1977
© Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 1994
TÜBİTAK Popüler Bilim Kitaplarının Seçimi ve Değerlendirilmesi
TÜBİTAK Yayın Komisyonu Tarafından Yapılmaktadır
ISBN 975 - 403 - 006 - 5
İlk basımı Ocak 1994'te yapılan
Modern Bilimin Oluşumu bugüne kadar 27.500 adet basılmıştır.
12. Basım Temmuz 2000 (2500 adet)
Yayın Yönetmeni: Sedat Sezgen
Teknik Yönetmen: Duran Akça
Grafik Tasarım: Ödül Evren Töngür
Uygulama: Birsen Kızıldağ
TÜBİTAK
Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 Ankara
Tel: (312) 427 33 21 Faks: (312) 427 13 36
e-posta: kitap@tubitak.gov.tr
İnternet: kitap.tubitak.gov.tr
Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş. - Ankara
Modern Bilimin Oluşumu
Richard S. Westfall
ÇEVİRİ ¦
İsmail Hakkı Duru
TÜBİTAK POPÜLER BÎLÎM KİTAPLARI

Tarayan Süleyman Yüksel
www.suleymanyuksel.com
suleymanyuksel@suleymanyuksel.com

İçindekiler

Giriş

I. Gök Dinamiği ve Yer Mekaniği 1
II. Mekanikçi Felsefe.....28
III. Mekanikçi Bilim.....50
IV. Mekanikçi Kimya 76
V. Mekanikçi Felsefe ve Biyoloji.....97
VI. Bilimsel Girişimciliğin Örgütlenmesi 125
VII. Mekanik Bilimi 142
VIII. Newton Dinamiği 165
Ek Kaynaklar.....189

Önsöz

Yedi yıldır 17. yüzyıl bilim tarihi dersini vermekteyim. Ortalama lisans öğrencisine seslenen bu ders kitabı, benim konuyu ele alış tarzımın özetlenmiş bir ifadesidir. Konuyu anlama ve açımlama sürecinin henüz başında olduğumun farkındayım; ve öyle sanıyorum ki bu kitabı bundan beş yıl sonra yazsaydım, Rönesans natüralizmine (ya da, bazen vermeyi yeğlediğim adla, Hermesçi geleneğe) ve bilimsel hareketin büründüğü toplumsal biçimlere daha geniş yer verirdim. Yine de, olası bu değişikliklerin elinizdeki kitabı bambaşka bir kılığa sokmayacağı, daha çok bilimsel devrimin kalıcı ve tutarlı bir yorumunu amaçlayan düzeltmeler olacağı görüşündeyim.

Ptolemaios astronomisi düzenlerini resimleyen diyagramlar Thomas S. Kuhn, The Copernican Revolution Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957 yayımcılarının izniyle alındı. Hepsi de ilk olarak University of California Press'ce basılan Galileo, Dialogue Concerning the Two Chief World Systems, ing. çev. Stillman Drake (Berkeley, 1962); ve Isaac Newton, Mathematical Principles of Natural Philosophy, ing. çev. Florian Cajori (Berkeley, 1960)'den yapılan alıntılar, California Üniversitesi Mütevelli Heyeti'nin izniyle basıldı. Giambattista della Porta'nın De refractione'si Profesör Vasco Ronchi'nin izniyle Storia Della Luce (Bologna, 1939) adlı eserinden alındı. Galenosçu fizyolojiyi resimleyen diyagram ile Thomas Moffett ve Francesco Stelluti ile ilgili pasajlar Charles Singer, A History of Biology (1931, 1950, 1959 Abelard-Schuman Ltd.)'den yayıncının izni ile alındı. Kalbin yapısını gösteren diyagram, Spalteholz Spanner, Atlas of Human Anatomy, 10. baskı, ing. çev. A. Nederveen (Philadelphia, 1967)'den yayımcı F.A. Davis Company'nin izniyle aktarıldı. Malpighi ve Swammerdam'dan alıntılar Ho-
ward B. Adelmann, Marcello Malpighi and the Evolution of Embryology, (1966, Howard B. Adelman)'dan alındı ve Cornell University Press'in izniyle kullanıldı. Martinus Nijhoff bana Christiaan-Huygens'in Oeuvres completes'in&en alınan fiziksel sarkaç ve sikloit çözümlemeleriyle ilgili diyagramları kullanma iznini verdi. Leibniz'in dinamikle ilgili denemelerinden alıntılar, D. Reidel

Publishing Company izniyle Leibniz, Philosophical Papers and Letters, Leroy Loemker, Ed. (Chicago, 1956)'dan elde edildi. Cambridge Üniversitesi Kütüphane görevlisi, Isaac Newton'un el yazması "Waste Bo-ok"tan alıntılar yapma ve diyagramlar basmama izin verdi.
Kitabın yazılma sürecinde kaçınılmaz olarak birçok şükran borcunun altına girdim. Bu kitabın yazılması için gerekli çabayı gösterebilmeme yardım eden Indiana Üniversite-si'ne, üniversitenin Tarih ve Bilim Felsefesi Bölümü'ne gönül borcuyla doluyum. Beni olanak ve hizmetlerinden yararlandırdıkları için çeşitli kütüphanelere, özellikle de Cambridge, Harvard ve Indiana Üniversitelerinin kütüphanelerine teşekkür ederim. Öğrencilerim yararlı kuşkuculukları ile bana düşüncelerimi sınama fırsatı verdiler. Gerek Indiana Üniversitesi'ndeki, gerekse başka yerlerdeki meslektaşlarım bana, öneri ve eleştirilerinden yararlanma olanağı sağladılar. Ailemin bana verdiği sürekli destek olmasaydı, diğer olanakların hiçbir yararı olmazdı.
Richard S. Westfall

Giriş

17. yüzyılın bilimsel devrimine iki önemli görüş egemen oldu. Bunlar, doğaya geometrici bir anlayış ile bakan, evrenin matematiksel düzen ilkelerine göre yapılandığını kabul eden Platoncu ve Pythagorasçı* gelenek ile doğayı muaz-. zam bir makina olarak kabul eden ve görüngülerin arkasındaki gizli mekanizmaları açıklamaya çalışan mekanikçi felsefeydi. Bu kitapta, sözünü ettiğimiz iki egemen akımın birleşik etkisi altında, modern bilimin kuruluşu incelenmektedir. Bu iki akımın beraberliği, sanıldığının tersine her zaman uyum içinde olmadı. Pythagorasçı gelenek, görüngülere bir düzenlilik arayışı içinde yaklaşıyordu. Bu geleneği benimseyenler için, evrenin nihai yapısının ifadesi demek olan, kesin, matematiksel bir betimleme keşfetmek yetiyordu. Buna karşılık, mekanikçi felsefe tek tek görüngülerin nedenselliği ile ilgileniyordu. Hiç değilse Descartesçılar kendilerini, doğanın insan aklı için tam olarak anlaşılabilir olduğu önermesine adamışlardı. Aslında mekanikçilerin hepsi de doğa felsefesindeki her bir belirsizliği ortadan kaldırmaya ve görüngüleri oluşturan görünmeyen mekanizmalar ile günlük yaşamdaki mekanizmaların tamamıyla benzer olduğunu göstermeye uğraşıyorlardı. Değişik amaçlar peşinde koşan bu iki düşünce hareketi birbirleri ile çatışma eğilimine girdiler ve bundan matematiksel olmayan bilimler de

* Bu sisteme göre, yarıçapı Satürn'ün yörüngesine eşit bir küre içine bir küp konur. Bu küpün içine oturtulan kürenin yarıçapı Jüpiter'in yörünge yarıçapına eşittir. Bu son kürenin içine düzgün bir dört yüzlü çizilir. Bu dört yüzlünün içine çizilecek kürenin yarıçapı Mars'ın yörünge yarıçapını verir. Bu kürenin içine çizilecek düzgün bir on iki yüzlü içine ise Dünya'nın yörünge yarıçapına eşit yarıçaplı bir küre oturtulabilir. Yarıçapı Dünya'nın yörünge yarıçapı olan kürenin içine ise düzgün sekiz yüzlü çizilir. Bunun içine de Venüs'ün yörünge yarıçapına eşit çaplı küre sığar. Bunun içine oturtulan düzgün yirmi yüzlü içine

ise Merkür'ün yörüngesi sığar. Düzgün altı yüzlü (küp), dört, on iki, sekiz ve yirmi yüzlü olası beş kusursuz katı şekildir.

açıkça etkilendiler. Çatışan bilim ideallerinin yanı sıra, değişik işlem yöntemleri önermeleri nedeniyle de birbirlerine karşı olan bu iki akım, kimya ve yaşam bilimleri gibi Pythagorasçı geometrileştirme geleneğinden çok uzak olan bilimleri bile etkilediler. Mekaniksel nedensellik için yapılan açıklamalar çoğu zaman kesin betimlemeye giden yolda bir engel haline geldi. Bilimsel devrimin tam olarak gerçekleşmesi için iki egemen akım arasındaki gerginliğin ortadan kalkması gerekiyordu.

Bilimsel devrim, doğa konusundaki düşünce kategorilerinin yeniden yapılanmasından öte bir şeydi: Bilimsel araştırma etkinliklerinde gittikçe artan sayıda kişinin yer almasını ve modern yaşamda gittikçe daha etkin rol oynayan yeni bir kuramlar kümesinin yayılmasını da ifade eden toplumsal bir olguydu. Bununla beraber, bence modern bilimin oluşmasındaki merkezi öge, düşüncelerin kendi iç mantıkları uyarınca gelişmeleridir; her ne kadar bilimsel hareketin toplumsal ayrıntılarını gösterir bir şeyler vermeye çalıştıysam da, bu kitap aslında, bilimsel devrim tarihinin ağırlık merkezlerinin düşünce tarihi olması gerektiğine olan inancımın bir ifadesidir.

I

Modern Bilimin Oluşumu • 1

1. Gök Dinamiği ve Yer Mekaniği

17. yüzyılın şafağı sökerken, astronomideki **Copernicusçu** devrimin üzerinden elli yılı aşkın bir süre geçmişti. Belki de Copernicus'un De revolutionibus orbium coelestium (Göksel Kürelerin Dönmeleri Hakkında, **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, devrimi gerçekleştirecek öncüler olacaklardı. Hem **Johannes Kepler** (**1571-1630**), hem de **Galileo Galilei** (**1564-1642)** Copernicus'u ustaları olarak benimsediler ve her ikisi de astronomi teorisinde onun başlattığı devrime kariyerlerini adadılar. Bu yolda her ikisi de çok temel katkılarda bulundu. Aslında bu işi, Copernicusçuluğu, ustanın belki de kabul edemeyeceği biçimde değiştirerek yaptılar. Copernicus, gezegenler teorisi için, Aristotelesçi bilimin benimsenmiş çerçevesinin çizdiği geniş sınırlar içinde sınırlı bir reform önermişti. Kepler ve Galileo'dan sonra ise, bu sınırlı reform köktenci bir devrim haline geldi. Modern bilimin yapılanışının temelini hazırlayan 17. yüzyıl çabaları, Kepler ve Galileo'nun ortaya çıkardığı sorunların takibinden ibaret oldu. Bilim adamlarının, uğraşlarını, akademik çalışma yılının belli zaman birimlerine bölmemeleri gibi, düşünce ve onun tarihi de bir takvim oluşturacak paketlere her zaman kolayca bölünemez. Bununla birlikte 17. yüzyılın şafağı, bilimde yeni bir çağın şafağı ile çakıştı. Kepler, ilk profesyonel çıkışını **Mysterium Cosmographicum**'un (Kozmografik Gizem) **1596**'da

yayımlanışından dört yıl önce yaptı. Bu kitap 20. yüzyılın gözlerine, başlığının vaat ettiğinden daha esrarlı görünebilir. Ama dikkatli bakıldığında kitabın esrarı, Kepler'in çalışmalarının pek çoğunu aydınlatır. Copernicusçuluğunu apaçık ortaya seren kitap, gezegen sayılarından yola çıkarak Güneş merkezli sistemin geçerliliğini göstermeye çalışır. Ptolemaios sisteminde Ay bir gezegen olarak düşünüldüğünden, Copernicus sistemi -yedi yerine altı tane- bir eksik gezegenlidir. Kepler, Tanrı' nın neden altı gezegenli, yani Güneş merkezli bir evren yaratmayı yeğlediğini göstermeyi iş edindi. Tanrı' nın seçimi beş ve yalnız beş düzgün katı cismin varlığını emrediyordu. Eğer, Satürn'ün yarıçapı ile tanımlanan bir kürenin içine bir küp çizilirse, bu kübün içine çizilen kürenin yarıçapı Jüpiter'inki olur ve bu böyle gider. Beş düzgün cisim, altı küre arasındaki bölgeleri tanımlar. Yalnızca beş düzgün cisim var olduğu için de yalnızca altı gezegen vardır. Mysterium Cosmographicum'un araştırdığı sorun, çağdaş bilimin sorma eğiliminde olduğu türden değildir. Bu durum Kepler'in astronomideki çalışma yaklaşımını ve temel varsayımlarını açıkça ortaya koyar. Kendisinden önceki Copernicus gibi **Kepler** de, Rönesans neoplatonizminin pınarından doyasıya içmiş ve evrenin geometrik ilkelere göre yapıldığı ilkesini özümlemişti. İki kuşak sonra gelen Kepler, her ikisinin de paylaştığı geometrik basitlik idealine ulaşmakla Copernicus sisteminin nerede başarısız kaldığını görecek perspektife sahip oldu. Kepler'in çalışması, Copernicus astronomisinin neoplatonik ilkelere göre yetkinleştirilmesi olacaktı.

Kepler, astronomi kuramının, gözlenen olayları sayabilen bir matematik aygıtlar kümesi olmaktan öte bir şey olması gerektiğine 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: *Astronomia nova AITI-OAOFHTOE seu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis* (Mars'ın Hareketlerinin Bir Yorumuyla Açıklanan Göksel Fizik ya da Nedenler Üzerine Kurulmuş Yeni Astronomi). Kepler'den yaklaşık iki bin yıl önce, Aristoteles'ten beri, fiziksel deyişle, göklerin kristal kürelerden yapılmış olduğuna ilişkin gizli bir oy birliği vardı. Gökler ülkesine atfedilen kusursuzluk ve değişmezlik, dünya âleminin fani bedenlerini oluşturan dört elemandan farklı bir madde gerektirmekteydi ve göklerde izin verilmiş biricik hareket olan kürelerin eksenleri çevresinde dönme hareketleri astronomların, kuramlarını üzerinde kuracakları kusursuz dairesel harekete denk düşmekteydi. Copernicus'un başlığındaki **Göksel Küreler**'den kastedilen ise işte bu **kristal kürelerdi**. Bununla birlikte Kepler, kristal kürelerin var olmadığına inanıyordu. **1572**'deki yeni bir yıldızla 1577'deki kuyruklu yıldızın **Tycho Brahe** ve diğerlerince dikkatle gözlenmesi, bunların, değişmez olduğu sanılan Ay'ın ötesindeki âlemde bulunduğunu gösteriyordu. Kuyruklu yıldızın hareketi, kristal kürenin varlığı ile uyuşmuyordu. "Tycho Brahe'nin göstermiş olduğu üzere, düzgün katı küreler mevcut değildir" cümlesi

Kepler'in çalışmalarında bir nakarat gibi yinelenir. Kristal küreler parçalandığı takdirde, gezegenlerin kararlı ve kendisini yineleyen hareketlerini açıklayacak yeni bir gök fiziği kurmak bir zorunluluk oluyordu. Fiziksel nedenler bulma yolunda yapılan sürekli çalışmalar, geometrik yapı arama çalışmaları ile elele yürüdü. Kepler'e göre bu iki konu, aynı gerçeğin farklı yüzlerinden ibaretti.

Onun kullandığı fizik ilkeleri aslında, Aristotelesçi dinamiğin temel önermelerinin bir ifadesiydi. 17. yüzyıl ise bunlar yerine tümüyle 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 Kepler olmuştur. Doğanın tekdüzeliğine inanmış bir kişi olarak görüngüleri, yer mekaniğinde kullanılan ilkeler ile açıklamaya çalıştı, işte Kepler düşüncesinin her şeyden çok bu tarafı, onu modern bilimin başlangıç tarihinin esin veren bir siması yapmaktadır. Onun düşüncelerinde yersel mekanik ilkeleri üzerine kurulu ve göklerin salt kinematik incelemesinin yerini almaya başlayan bir gök mekaniği buluruz. Gezegen hareketlerini denetleyen kuvvetleri anlamaya çalışan bu astronomi, ayrı bir âlemin kusursuzluğunu ve bozulmazlığını 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, bugün de doğru olarak kabul ettiğimiz yasalara ulaşmıştır.

Şüphesiz Kepler'in peşinde koştuğu amaç, gerçek matematiksel yapı ve gerçek fiziksel nedenleri keşfetmekti. Bunlar aynı zamanda gözlemlere da uymalıydı. Kepler doğaya, gözlemlenen olguları yadsıyacak, 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 güvenilmezliğini 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, Tycho'nun o çok değerli gözlemlerine sahip çıktı. Bu gözlemler, büyük bir dehaya sahip Kepler'in üzerinde çalışarak geliştirdiği gezegenlerin hareket yasaları için, yeri doldurulamaz veriler oluşturdu.

Mars, onun çalışmalarının en önemli hedefi oldu. Güneş sisteminin yapısal bir birliğe sahip olduğunu sürekli savunan Kepler, Mars konusunda ulaştığı sonuçları öteki gezegenlere de uygulamakta hiç duraksamayacaktı. 1609'da yayınlanan Astronomla Nova bu sonuçları kapsıyordu. Ancak içinde bundan fazlası da vardı. Bir düşünürün otobiyografisi olan eserde, araştırmalarının her bir adımını ayrıntılı bir biçimde anlatır. Böylece Kepler'in düşüncelerindeki gelişmeyi,

başka pek az bilim adamında yapabileceğimiz ölçüde izleme olanağını buluruz. Bu gelişme iki biçimde oluyordu: Düşünceleri bir yandan, bir ömür boyu etkisinde yetiştiği dairesel yörünge saplantısından uzaklaşarak dairesel olmayan yörüngelerin benimsenmesine doğru; öte yandan da "canlıcı" düşünce tarzından uzaklaşarak içtenlikle mekanikçi bir evren kavramına doğru giden bir yolda ilerliyordu.

Grek biliminin yükseldiği zamanlardan beri, astronomi göksel görüngüleri, düzgün dairesel hareketlerin bileşimleri ile açıklamaya uğraşmıştı. Kusursuz bir şekil olarak daire, gökleri tek başına belirlemeye 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 almıyor ve bütün olası dışmerkez ve ilmek bileşimlerini herkes istediği gibi seçiyordu. (Bak. Şekil 1.1.) Yarıçapların art arda yerleştirilmesiyle yapılan **vektörel** toplamlar 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 hiçbir teori gezegenin yörüngesinin daimi olması gerektiğini önermemişti. 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 için iki yıl çaba harcadıktan sonra, 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 ölçü gerektirdiğini gözardı edemezdi. "Madem ki ilahi lütuf bize Tycho Brahe gibi, yaptığı gözlemler sayesinde bu hesabın Mars'taki sekiz dakikalık hatasını ortaya çıkartabildiğimiz, çok gayretli bir gözlemci bahşetmiş bulunuyor, Tanrı'nın bu lütfunu değerlendirmeli ve ondan minnetle yararlanmalıyız". İlk yararlanma biçimi iki yıllık emeğini bir kenara bırakıvermek oldu.

Şekil 1.1. **Ptolemaios** astronomisinin geometrik araçları, (a) Bir taşıyıcı ve üzerindeki büyük ilmek, (b) Büyük bir ilmek üzerinde bir ilmek, (c) Bir dışmerkezİi daire, (d) Bir taşıyıcı ve üzerindeki dışmerkezİi daire, (e) Taşıyıcı ile aynı periyotlu bir küçük ilmeğin etkisi, (f) Taşıyıcınınkinin iki katı periyoda sahip bir ilmeğin etkisi.

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

Geçici bir hayal kırıklığına uğrayan Kepler, Mars'ı bırakıp yerin yörüngesi ile işe 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 rehber oldu. Bundan, bugün de geçerliliğini koruyan ve Kepler'in gezegenlerin hareketi hakkındaki ikinci yasası olarak bilinen yüzeyler yasasını çıkarttı. Eğer hız Güneş'e olan uzaklıkla ters orantılı olarak değişiyorsa, Güneş'ten yörüngenin her bir 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 doğruydu. Alanlar yasası teknik bir ihtiyacı karşıladı. Taşıyıcı ve ilmekler üzerine kurulu eski astronomide, gezegenin yeri, her biri düzgün bir hızla dönmekte olan yarıçapların **vektörel** toplamı ile hesaplanıyordu. Dairenin astronomideki önemi, geniş ölçüde teknik yararından ileri geliyordu. Çok daireli düzeneği ortadan kaldıran ve yerine gezegenin üzerinde düzgün olmayan bir hızla hareket etmekte olduğu bir tek daireyi koyan Kepler'in, gezegenin konumunu veren bir formüle gereksinimi vardı. Böylelikle alanlar yasası astronomide o zamana kadar hiç rastlanmadığı ölçüde daireyi kendisinden vazgeçilebilir kıldı.

Kepler alanlar yasasını (hatalı) hızlar yasasından türetmişti. Hızlar yasası Kepler'e Güneş'e yüklenen merkezsel dinamik görev üzerine kurulu gök mekaniğinin temel unsurları konusunda da ikna edici bir yanıt verdi. Kepler, Güneş'in 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, Güneş'te tekerlek parmaklarına benzer bir güç ışıması olduğunu tasavvur ediyordu. Güneş kendi ekseni etrafında döndükçe parmaklar da gezegenleri itmekteydi. (Bak. Şek. 1.3.) Kepler'in gök mekaniğinde gezegeni teğet bir yörüngeden beriye çekerek, onu Güneş çevresinde bir yörüngede tutacak hiçbir şey yoktu. Dairenin, onun astronomi ile bağlarını koparmış bir insanın bile kafasındaki sürekli varlığı o dereceydi ki, Kepler'in aklına gezegenlerin hareket ettikleri takdirde, Güneş etrafında kapalı bir yörüngede kalabilecekleri düşüncesi hiç gelmiyordu. Açıktır ki Kepler, Aristoteles mekaniğinin, bir cismin

onu hareket ettiren bir şeyin var olduğu sürece hareketini sürdüreceğini ve hızın **impetusla** orantılı olduğunu söyleyen temel varsayımlarını benimsiyordu. Dolayısıyla, hızlar yasası Güneş sisteminin temel dinamiğinin belirgin bir sonucu

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

olarak ortaya çıkmaktaydı. Güneş'ten ışıyan gücün etkinliği uzaklık ile orantılı olarak azalmalı ve her bir gezegenin hızı Güneş'e 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 Güneş'ten uzaklaştıkça, Güneş'in hareket ettirici gücü azalıyordu. Güneş'teki güç ışıması kavramının Mysterium Cosmogruphicum'da ilk olarak ortaya attığında Kepler, ona canalıcı çağrışımlar yapan bir ad vererek, "**anima motrix**" yani "hareket ettirici ruh" demişti. **1621**'de, Mysterium'un ikinci baskısını hazırlarken şu dipnotu eklemişti: "Eğer 'ruh' (anima) sözcüğünün yerine 'kuvvet' (vis) sözcüğünü koyarsanız, Mars Üzerine Açıklama'nın [Astronomia Nova] dayandığı gök fiziği ilkelerinin aynısını elde edersiniz. Eskiden J.C. Scaliger'in hareket ettirici akıllar konusundaki öğretileri nedeni ile, gezegenleri hareket ettiren nedenin bir ruh olduğuna tümüyle inanıyordum. Ancak, hareket ettirici nedenin, tıpkı Güneş ışığının sönümü gibi, Güneş'e uzaklık arttıkça zayıfladığını fark ettiğim zaman, bu kuvvetin maddesel olması gerektiği sonucuna vardım." Anima motrix'ten vis'e canlıcılıktan mekanikçiliğe Kepler'in düşünce gelişimi 17. yüzyıl biliminin izleyeceği yolun da habercisidir. Ancak bu arada, bir problem çözülmeden kalmıştı: Gezegenin Güneş'e olan uzaklığını değiştiren neden. Kepler'in konu üzerindeki uğraşları, onu dairesel yörüngeden daha da uzaklaştırdı. Astronomi geleneği, uzaklıkların değişmesi sorununa apaçık bir çözüm getiriyordu: Bir ilmeğin asıl taşıyıcı daire üzerinde dönmesi. Kepler'in de başlangıçta değişmeyi bir ilmek ile açıklamaya çalışması, daireler geleneğinin üzerinde ne kadar etkin bir güce sahip olduğunu gösterir. Ancak ilmek mekanizması onun fiziksel gerçeklik duygusuna engel teşkil etmekteydi. Bir gezegenin, bir kütle tarafından işgal edilmeyen hareketli bir nokta çevresindeki bir ilmek üzerinde dönmesi için, bir aklı olmalıydı. Yeniden Mars üzerinde çalışmaya dönüp, artık oval olduğunu varsaydığı yörüngeyi elips olarak aldığında, yarıçap vektörünün boyca düzgün bir sinüs fonksiyonu gibi değiştiğini gördü. Düzgün değişim, hiçbir yönetici akla gerek duymayan, bütünüyle fiziksel bir eylemin varlığını çağrıştırıyordu, ilmekler mekanizmasını

artık sonsuza kadar terk edebilirdi. Kepler bu gerçeği, kendi deyişi ile "uykudan uyanan bir insanın yeni doğan ışığa bakışındaki şaşkınlıkla" fark etti. Sonunda Kepler, Güneş'ten çıkan manyetik eylemin, bir kutbun Güneş'e dönük olduğu yarım periyot boyunca gezegeni çektiğini, ve öteki kutbun Güneş'e dönük olduğu ikinci yarı periyotta da gezegeni ittiğine karar verdi (Bak. Şek. 1.3.). Bu arada artık dairenin bir dayanağı kalmamıştı ve Kepler yörüngenin elips oluşunun bir yaklaşıklıktan da öte olduğu sonucuna vardı. Yörünge, odaklarından birisinde Güneş'in yer aldığı bir elipsti. Bu sonuca bugün, onun gezegen hareketleri hakkındaki birinci yasası diyoruz.

Her ne kadar sonradan Kepler, bugün üçüncü yasası dediğimiz bağlantıyı (Güneş sistemindeki her bir gezegenin **periyodu T** ile ortalama yarıçapı **R** arasındaki $\mathbf{T^2/R^3 = sabit}$ bağıntı) bulmuşsa da, araştırmaların ilk önemli etkisi ilk iki yasa ile olmuştur. Yaklaşık bir yüzyıl önce Copernicus, geometrik yalınlık arzusunu karşılayan bir gezegenler sistemi bulmaya girişmişti. Kepler'in Copernicus'un problemini çözerken ortaya koyduğu yalınlık, o güne kadar astronomi tarihinde eşine az rastlanır bir düzeydeydi. Eğer Copernicus'un ilk varsayımı, yani Dünya'nın değil de Güneş'in, Güneş sisteminin merkezi olduğu varsayımı kabul edilse, her bir gezegenin yörüngesini betimlemeye bir tek konik eğri yetiyordu. Dışmerkezli ve ilmekli dairelerin bütün karmaşıklığı elips yörüngenin 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 terk etmekti. Kepler dairenin düşünce gücü üzerindeki etkisinden ancak bir dereceye kadar kurtulabildi. Yine de 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 doğadan uzaklaştıran şehvet düşkünü bir fahişe olduğu yanıtını vermişti. Ustası Copernicus ise bu sürtüğü yeğlemişti. Kepler'in Copernicus astronomisini kusursuzlaştırdığını söylemek ne kadar doğru ise, onu bozduğunu söylemek de o kadar doğrudur.

Kepler'in yarattığı şaşkınlığın hiç değilse yarısı, üç yasasının altında gizlenen spekülasyonlar yığınından ileri geliyordu. Müzik armonileri ile gezegen hareketleri arasındaki ilişkiden tutun da, evrenin geometrik mimarisine kadar varan spekülasyonlar ile gök dinamiğinin üzerine kurulduğu ve öncekilerden daha az yanlış olmayan ve kısa süre sonra vazgeçilen kavramların hepsi de 20. yüzyılın anlayışına son derece yabancıdırlar. Bugün de doğru olarak kabul ettiğimiz yasaların, uzun süreden beri reddettiğimiz ilkelerden elde edilişini nasıl açıklayacağız? Bu tersliği anlayabilmek için keşif araçları ile doğrulama araçlarını birbirinden ayırabilmemiz 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 olanaksızı istemekti. Eğer bu olanaklı olsaydı astronominin, eliptik yörüngelerin keşfi için Kepler'i beklemesi gerekmezdi. Bütün eski ilkelerin yıkılmakta olduğu görülürken, araştırmalara yön verecek yeni ilkelerin bulunması kaçınılmaz oluyordu. Kepler'in kristal kürelerin yok edilmiş olduğunu öne süren savı değişik bir evren yapısı içermekteydi. Evren için uzun süredir, bütün kuşkulardan uzak bir biçimde kabul edilmiş olan yapı, artık kuşku ile karşılanıyor ve bir tarafa bırakılıyordu. Bize ne kadar tuhaf gelirse gelsin, bu ilkelerin oynadıkları rolü yadsıyamayız. Yeni bir mekanik bilimi kısa süre sonra Kepler ilkelerinin yerini almış da olsa, astronomideki yeni durumu tüm içeriğiyle ilk onun anladığını ve gök dinamiği problemini ilk onun ortaya koyduğunu unutmamalıyız. Bütün öteki çalışma alanlarında olduğu gibi bilimde de problemi doğru bir biçimde ortaya koymak, çözümü bulmaktan çok daha önemlidir; nitekim o zamandan beri bilim, göksel hareketleri mekanik problemleri olarak ele almaktadır.

Sıradan bir aydının Kepler türü Güneş merkezli astronomiye tepkisi ne olabilirdi? Geometrik bir varsayım olarak üstünlükleri apaçıktı, ancak onu doğru bir evren düzeni olarak benimsemek için herhangi bir neden var mıydı? Nedenler tartıldığında, benimsenmesi için temel nedenin de yine bir varsayım olarak sahip olduğu üstünlük olduğu görüldü. Yani geometrik yalınlığı dışında, lehinde pek az delil vardı. Evet, teleskop icat edilmiş ve **1609**'da **Galileo** tarafından göklere yöneltilmişti. Güneş merkezli düzeni desteklemeye eğilimli birtakım şeyler gözlenmişti, ancak bunların hemen hepsi, diğer temeller üzerine oturan savları da desteklemekteydi. Ay'daki kraterler ve Güneş'teki lekeler, göklerin kusursuzluğu ve değişmezliği ile çelişmekteydi, ancak bu kadarını **1572**'de keşfedilen yeni yıldız ve **1577** kuyruklu yıldızı da yapmıştı. Bir başka sorun da Jüpiter'in uydularıydı. Zira bu uyduların keşiflerinden önce, bir gezegen etrafında dönen bir gezegen olarak düşünülen Ay, Güneş merkezli düzen içinde açıklanamayan, dolayısıyla da onunla çelişkili olan bir kuralsızlık oluşturuyordu. Jüpiter'in uydularının keşfi, bir açıklama getirmese bile, hiç değilse olayın tekliğini bozmuş ve Ay'ın varlığı artık daha az kural dışı olmuştu. Bununla beraber, Jüpiter'in uyduları Güneş merkezli düzen için olumlu bir destek getirmedi. Ama, Venüs'ün evreleri getirdi. Yer merkezli düzende Venüs, sürekli aşağı yukarı Dünya ve Güneş arasında bir yerde olmalı ve hilal şeklinde görülmeliydi. Güneş merkezli düzende ise Güneş'in arkasında da dolaşır ve hemen hemen bütünüyle de görülebilirdi ki, teleskop bu gerçeği ortaya çıkarmıştı (Bak. Şek. 1.4.) Bununla beraber teleskopun ortaya çıkarmadığı bir şey vardı ki bu da Copernicusçu devrim için en şaşırtıcı teleskop gözlemiydi:

Teleskop **yıldız paralaksını** göstermemişti. Yıldız paralaksının yaşamsal önemi Copernicusçu düzenin doğuşundan beri apaçık ortadaydı. Eğer Dünya, Güneş çevresinde muazzam bir yörünge üzerinde dolaşmaktaysa, sabit bir yıldızın yeri gözlemci yörüngenin bir ucundan diğerine gittikçe değişmeliydi.

Şekil 1.4. Venüs'ün evreleri, (a) Ptolemaios düzeni, (b) Copernicus düzeni. Ptolemaios düzeninde, Venüs her zaman aşağı yukarı hilâl biçiminde görünmek zorundadır. Copernicus düzeninde ise, Güneş'in arkasından dolanırken bütünü ile de görünebilir ve büyüklüğü geniş ölçüde değişir.

Sabit Yıldız
Şekil 1.5. Yıldız paralaksı. Dünya'nın yörüngesi yandan görülmektedir. Eğer Dünya, Güneş çevresinde gerçekten dolanmakta ise, yıldızın altı ay aralıkla gözlendiği açılar birbirinden farklı olmalıdır.

(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. yüzyılda yapılabilmişlerdir. Galileo'nun teleskopu yıldız paralaksını seçememiş ve bu durum en azından, Venüs'ün evrelerinin gözlenmesinin sağladığı olumlu belirtiye karşı bir denge unsuru olmuştu. Böylece Copernicus-Kepler düzeni sadece geometrik uyum ve yalınlık savına dayanmak ya da bu savın üzerinde durmak zorunda kaldı. Böylelikle insanların, bu ve başka birtakım küçük üstünlükler uğruna, fiziksel, felsefi, psikolojik ve dinsel birçok sorunu kapsar nitelikte olan bir evren kavramından vazgeçmeleri isteniyordu. Bu, görünüşe göre geometrik yalınlığın kaldıramayacağı kadar ağır bir yüktü.

Yalınlık uğruna kurban edilmesi istenilen şey, sağduyunun kendisinden başka birşey değildi. Modern bilimin sağduyuyu yeniden eğitmesi gerektiği birçok kere dile getirilmişti. Dünya merkezli bir evrenden daha sağduyusal ne olabilirdi? Bugün bile değişmez Dünya'dan söz eder ve Güneş doğuyor deriz. Güneş merkezli evren, bu gibi konulardaki yalın belirtilerin sadece birer yanılsama sayılmasını gerektiriyordu. Yeni astronomi önündeki en büyük engel, kuşkusuz onunla her gün alay eden sağduyu idi. Dahası, sağduyu o zamana kadar egemenliğini sürdüren hareket doktrininde bilgece bir ifade de buluyordu. Galileo'nun Dialogue'unda Simplicus'un dediği gibi "çetin sorun Dünya'yı binbir türlü uygunsuzluğa uğramadan hareket ettirebilmekti". Uygunsuzluklar öncelikle hareket ile ilgiliydi. Benimsenmiş hareket düşüncesine göre Dünya'nın gün boyu ekseni etrafında döndüğü savı saçmaydı. Güneş merkezli düzenin genel bir kabul

görebilmesi için güçlüklerin giderilmesi gerekliydi ve bunu başaran kişi de yukarıdaki sözü Simplicus'a söyleten Galileo Galilei'ydi.

Galileo'nun mesleki 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 (Hareket Üzerine) başlığını taşır. De motu, Galileo'nun, kariyerine impetusçu mekanik ekolünün bir yandaşı olarak başladığını da gösterir. **Impetus** kavramı Aristoteles mekaniğinin en belirgin bir biçimde tökezlediği probleme çözüm olarak Ortaçağ'da geliştirilmişti. Aristoteles mekaniğini, bütün hareketlerin bir neden sonucu ortaya çıktığı, bir cismin sadece ve sadece bir şeyin kendisini hareket ettirdiği sürece hareket edeceğini söyleyen ilke üzerine kurmuştu. Dünya'nın durağanlığı gibi bu ilke de sağduyu için apaçık bir gerçekti. Öküzün çektiği araba, ya da küreklerin çektiği kadırga örneği göz önüne alındığında (eğer çok dikkatli bir biçimde incelenmezse) bu ilke insanlara tartışma gerektirmeyecek kadar açık geliyordu. Öte yandan havaya atılan disk ve benzeri nesneler sorun yaratmaktaydı: Bir nesneyi fırlatıldıktan sonra da hareket ettiren şey neydi? Aristoteles çözümü, hareket ettirici nedeni, hareket ettiği ortama yükleyerek bulmuştu. Öte yandan impetus kavramı, süren hareketi meydana getiren nedeni yani hareketin doğasının gerektirdiği zorunlu nedeni, ortamdan hareket eden cismin kendisine bağlıyordu. Harekete geçen bir cismin, kendisini harekete geçirenden ayrıldıktan sonra da hareketini sürdürebilmesi için bir impetus kazanmış olması gerekliydi. 14. yüzyıldan 16. yüzyıla kadar, mekanikteki yaratıcı düşüncelerin öncü kolundaki yerini korumuş bu kavrama Galileo' nun da gençliğinde sarılması şaşılacak bir şey değildi. Galileo impetusu akışkan statiği ile yorumlayacak bir yol bulmak ve böylece, Arkhimedes'in (M.Ö. 287-212) statiğini tamamlayacak kesin bir nicel dinamik kurmaya girişmek amacıyla, impetus kavramını Arkhimedes etkisi ile birleştirdi. Her ne kadar Galileo bu kavramı on yıl içinde reddettiyse de, De motu yine de onun bilimsel çalışmalarının tarzını belirlemiştir. Galileo bütün mesleki yaşamı boyunca, nicel bir hareket bilimi ideali peşinde koştu ve bilimsel devrim en gurur verici başarısı olan mekaniği, onun kurmuş olduğu temeller üzerine oturttu.

Galileo De motu'nun mekaniğini, kendi kendisine sorduğu bir problemi çözmeye yetmediğini görünce, bir kenara bıraktı. Problem, çevremizde gözlediğimiz hareket olgusu ile Dünya'nın ekseni etrafındaki günlük dönmesi savı arasındaki görünür mevcut çelişki idi. Bir topun bir kuleden aşağı düşmeye bırakıldığını düşünelim. Copernicusçu düzene göre kule batıdan doğuya doğru büyük bir hızla gitmektedir. Top serbest bırakılıp da kendisini tutan ve kule ile beraber harekete zorlamakta olan elin bu işlevi 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 Dünya'nın ekseni etrafında dönmesi olası değildir. Hareketli Dünya'nm getirdiği, (Galileo'nun Dialogue'unda Simplicus'un üzerinde ısrarla durduğu) sorunlar birçok biçimde ifade edilebilirse de, düşey düşme problemi bu sorunların akla yakın bir özetini oluşturur, itirazın gülünç olmadığı kabul edilmelidir. Aristoteles' in hareket kavramına, yani herkesçe kabul olunan mekanik sistemine göre Dünya'nın hareket etmekte olduğunu öne sürmek saçmaydı, itirazın yanıtlanabilmesi için yeni bir mekanik sisteminin yaratılması gerekiyordu.

Kısaca söylemek gerekirse, Copernicusçu astronominin koyduğu problemin çözümü ve yeni mekaniğin temeli eylemsizlik kavramıydı. 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, nesne olarak baştan beri ve sonsuza kadar sökülüp atılamaz bir biçimde Dünya ile paylaştığı bir harekettir; top bu hareketini doğası gereği sonuna kadar sürdürecektir" oldu. Topun batıdan doğuya doğru hareketini sağlayacak hiçbir neden var olmadığına göre, bırakıldığı andan itibaren yere doğru düştüğü sürece kule ile beraber olacaktı. Simplicus ile Sokratvari diyaloglarından birisinde Salviati (Copernicusçu düzen için yazdığı büyük polemik Dicdogo sopra i due massimi sistemi del mondo'da; Önde Gelen İki Dünya Sistemi Üzerine Diyalog, **1632**; Galileo yerine konuşan kişi) topun eğimli bir düzleme konulması durumunda ne olacağını sorar. Top düzlemden aşağı düzgün olarak artan bir hızla yuvarlanacaktır. Yukarı doğru yuvarlanacak mıdır? 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 aynı şekilde sınırsız mı olacaktır? Yani sonsuza kadar mı olacaktır?" Artık tamamıyla yenilmiş olan Aristoteles'in yanıtı "öyle gibi" olur. Aslında Descartes'ın 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 bugün bizim anladığımız biçimde değildi. Hiç kimse, Galileo gibi bir dev bile, geçmişle bağlarını bütünüyle kopartamaz. Yeni hareket kavramlarını formüle ederken bile Galileo eski kozmolojinin öğelerine bağlıydı. Onun evreni, mekanik yasalarının ve hareket içindeki maddenin kişiliksiz evreni değildi. Aksine onunki sonsuz akılca düzenlenen bir evrendi. Bu evren kaçınılmaz biçimde, kusursuz bir şekil olan daireye göre düzenlenmişti. Galileo eski geleneğe uygun olarak dairesel hareketi

korudu. Düzenli evrene sadece dairesel hareket uygun düşerdi. Sadece daire üzerinde, bir cisim doğal yerinde, aynı noktaya hep aynı uzaklıkta kalarak sonsuza kadar hareket edebilir ve sadece dairesel hareket halinde evrendeki cisimler başından beri sahip oldukları ilişkilerini koruyabilirlerdi. Doğrusal hareket düzensizliği gerektirir. Doğal yerinden ayrılan bir cisim eski yerine düzgün bir doğru boyunca gelir, bir kere bu yeri aldıktan sonra, doğal dairesel hareketine tekrar dönerek yerini korurdu.

Dialogue'un astronomisi profesyonel astronomların benimseyebileceği türden değildi. Kepler'in Astronomia Nova'smdan yirmi yıldan fazla bir süre sonra basılan ve Güneş merkezli düzeni savunma amacında olan Dialogue, daha önceki teorilerin teknik bir zorunluluğu olan ilmekleri görmezden geldiği gibi, Kepler'in ulaştığı sonuçları da görmezden geliyordu. Dialogue Copernicusçu sistemi her bir gezegen sabit dairesel yörüngelerde hareket ediyormuşcasına ele alıyordu. Galileo'nun Kepler'le ilişkisi ironiyle 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'in gök mekaniğinin kendi kendisine yönelttiği sorulan görmezden geldi ve gezegenlerin doğal bir biçimde dairesel yörüngelerde hareket etmekte olduğu düşüncesini benimsedi.

Galileo ekseni etrafında dönen Dünya problemi ile karşılaştığı zaman da benzeri biçimde düşünüyordu; formüllendirdiği eylemsizlik kavramı problemin kendisine ilk sunuluşundaki tarzı yansıtmaktaydı. Yukarıda gördüğümüz gibi; Salviati, Simplicus'u yatay bir düzlemde yuvarlanan bir topun hızlandırıcı ya da yavaşlatıcı etki altında kalmayacağını, dolayısıyla topun hareketini sonsuza kadar sürdüreceği sonucuna getiriyordu. Yatay düzlem nedir? Kuşkusuz, her yeri "merkezden eşit uzaklıkta olan" bir düzlemdir. Eylemsizlik hareketi olan düzgün dairesel hareket, çok düzenli bir evrendeki doğal konumunda bulunan bir cismin doğal hareketi olarak anlaşıldı.

Eylemsizlik ilkesinin arkasında hareketin doğrudan kendisiyle ilgili yepyeni bir kavram yatar. Aristoteles'e göre hareket doğrudan cismin özünü ilgilendiren bir süreçti, öyle ki bu süreç ile cismin öz varlığı zenginleşir ve görevini yerine getirirdi. Yerel hareket -ki bizim için tek başına "hareket" sözcüğü sadece bu anlama gelir- Aristoteles için, her çeşit değişikliği içine alan, çok daha geniş bir kavramdan oluşmaktaydı. Ağırlığı olan bir cismin yere düşmesi nasıl "hareket" olarak nitelendiriliyorsa bir gencin eğitimi ya da bir bitkinin büyümesi de harekettir. Bu ifadenin taşıdığı anlam Aristoteles' in kafasındaki hareket sürecine bir örnek oluşturmaktaydı. Bir tohum nasıl tüm potansiyelini bir bitki haline gelmekle gerçekleştirirse, ağır bir cisim de doğasını doğal yerine doğru hareket etmekle gerçekleştirirdi. Galileo'nun hareket kavramının can alıcı noktası, hareket ile cisimlerin temel karakterini birbirinden

ayırmasıdır. Düzgün yatay hareket cismin içinde hiçbir şeyi etkilememektedir. Hareket sadece bir cismin kendisini içinde bulduğu bir durumdan ibarettir ve Galileo' nun üst üste yinelediği gibi cisim hareket halindeyken de dururken de aynıdır. Gerçekten, durmak hareketten hiç de farklı bir şey değildir, sadece "sonsuz bir yavaşlık kertesidir". Galileo için farksızlık düşüncesi Copernicusçu evrendeki hareket probleminin çözümünde temeldir. Mademki harekete göre değişmiyoruz, çok büyük bir hızla hareket edebilir, ama yine de bu hızın farkına varmayabiliriz. Bu sav, hareketin cismin doğasını etkilediği yolundaki Aristoteles düşüncesine göre saçmaydı.

Galileo şunu öne sürüyordu: "Hareket, kendisi olarak kaldıkça ve hareket olarak etki ettikçe kendisinden yoksun olan nesneler için göreceli olarak vardır. Herhangi bir hareketi eşit olarak paylaşan nesneler arasında etki yapmaz, sanki yokmuş gibidir. Örneğin bir gemiye yüklenmiş olarak Venedik'ten ayrılan mallar, Korfu, Girit ve Kıbrıs'tan geçer ve Halep'e gider. Venedik, Korfu, Girit vs. durgun halde kalır ve gemiyle birlikte hareket etmez; fakat teknenin yüklü olduğu çuvallara, kutulara, bohçalara ve geminin kendisine göre, Venedik'ten Suriye'ye hareket bir şey ifade etmez; bu yüzden de gemideki nesnelerin birbirleri arasındaki ilişkiyi hiçbir şekilde etkilemez. Bu durumun nedeni, hareketin hepsi için ortak olması ve aralarında eşit olarak pay edilmesidir. Eğer geminin yükü içindeki bir çuval bir sandıktan bir santimetre öteye konacak olsa, çuval için tek başına bu hareket, bütün öteki yüklerle beraber yaptığı üç bin beş yüz kilometrelik yolculuktan 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 birleşerek, karmaşık da olsa tek bir yörünge izler. Galileo'nun üstün başarılarından birisi de, fırlatılan bir cismin yatay hareketinin yere doğru düzgün hızlanan düşüşü ile birleşerek cismin parabolik bir yol izlediğim göstermesidir. Cisimler top güllesinin hareketi türünden şiddetli hareketler altında bile değişmiyorlardı. Dünya'nın hareketine karşı yapılan itirazların en bilgiç örneğini de işte bu örnek, yani bir cismin böyle bir harekette bile değişmez kalamayacağı tezi oluşturuyordu. Tycho Bra-he top atışındaki aşırı şiddetin güllenin sahip olduğu öne sürülen doğal hareketleri engellemekten geri kalamayacağını ve şiddetli hareket tükeninceye kadar doğal hareketlerin kendilerini gösteremeyeceğini öne sürüyordu. Dolayısıyla 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 güllenin izlediği yolun top ağzını terkettiği andan itibaren eğrilmeye başladığını öne sürüyordu. Doğal

hareket kavramı Galileo' nun düşüncelerinde yer tutmayı sürdürüyor olsa bile kendisinin de önceleri paylaştığı doğal ve şiddetli hareket ayrımından artık vazgeçmiş bulunuyordu. Bütün hareketler, hareket olarak özdeşti. Topun neden dönen Dünya'daki kulenin dibine düştüğünü açıklayan düşünce, topun neden hareket eden geminin direğinin dibine düşeceğini de açıklamıştı. Hareket açısından bakıldığında, cisimler hiçbir ayrıcalığa sahip değillerdi.

Galileo'nun eylemsizlik kavramı, eylemsizlik hareketinin doğrusal olduğu tezinin de eklenmesiyle modern fiziğin tüm yapısının temel taşı olmuştur. Bu, eğitim sürecinde içimize öylesine işlemiştir ki, bugün bize doğal ve açık gelmektedir. Bugün bu düşünceyi, onu açıkça görmek yerine 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 etmemekte midir? Bu görüş modern bilimin deneysel gerçeklerin oluşturduğu sağlam temeller üzerine oturuşuna olan inancımızı kapsamaktadır. Bu temeller, insanların Ortaçağ skolastiğinin boş inançlarından vazgeçip doğanın doğrudan gözlemine yönelmeleri ile atılmıştır. Ne yazık ki Galileo'yu, hele de eylemsizlik kavramını bu tabloya oturtmak zordur. Dialogue boyunca Aristoteles yanlısı görüşleri sergileyen gözlemin kutsallığını savunan tip Galileo'nun yarattığı Simplicus'tur. Galileo'nun görüşlerini dile getiren Salviati ise daima akim üstün doğruluğundan yana çıkar ve duyuları kötüler.

"Bu görüşü [Copernicusçu] taşıyan ve doğru kabul edenlerin o seçkin kavrayışlarını hiçbir zaman kabullenemem; onlar duyarlı deneyimler, yalın bir biçimde aksini ortaya koyduğu halde, kendilerine sunulan birtakım akıl yürütmeleri yeğlemişler ve böylece kendi duyularına karşı salt zihinsel bir kuvvet aracılığı ile şiddet kullanmışlardır." İnsanlara, bir cismi hareket halinde tutabilmek için kuvvetin gerekliliğini gösteren duyarlı deneyimler hiç de az değildir. Belki de Galileo insanlara deneyimlerini başka türlü yorumlamayı öğretmeden önce, onlara öyle geliyordu. Eylemsizlik hareketi nerede gözlenir? Hiçbir yerde. Eylemsizlik hareketi idealleştirilmiş bir kavramdır ve gerçekleştirilmesi olanaklı değildir. Eğer deneyimlerden yola çıkarsak büyük olasılıkla, deneyimlerin oldukça karmaşık bir çözümlemesi olan Aristoteles 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 düzlemsel bir yüzeyimiz olduğunu ve bu yüzey üzerine de kusursuz bir küre şekilli, bronz kadar sert ve ağır olan bir top koyduğunuzu düşününüz." Bunun için ayna kadar düz bir yüzey üzerine konulacak kusursuz bir küre bile yeterli değildir. Galileo da bir yazısında ne demek istediğini tam olarak açıklayabilmek için düşünsel bir düzlem kullanılmasını önermiştir. Galileo'nun deneyleri çoğunlukla, bugünün başlangıç mekaniğinde karşılaştığımız, sürtünmesiz düzlemlerde yapılmaktaydı. Bunlar

düşünce deneyleriydi; gerçekleştirilmeleri olası tek yerde, yani zihinde yapılıyordu. Salviati, Simplicus'a "Çıplak gözle değilse bile en azından zihin ile nelerin gözlenebileceğini düşün" diyordu. Bir çağdaş tarihçinin dediği gibi Galileo sopayı öteki ucundan yakalamıştı. îdeal'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 kazanıyordu; ve birçok olgu, örneğin Aristoteles için normal dışı olan havadaki bir merminin hareketi, Galileo için anlaşılabilir hale geliyordu. Galileo'nun çözdüğü problemler arasında cisimlerin, hareket etmekte olan Dünya'nın üzerindeki hareketleri de vardı. Düşüncesinin bu noktasında Galileo, Copernicus ve Kepler'i teşvik etmiş olan Platonculuk 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 hayalimizden, yani idealin egemen konumundan bakmalıydık. Kusursuz yuvarlaklıktaki toplar kusursuz düzlükteki düzenler 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; sonunda dururlar.

Doğa şifreli olarak kaleme alınmıştı ve Galileo şifre anahtarının matematik olduğunu söylüyordu. Bu düşüncesi Kepler'inkine de uyuyordu ve geometrik yalınlık ilkesi üzerine kurulu bir astronomiyi benimsemekle Galileo Kepler'in görüşlerine katılmış oluyordu. Bununla beraber doğanın geometrize edilme süreci, Galileo ile yeni bir döneme girmiştir. Daha önceki astronomide (hem Kepler hem de onu izleyenlere göre) geometrik çözümlemeye layık olan hareketler, yalnızca kusursuz ve sonsuz olan göksel hareketlerdi. Galileo ise, geometrinin yersel hareketlere de uygulanmasını öneriyordu. Bu önerme, yerin de Copernicusçu düzende bir göksel cisim olduğunun kesin bir ifadesiydi. Mekanik üzerinde yaptığı araştırmalarda üzerinde durduğu problem, nasıl Copernicusçu devrim tarafından ortaya atılmışsa buna yanıt olarak getirdiği eylemsizlik ilkesi de, hareketle ilgili matematiksel bir bilimin gelişmesinde uygun koşulları sağlamış oldu. Galileo, gençliğinde kaleme aldığı De motu ile, bu girişimi başlatmıştı bile. Bu başarısına kendisinin verdiği önem, bir 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 dinamikti. Her ne kadar ağır cisimlerin düşmesine neyin neden olduğu tartışmasını reddetmiş ve sadece hareketlerini betimlemekle yetinmişse de; serbest düşmeyi, düzgün bir etkenin düzgün bir etki doğurduğu yaklaşımıyla, dinamik bir tarzda incelemiştir. Konuşmalar'ı De motu ile karşılaştırdığımızda Galileo'nun kaydettiği gelişmenin, dinamik eylemin belirleyici özelliğini kavramasında yattığını görürüz. De motu, dinamiği akışkan statiği 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. Öteki etmenler neden aynı şekilde değişmez kalmasın? 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, hıza değil fakat onun artışlarına, yani ivmeye yüklemeliyiz."

Yeni serbest düşme anlayışına giden yolu yeni hareket kavramının göstermiş olduğu açıktır. De motu'nun akışkan statiği aracılığı ile soruna yaklaşımı, hareketin kendisinin, bir nedeni gerektiren bir etki olduğunu söyleyen Aristotelesci ilkeyi ifade etmekteydi. Hareket, değiştirilinceye kadar aynı şekilde kalan bir durum olarak düşünüldükten sonra, artık yeni bir etki tespit edilebiliyordu. Yukarıdaki alıntıda, Galileo "hareket ilkesinin" dinamik etkisinin (bu etki elimiz-] deki örnekte ağırlıktır) ivme olduğunu belirtiyor. Madem hareket ilkesi sabit kalmaktadır, o halde ivme de sabittir, Buradan yola çıkarak Galileo, bütün cisimlerin, aşağı yukarı aynı yoğunlukta, aynı maddeden meydana geldiklerine göre, aynı ivme ile düşeceği sonucuna vardı.

Düşmenin çözümlenmesi modern dinamik denklemlerini temel örneğini oluşturdu. Halbuki Galileo'nun kendisi ağırlığı, kuvvet adını verdiğimiz daha geniş bir sınıfın örneği olarak hiç düşünmemişti. Galileo için ağırlık cisimlerin eşi olmayan bir özelliğiydi ve ağırlığı olan cisimlerin yerin merkezine doğru olan hareketlerine doğal hareket olarak bakmıştı. Kütlesel çekimi maddeye etkiyen bir dış kuvvet olarak ele almayan tek kişi Galileo değildi. Bilim adamları bunu ancak yüzyılın sonunda tespit edecekler ve Galileo'nun ektiği tohumlar o zamana kadar biçilemeyecekti.

Öte yandan Galileo hareket bilimin 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, geometrik oranlar olarak ifade etti; ancak bu oranlar hız, ivme, zaman ve uzaklıkları birbirine bağlayan ve bugün birinci sınıftaki bir mekanik öğrencisinin öğrendiği temel hareket denklemlerine özdeştir.

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

Elde edilen sonuç Galileo'nun evren tablosunda önemli bir rol oynamıştır ve bizi yeniden onun kozmolojik anlayışını oluşturan Copernicusçu 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 hızı sadece koruyabilir; yeni bir hız oluşturamazdı. Ağırlık sahibi cisimlerin kütle çekimi merkezlerine doğru olan hareketleri, artan hızın doğal kaynağıydı ve merkezden uzaklaşmanın anlamı da bu hareketin bozulmasıydı. Her iki halde de, eşit hız değişmeleri 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 Copernicus'un devrimini doğrulayıp tamamladılar. Galileo 1642'de öldüğü zaman astronomlar arasında muhtemelen sadece bir azınlık Güneş merkezli düzeni benimsemişti. Bununla beraber Kepler ve Galileo'nun araştırmalarında Güneş merkezli 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. yüzyıl ile olan ilişkilerindedir. Geçmişin problemlerini çözerken Kepler gök mekaniği, Galileo da yer mekaniği ile geleceğin problemlerini ortaya koyuyorlardı. Başlattıkları çalışmanın tamamlanmasıyla 17. yüzyıl en büyük başarısını yaşamıştır.

2. Mekanikçi Felsefe

17. yüzyılın başlangıcında kalıcı önemde çalışmalar yapmış olan bilim adamları sadece Kepler ve Galileo değildir. 1600 yılında bir İngiliz doktoru olan William Gilbert (1544-1603), bilimsel devrimin küçük klâsiklerinden birini, De magnete'yi (Mıknatıs Hakkında) yayınladı. Bütün dünyaca modern manyetizma biliminin kurucusu sayılan Gilbert'in bu kitabı, egemen doğa felsefesinin bir ifadesiydi.

Ampirik denmese bile deneysel yaklaşımı ile De magnete Galileo'nun çalışmalarıyla belirli bir zıtlık oluşturur. Galileo için deney her şeyden önce başkalarını inandırmak için bir araçtı. Kendisine kalsa deneylerinin sonuçlarını, onları gerçekleştirme zahmetine bile katlanmadan inançla ilan ederdi. Öte yandan Gilbert'in temel manyetizma olgularının kurumlaştırılmasında tuttuğu yol ampirik araştırma yöntemiydi. Gilbert'in kendisinin değindiği ve gerçek olup olmadıklarını sorguladığı hikâyeler aracılığıyla mıknatıslardan, o zamanlar duyulan korku hakkında bazı şeyler öğrenebiliriz. Mıknatıs evreni doldurduğu sanılan doğaüstü ve gizemli kuvvetlerin bir simgesiydi. Hikâyeler denizin içinden çıkan ve yakından geçen gemilerin çivilerini söküp alan mıknatıs

dağları türünden olaylarla doluydu. Mıknatısların cadıların gücüne karşı bir korunma sağladığı söylenirdi. Belli bazı hastalıkların tedavisinden ilaç olarak kullanılırdı (bu amaçla mıknatısı toz haline getirmeye izin vardı). Yastık altına konulan bir mıknatıs zina yapan kadını yatağından dışarı uğratırdı. Hikâyenin erkeklerce uydurulduğu açıktır. Anlaşılan erkek çapkınların görünüşteki masumiyetinde iyi talihlerinden öte şeyler de vardı. Gilbert gerçeği masallardan ayırmayı ve mıknatıslık etkisi ile ilgili doğruları deneysel araştırma ile saptamayı kendisine iş edinmişti. Elmasın demiri mıknatıslaştırma gücüne sahip olduğu doğru muydu? Ancak yetmişbeş elmas harcadıktan sonra, Gilbert kendisim yanıt vermeye hazır hissetti: Hayır.

Gilbert ne mıknatıs üzerinde araştırma yapan ilk kişiydi, ne de sunduğu bütün olayların kaşifiydi. Yine de De magnete'nin sistemli içeriği manyetizma hakkındaki ilk temel bilgi topluluğuydu. Gilbert'ten önce manyetik olaylar ile durgun elektrik olayları sık sık birbirine karıştırılıyordu. Bu iki grup olayı açık ve kesin bir biçimde birbirinden ayıran Gilbert oldu. Bir yığın deneysel bulgu yardımıyla Dünya'nm kendisinin de büyük bir mıknatıs olduğunu gösterdi ve çekim etkisinin beş manyetik olgudan (kendi deyimi ile "hareketken) sadece birisi olduğunda ısrar etti. Öteki dört hareket, Dünya'nın manyetik alanıyla ilgili olan düşey yönlenme, değişme (bugün sapma diyoruz), düşey sapma ve dönmeden oluşmaktaydı. Gilbert adı geçen bu dört harekete çekimden daha büyük bir önem vermekteydi.

Gilbert'in, bugün fiziğe yeni başlayan öğrencilerce bilinen birçok olguyu sağlam delillere dayanarak sunan kitabı, modern deneysel bilim etkinliklerinin ilk örneği olarak sık sık anılmıştır. Bununla beraber eseri dikkatli bir gözle inceler ve yalnızca modern bilimin nelere sahip çıktığını değil, Gilbert'in görüşlerini de anlamaya çalışırsak, daha bildik bir yüzle karşılaşırız. Kitabın yalnızca başlığı bile 20. yüzyıl okurunun bir manyetizma ders kitabından beklediğinden fazlasını vaadeder. Mıknatıs, Mıknatıslı Cisimler ve Büyük Mıknatıs Dünya Hakkında: Birçok Delil ve Birçok Deney ile Kanıtlanan Yeni Bir Fizyoloji. Yeni bir fizyoloji, yani yeni bir doğa felsefesi. Gilbert manyetizmayı doğanın sergilediği birçok olaydan biri olarak değil, "bütünün" anlamının anahtarı olarak görüyordu. Gilbert'e göre, doğa olaylarının bütünü, o kadar dikkatle sınadığı gizemsel mıknatıs gücünden daha az doğaüstü ve gizemli değildi.

Elektriksel çekim, görünmeyen zerrelerin taşıdığı maddesel bir etki olduğu halde, Gilbert'in felsefesine göre manyetik çekim maddesel olmayan bir güçtü. Bu gücü maddesel cisimler engelleyemezdi; bir mıknatıs, demiri cam, tahta ya da kağıt arkasından çekebilirdi. Demirin cisimlerin çekimlerini perdelemesi, gücü durdurmasından değil, saptırmasından dolayıydı. Ona en ilginç gelen olay, bir mıknatıs çubuğunun kendi kudretinden hiçbir şey kaybetmeksizin bir demir parçasındaki manyetik potansiyeli harekete geçirebilmesiydi. Demir (ya da

mıknatıs çubuğu, ona göre bu ikisi özdeşti) gerçek bir yersel maddeydi. Manyetizma onun doğasında olan bir özellikti; gücünü ancak zorlukla yitirir ve bu gücü yeniden kazanmaya her zaman hazır olurdu. Aristoteles metafiziğinin kategorilerinden yararlanarak, "elektrik maddenin bir etkinliği ise, manyetizma biçimin etkisidir" savını ileri sürdü.

"Manyetik cisimler birbirlerini biçimsel etkilerle ya da bunun yerine aslında kendilerinde bulunan bir kudretle çekerler. Bu, tek ve kendine özgüdür; birincil ve asıl kürelerin biçimidir; bağdaşıktır ve bu yüzden de parçalar yani birincil kök diyebileceğimiz öz nicelik ve varlık ile yıldızsal biçim, birbirleriyle yer değişteremezler; kendi küresini koruyan ve düzenleyen şey, Aristoteles'in birincil biçimi değil, bu sözünü ettiğimiz tek biçimdir. Her bir kürede, Güneş'te, Ay'da, yıldızlarda ve Dünya'da bu biçimlerden bin tane vardır, işte bu gerçek manyetik kudrete birincil enerji diyoruz."

Bir başka yerde dediği gibi, "gerçek yer maddesine başlangıca ait ve enerjik bir biçim bahşedilmiştir."Manyetizma-yı yerin ruhu olarak tanımlaması görüşlerini belki de daha iyi ortaya koymaktadır.

"Çekim" manyetik etkinlik için yanlış bir sözcüktür. Gilbert'in dediği gibi çekim, kuvvet ve zorlamayı içerir, elektriksel etkinliği anlatmaya uygundur. Manyetik hareket ise bütün bunların aksine gönüllü anlaşmayı ve birliği ifade eder. Bu saptama, kaçınılmaz olarak iki kutbu çağrıştırıyordu ve Restorasyon dönemine göre Reformasyon çağına daha az uyan bir dil ile mıknatıs çubuğunun demiri aklamasından manyetizmaya onun içinde vücut vermesinden söz ediliyordu. Öteki manyetik etkinliklerin Gilbert'e çekim denilen) şeyden daha önemli geldiği anlaşılıyor. Yönlenme, değişme, düşey sapma hareketleri (ya da dönmeleri) evreni düzenleyen temeldeki aklı ifade ediyordu. Gilbert'e göre kuzey ve Güney, evrendeki gerçek yönlerdi ve yerin manyetik ruhunu yönetmek ve düzene koymak için vardı. Pusula "Tanrı'nın parmağı"idi ve manyetizmasını yitirmiş olan demir, yolunu ve yönünü de yitirmiş oluyordu, ibrenin düşey sapması enlemi ölçüyordu; belki değişme de boylamı ölçmekte kullanılabilirdi. Gilbert'in beşinci hareketi olan dönmede ise, nedenin kendisi, yerin manyetik ruhuna yüklenmişti. "Dönme" dediği şey, yerin ekseni etrafında ki günlük hareketiydi. Bu hareketin nedenlerini de, tıpkı yer kutbunun Güneş çevresinde dönerkenki yönünün kararlılığını açıklarken yaptığı gibi manyetizmaya bağlıyordu. Gilbert'in iddiasına göre Güneş'in yakınında bulunduğu için yerin ruhu, Güneş'in alanını algılıyor ve harekete geçmediği takdirde bir yanının yanacağı, diğerininse donacağından yola çıkarak kendi ekseni etrafında dönme kararı alıyordu. Hatta eksenini belli bir açı ile eğerek, mevsimlerin değişmesini sağlıyordu.

Modern deneysel bilimin ilk örneği gerçekte çok "tuhaf bir kitaptır. Tabii 20. yüzyıl kafası için . Halbuki 1600 yılında bu kitap insanlara Rönesans naturalizmi denilen geçerli doğa felsefesini ifade ettiği için çok bildik gelmiş olmalıydı. Çağın pek çok insanı gibi, Gilbert için de doğanın kalbi gerçekten de

yaşam ile beraber çarpmaktaydı. Başlıca yer maddelerindeki manyetizma her şeyin içinde bulunan aktif ilkelere karşılık geliyordu. Madde, hiçbir zaman ne yaşamsız ne de algısızdı. Manyetik cisimler gönüllü anlaşma ve birlik içinde bir araya geliyorlardı. Sempati ve antipatiler, benzerlerin benzerlere yanıt vermesi ve benzemezleri geri çevirmesi yolu ile bütün cisimler arasındaki ilişkileri meydana getiriyordu. Gerçekten de manyetik çekim kuramı Rönesans naturalizminin canlıcı evrenini işgal etmiş olan doğaüstü anlayışın önde gelen bir örneğini oluşturur. Gilbert'in ampirizmi de kendisini aynı felsefenin bir yüzü olarak gösterir. Skolastik Aristoteles felsefesi doğanın akılcı düzenine insan zekâsının nüfuz edebileceğini öne sürürken, 16. yüzyılın doğa felsefesi, doğa gizlerinin insan aklı için karanlık olduğunu ilan ediyordu. Evreni işgal eden gizli kuvvetleri sadece ve sadece "deneyim" öğrenebilirdi. "Sempati'Ve "antipati" sözcüklerinin ifade etttiği ve Gilbert'in "manyetik ruhunun" açıkça gösterdiği gibi doğanın gizli kuvvetleri psişik deyimlerle düşünülmekteydi. Rönesans naturalizmi insan ruhunun doğ; üstündeki bir izdüşümüydü ve bütün doğa, psişik kuvvetlerin bir perdeye akseden büyük hayalleri, gölgeleri olarak be timleniyordu. Bu açıdan bakıldığında Gilbert'in De magne te'si kurumsallaşmış bir doğa yaklaşımının açık, fakat sınırlayıcı bir ifadesidir.

Eğer 16. yüzyılı Rönesans naturalizminin en canlı dönem olarak sayarsak, Gilbert'in de bu dönemin önemli bir temsilcisi olduğunu söyleyebiliriz. Etkisini 17. yüzyıl başlarını Paracelcuscu kimyacıların kendilerine has kavramlarına biçim vermede ve son olarak da Jean-Baptiste van Helmont'du (1579-1644) göstermiştir. Helmont'un, suyu her şeyin kendisinden oluştuğu bir madde olarak düşündüğü çok iyi bilinir: Ünlü deneyinde bir fidanı dikkatle tarttığı bir miktar toprağa dikmiş, hiç ihmal etmeden sulamış ve fidan yeterince büyüdükten sonra köklerini topraktan ayırarak yeniden tartmıştı. Toprak güç farkedilebilir nicelikte azalmıştı, o halde fidanın artan bütün ağırlığı, artık tahta biçimine dönüşmüş olan sudan gelmeliydi. Van Helmont'un düşüncesine göre ağaçla yaptığı bu deney canlıcı doğa felsefesine çok güzel bir biçimde uymaktaydı. Su -yani madde- tohumlanmak ve canlanmak için erkek tohumuna ya da yaşamsal ilkeye gerek sinme duyan dişi ilkeyi temsil ediyordu. Van Helmont, sözünü bizim bugün organik dediğimiz maddelerle sınırlamaksızın doğada "suyu çocuğa gebe bırakmadan" hiçbir bireyse nesne üretilemeyeceğini öne sürüyordu. Kuşkusuz yaşamsa ya da tohumsal ilke her bir varlığın kesinleşecek özünü, ne olduğunun ve ne yaptığının gerçek kaynağını meydana getiriyordu. Ona göre bu ilke "baş ustanın"suretiydi ve bu sure ne yapması gerektiğinin bilincinde olduğu gibi, kendi üretme gücüne de sahipti. Yaşamsal ilke "kendisini halihazırda cisimsel elbiselere bürünmüştü ve maddeyi suretin kalıbına dökerek canlandıracağı cismi yaratmaktaydı.

Van Helmont için canlı bir dünyadaki gerçek etki modelini temsil eden manyetik çekim anormal görünmekten çok uzaktı. "Her yere ekilmiş olan ve nesnelere mahsus bir Manyetizma ve Etkin Marifet vardır" diyordu van Helmont. Herşey bir sezgiyle

donatılmıştı ki bununla cisimler kendilerine benzeyen ve benzemeyen cisimleri -sempati ve antipatileri-algıla-yabiliyorlardı. Van Helmont'un gözde konularından birisi de yaraya değil de, yaralayan silaha uygulanarak yaralan iyileştiren sempatik merkezdi. Öldürülen adamın kanının akmasına katilin bedene yaklaşmasının neden olduğunu da benzer bir ilkeyle açıklıyordu. Buna göre kandaki ruh ölümcül düşmanını farkedince, kaynamaya başlıyor ve böylece kan akıyordu. Helmont, doktrinini maddeciliğin bilinçli bir reddi ve ruhun asilliğinin bir delili olarak görüyordu. Aristoteles felsefesinde, kendi çarpıcı deyimiyle maddenin iştahına doğada aktif bir rol verilmişti. Helmont ise tam tersine maddesel dünyanın "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 yanıltırdı. Van Helmont, "mantığın" yararlanılamaz olduğunu ve "ondokuz tasımın* bilgiye ulaşamayacağını" ilan ediyordu. Yüzeyde kalan akıl yürütme yerine, tek başına anlayış, nes-nelerdeki doğruyu bulmaya daha uygundu. Akıl derine yönelmeli ve anlayış kendisini "akılla kavranabilir nesnelerin biçimine öyle bir zaman noktasında" dönüştürmeli ki, "bir an için anlayış, akılla kavranabilir nesnenin kendisi (gibi) olsun" diyordu. Nesneler "bizimle söze başvurmadan konuşuyor gibi görünüyorlar ve anlayış onları sanki teşrih masasına yatırmışcasma, suskunluklarının içine işliyor". Gerçeği

(Tasım: Her birinden ortak bir terimin yer aldığı iki önermeden yapılan çıkarım)

hemen sezişiyle anlayış, nesneleri olduğu gibi kavrayabilen nesnelerin işleyişlerini çözebilirdi.

Rönesans naturalizmi geleneğinde bugün sahip olduğumuz bilimsel bilgi idealinden bütünüyle değişik bir ideal ile karşı karşıya kalırız. Bu, bilgisi doğanın gizemli güçlerinde: oluşan bilim adamı Faust'un idealidir.

"Sihir sözcüğünden niye bu kadar korkuyoruz?" (diye soruyordu van Helmont)

"Bütün 'etkilerin' sihirli olduğuna, hiçbir nesnenin kendi biçiminin 'fantazisinden' kaynaklanmayan, yani 'sihirli' olmayan bir etkileme 'gücü' olmadığını görüyoruz.Ancak, sıradan nesneler için bu 'fantazi' 'tekdüze' ve sınırlı 'özelliklere' sahip olduğundan 'etki', farkında olmadan o nesnenin 'fantazisine' değil onun doğal 'özelliğine' atfedilmiştir.

Gerçek nedenlerin bilinmemesi yüzünden 'etki', 'neden] yerine konulmuştur.

Her etmen kendi özel nesnesine etki yapar. Yani o 'nesneyi' önceden algılıyarak etkinliğini gelişigüzel değil, 'yalnızca' o nesne üzerine yayar. Bir başka deyişle fantezi nesnenin duyumlanmasmdan sonra harekete geçer. İdeal bir 'varlığı', pasif bir 'varlığın' ışığı ile birleştirerek yayar. Doğal nesnelerin sihirli etkisi, işte budur. Gerçekten doğa her yönüyle bir sihirdir."

Descartes buna şöyle yanıt veriyordu:

"Bizden daha üst düzeyde olan şeylere, aynı düzeyde olduklarımıza göre, doğal olarak hayranlık duyarız. Bulutları, bazı dağların zirvelerinden biraz daha yukarda oldukları halde, -onlara bakmak için gözümüzü göklere çevirmek zorunda olduğumuzdan- öyle yükseklerde hayal ederiz ki, ozan ve ressamlar bulutların içinde Tanrı'nın tahtını görürler. Öyle sanıyorum ki, eğer bu incelemede bulutların değişimini, onlarda gördüğümüz ya da onlardan gelen hiçbir şey artık hayran olmayacağımız kadar iyi bir biçimde açıklayibilirsem, yerden yukarılarda olan ve hayranlık uyandıra her şeyin nedeninin de benzer şekilde açıklanabileceğin inanmaya herkes hazır olacaktır."

17. yüzyılda, Descartes yükselen doğal felsefe okulu adına konuşurken, van Helmont kaybolmakta olan bir geleneğin son yankılarından birisini temsil ediyordu. Rönesans natüralizmi, doğanın insan aklının hiçbir zaman içine nüfuz edemeyeceği bir sır olduğu inancına dayanıyordu. Descartes'ın sezgi yolu ile araştırma yöntemini terk etmeye çağıran sözleri, aynı zamanda da doğanın, çözülemez gizler taşımadığı ve akıl için bilinen bir yapıya sahip olduğu inancını ifade etmekteydi. 17. yüzyıl, işte bu temel üzerine kendi doğa kavramını, yani mekanikçi felsefeyi kurdu.

Mekanikçi felsefe tek bir kişinin eseri değildir. 17. yüzyılın ilk yarısında Batı Avrupa bilimsel çevrelerinde Rönesans natüralizmine 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 Hobbes'un eserlerinde ulaştı. Yine de mekanikçi bir doğa felsefesinin oluşmasındaki gerçek etkinin sahibi **Rene Descartes**'tır (**1596-1650**). Descartes bütün aşırılıklarına karşın, mekanikçi anlayışa -şiddetle gereksinme duyduğu- felsefi bir kesinlik kazandırmıştır.

Descartes ünlü "ikicilik" kavramında biçimlendirdiği metafizik doğrulamalarıyla, Rönesans natüralizmine karşı tepki oluşmasını sağladı. Bütün gerçekliklerin iki tözden (cevherden) oluştuğunu öne sürdü. Ruh diyebileceğimiz şey düşünme eylemi ile nitelendirilebilen bir töz; maddesel âlem ise özün uzayda kapladığı yer olan bir tözdü. Res cogitans ve res extensa'yi Descartes, birbirinden mutlak olarak ayrı ve uzak iki kavram olarak tanımladı. Düşünen töze maddeyi nitelendiren hiçbir özellik -hacim, yer, hareket- yüklenemezdi- Düşünme zihinsel etkinliğin sahip olduğu çeşitli tarzları kapsamaktaydı ve tek başına onun özelliğiydi. Doğa bilimle-n açısından bu ikiye ayırmanın en önemli sonucu, bütün Psişik niteliklerin, katı bir biçimde madde dünyasının dışında bırakılmasıdır. Gilbert'in sözünü ettiği dünyanın manyetik ruhuna Descartes'ın fiziksel dünyasında yer yoktu. Bu dünyada van Helmont'un aktif ilkelerine de yer yoktu. Descartes'ın ruh âlemini nitelendirmek için kullandığı atkif yardımcı fiil cogitans ile karşılaştırıldığında pasif yardımcı fiil] extensa fiziksel doğanın eylemsizliğini ve kendine ait bir eylem kaynağı olmaktan yoksunluğunu

vurgulamaya yarar. Rönesans natüralizminde düşünce-madde ve ruh-beden ayn nicelikler olarak düşünülmezlerdi; her bir cisimdeki en son gerçeklik düşünce ile ruhun niteliklerini hiç değilse bir ölçüye kadar paylaşan, cismin aktif ilkeleriydi. Aristoteles'in "biçim" ilkesi benzer bir rolü daha incelikli bir doğa felsefesinde oynamıştı. Descartes'ın ortaya koyduğu ikicilik kavramı ise tam tersine, ruhsal her bir izi maddesel doğadan bir cerrah titizliği ile kazıyarak ruhu sadece eylemsiz madde parçalarının duygusuz darbelerine açık cansız bir âlem haline getirmek oldu. "ikicilik" şaşırtıcı, ancak modern bilimin amaçlarıyla kesişmesi bakımından dikkate değer bir doğa kavramıydı. Descartes'ın metafiziğine tüm katılığı ile çok az kişi sahip çıktı, ancak yüzyılın ikinci yarısının hemen bütün önemli bilim adamları madde ve ruh ikiciliğini kuşkuya yer bırakmayacak biçimde kabul etti. Modern bilimin fiziksel doğası artık doğmuştu.
Descartes, benimsenmiş felsefe geleneğine göre devrimci rolünün tamamıyla bilincindeydi. Discours de la Methode' da (Metot Üzerine Konuşmalar, 1637) geleneğe olan tepkisini eğitiminin yol açtığını söyler. Eğitimine sonunda bilgi sahibi olacağı umuduyla dolu olarak başlamıştı. Ne yazık ki sonunda bilgi bir yana, kendisini kuşkuyla dolu bir halde bulmuştu. İki bin yıllık araştırma ve tartışmanın hiçbir şeyi çözmediğini fark etmişti. Geçmiş felsefenin "bazı filozoflarca el üstünde tutulmasından daha tuhaf ve inanılmaz birşey düşünülemez" diyordu. Descartes geçmişi kafasından silip atmaya karar verdi. Sistemli bir kuşku yöntemiyle, her bir düşünceyi katı bir sınamaya tabi tutacak, kuşkulanması olanaksız bir önermeye -eğer böyle bir şey varsa- ulaşınca* kadar, kuşkulu görünen her şeyi reddedecekti. Böyle kajbi kesin bir önerme üzerine, temelindeki kesinliği paylaşarak bir bilgi kuramını, tabandan itibaren sadece akılla yeniden kurulmuş bir yapı gerçekleştirebilirdi. Ancak aradan geçen bunca yüzyıldan sonra edindiğimiz bakış açısı bize, Descartes' ın geçmişi reddedişinin hiç de kendisinin sandığı kadar "tamam" olmadığını görme olanağını veriyor. Yine de onun mekanikçi doğa felsefesi, Rönesans naturalizminin temsil ettiği egemen kavramdan kesin bir kopuştu. Aynı şekilde Aristotelescilik' ten de hemen hemen bir kopmayı ifade ediyordu. Bu açıdan Descartes taze bir başlangıç yapmanın verdiği heyecan ile bütün olarak 17. yüzyıl biliminin sözcülüğünü yapıyordu.
Herkesin bildiği gibi, Descartes aramakta olduğu, kendisinden kuşkulanılamaz olan kesinliği "cogito ergo sum" (Düşünüyorum, o halde varım) önermesinde bulmuştu. Cogito yeni bir bilgi kuramının temeli oldu. Bu önermeden yola çıkarak önce Tanrı'mn varlığına, sonra da fiziksel dünyanın varlığına ulaştı. Kuşku süreci içinde, dış dünyanın varlığı ilk terk edilen öğelerden birisi oldu. Zira, kendisini -hata yapmaya açıkça eğilimli- duyularımız aracılığıyla algıladığımız dış dünyanın varlığı kuşku altındaydı. Descartes kendisini ancak yeni kesinlilik temellerinden yola çıkarak, kendi dışındaki fiziksel dünyanın varlığını, yine kuşkulanılamaya-cak bir sonuç olarak kanıtlayabilmeye hazır hissediyordu. Ayrıca bu yaklaşımına 17. yüzyılın bilimsel devrimi çabaları içinde belki de en büyük

öneme sahip bir koşul daha 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. Böylelikle sempati, antipati yığınlarından ve doğaüstü güçlerden zaten arınmış bulunan fiziksel dünyadan şimdi de Aristoteles felsefesinin gerçek değerleri atılmaktaydı. Aristoteles'e göre bir cismin kırmızı görünmesinin nedeni yüzeyinde kırmızılık oluşuydu; bir cisim sıcaklık niteliğine sahip olduğu için sıcak olarak duyumsa-nırdı. Nitelikler gerçek bir varlığa sahipti; varlık türlerinden birisini oluştururlardı ve gerçeği duyularımızla doğrudan doğruya algılardık. Descartes ise bunun böyle olmadığını söyledi. Cisimlerde kırmızılığın ya da ısının varlığını hayal etmek, tıpkı Rönesans natüralizminin psişik süreçleri fiziksel dünyaya uyarlaması gibi, fiziksel dünyayı duyularımızın bir izdüşümü olarak görmek demekti. Gerçekten de, cisimler sadece hareket halindeki madde parçacıklarından oluşmuştu ve bütün görünen nitelikleri, (sadece hacimleri hariç) tamamıyla hareket halindeki cisimlerin sinirlere çarpmasıyla uyarılan duyulardan ibaretti. Böylece alışık olduğumuz duyusal deneyimler dünyası, tıpkı Rönesans natüralizminin gizemli güçleri gibi bir hayal oluyordu. Dünya fiziksel zorunluluklar sonucu hareket eden, eylemsiz cisimlerden oluşmuş bir makinaydı ve düşünen nesnelerin varlığından etkilenmezdi. îşte mekanikçi doğa felsefesinin temel önermesi böyleydi.

Descartes, La dioptrique (Diyoptri, 1637), Les meteores (Meteoroloji, 1637) ve Principia philosophiae (Felsefenin ilkeleri, 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 ilkelerden arınmış eylemsiz bir nesnedir, kendi hareketinin nedeninin yine kendisi olamayacağı açıktır. 17. yüzyılda hareketin nedeninin Tanrı olduğunda herkes hemfikirdi. Başlangıçta "O" maddeyi yaratmış ve harekete geçirmişti. Maddeyi hareket halinde tutan neydi?.. Mekanikçi doğa kavramının aktif ilkeleri reddetmekteki ısrarının nedeni, bir doğa felsefesi olarak varlığının, eylemsizlik ilkesine bağlı olmasıdır. 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 çözümlemeye çalıştı. Bu ilke yüzyılın sonunda formüle edilen momentum korunumuna yakındı. Ancak, Descartes'ın hareketin sadece yönündeki değişikliğin (hızın büyüklüğünde bir değişiklik olmaksızın) öteki cismin durumunda bir değişiklik yaratmadığını

gözönüne aldığında ulaştığı sonuçlar, bizim bugün benimsediklerimizden çok farklıydı. Yine de Descartes'ın çarpma çözümlemesi bu konuda daha sonra harcanan çabaların başlangıcı olmuştur. Öte yandan onun çarpma kuralları bütünüyle dinamik bir etki modeli oluşturmuştur: Aktif ilkelerden kurtulmuş mekaniksel bir evrende, cisimler birbirlerini sadece çarpmalarla etkileyebilirdi.

Mekanikçi doğa sisteminin kurucusu olan iki adamın, yani Descartes ve Gassendi'nin, aynı zamanda eylemsizlik ilkesinin farmülasyonuna da dikkate değer katkılarda bulunan kişiler olması rastlantı değildir. Galileo eylemsizliği, yerin ekseni etrafındaki günlük dönüşü biçiminde ifade etmişti. Descartes ve Gassendi eylemsizlik hareketinin düz bir hareket olması gerektiğini, daire ya da eğriler üzerinde hareket eden cisimlerin dış bir 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 çalışmamışsa da merkezden dışarı doğru böyle bir kaçış eğiliminin varlığını göstermesi dairesel hareketin mekaniksel unsurlarının çözümlenmesinde ilk adımdır.

Descartes'ın gözünde dairesel hareket, kusursuz hareketi temsil özelliğini yitirmiş olsa da, doğa felsefesindeki merkezi rolünü sürdürmüştür. Dairesel hareket doğal olmamakla birlikte, yine de zorunluydu. Uzanımlı madde denkleminin anlamı, her bir uzanımlı uzayın, tanım gereği, madde ile dolu olması, ya da başka bir ifadeyle madde olması zorunluluktur. Boşluk olamaz. Eğer maddenin içine doğru hareket edebileceği dış bir uzay yoksa, hareket nasıl mümkün ola çaktı? Descartes bu soruya her bir cismin eşzamanlı olarak boşalttığı uzaya doğru hareket etmesi ile mümkün olacağı yanıtını veriyordu. Başka bir deyişle, dolu uzayda hareket eden her bir parçacık, tıpkı bir tekerleğin çevresi gibi, hareketli maddenin oluşturduğu kapalı bir devre üzerinde yer alacaktı. Dolayısıyla, her bir hareket dairesel olmak zorundaydı. Elbette ki buradaki "dairesel" sözcüğü Eukleides geometrisinin kusursuz dairesi değil, herhangi bir kapalı yörünge anlamına gelmekteydi. Dairesel hareket, zorunlu olmakla beraber doğal olmadığından, dolu uzaya bir merkezkaç basıncı uygular. Descartes başlıca doğa olaylarını işte bu basınca bağlıyordu.

Sonsuz uzay doluluğun içine doğru olan hareketin ilk sonucu evrenimizin sonsuz sayıda girdaptan oluşan bir yapıda ol maşıdır. Descartes'a göre, örneğin Güneş sistemimizin içindi yer aldığı girdap öylesine büyük bir madde çevrintisiydi ki, orada Satürn'ün yörüngesi bir nokta kadar kalırdı. Girdabın büyük bir bölümü, birbiri ile sürekli çarpışmaktan kusursuz küreler haline gelmiş küçücük toplarla doluydu. Descartes bunlara "ikinci element" diyordu. "Birinci element" ya da 17. yüzyılda sık sık kullanılan adıyla "eter" ise, ikinci element küreleri arasındaki uzayı ve bütün öteki gözenekleri dolduran son derece ince parçacıklardan oluşmuştu. Descartes'm evreninde maddenin bir üçüncü biçimi daha vardı ki, bu daha büyük parçacıkların daha büyük cisimler halinde toplanmasıyla

oluşan gezegenlerdi. Bütün girdap ekseni etrafında çevrilirken, içinde bulunan her bir parçacık da merkezden uzaklaşma eğilimi içinde olacaktı. Böylelikle merkezden herhangi bir uzaklıkta olan bir parçacığın, uzaklaşma eğilimi ile girdabın süratle hareket etmekte olan maddesinin zıt yöndeki eğilimi tam bir denge sağlayacaktı. Yörünge, bir gezegenin merkezkaç eğilimi ile tam olarak dengelenecekti. Yörünge bi: 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 vakum sistemi oluşturuyordu. Gerçi Kepler'in gök mekaniği daha önce ortaya atılmıştı, ancak Kepler'in sistemi mekanikçi felsefenin kabul edemeyeceği ilkeler üzerine kuruluydu Öte yandan Descartes'm girdabının kabul edilebilir olduğunu söylemeye bile gerek yoktur. Bu sistem, yarım yüzyıl boyunca göklerin fiziksel açıklamasında geçerli 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 Güneş'le beraber gittiklerini, neden hep aynı yönde ve hep (yaklaşık) aynı düzlemde bulunduklarını açıklıyordu. Teori, içine gizlice yerleştirilmiş rastgele kuvvetlerle gezegenlerin Güneş'ten uzaklaştıkça neden daha yavaş hareket ettiklerini de açıklıyordu. "Girdabın" getirdiği türden mekaniksel açıklama 17. yüzyıl bilimi için önemliydi. Bundan dolayı da teorinin şükran dolu bir kabul görüşünün nedenini anlamak zor değildir. Girdap teorisinin açıklamaya girişmediği konu ise gezegen yörüngelerinin duyarlı ayrıntılarını incelemekti. Ki bu aynı zamanda teknik astronominin de ilgi alanıydı. Descartes, Kepler'in üç yasasına hiç değinmemiştir. Zaten bunların 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 deneyselliğe verdiği önem nedeniyle, Pytha-gorasçı matematiksel gelenek ile bir çatışma içerisindeydi. Isaac Newton'un 17. yüzyılın en üst düzeydeki bilimsel başarısını meydana getiren çalışmaları, bu çatışmanın çözümlenmesinden ibarettir.

Descartes'm doğa felsefesinin tek konusu Güneş sistemi değildi. Mekanikçi felsefenin temel önermesi olarak, bütün doğa olaylarının hareket halindeki eylemsiz madde tarafından meydana getirildiğiydi. Peki, ışık neydi?.. Işığı dikkate almayan hiçbir doğa felsefesi tamamlanmış sayılamazdı ve bütün olaylar içinde en az mekaniksel olan şeyler gibi görünmekteydi. Halbuki Descartes'm sisteminde ışık, girdabın zorunlu bir sonucuydu. Güneş, sistemimizdeki en önemli 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 "madem ki 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 biraz daha mekaniksel görünmekteydi. Bunu açıklamak için, Descartes yerin çevresine yerle birlikte dönen ve Ay'ın yüksekliğine kadar uzanan küçük bir 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 değil, fakat eksene dik düşmesini gerektiren Descartes teorisi için üzücü bir sonuç olarak ortaya çıktı. Ancak her bir olayın nedenini açıklamaya uğraşan mekanikçi filozoflar böyle küçük çelişkileri hoşgörü ile karşılamayı öğrenmek zorundaydılar.
Mekanikçi doğa felsefesi için belki de en çetin konu manyetizmaydı. Daha önceki dönemde manyetizma gizemli bir kuvvetin özünü temsil etmekteydi. O halde, mekanikçi felsefe manyetik çekimi açıklamak için gizlere başvurmayı gerektirmeyecek bir mekanizma bulmak zorundaydı. Descartes "buluşlar"konusunda ilginç bir dehaya sahipti. Girdabın dönüşünün vida biçimli parçacıkları nasıl meydana getirdiğini, bunların demirdeki benzer biçimli gözeneklere nasıl uyduğunu, dikkate değer bir ayrıntı ile betimledi. (Bak. Şek. 2.1.) Manyetik çekime parçacıkların hareketi neden olmaktaydı.

Şekil 2.1. Dünya'dan ve beş mıknatıs taşından geçen, burgu biçimli parçaların değişik yerlerde, Dünya'nın manyetik alanına paralel yöneldiği görülüyor.

Bu parçacıklar, demir ve mıknatısın gözenekleri içinden geçerken, ikisi arasındaki havayı sürükleyip götürüyor ve onların beraber hareketine neden oluyordu. Peki, iki manyetik kutup nasıl ortaya çıkıyordu?.. Descartes' ın yanıtı çok basitti: Sağdan-sola dönen vidalar ve soldan -sağa dönen vidalar vardı (Descartes' ın bu açıklaması, manyetik etkilerin hareketli elektrik yüklerinin sonucu olduğu şeklindeki bugünkü bilgilerimizi ilke olarak andırmaktadır).
Manyetizmayı inceleyiş biçimi, Descartes'm bilgi kuramının temel güdülenimini açığa çıkartır. Gilbert'in aksine, Descartes manyetik olayların ayrıntılı bir araştırmasına girişmedi. "Olayı" olduğu gibi kabul ediyordu. Daha fazla araştırarak kafa karıştırmaya gerek yoktu. Sorun olayın kendisi değil, açıklanmasıydı. Descartes mekaniksel açıdan açıklanamayan hiçbir manyetik olayın olmadığını öne sürmekteydi. Aynı şekilde Felsefenin İlkeleri'nde doğayı

ayrıntılı bir biçimde incelerken de, olayların bilindiğini kabul etti. Descartes' ın bilimi, dikkatli doğa araştırmalarına, yeni olayların keşfine değil, zaten bilinen olaylara yeni açıklamalar bulmaya yönelikti. Fiziksel dünyanın, duyularımızda meydana gelen tabloya herhangi bir şekilde benzemesi zorunlu değildi. Fiziksel dünya hareket halindeki parçacıklardan ibaretti. Descartes' ın önerdiği şey bilinen bütün olaylar için nedensel bir mekanizmanın hayal edilebileceğiydi. Mekanikçi felsefe neyin olası olduğu konusunda hiçbir ölçü getirmediğinden, Descartes' ın evreninde bazı tuhaf olaylar da kendilerine yer bulabiliyordu. Helmont'un katilin öldürdüğü kurbanına yaklaşınca, yaralardan kan akışının hızlanmasından söz etmesi bize bugün çok saçma gelebilir; ancak Descartes bu olayı ciddiye almış ve çürüyen cisimlerden çıkan pis koku mekanizmasıyla açıklamaya çalışmıştı. Descartes'ın çalışmalarında sempatik merhemden söz edilmez, ancak daha sonraki kuşaktan mekanikçi bir filozof olan Kenelm Digby, bu merhemlerin görünmez tedavi mekanizmasını kapsamlı bir biçimde anlatmıştır.

Önceki felsefeler doğayı organik açıdan görmüşlerdi. Descartes ise organik olguları bile mekaniksel bir biçimde görecek kadar işi tersine çevirdi. Onun evreninde insan, hem ruh hem de bedene sahip bir canlı olarak, tek örnekti. Bununla birlikte insanda bile ruh, yaşamın merkezi olarak düşünülüyor ve bütün organik etkinlikler tümüyle mekaniksel yollarla açıklanıyordu. Kalp bir çaydanlık olmuştu: Isısı Descartes'a göre mekaniksel bir süreç olan mayalanma ısısına benziyordu ve damarlardan kalbin içine pompolanan kan, damarları kaynatıp genişleterek buhar basıncıyla geri itiyordu. Akılcı bir ruhtan yoksun olan öteki hayvanlar ise, karmaşık makinalardan başka birşey değillerdi. Descartes'ın 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'ın birçok olaya getirdiği açıklama bugün doğru bildiklerimizden öylesine farklıdır ki, sık sık küçümseme eğilimine kapılırız. Oysa Descartes'ın ne yapmak istediğini ve bunların bilimsel devrim çalışmalarına nasıl uygun düştüğünü anlamaya çalışmalıyız. Descartes'ın bütün doğa felsefesi binasının temel taşı, fiziksel gerçekliğin, duyularımızla algıladığımız gerçeklikle hiçbir şekilde benzememesi savıdır. Copernicus'un hareket ile ilgili görüşü reddetmesi gibi, şimdi de Descartes gündelik deneyimlerin yorumunu genel-leştiriyordu. Bizim bugün alışkın olduğumuz türden bir bilimsel araştırma içerisinde değildi. Tersine, önerisi metafi-zikseldi; deneyimlerin arkasında yatan yeni bir gerçeklik tablosu öneriyordu. Açıklamalarını ne kadar tuhaf ve inanılmaz bulursak bulalım, modern bilimin bütün gelişiminin daha önceki doğa felsefelerine dönerek değil, Descartes'ın seçtiği yolu izleyerek olası olduğunu unutmamalıyız.

Kuşkusuz 17. yüzyıl için mekanikçi doğa felsefesinin çekiciliği çok güçlüydü. Aslında mekanikçi felsefe sadece Descartes'ın felsefesinden ibaret değildir. Öteki mekanikçi doğa yaklaşımları arasında, en azından yaşama yeteneği olan çekici bir seçenek de Gassendi'nin atomculuğudur. Antik çağların atomcu felsefesi de, Rönesans döneminde eski düşünçelere 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'ın sisteminin biçimlenmesine de yardımcı olmuştu. Ancak, atomculuğu bir mekanikçi felsefe seçeneği olarak benimseyip yorumlamak Descartes'ın çağdaşı olan **Pierre Gassendi** (**1592-1655**) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bir düşünür olarak Gassendi, Descartes'tan tümüyle farklıydı. Descartes kendisini, felsefe geleneğini, kendi yarattığı yeni ilkeler üzerinde yeniden biçimlendiren sistematik bir filozof olarak gördüğü halde, Gassendi kendisini geleneğin verebileceği en iyi unsurları biraraya toplayan bir bilimadamı sayıyordu. Başlıca eseri olan Syntagma Philosophicum (Felsefe İncelemeleri **1658**), tartıştığı konuların tümünü kapsayan, dahası tartışılabilir konulara da ele alma çabasında olan, okunabilmesi olanaksız bir yığındır. Eser bir karmaşıklık demeti haline gelmiş ve sonunda yazarın ekleme ve yamalar yapmasına olanak olmayan bir zamanda, yani ölümünden sonra son şeklini alıp basılabilmiştir. Kısaca Gassendi "kesip yapıştırıcıların ilkidir ve kitabı da derleme yığınlarının bütün tutarsızlıklarına sahiptir. Birbiri ile hiçbir uzlaştırma çabası harcan-maksızın, en azından üç ayrı hareket kavramı kitaba konmuştur. Yine de, gelenek içinde yer alan bir sistem Gassendi'ye öteki sistemlerden daha çekici gelmiştir. Syntagma kuşkuya yer vermeyecek biçimde atomcudur.

Bir **atomcu** olarak Gassendi belirli bazı sorunlarda Descartes'dan 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'ın evreni bir **doluluktu**; buna karşılık Gassendi her türlü maddeden arınmış boşlukların varlığını öne sürüyordu, ikisi de önemli felsefî sorunlardı, ancak iki adamın anlaşmazlıkları, anlaştıkları geniş alanla karşılaştırılınca çok dar bir bölgeyi kapsıyordu, ikisi de benzer bir biçimde, fiziksel doğanın nitelikçe bir özelliği olmayan bir 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 ilgiliydi. Descartes'ın doğanın bir doluluk içerisinde olduğu konusundaki ısrarı, maddeyi uzanımı ile özdeşleştirmesinin doğal bir sonucuydu. Maddenin uzanımı ile özdeşleştirmesi de, geometrik akıl yürütmenin bilime uygulanmasını olanaklı kılıyordu. Geometrik uzay maddeyle özdeş olduğundan, doğa bilimi de kanıtlamalarında herkesin birleştiği bir kesinliğe ulaşabilecekti. Gerçekten de Descartes'ın araştırmalarına yön veren

dört kuralı, geometrik kanıtlama ilkelerinin yeniden ifade edilmesine benzerdi. Her ne kadar egemen geleneğe başkaldırmışsa da, kökü Aristoteles'e kadar uzanana 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 doyurucu mekanizmanın düşünülebildiği, belli bir kesinlik derecesine ulaşılamadığı durumlarda bile, en azından genel ilkelerden, yani maddeselin ruhsaldan kesinlikle ayrılabilmesinden ve mekaniksel nedenselliğin tutarlı zorunluluğundan kuşku duyulamazdı.

Gassendi maddenin, uzanımı ile eşitliğine karşı çıkmakla Descartes'ın bilgi kuramına da karşı çıkmış oluyordu. Atomlar belli bir uzanıma sahiptiler, fakat uzanım onların özü değildi. Gassendi, aslında nesnelerin özünü bilmenin ölümlü insanın kudreti dışında olduğuna inanıyordu. 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 Aristoteles'ten 17. yüzyıla kadar süren ve Descartes'ın da 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 bütünüyle anlaşılabilir değildir, insan doğayı sadece dıştan ve görünen olaylar şeklinde bilebilir. Buna göre insanlar için tek olası 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 betimlemesiyle zaten hissedilmiş olan bu ideal Gassendi tarafından geleneksel idealin inkârının bir parçası şeklinde ifade edildi. Bu anlaşılması kolay bir kavram değildi. Bu yüzden de 17.yüzyılın mekanikçi filozofları doğal olaylara "neden olan" mikroskobik mekanizmalar hayal etmeyi sürdürmüşlerdi. Gassendi'nin izinden giden kişi Isaac Newton oldu. Newton Gassendi'nin yaptığı bilim tanımlamasına parlak bir kişilik kazandırdı. Newton'un bu yaklaşımı modern deneysel bilimin içine öylesine işlemiştir ki, 17. yüzyıl öncesi insanına bildik gelen Descartes'm (ya da Aristoteles'in) "zorunlu kanıtlama ideali", bugün bizim için kavranılması zor bir bakış açısıdır.

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" Aristoteles felsefesi birçok değişik biçimlerde yeniden boy göstermek olanağını bulmuştur. 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 mekanikçi bir filozofu ve aynı zamanda da kimyacısı olan Robert Boyle'a göre atomculuk ve Descartesçılık aynı doğa kavramının iki ayrı ifadesidir. Ayrıca buna "maddenin" nitel bakımdan özelliksiz olduğu, her bir aktif ilkeden ve anlama yeteneğinin bütün izlerinden arındığı da eklenebilirdi. 17. yüzyıl doğa kavramı ne kadar ham olursa olsun psişiği, fiziksel doğadan katı bir biçimde dışlaması onun kalıcı mirasıdır.

Mekanikçi felsefe 17. yüzyılda, hemen bütün yaratıcı bilimsel çalışmaların çerçevesini tanımlamıştır. Sorular onun dilinde formüllendirilmiş, yanıtlar onun dilinde verilmiştir. 17. yüzyıl düşüncesinin araçları nispeten kaba olduğundan, bu yaklaşımın uygun düşmediği bilim alanları muhtemelen destek göreceği yerde düş kırıklığına uğramıştır. Kesinleşecek mekanizmaları araştırma, ya da onları sadece hayal etme çabaları, dikkatleri daha verimli olma potansiyeline sahip araştırmalardan saptırmış ve pek çok "buluşun" benimsenmesini engellemiştir. Her şeyden öte mekaniksel açıklama gereksinmesi 17. yüzyılın öteki temel akımının, doğanın matematikle tam olarak açıklanabileceğine dair Pythagorasçı inanışın karşısına çıkıyordu. Nitel doğa felsefesini reddetmesine karşın, başlangıçtaki haliyle mekanikçi felsefe doğanın tümüyle matematikselleştirilmesine bir engel oluşturuyordu. 17. yüzyılın bu iki akımı arasındaki uyuşmazlık Isaac Newton'un çalışmalarına kadar çözümlenemedi. Öte yandan 17. yüzyılın hemen hiçbir bilimsel çalışması mekanikçi felsefenin etkisinden kurtulamamış ve çalışmaların çoğu ona başvurulmaksızın anlaşılamamıştır.

3. Mekanikçi Bilim

Uzun süreden beri bilinmekte olan bir dizi olayın 17. yüzyıl ortasında birdenbire önem kazanması mekanikçi felsefenin başarısı olarak açıklanabilir. Isıtılarak yara üzerine konulan hacamat şişesi iltihabı akıtmak için başvurulan 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 göstemekteydi. Pompalar yaklaşık on metreden daha büyük derinliklerden su çekemiyor sifonlar da yine bu boyu geçen yükseklikler de işlemiyordu. Bununla beraber her iki halde de kusurun kullanılan materyalde olduğuna inanılmaktaydı. Boruların tahtadan yapılmış olması bu kanıyı güçlendirmekteydi. Egemen doğa felsefesinde bütün olaylar doğanın boşluktan nefret edişi ile açıklanıyordu ki, mekanikçi felsefe bu tür açıklamaların temsil ettiği ilkeleri yoketmek amacıyla oluşturulmuştu. Bu açıklamalar, doğanın, sürekliliğine yönelmiş tehditleri sezip, karşı harekete geçmesini sağlayan, duyarlı ve aktif yetilere sahip olduğu görüşünü içeriyordu. Sözünü ettiğimiz olaylar için, mekaniksel açıklamanın seçenekleri apaçık ortaydı.

Galileo'nun 1638'de basılan Konuşmalar'mdaki bir pasaj tartışmayı fiilen başlattı. Kirişlerin kırılma dayanıklılığı ile ilgili çözümlemesinin bir parçası olarak, Galileo cisimlerin yapışmalarına ait bir teoriye gereksinme duydu. Gözlenen olgu, yani sifonun suyu en çok on metre kadar yukarı taşıyabilmesi, teorinin, üzerine kurulabileceği bir temel gibi görünmekteydi. Hepsinden önemlisi, bu olgu bize kesin bir nicel faktör sağlıyordu. Bu faktör onbir metre civarında yüksekliği olan birim (kesitli) su sütununun ağırlığıydı. Galileo, olayı

boşluğun çekimi adını verdiği olguya bağlıyordu. Cisimlerin birbirinden sonsuz küçüklükte boşluklarla ayrılmış, sonsuz küçük parçacıklardan oluştuğunu varsayarak, boşluk çekimine dayalı bir "yapışma" teorisi kurmaya girişti. Galileo'nun yapışma açıklaması hiçbir zaman başarıya ulaşamadı, ama Konuşmalar'm yayınlanması olguyu bilimsel tartışma akımının içine sokmuş oldu.

Bu olguyu dikkate alanlar arasında Roma'daki bir bilimsel grup da vardı. Onlar sifonun bir kolunu ayırdılar ve böylece 1640'larm başlarında ilk barometre gerçekleştirilmiş oldu. Bu, tepesinde 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 ağırlığına eşit ağırlıktaki bir su sütununa destek olduğunu iddia ettiler. Bu açıklamanın kendisi apaçık bir deneme yöntemini de gündeme getirmekteydi. Deniz suyu tatlı sudan daha ağırdır, o halde tatlı su yerine deniz suyu konulunca, sütun yüksekliği azalmalıdır. Su yerine, çok 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 addı. Zira Torricelli atmosferin basınç ya da ağırlığını değil, atmosferi bir sabit olarak alıp, tüpdeki sıvmının ağırlığını ölçüyordu, îlk barometre, bilim tarinindeki öteki önemli deneyler gibi son derece güzel hesaplanmıştı. Eğer söz konusu olan şey, bir yanda atmosferin öte yanda ise sıvı sütununun yer aldığı basit bir mekaniksel denge ise, su yerine sudan yaklaşık ondört kere daha yoğun olan civa konulunca, sütun yüksekliği de sütunun yaklaşık ondörtte 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, Tor-

ricelli'nin ilk civalı barometresi bugün, her türlü mantıklı kuşkuya yer bırakmayacak bir biçimde kanıtlanmış bulunmaktadır.

Barometre tartışmaları "boşluğu" kaçınılmaz bir biçimde gerekli kılıyordu. Boşluğun varlığına karşı olan iddialar son derece kurumlaşmıştı; ve Aristoteles'in yapıtlarına dayanıyordu. Bir yandan boşlukta direnci sıfır, dolayısıyla da hızın sonsuz olacağını söyleyen harekete dayalı sav; öte yandan da boşluğun, yani "hiçbir şey" olan bir şeyin (aynı kelime oyunu Grekçede de vardı) varlığını öne süren mantıksal sav bir çelişki yaratacaktı. Şüphesiz Aristoteles barometreden habersizdi. Bu yüzden de tartışmalarda Aristoteles yanlıları sadece kendi öz kaynaklarına dayanabiliyorlardı. Birşeylerin uzayı kaplamasının zorunlu olduğunu düşünen ekol, haznede hava kabarcığının olması gerektiğini öne sürdü; tüp kurulduğu zaman, kabarcık gerilimi civayı dengede tutana kadar genişleyecek ya da başka bir ifadeyle uzayacaktı. Diğer bir düşünce ekolü de, sıvıyı aşağı iten bir buharın oluştuğunu öne sürüyordu; buhar olmasaydı, civa bütün tüpü kaplayacaktı. Bütün bu açıklamalar son derece "uydurma'ydı Bu durum barometrenin mekanikçi felsefeye bahşettiği altın bir fırsatı işaret eder: Nicel bir faktöre sahip basit bir olay, mekanikçi felsefe için canlıcı kavramlara saldırmanın en uygun temelini oluşturuyordu. Dahası, nicel faktör sorunu deneysel araştırma için ideal bir hale geliyordu. Bu nicel faktör nedeniyle, Aristoteles yanlısı uydurma açıklamaları birbiri ardına sınayacak deneyler kurma olanağı doğdu ve barometre tartışmaları bittiğinde konu deneysel araştırmanın gücünü gösteren klâsik bir örnek olarak ortaya çıktı.

Blaise Pascal (1623-1662) deneysel tanıtlamalarda en önemli rolü oynadı. Bilimsel olgunluğa henüz erişmekte olan genç bir adam olarak Pascal, tartışmaya, tam zamanında ve cam üflemekteki teknik ilerlemenin deneylerini gerçekleştirmesini olanaklı kıldığı bir yerde katılacak kadar iyi bir talihe sahipti. Yaşadığı yer olan Roueu, çağın önde gelen bir cam imalat merkeziydi ve ilk defa olarak onyedi metreye varan uzun-

lukta cam boruların yapılabilmesi Pascal'ın hem civa hem de su ile deney yapmasına olanak tanıdı. Buharın sütununu aşağıya ittiği, aksi halde sıvının tüpün tepesine kadar çıkacağı savı, su ile şarabın karşılaştırılmasını akla getirdi. Yaygın kabule göre, şarabın daha tinsel bir sıvı olduğu ve dolayısıyla daha çok buhar üreteceği düşünülüyordu. Beri yandan şarap sudan daha hafifti ve eğer mekanik açıklama doğru ise şarap sütunu daha yüksekte kalmalıydı. Rouen limanındaki ünlü gösteride Pascal biri şarap öteki su ile dolu iki uzun boruyu bir gemi direğinin yanma dikti. Deneyden önce izleyicilerden sonucu tahmin etmelerini istedi ve sonuçta tinsel teori yandaşları görüşlerinin (inançlarının), gözlerinin önünde parçalandığını gördüler.

Pascal benzer tarzda, nicel yoklamaların sınanması için pe-ripatetik* açıklamalara yol açan başka konularda da 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 civa tüpü dikti. (Bak.3.1.) Her iki halde ve denediği bütün öteki durumlarda tepedeki hacim ne olursa olsun civa sütunu boyunun sabit olduğunu gördü. Dahası tüpü eğdiği takdirde, yüzeyin düşey yüksekliği sabit kalıyordu. Böylece civa 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. yüzyıl okuyucusu için şaşırtıcı olmasa bile- beklenmedik bir sonuç çıkarttı: Buna göre doğa boşluktan nefret ediyordu. Bununla beraber bir ikinci sonuç ilkini değiştirmekteydi: Doğanın boşluğa olan nefreti sonluydu ve yetmişaltı santimetre yükseklikte ve birim kesitli civa sütununun

*Peripatetik: Gezginci, burada Aristoteles felsefesine ait. Peripatetikler: Aristoteles'in yandaş ve öğrencileri

Şekil 3.1. Boşluğun civaya oranı. Civa üstündeki hacim ne olursa olsun, sütunun düzey yüksekliği yetmişaltı santimetrede kalmaktadır.

ağırlığı ile ölçülüyordu. Bundan daha büyük bir boşluk (ya da en azından hissedilebilir maddelerden yoksun bir hacim) ya-ratılabiliyordu. Uzlaşmacı gibi görünen bu sonuç Aristoteles felsefesinden daha fazlasını gerektirmekteydi. Çünkü belirli koşullar altında boşluğun olabileceğini kabul ediyordu. Pas-cal'ın gerçek görüşü çok daha ötelere gitmekteydi, ancak o, tümevarımla elde edilen sonuçların geçerlilik derecesi ile ilgiliydi. Pascal hava pompasının icadından çok önce deneylerine başlanmıştı. Önemli rol oynadığına inandığı dengenin bir tarafındaki ağırlığı değiştiremiyor, böylece öte yandaki ağırlık da sabit kalıyordu. Ağırlığı değiştirebilene kadar, eldeki deli-

lin geçerli olarak sadece, doğanın boşluğa olan "nefretinin" sonluluğu ve bunun da birim kesitli sütunun ağırlığı ile ölçüldüğü sonucunu çıkartmaya elverdiğini düşünüyordu.

Sonunda Pascal ağırlığı değiştirecek ve kendisinin tama-nıiyle 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 oturmaktaydı. Pascal deneyi yapmasını ondan istedi. Bu iş için, bir barometre dağın eteğine kontrol amacıyla bırakıldı, diğer bir barometre ise zirveye taşındı. Kuşkusuz, tepedeki barometrenin yüksekliği düştü.

Puy ve Dome'deki deney bütün bilim tarihindeki en ünlü deneylerden birisidir. Pascal koşulları dikkatle tanımlayarak incelenilen konuyu doğrudan doğruya sınamaya tabi 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 düzenlenişi bakımından asla daha az parlak olmayan bir başka deney de Pascal'm bir boşluktaki boşluk adını verdiği deneydir. Bir tüp üflenerek, iki tane her biri yetmişaltı santimetreden uzun, ucuca iki düşey bacak meydana getirecek şekilde eğilmiş ve ikisi arasına bir civa deposunun yer alabileceği büyük bir balon yerleştirilmiştir. (Bak. Şek. 3.2.) Bütün sistem doldurulup bir civa kabı üzerinde dikilince, aşağıdaki bacak sıradan bir barometre olarak çalıştı. Ortadaki deponun yüzeyinde atmosfer yoktu, buna karşın üst tüpteki civa yüzeyi depodaki civa yüzeyinden daha yukarıda değildi. Aşağıdaki tüpün üstünde yer alan ve bir tıkaç ile kapanan delik açılarak içeriye yavaş yavaş hava gelmesi sağlanabiliyordu. Hava girdikçe aşağı tüpteki civa düşmekte, yukarı tüpteki ise yükselmekteydi ve delik atmosfere tamamiyle açılınca, yukarıdaki tüp, olağan (basit) bir barometre gibi çalışıyor ve aşağıdaki tüpün civa yüzeyi de kaptaki civa yüzeyinde kalıyordu.

56

Şekil 3.2. Pascal'ın boşlukta boşluk deneyi.

57

Pascal'ın deneylerinden sonra, artık barometrenin sabit bir mekaniksel denge ile işlemediğini aklı başında bir kişinin iddia etmesi 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 yetmiş altı santimetre yükseklikte durmaktaydı. Çünkü atmosferin ağırlığını taşıyan fanus kapalı havada da basıncı sürdürmekteydi. Buradan yola çıkarak Böyle esnekliğin nedenini "havadaki yaylarda" arıyor, ve iyi bir mekanik-çi filozof olarak, havadaki her bir parçacığı dış kuvvetlerle sıkıştırılabilen küçük yaylar olarak düşünüyordu.

Boyle'un deneyleri ve New Experiments Physico Mechanical, Touching the Spring of the Air (Havanın Sıkıştırılabilir-liğine İlişkin Yeni Fiziko-Mekanik Deneyler, 1660) adlı bir eser yayımlanması, bir İngiliz cizviti olan Papaz Linus'un karşı saldırısına yol açtı. Esneklik kavramını reddeden Linus, Boyle'un getirdiği kavramın saçma gözüken bir sonucuna dikkat çekti: Buna göre hava sıkıştırılabildiği gibi, geniş-letilebilmeliydi de. Bu görüşün yol açtığı araştırma Böyle Yasası'nın bulunmasına böylece de Boyle'un ölümsüzlüğe kavuşmasına yol açtı. Böyle, uzun bir cam tüpü kapalı ucundan U şeklinde büküp içindeki civanın üstünde bir miktar hava bıraktı ve diğer koldan içeri civa püskürterek, havanın basıncını birkaç atmosfer değerine yükseltebildi. Havanın hacmi kapladığı tüpün boyu ölçülerek kolayca bulunabiliyordu ve böylece önceden tahmin edildiği gibi basınç ve hacim arasındaki ters orantılılık kanıtlanmış oldu.

Böyle yasası 17. 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 statiğinden daha elverişli bir taban bulamazdı. Kaldıraç ve denge arasındaki ilişki eski çağlardan beri bilinmekteydi. Şimdi denge ile barometre ilişkisi de bulunmuştu.

Artık sabit nicel bağıntıları tekrarlayan çeşitli deneyler düzenlenebilirdi. Buna karşılık mekaniksel olmayan açıklamalar örtük olarak sahip oldukları canlıcılıklarıyla, olayların nicel yüzlerine hiçbir uygun yanıt bulamıyorlardı. Bu tür açıklamalar açıkça uydurmaydı ve mekaniksel yanıtların üstünlüğünden herhangi bir kuşku duyulamazdı.

Optik olayların mekanikçi düşünce biçimine uygunluğu akışkan statiğine göre daha az bilinmekteydi. Yine de 17. 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. Optik araştırmalarda ise mekanikçi felsefe bilinen olayların anlaşılmasına yardım edebilecek mekaniksel ışık kavramlarının geliştirilmesini destekledi. Mekanikçi felsefenin herhangi bir optik keşfine yol açtığını söylemek zordur. Hatta bazan başarılara engel olduğu bile ileri sürülebilir. Bununla beraber mekanikçi felsefenin 17. yüzyıl optik tartışmalarının biçimini belirlediği kuşkusuzdur.

17. 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 Astronomice 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 yaklaşım soruna tabanı görülen nesnede olan tepesi ise gözde yer alan görme piramidi tasarımıyla 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 düşünül-

(W

Şekil 3.3. (a) Optik piramit, (b) Kepler in görme teorisi.

sün, bütün görüşler nesnelerin organik bir birlik içinde göründüğünde birleşmekteydi.

Kepler'in, Arap Alhazen ve Ortaçağ optik araştırmacı Wi-tellio'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 her bir noktası bir ışık kaynağı olarak düşünülebilirdi ve optiğin temel problemi bir noktadan uzaklaşmakta olan bir ışın demetini bir başka noktada odaklanıncaya kadar izlemekten ibaretti. Kepler optiği, ışın izlemekle özetlenmişti ve ışın izlemek de onun optik piramidi tersine çevirmesine yol açtı. (Bak. Şek. 3.3) Görülebilir bir nesnenin her bir noktasından çıkan ışınlar tepesi o nokta ve tabanı gözbebeği olan bir piramit (daha doğrusu bir koni) oluşturmaktaydı. Göz içinde ise aynı tabanlı ancak tepesi retinada olan ikinci bir koni meydana gelmekteydi. Retinada, görülebilen cismin 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 göze gelinceye kadar izlediği yolu görecek bir araca sahip değildir. Göze göre ışınlar, düz çizgiler boyunca yol alırlar. Göz ışın demetlerini 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 görüşte meydana gelen sapmayı da açıklar. 16. yüzyılın sonlarında İtalyan Delia 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 açık yetersizliğinin aksine, Kepler kuramsal açıdan gerekli temeli kuran kişi oluyordu. Astronomim Pars Optica'yı yazdığında, teleskop henüz bilinmiyordu. Bu yüzden de mercekler tartışma konusu olmamıştı. 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 ortamdan diğer bir ortama 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, meka-nikçi felsefenin doğa yaklaşımının temel kavramlarından bi-
risini kullanmaktaydı. Mekanikçi felsefede, deney dünyasındaki sıradan cisimler için parçacık ve atomlar ne ise, görülebilen cisimlerin noktaları da odur. Descartes'la birlikte mekanikçi felsefeden optiğe, benzer düşünce tarzlarının da ötesinde şeyler aktarıldı. Descartes doğa felsefesinin tamlığı bakımından ışığı da genel ilkeler içine almanın ötesinde, Güneş'ten 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 belirgin hale getirmek zorunda kalmıştı. Descartes'm anlayışına göre ışık, şeffaf ortamda anlık olarak yayınlanan bir basınç olarak ele alınıyordu. Diyoptrimde kör adam ile "görmesini" sağlayan bastonu arasındaki ilişkiyi örnek göstermiştir. Bastonun ucu bir taşa çarptığı zaman, uçtaki hareket baston boyunca sapı tutan ele 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 sinirde 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 ikincisinde ışığı bir tenis topunun hareketi ile karşılaştırıyordu. Basınç, harekete doğru bir eğilim olduğundan, hareketle aynı yasalara uyar diyordu. Pek üzerinde durmadan bu benzetmeyi kullanarak, yansıma ve kırılma yasalarını türetti.
Yansıma yasası tenis topu örneğinden kolayca çıkıyordu. Işığın düz çizgi üzerinde yayılması, topun raketle vurulduktan sonraki eylemsizlik hareketine tekabül etmekteydi ve hareketi, raket yüzeyine paralel ve dik iki bileşene ayırıyordu. Rakete çarpınca paralel bileşen aynı kaldığı halde, dik bileşen yön değiştirdiğine göre, Descartes yansıma açısının geliş açısına eşitliğini kolayca gösteriyordu. (Bak. Şek. 3.4.) Yansıma yasası asırlardır bilinmekte olduğuna göre, sağlamlığı hakkında ne düşünürsek düşünelim, bu tanıtlama pek zafer sayılamaz.
62
63
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
; ;
Öte yandan kırılma değişik bir sorundu ve yasası bilinmemekteydi. Hatta, 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.). ikinci ortamda ışığın ilk ortamdakine göre daha yavaş hareket ettiğini varsaydı. Bütün hız değişikliğinin yüzeyde meydana geldiğini ve sadece topun yüzeye dik hız bileşeninin değiştiğini öne sürdü. Bu önermelerin zorunlu sonucu olarak da ışığın ikinci ortama, kırılabildiği bütün geliş açıları için, geliş açısının sinüsünün kırılma açısının sinüsü ile orantılı olarak geldiğini gösterdi.

Descartes'ın tanıtlamada kullandığı kanıtların akla aykırılığının yanısıra önermelerinin temelini de keyfi ve çelişkili varsayımlar oluşturuyordu. Harekete doğru bir eğilim dediği basıncı, hareketin kendisi ile aynı yasalara bağlı tutuyordu. Işığın ikinci ortamda birincisine 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. 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'ın tanıtlamasmdaki anormalliği eser hırsızlığı ile açıklar. Hollandalı bir bilim adamı olan SnelPin sinüs yasasını keşfettiğini biliyoruz ve Descartes da Hollanda'da oturduğuna göre Snell'in basılmamış eserlerini görmüş olabilir. Bununla beraber ortada bu suçlamayı destekleyecek bir kanıt bulunmamaktadır ve bu buluşa kendisini matematiksel araştırmalarının götürmüş olma-

sı çok daha olası gözükmektedir. Teleskopun kullanımı küresel merceklerin paralel ışınları bir odağa kırmadığını açıkça göstermişti; Descartes paralel ışınları bir odak noktasına kıracak yüzey biçimini, yani "anaclastic" (geriye kıran) eğriyi bulmakla ilgileniyordu. Parabolik aynanın paralel demeti bir odağa topladığı bilindiğine göre, söz konusu eğriyi bulmak için koni bir kesiti kullanmak kadar doğal bir şey olamazdı. Descartes, Diyoptri'de elips ve hiperbolü incelerken, ışık sinüs yasasına göre kırılırsa, eliptik ve hiperbolik merceklerin paralel ışını bir odakta toplayacağını göstermiş olduğuna göre, kendisi sinüs yasasını da bu arada bulmuş olabilir. O zamanlar kimse gerçek bir eliptik ya da hiperbolik mercek yontamadığı için bir deneme mümkün olmamış ve yapılan tanıtlama sinüs yasasını kabul etmek için ciddi bir neden oluşturmamıştır. Ancak bir başka tanıtlama bu kabulü sağladı. Les Meteores (Meteoroloji) adlı incelemesinde Descartes, 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 gözlem 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 aydınlatılır-lardı, fakat ışıktan farklıydılar. Bununla beraber bütün renkler için aynı şey söylenemezdi. Örneğin gökkuşağı gibi bir olayda renklerin üzerinde gözüktükleri cisimlerde olmadığı açıktı. Bunları gerçek renklerden ayırmak için, "görünen renkler" deniyordu ve bu renkler ışığın karanlık bir ortamdan geçerken uğradığı değişikliğe bağlanıyordu. Descar-tes'm felsefesi renk gibi gerçek niteliklerin varlığını reddediyordu. Tanımı gereği bütün renkler görünüşten ibaretti ve Descartes bu görünüşleri ışık için kullandığı ilkelerle açıklamayı kendisi için bir görev biliyordu. Işığı küçücük kürelerden oluşmuş bir ortamda iletilen bir basınç olarak görmekteydi. Renklerin ise, kürelerin eksenleri etrafında dönme eğiliminin yol açtığı duyular olduğu açıktı. Prizma ile yapı-

lan 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 ekseni etrafındaki dönmesinin değişmesi gibi yansıma da dönmelerde değişikliğe neden olacaktı. Yüzeylerin türü dönmenin nasıl bir değişikliğe sahip olacağını belirleyecek, böylece de yüzeyler farklı renklerde görüneceklerdi. Bütün keyfi ve inandırıcı olmayan unsurlarına karşın Descartes'm renk incelemesi optik tarihinde önemli bir olaydır. Descartes 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 konusu Descartes'ın ele aldığı biçimiyle kabul görmedi. Descartes'm renk incelemesi, Aristoteles'in nitelik kavramına olan bütün tepkisine karşın, görünen renkler hakkındaki peripatetik incelemenin mekanikçi dile dönüştürülmesinden ibarettir. Bu inceleme -bilimsel geleneğin, dünyanın durgunluğu türünden, herkesin ortak duyularının sonucu olan ve aslında bir varsayım olduğu bile güçlükle farkedebilmiş olan- bir varsayım ile, yani ışığın ilkel ve doğal halinde iken beyaz göründüğünün kabulü ile başlıyordu. Renkler, ışığın içinden geçtiği ortam tarafından değişikliğe uğratılınca ortaya çıkıyordu. Kırmızıyı hızlı, maviyi de yavaş dönme ile özdeşleştirerek Descartes, geleneksel teorilerdeki kuvvetli ve zayıf renkler teorisinin mekanik-sel bir eşdeğerini bile bulmuş oluyordu. 17. yüzyıl boyunca mekanikçi filozoflar teoriler kurmak değil, teorilerin yerini tutacak mekanizmalar hayal etmek eğiliminde oldular. Descartes'm renk incelemeleri, Grimaldi, Hooke, Boyle'un ve daha sonrakilerin yapıtları hep bu eğilimi yansıtır. Mekanizmalarının

ayrıntıları farklılıklar göstermekle beraber, varsayımlarında değişiklik yapmayı hiç birisi de düşünmemiştir.

Bu işi Cambridge Üniversitesi öğrencilerinden Isaac Newton (1642-1727) yaptı. Prizma arkasında, gözlenen cisimlerdeki renkli saçakları dikkate alan Newton, renk konusuna yeni bir yaklaşım önerdi. Farklı renk duyuları meydana getiren ışınlar belki de farklı özellikteydiler 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 gözledi: iki uç birbirinden kopmuş gibi görünüyordu. 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 1704'e (meseleyi ilk olarak anlayışından kırk yıl sonrasına) kadar basılmamış olan eseri Opticks'de ilk açıklamanın uzun ayrıntıları yer alır.

Yeni teori eğer ciddi olarak ilerliyecekse kapsamlı deneysel tanıtlamalara gereksinme vardı. Newton deney aracı olarak prizmayı seçti. Temel deneyi daha önce Descartes'm yaptığının bir başka biçimiydi. 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.) Duvarda, boyu eninin beş katı bir spektrum deseni meydana geldi. Oysa, 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 ışıkta meydan 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 levhayı öyle yerleştirdi ki, prizmayı ekseni etrafında hafifçe döndürmekle deliğin içinden spektrumun farklı parçalarını geçirebilecekti. Odanın ortasına yerleştirilen delikli bir başka levha-

(b)

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

da ışın demetinin geçmesine olanak veriyordu, iki levhanın da yerleri tesbit edilmiş olduğundan, bunlar ışın için sabit bir yol ve ikinci levha arkasına 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.

68

Newton beyaz ışığın, hem göze değdiği zaman uyandırdığı renk duyularının, hem de prizmadan geçerken uğradıkları kırılma açılarının birbirinden farklı ışınların bir karışımı olduğu sonucuna vardı. Renk olgusu beyaz ışığın uğradığı değişimden değil, beyaz ışığı meydana getiren ışınların ayrışması sonucu ortaya çıkmaktaydı.

Gökkuşağı türünden şeyler de eklense prizmasal spekt-rum dünyadaki renk olgusunun ancak küçük bir kesrini oluşturur. Teorinin tamlık iddiasında bulunabilmesi için Newton, cisimlerin renklerini de benzer şekilde açıklayabil-meliydi; yani, yansımanın da ışığı bileşenlerine ayırdığını göstermeliydi. Kanıtlarını 1675'de Royal Society'ye (İngiliz Kraliyet Bilim Derneği) gönderdiği bir makalede topladı. Araştırmasının temeli, Hook'un 1665'de Micrographia adlı eserinde sunduğu bir gözlemdi. 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. Eğriliği 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 görünmekteydi. ("Newton halkaları"); ortaya çıkan çemberlerin yarıçapları ölçülerek de halkanın 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 görünüyordu. Etkin kalınlıklar ise periyodikti. Dahası, mor ışığı yansıtan bir kalınlık, kırmızı ışığı yansıtmıyordu. Newton spektrumdaki farklı renklere denk düşen kalınlıkları büyük bir duyarlılıkla ölçtü ve böylece bugün "girişim" adını verdiğimiz olayla ilgili araştırmaların eylemsel temelini de

Şekil 3.6. Aşağıda, düz bir cam levhaya bastırılan ve levha ile arasında ince bir hava filmi oluşturan mercegm enine kesiti gösterilmektedir. Yukarıda ise, filmden yansıtılan tek renkli ışıkla gözlenen taanlık ve parlak halkaların görüntüsü gösterilmektedir. Işığın geçirildiği yerlerde göze yansıtılan mçbır şey olmadığından karanlık bir halka görülür.

70

atmış oldu. Vardığı sonuçların onun için önemi, cisimlerin renkleri konusunda bir açıklama getirmesiydi.Kırılmaları farklı renklerdeki ışık ışınları yansımalarında da farklılık gösteriyorlardı. Kırmızıyı yansıtan bir film kalınlığı, moru yansıtmıyordu. Öte yandan mekanikçi felsefe, cisimlerin belirli

biçim ve büyüklükteki parçacıklardan meydana geldiğini söylüyordu. O halde, kırmızı görünen cisimler kırmızıyı yansıtmaya uygun kalınlıkta (şeffaf) parçacıklardan, öteki renktekiler de yine uygun kalınlıkta parçacıklardan meydana gelmişti.

Newton'un renk teorisi ilk yayınlandığında, çağdaşlarının çoğu tarafından anlaşılmadı. Sistematik doğa felsefesinin başladığı zamandan beri, yani ikibin yılı aşkın süredir, beyaz ışık basit ve ilkel sayılmıştı. Halbuki Newton beyaz ışığın her biri farklı renk duyusu uyandıran ayrışık ışınların bir karışımı olduğunu öne sürüyordu. Kavramları tersine döndürüşü düşünülürse, çalışmasında Descartes'ın sadece kurgul temellere oturttuğu bir konuya deneysel bir taban sağlayan Newton'un mekanikçi doğa felsefesine önemli bir katkıda bulunduğu görülür. Newton, renklerin, cisimlerin gerçek niteliği olmayıp, sadece ışığın neden olduğu duyular olduğunu kabul etmekle, renk teorisini bütünüyle optiğin alanı 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 basınç olduğunu ileri sürmüş, buna karşılık Newton ise tıpkı Hooke gibi bu görüşte değişiklik yaparak, ışığı ortamda iletilen tek tek "atmalar" olarak görmüştür. Bu görüşlerden bizim bugün tanecik tabiatı dediğimiz ışık kavramı gelişti. Newton tarafından hararetle benimsenen ve öncekilerden köklü bir biçimde farklı olan bu kavram 17. yüzyıl doğa felsefesinin temel öncüleri ile uyum içindeydi. Işık muazzam bir hızla hareket etmekte olan küçücük taneciklerden ibaretti. Newton ışığın düz çizgi üzerindeki hareketinin ci-

simlerin eylemsizlik hareketine eşdeğer olduğunu benimsemekle kalmamış, kırılma, yansıma ve her birinin göründüğü renk gibi ışınların değiştirilmez özelliklerinin de (yani tek tek ışınlarda hiçbir şekilde değiştirilmeyecek özelliklerin de), maddesel bir temele sahip olması gerektiğine inanmıştı. Böylece, örneğin kırmızı duygusu 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 varolan 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) olaylarını açıkladı ve eterin periyodik titreşimlere sahip olduğunu varsayarak Newton halkalarına bile bir açıklama buldu.

Newton'un teorisini üzerine kurduğu "Işık Hipotezi" 17. yüzyıl mekanikçi felsefesinin tipik bir ürünüdür. Ortaya attıktan dört yıl kadar sonra, eter inancından vazgeçti. 18. yüzyıl başlarında Opticks'i yayınladığında daha

önceleri eter yoğunluğundaki değişimlere yüklediği olayları parçacıklar arasındaki çekim ile açıkladı. Bu sayede bir "olay" dışındaki bütün olayları açıklayabiliyordu. Açıklayamadığı şey, ince filmlerdeki periyoduk 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. yüzyılda periyodik olayları açıklayabilen bir ışık kavramı yoktur. Dalga kavramı denilen kavram bile konuya bir açıklama getiremiyordu. Nasıl Newton tanecik teorisinin önde gelen temsilcisiyse, Hollandalı bilm adamı Christiaan Huygens de (1629-1695) dalga teorisinin başlıca

kişisiydi. Huygens tanecik görüşüne karşı çok ağır eleştir-lerin varlığını seziyordu. Işık ışınları birbiri içinden girişim yapmadan geçebilirler, fakat parçacıklardan oluşmuş bir akım girişimden kaçmamazdı. Dahası, bir kaynaktan çıkan ışık kaynak etrafında oluşan dev küre yüzeyleri halinde yayılmaktaydı. Bu durumda örneğin Güneş, aydınlattığı küreyi yaymakta olduğu 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 maddedeki bir hareketten ibaret olduğundan kuşku duymak olanaksızdır. Işığın meydana gelişini düşündüğünüz zaman, ışığın burada, (yeryüzünde) esas olarak, son derece katı olan birçok başka cismi eritip çözdüğü için, kuşkusuz hızlı bir hareket halinde bulunan birçok parçacığa sahip ateş ve alevlerden ortaya çıktığını hatırlamalıyız. Öte yandan ışığın etkilerini gözönüne aldığınızda, (iç bukey aynalarla bir noktada odaklandığı zaman), ateş gibi yakma gücünde olduğunu görürüz; yani cisimlerin parçalarını birbirinden ayırır ki, bu da şüphesiz harekete işarettir; hiç değilse bütün doğa olaylarını 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) sudakine 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 devinim eter içinde yayılırken, eterdeki her bir parçacık da kendisinin merkezini oluşturduğu küçük dalgacıklar yayan bir kaynak olurdu. (Bak. Şek. 3.7.) Her bir dalgacık ışık olarak algılanmak için çok zayıftı, ancak

birbirlerini destekleyecek kadar çok sayıda ve biçimde toplanırlarsa ışık olmaya yetecek şiddette bir hareket oluşacaktı. Huygens dalgacıkların birbirini 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 destek-

Şekil 3.7. Huygens'in dalga cephesi kavramı.

leyen 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 "bölge alan" içinde yayılacağı idi. Huygens bu itirazı dalga cephesi kavramını kullanarak ortadan kaldırdı. Her bir dalgacık bölge içinde 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 biçiminde oluyordu. Huygens bugün de ders kitaplarında okutulan, dalga cephesi kavramını kullanarak, yansıma ve kırılma yasalarını elde etti.

Gerek Huygens'in dalga kavramı gerekse Newton'un tanecik kavramı 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 göreli 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 keyfi görüşlerden değil, kırılmayı sinüs yasasına uydurma gereksiniminden doğuyordu. Sinüs yasası, iki teoriden birisini eleyecek can alıcı bir deneyin düzenlenebileceğine işaret etmekteydi. Sonunda 19. yüzyıl ortalarında yapılan deney dalga teorisini doğruladı. Bugün ışığın hem dalganın hem de taneciğin doğasında olduğu bilinmektedir. Böyle bir deneyi yapmak, 17. yüzyıl optik araçlarının gücünün tamamiyle dışmdaydı.

19. yüzyılda, daha göreli hızlar ölçümü yapılmadan önce dalga teorisi geçerliliğini ilan etmiş gibiydi ve tartışma konusu artık hızlar değil, periyodik olaylardı. Bu sonuca 17.

yüzyılda neden varılamamıştı? Bu sorunun yanıtı, dalga teorisinin 17. yüzyılda henüz periyodik dalgalan kapsamamasında yatar. Huygens teorisinin temel amacı,

ışığın düz çiz-gisel hareketini açıklamaktı; dalgadan söz ederken periyodik bir dalgalanmayı değil, bir taşın düştüğü noktadan dışarı, havuz suyu yüzeyi boyunca giden bir düzensizliği anlıyordu. Atmaların periyodik olabileceğini özellikle yadsımıştı. Traite de la lumiere (Işık Üzerine inceleme, 1690) adlı eserinde Newton'un keşfettiği ve kendisinin de özdeş deneylerle gözlediği periyodik olaylardan söz bile etmez.

Huygens'in değinmediği konular bundan ibaret değildir. 17. yüzyılın ortalarında, İtalyan bilim adamı Grimaldi kırınım olayını keşfetmişti. Birkaç yıl sonra da Batholinus kutuplanmayla ilgili olan ve çift kırılma denilen bir olay keşfetti. Periyodiklik, kırınım (periyodik olduğu 17. yüzyılda henüz görülmemiş bir olay) ve kutuplama olayları 19. yüzyılda ışığın dalga teorisinin temellerini oluşturdu. Huygens bunların hiç birisine değinmemiştir. Newton bu üç olayı incelemişse de durumu yine de pek farklı değildi. Titreşen eter düşüncesini terk ettiğinden beri periyodik olaylar onun için de açıklanamaz olmuştu. Kırınım olayını açıklayışı olayın kendisi ile bağdaşmıyordu. Aynı şekilde kutuplanmayı açıklayış biçiminin de, ışık teorisinin geri kalan kısmı ile uzlaşması zordu.

17. yüzyıl sonuna gelindiğinde yüzyılın başlarında optiğe destek vermiş olan Newton ve Huygens'in de içinde bulunduğu birçok optik araştırıcısının 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 hiç birisi yeterli değildi. Sadece mekanik ortama değil, dalga hareketinin kendisine de önem veren daha ince bir dalga mekaniği geliştirilene kadar optik, bir asır boyunca donmuş bir halde kaldı.

4. Mekanikçi Kimya

17. yüzyılın devraldığı kimya, modern kimyadan öylesine farklı bir kalıba dökülüydü ki, kavranabilmesi için 20. yüzyıl okuyucusunun hayal gücünü kullanarak kendisini bugünküne hiç benzemeyen bir atmosfere taşıması zorunludur. Astronomi ve mekanik gibi bilimlerde temel problemler, ele alınışlarında kullanılan kavramlar çok değişik de olsa, geçmişin problemlerine benzemekteydi. Kimyada ise problemlerin farkına varmak için bile büyük bir çaba gerekliydi.

Güçlüğün bir bölümü "karışmış cisimler" düşüncesinde yoğunlaşıyordu. Kimyacılar inceledikleri bütün cisimleri (ya da malzemeyi) karışmış cisimler olarak kabul ediyorlardı. Sınırlı sayıda elementin ya da ilkenin değişen oranlarda birleşerek dünya üzerinde bulunan maddeleri meydana getirdiği evrensel bir inançtı. "îlke" sözcüğü "elemenf'e göre bugünün okuyucusu için 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 beşti. 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. Her bir karışmış cismin bileşimine bütün ilkeler ya da prensipler çeşitli oranlarda girmekteydi. Doğadaki maddelerin şaşırtıcı çeşitliliğine bakılırsa olası oranların sayısı sonsuz olmalıydı. Daha sonraki "kimya" anlayışından önemli bir farklılık da işte budur: İlkelerin sayısı köklü bir biçimde küçükse, kimyasal madde sayısı sonsuz mertebede büyük olmaktadır. 1600 yılının kimyacıları kesikli sayıdaki bileşikler yerine olası oranların sü-

rekli bir spektrumunu düşünmekteydi. Örneğin bir güherçi-le diğer bir güherçileyle özdeş değildi ve kimyacılar ellerindeki materyalin kökenini belirlemek gerekliliğini duymaktaydılar. Bu tür bir bileşik anlayışı kuşkusuz maddede mevcut olan "safsızlıklardan" kaynaklanıyordu. Ancak sürekli spektrumdaki oranlarda bulunan karışmış cisimler görüşü, verilen bir kimyasal maddeyi safsızlıklardan ayırdetmeyi olanaksız kılıyordu. Kimyasal maddeyi tanıyacak herhangi bir ölçü olmaksızın safsızlıkları farketmek nasıl mümkün olacaktı? Değerli madenler için, pratik düşüncelerle, saflık ölçütleri uzun süredir geliştirilmiş bulunuyordu, ancak kimyacılar değişik "altın" ve "gümüş"lerden söz etmeyi sürdürdüler. 17. yüzyıl kimyacılarının yüzyüze olduğu pratik sorunlar konusunda hiçbir şey, Robert Boyle'un sözünü ettiğimiz dönemden elli yıl kadar sonra, deneylerin başarısızlığı üzerine yazdığı iki makale kadar öğretici değildir. Yüzyılın başlangıcında bile 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. yüzyıl tarihçisinin işaret ettiği üzere, "element" sözcüğü gibi "çözümleme" sözcüğü de bizim bugün alıştığımızdan değişik . bir anlamda kullanılıyordu. 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 çıkarmaya çalışırlar, fakat bileşenleri elle tutulur somut maddeler olarak ayırmayı akıllarından geçirmezlerdi. İlkelerin kavranış biçimleri onların yalıtılmış olarak varolmalarını engelliyordu.

17. yüzyıl başları kimyasının, bir başka özelliği de daha geniş bir disiplin olan doğa felsefesi ile ilişkisidir. Kimya ayrı bir bölüm olarak güç bela mevcuttu. Ayrıca bir iş haline geldiği zaman bile genellikle bir bilim sayılmadı. Öte yan-

dan bilimin bir parçası olduğundan beri de ayrı bir iş sayılmıyordu. Kimyacıların kendileri de konularını tıbbın hizmetinde bir sanat sayıyorlardı ve

çabalarını ilaç yapımına yöneltmişlerdi. Bilim adamları kimyacıları küçük görür ve ne demek istediklerini çok iyi anlatan bir deyimle "isli ampirikler" derlerdi. Paracelsus'un (1493?-1541) çalışmaları kimyaya en gelişmiş biçimini vermiştir. Paracelsus'u kimyasal olayların, öncelikle dinsel sorunlarla ilgilenen bir felsefeyi şekillendirmek için kullanıldığını bilmeden okumak oldukça zordur. Kavram ve teorilerin, 17. yüzyıl boyunca varlığını sürdüren kimya üzerinde etkileri olmuşsa da; başlangıçta kimyasal olayları ele almak için formüllendirilmiş değillerdi. Tam aksine olaylar kavramların biçimlendirdiği bir kalıba sıkıştırılmıştı.

Teori sözcüğü de, Paracelsus öğretilerinin üç ilkesine tuz, kükürt ve civaya dayanıyordu. Bütün karışık cisimler bu üç ilkeden yapılıyordu. Paracelsus'a göre tuz, kükürt ve civa mevcut bütün cisimlerin üç fizik ötesi yapıtaşı olan bedeni, canı ve ruhu temsil ediyordu. Tıpla ilgilenen kimyacılar, fizik ötesi spekülasyonlara daha az eğilim duymakla birlikte, başlangıçta sahip oldukları niteliğin ilkelerinden hiçbir zaman tümüyle ayrılmadılar. 17. yüzyılın önde gelen tıp kimyacısı Jean Beguin (15507-1620?) civayı içine sızılabilir, sızıcı, etersel bir sıvı asit olarak tanımlıyordu. Cisimlerin duyu ve hareketlerini, kuvvet ve renklerini sağlayan civa idi. ince bir merhem olan, yağlı ve kıvamlı kükürt ise, cisimlerin doğal ısılarını muhafaza eder ve onları yanıcı kılardı. Bitkilerdeki büyümenin ve şekil değiştirmenin aracı ve kokuların kaynağı idi. Zıtları uzlaştırma, civanın sıvılığı ile tuzun katılığını birleştirme gücüne sahipti. İlkelerin sonuncusu tuz, kuru ve tuzluydu; cisimlerin katılığının kaynağıydı. Begu-in'in ilkeleri tanımlayışı Paracelsus'un beden, can ve ruh anlayışını korumakla beraber, daha çok Aristoteles'in elementlerini akla getirir. Tuz toprağa, kükürt ateşe, civa da suya tekabül ediyordu. Aristoteles'in elementleri gibi Beguin'in ilkeleri de nitel bir biçimde anlaşılıyordu; ve belirli nitelikle-

rin maddesel taşıyıcılarıydı. Bir cisim, içinde yüksek oranda tuz bulundurduğu için katı, ya da yüksek oranda kükürtten oluştuğu için yanıcıydı. Tıp ağırlıklı kimya, nitel bir doğa kavramını benimseyişi nedeniyle, 17. yüzyıl fiziksel bilimlerine gittikçe daha çok egemen olan nicel görünüm ile çatışma halinde oldu.

Rönesans naturalizmi gibi, onun bir başka yüzü olan Paracelsuscu geleneğin aktif ilkeleri de mekanikçi felsefe ile zıtlık içindeydi. Tıp kimyacıları 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 Pa-racelsuslarm belki de sonuncusu olan Helmont, Paracelsus'un civasma benzer 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. yüzyılın devraldığı kimya

geleneğinin bir başka kolu olan simya da, kimyaya egemen olan görüş ile gittikçe daha ağır basan mekanikçi felsefe arasındaki ikiliği derinleştirmekteydi. Her ne kadar 17. yüzyıl tıp kimyacılarının çoğu, aklı başında, gerçekçi ve bir simyacının sahip olması gereken hayalcilikten uzak kişilerse de, Paracelsus'un kendisi simyacılığa çok yakındı ve doğa kavramları da sim-yanınkilerle uyum içindeydi. Simyaya göre metaller temelde birbirinin aynısıydı, sadece olgunluk dereceleri değişikti. 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 bir metal meydana gelmekteydi. Kabaca söylemek gerekirse simyanın işi, yeryüzünde altını meydana getiren doğal süreci sanatı ile tekrarlayarak, altın miktarını artırmaktı. Simya organik doğa kavramının en parlak ifadesidir. Kullandığı sözcükler bile bu tür göndermelerle doludur; mayalanma, bitkilenme,

hazım, üretim, olgunlaşma vb. 17. yüzyılda, simyanın azalan etkisi ile tıp ağırlıklı kimya, kendi içinde, metalleri toprakta büyüyen organik maddeler sayan ve karışık cisimleri kimyasal ilkelerle birleştiren bir metal kavramı konusunda işbirliği içine girdi.

17. yüzyıl ortalarında kimya, geleneğinin önemli bütün yönleriyle, fizik biliminde egemen hale gelen akımlara derinden karşı doğa görüşleri taşımaktaydı. Descartes'm kimyaya karşı takındığı suskun tavır bu aykırı görüşlerin bir göstergesidir. Halbuki eserlerindeki mmatıslık ve ışık gibi konuları tartıştığı bölümlerde çoğu paragraf kimyasal sorunlara ayrılmıştır. Bir miktar kimyasal sorunun çalışmalarında yer alabilmiş olması bile (kimya açısından kaçınılmaz bir biçimde mekanikçi doğa felsefesi ile ilişki kurduğu için) geleceğin bir göstergesidir. Eğer cisimlerin özellikleri, yapıtaşı parçacıklarının neden olduğu görünüşlerse, kimyanın bu konuda mekanikçi doğa felsefesine gözardı edilmeyecek birçok 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 olmaktan çok, dışarıdan empoze edilen görüşlerin sonunda ortaya çıkması gibidir. Bugün, geriye dönüp baktığımızda kimyanın egemen doğa felsefesinin etkisinden uzak kalabilmesi zaten olanaksız gibi gelir. 17. yüzyılın ilk yarısının önde gelen kimyacılarının çoğu Paracelsus-cuyken, ikinci yarının önderlerinin hemen hepsi de meka-nikçidir.

Kimya görüşlerinde yer alan değişmeyi belirlemek için, tıp ağırlıklı kimyanın kendi tarihini de hatırlamamız 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. yüzyılda kimyasal bilgi birikimi geniş ölçüde artmıştı. Yeni olarak

81

daha çok organik olmayan kimya ile ilgili bir yığın bilgi edinildi ve bunları Paracelsuscu teorinin kategorileri içine yerleştirebilmek için kayda değer çabalar harcandı. Tıp ağırlıklı kimyanın yüzyılın ikinci yarısındaki gözle görülen çöküşü artan kimyasal bilgi gözönüne alınarak değerlendirilmelidir. Tıp ağırlıklı kimya geleneği etkileşmelerin ve kimyasal maddelerin hazırlanışının bir katalogunu oluşturmuştur. Olguları, bütünlüğü olan ve yararlı bir teori içinde düzenlemeyi başaramamış ve bu başarısızlığı mekanikçi kimyanın zaferine katkıda bulunmuştu. Yüzyılın ikinci yarısında kimyanın karşı karşıya kaldığı en önemli sorun tıp ağırlıklı kimyanın yapamadığını mekanikçi felsefenin yapıp yapamayacağı oldu.

Nicolas Lemery (1645-1715, Fransa) yüzyılın ikinci yarısının önde gelen kimyacısıydı. Cours de chimie (Bir Kimya Dersi) adlı eseri ilk kez 1675'te yayımladı ve yaptığı birçok baskı ve çevirileriyle kimya alanında geniş bir yankı uyandırdı. Eserin tarzını aqua fortis'te (nitrik asit, HNO3) çözülmüş metallerin, deniz tuzu ruhu (hidroklorik asit, HC1) ile nasıl çökertileceğini tartıştığı projeler çok güzel anlatır. Buna göre, tuzruhunun daha iri olan sivri parçacıkları, aqua fortis'in parçacıklarının çözelti halinde tutmakta oldukları metali bırakana kadar itip, sarsmaktaydı. Yazar bazı kimyacıların etkileşmeyi, ruhun asitliği ile aqua fortis'in metali terk etmeye 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 hangi ilişki sonucunda ortaya çıkan 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 anlaşı-lamayacaktır. Bundan başka, bu ruhun bazik olduğunu farz etsek bile, bu bazın metali terk edip 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

82

sahip olduğunu kabul etmedikçe, soruna bir açıklık getirmez. Bu yüzden olayı gerçek nedenler yüzünden, sallanma ve itmelere açıklamak zorundayız".

Lemery'nin kitabında, kimyasında asit etkileşmelerinin oynadığı belirleyici rol nedeniyle, 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; tıpkı su yüzündeki bir tahtanın kendisine tutturulmuş metali yüzdürmeleri gibi, asit sivrileri de saplandıkları

metal parçacıklarını yere düşürmeden tutabilirlerdi. Bu açıklama raslantısal olarak belli miktarda bir asitin ancak belli miktarda metali çözdüğünü de açıklamaktaydı; zira her bir 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'daki (nitrik asit ile hidroklorik asidin bir karışımı, HNO3 ve HC1) altını niye çökertiyordu? Lemery bunu doğa felsefesi içindeki en zor sorulardan birisi olarak kabul ediyordu. Ancak parçacıklarına biçim ve hareketçe altın parçacıkların saplanmış asit sivrilerini kırabilecek bir madde eklendiğinde bu madde altını çökertmeliydi. Bazik ruhlar "çok aktif tuzlarla" aşılandığı zaman karşılaştıkları cisimleri öylesine şiddetle sarsmaktaydı ki, altına saplanan sivriler kırılmaktaydı. Bu sivriler, kırılmalarına karşın, yine de tuz parçacıklarına saplanacak kadar sivri 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 öne sürüyordu. Bu ifade anlamlıdır: Lemery'nin mekanikçi kimyasının en son amacının bir kimya teorisini formüle etmek değil, gözlene-nen özelliklerin açıklanması olduğunu gösterir. Asitlerin özellikleri sivri uçlu parçacıkları akla getirmekteydi. Asitlerin meydana getirdiği paslandırıcı tuzlar, (örneğin bakır sülfat) paslandırıcı güçlerin kendilerine saplanmış, ya da daha

doğrusu kendilerinden çıkan asit parçacıklarından almakta ve kınından 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 bir potansiyeldeydi. Lemery, ve başkalarının sözünü ettiği türden kesin parçacıklar hiçbir biçimde gözlenememişti. Bunların varlığı gözlenen özelliklerden çıkartılıyordu. Bu yüzden de incelenen olayların gerektirdiği hareketlilik ve kesinlikte parçacıkları hayal edebilmek praktikte mümkün olabiliyordu.

Lemery örneğinde, mekanikçi felsefenin tıp ağırlıklı kimyanın değiştirilmiş bir biçimini açıklamakta kullanıldığını görürüz. Lemery, civa 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 almayacak kadar fizik-ötesi sayıyordu. Kükürt ya da Le-mery'in yeğlediği adıyla yağ, yumuşak, dallanmış parçacıklardan oluşuyordu. Bu parçacıklar öteki parçacıklara ve kendilerine dolanarak sıvı ya da katı yağlara bilinen kıvam-lılığı veriyordu. Lemery'ye göre yağ hâlâ yanabilme ilkesiy-di, ancak yakıcı küçücük parçacıkların da varlığına inanmaktaydı. Böylece tutuşmayı

inceleyiş biçimi bütünüyle anlaşılmaz bir hal alıyordu. Gerçekte Lemery çalışmalarında yağa çok yer ayırmamış, çoğunlukla üçüncü Paracelsus ilkesi olan tuz ile uğraşmıştır. Lemery doğada bir tek tuz olduğunu, ve bunun da sıvı asitin yerin damarlarında katılaşma-sıyla meydana geldiğini öne sürüyordu. Bütün öteki tuzlar bundan oluşmaktaydı. Bazik tuzlar karışık cisimlerde doğal halleriyle bulunmazlar, sadece kimyasal işlemler sırasında karışık cisimleri ayrıştırmak için ortaya çıkarlardı. Lemery, tuz ilkesinin varlığında, onu kimyasal olayların anlaşılmasında anahtar saydığı için ısrar etmekteydi. Bu özelliğin kendi keşfi olduğunu söylemek gereksizdir. Bununla bera-

ber bu ilkeyi geniş ölçüde kullanmış da değildir. Halbuki kaynakları ne olursa olsun, bazların varlığı onun kimyasında en önemli yeri tutmaktaydı. Lemery,'in Cours de chi-mie'sinde temel bir plan ararsak, etkileşmelerin çoğunu bir asidin bir bazca nötrleştrilmesine indirgeme çabasını 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 sivrilerinin saplanabileceği, iğnedenlik gibi gözenekli parçacıklardan meydana geliyordu. Asit ve bazlar kaynayarak karışıyorlardı, ancak bu olayın sözü edilmekle beraber inandırıcı bir şekilde açıklaması yapılamıyordu. İğneler iğnedenliğe saplanarak, iğnedenlik de gözenekleri iğneler tarafından doldurularak nötrleşiyordu. Lemery çalışmalarında bu modeli sonsuzu kadar çeşitli biçimlerde, örneğin "sivri" ya da "kör sivriler" "dar" ya da "geniş gözenekler" kullanarak tekrarlamaktaydı. Tıp ağırlıklı kimya geleneğinin yetiştirdiği bir kimyacı olarak, çalışmalarının tıbba uygulanmasıyla da ilgilenmiş ve temel modelini bu alana da taşımıştır. Hastalıklar havanın taşıdığı asit enfeksiyonlarıydı ve esas olarak zehirlere benzerlerdi. Bütün tıp bunların bazlarla nötrleştirilmelerinden ibaretti. Sublime ile ilgili bölümde yaptığı uyarıda dediği gibi, insan panzehiri kullanmadan önce zehirin niteliğini bilmek zorundaydı. Lemery'in eseri baştan sona bazların farklılıklarım değil de benzerliklerini vurguladığı için, hekimlere pek de yararlı bir rehberlik yapmış olmuyordu.

Tıp ağırlıklı kimyanın Lemery üzerindeki en kapsamlı etkisi belki de, onun maddeleri, az sayıda geniş sınıf içinde düşünme eğiliminde bulunabilir. Asit ve bazlar için temel birer biçim düşünmüş ve deney ne gösterirse göstersin bütün asitlerin ve bütün bazların ve hatta bütün maddelerin nihai bir kimliğe sahip olduğunu ifade etmişti. Onun incelemelerinde kimya, kalıcı maddelerin ayrılışımma ve birleşmelerine de-

ğil, yumuşatılabilir parçacıkların, birkaç genel biçimin kalıbına sokulmasına yönelmişti. Daha önceki zamanlardan kalma karışık cisimlerin sürekli spektrumu inancı, Lemery'nin incelemelerinde (biçimlerin sürekli değişimi) kendisine bir yandaş bulmuştu. Asitler sivrilerinin keskinliği ile birbirlerinden ayrılabiliyorlardı. Acaba her bir sivri belirli bir aside denk düşen ayrık ve değişmez bir biçimde miydi? Göründüğü kadarıyla böyle değildi. Çünkü, daha keskin parçacıklar toprakta daha ince sivriler haline gelmelerine neden olan, daha uzun bir mayalanma dönemi sonunda meydana çıkıyorlardı. Bu yüzden örneğin süblime gerçekleşmeden (HgCl2)den mercurius dulcis (kalomel, Hg2Cl2) yapılırken, madde asit sivrileri köreleyinceye kadar üç kere süblime (katı maddelerin sıvı hale geçmeden buharlaşması) oluyordu. Eğer iki kere süblime olsaydı sivriler çok kesin kalacak ve müshil etkileri çok kuvvetli olacaktı. Öte yandan, eğer beş kere süblime olursa müshil olarak güçleri bütünüyle ortadan kalkıyor ve sadece terletici haline geliyorlardı. Mekanikçi felsefenin temel önermelerinden birisi de, maddenin parçacıklarının, sadece biçim, büyüklük ve hareketlerinden türetilen bağdaşıklığıydı. Oranların sürekli spektrumu düşüncesini mekanikçi dile çevirmenin yolu hazır durumdaydı. Bu yolu Lemery hiç düşünmeden benimsedi.
Mekanikçi ön yargıları, civa nitratın (Hg (NO3)2) ısıtılarak civa oksite (Hg2O2) bozulması üzerinde yaptığı incelemenin gösterdiği önemli gözlemlerin anlamını, daha ne kadar gözünden kaçırabilirdi. Bir civa çözeltisinin kezzapta (HNO3) buharlaşmasıyla elde edilen beyaz kristallerin, ısıtıldıkları zaman ağırlıkları azalıyor ve renkleri kırmızıya dönüyordu: Yani asit sivrilerinin uçları çarpılmıştı. Bir başka kırmızı çökelti ancak civanın yakılıp 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 bileşiğin aynı olacağı Lemery'nin hiç aklına gelmedi.
Lemery'nin eseri

belirli kimyasal maddelerin ve bunların nasıl hazırlanacağının geniş bir listesini kapsar. Değişmez özelliklerle tanımlanan belirli maddelerin varlığı, kendisinin maddenin esnekliği ile ilgili incelemeleri ile çelişkili görünmektedir. Lemery, "bütün civalı bileşikler farklı yapışma biçimlerine göre farklı etkilere neden olan, çok çeşitli şekillerdeki Civa'mn asit ruhlarmca meydana getirilmesinden başka birşey değildir" diyordu. Ancak esas olarak, civanın bileşiklerinden yeniden elde edilebileceğine değinmekteydi. Bu durum bize maddenin başka başka derecelerde şekillenebilir oluşuyla çelişkili gözükmektedir. Ancak Lemery bu ikilemi çözmek için herhangi bir çaba harcamamıştır.
Mekanikçi felsefenin Lemery'e, ne kimya teorisini eleştirmekte ne de bir seçenek göstermekte yardımı oldu. Lemery 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 her bir özelliği ve olayı açıklama heyecanına kapılmış görünmekteydi. Mekanikçi felsefe, kimyacıların çalışmalarını görünmez mekanizmaları hayal ederek, geleneksel teoriyi, benimsenmiş doğa felsefesi ile uyum içinde göstererek, sürdürmelerini destekledi. Tıp ağırlıklı kimya bağımsız bir teori olarak başarısızlığa uğradıysa da, mekanikçi kimyanın biçimini örtülü olarak etkiledi.

Bir İngiliz hekim ve kimyacısı olan John Mayow'un (1640-1679) çalışmaları, mekanikçi felsefenin geleneksel kimya görüşünü desteklemekte nasıl kullanıldığını belirgin bir biçimde gözler önüne serer. Su üzerine konulan kapalı bir kapta bir mum yakıldığı zaman, mum yandıkça suyun kap içinde yükseldiği ve hava hacminin azaldığı biliniyordu. (Bak. Şek. 4.1.) Deneyler aynı olayın (hemen hemen aynı nicelikte), kapalı kapta küçük bir hayvanın nefes aldığı zaman da meydana geldiğini göstermekteydi. Hacmin küçülmesi sadece havadan birşeylerin eksilmiş olduğunu göstermekle kalmıyor, havanın hem yanma ve hem de yaşam için zorunlu ol-

k—=

Şekil 4.1. Mayow'un deneyi

¦yi.

duğunu ortaya koyuyordu. Bu bilinen deneylere Mayow bir diğerini ekledi. Küçük bir hayvanı pertavsızla tutuşturula-bilen yanıcı bir maddeyle beraber bir kavanoza koydu. Hayvan nefes aldığı zaman yanıcı madde tutuşturulamıyordu; o halde hem solunum hem de yanma havadaki aynı maddeyi gerektiriyordu. Mayow bu maddeye potasyum nitrat'tan (gü-herçile) türettiği nitro-aerial ruh (havasal azot ruhu) adını verdi, ve güherciledeu yapılan maddelerin, örneğin barutun, kendi nitro -aerial ruhlarına sahip oldukları için, hava almadan da yanabileceklerini öne sürdü.

18. yüzyılda Lavoisier'in çalışmaları oksijenin yanma ve solunumundaki rolünü açıkladıktan sonra, Mayow bu keşfin öncüsü olarak anıldı. Aslında çalışması, nitro aerial ruh adının da kaynağı olan Paracelsuscu gelenek ile ilişkisi çerçevesinde çok daha iyi anlaşılır. Bizim bugünkü kimyamıza göre,

hem solunum hem de yanmada, oksijen, karbonla birleşip korbondioksit yapar ve bu da suda çözülür. Buna karşılık, Mayow havanın esnekliğinin azaldığını iddia ediyordu. Nit-ro-aerial ruhu havanın bir bölümünü oluşturan bir gaz olarak değil de havanın esnekliğinin nedeni olarak görüyordu. Mekaniksel dille, nitro -aerial

parçacıkların hava parçacıkları içine kama gibi girerek onları esnekleştirdiğinden söz ediyordu.
Ayrıca Mayow'un kullanmadığı hava parçacıklarının bilinen bir sertlikte boş tüpler olarak, esnekliği de bu tüpler boyunca uzanan bir tel parçasıyla (nitro aerial parçacıklar) temsil etmek mümkündü. Mayow bunu kullanmamıştı.Ma-yow'un nitro -aerial parçacıkları Paracelsus'un aktif ilkesinin mekanikçi giysilerle süslenmesinden başka birşey değildi. Nitro -aerial ruh havanın esnekliğinin nedeniydi. Yanmadan sorumluydu. Solunum sırasında havadan ayrılır ve hayvan yaşamını sürdürürdü. Nitro aerial kandaki maden-tuzlu -kükürtlü parçacıklarla mayalandığında, hayvan ısısını meydana getirir, sinirlerin sağladığı başka madentuzlu -kükürtlü parçacıklarla tekrar köpürünce de kasların kasılmalarını sağlar, böylece de hayvan hareketinin kaynağını oluştururdu. Nitro -aerial ruh bitkisel yaşamdan da sorumluydu. Bu noktada insan güherçilenin (potasyum nitrat) Mayow'un teorisinde oynadığı olağanüstü rolden kuşkulanmaya başlar. Barutun bileşimindeki maddelerden birisi olan güherçile, topraktan kazılarak bol miktarda elde edilir ve gübre yerine kullanılırdı. Bu rolüyle bereketi temsil etmekteydi. Fazladan kezzap da (nitrik asit) güherçileden yapılmaktaydı. Bilindiği kadarıyla Mayow'un nitro -aerial ruhunda en az üç değişik element karışmış bulunuyordu. Bu ruh, yanma ve hayvansal yaşamın etmeni olarak oksijen, bitkisel yaşamın etmeni olarak azot, asitsel ruh olarak da hidrojen iyonu gibiydi. Şüphesiz 17. yüzyıl kimyası bu ayırımı yapacak kadar gelişmiş değildi. Mayow için nitro-aerial parçacıklar Paracelsuscu kimyanın aktif ruhunun, yeni dildeki karşılığından başka birşey değildi.
89
En önemli mekanikçi kimyacının Robert Boyle olduğunu kolaylıkla söyleyebiliriz. Doğabilim kolleksiyonu ile uğraşan ve teorik önyargılara aldırmayan Böyle, Baconcu bir ampi-rikçi olarak görünmek isterdi. Birçok kez Descartes ve Gas-sendi'yi, onların sistemlerince daha az ayartılmak için, okumaktan kaçındığını söylemiştir. Hiçbir şey bu sözlerden daha yanıltıcı olamaz. Böyle bilimsel yaşamının ta başından beri kendisini mekanikçi felsefeye adamıştı. Bilimsel yazıların tümü birden bu felsefenin ilerleyen bir ifadesi olarak yorumlanabilir. Son derece varlıklı bir ailenin çocuğu olan Böyle (hakkında yapılan bir şakanın deyimiyle, kimyanın babası ve Earl of Cork'un kardeşi) istediği şekilde çalışacak olanaklara sahipti. 1650'lerde, daha sonra Royal Society'inin çekirdeğini oluşturan grupla birleşti ve kimya dalını seçti. Bu seçim, arkadaşları tarafından tepkiyle karşılandı. Çünkü kimya bir bilim değildi. Böyle ise böyle düşünmüyordu. Ona göre kimya, mekanikçi doğa felsefesini deneysel temellere oturan bir madde teorisiyle donatabilecek özgün bir yere sahipti. Bilimsel yaşamını bu amaca adadı. Mesleki yaşamının ilk yıllarında, maddenin tanecik teorisi üzerinde büyük bir araştırma planladı. Bu araştırma hiçbir zaman sonuçlanma-mışsa da, asıl büyük eserin parçaları sayılabilecek çok sayıda

birbirinden ayrı inceleme başarı ile sonuçlandı. Bütün bu incelemelerde bir tek tez egemendir: Kimyasal etkileşmeler parçacıkların yer değiştirmesinden ibarettir ve bütün kimyasal özellikler hareket halindeki madde parçacıklarının sonucunda ortaya çıkarlar.

ilk eserlerinden birisi olan Sceptical Chymist'de (Kuşkucu Kimyacı 1661), Böyle bir elementi söyle tanımlıyordu (bu belki de onun en çok bilinen sözleridir): "Element dediğim zaman, belli ilkel ve basit, ya da kusursuz biçimde saf olan cisimleri kastediyorum. Bunlar ne başka cisimlerden ne de birbirinden ayrılarak ortaya çıkmıştır; tam olarak karışık dediğimiz cisimler ise bunların bileşikleridir, sonunda bu saf cisimlere ayrışırlar" Bu sözlerden sık sık alıntı yapılmış ancak sık sık da yanlış anlaşılmıştır. Aslında bu sözler yeni bir

ii

90

element kavramı önermek bir yana, karışmış cisimlerin bileşenleri olarak geleneksel element ve ilkel kavramını ifade ediyordu ve Böyle bu kavramı, yukarıya aldığımız sözlerini izleyen ifade ile reddetmekteydi. Geleneksel kavram yerine Böyle, kendisine has bir mekanikçi felsefe modeli koydu. Madde çok sayıda bağdaşık (homojen) ince tanecikten 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 türüyordu. Bunlar maddenin bileşimini oluşturan etkin parçacıklardı. Boyle'un sonu bir türlü gelmeyen cümlesinde sonsuz kez yinelenen bu nokta, onun çalışmalarının ana temasını oluşturur.

Böyle, mekaniksel kavramların kimyasal etkileşmelere uygulanmasıyla, ilgileniyordu, en açıklayıcı denemelerden birisi "Güherçilenin Yenilenişi" başlığını taşır. Denemesinde 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 herhangi bir değişiklik olmaksızın öl-çebilmişti. Çıkan kezzaba aşağı yukarı eşit miktarda kezzap sabit tuza damlatıldığı zaman, başlangıçtaki güherçileye eşit ağırlıkta güherçile yeniden elde edilebiliyordu. Deneye güherçile ile başlamak da zorunlu değildi. Güherçile belirli bir asit ruhunun belirli bir bazik tuzla bütünleşmesi olduğundan, yapay olarak üretilebilen bileşiklerden farklı birşey değildi. Dahası bu iki bileşen, hem birbirlerine hem de gü-herçileninkilere zıt niteliklere sahiptiler, ve geleneklesel kimyanın ileri sürdüğü gibi, güherçilenin özelliklerinin nasıl olup da bileşenlerinden türetilebileceğini görmek oldukça güçtü. Güherçilenin özellikleri, parçacıklarının biçimlerinden geliyordu. Bu parçacıklar iki bileşen maddenin parçacıklarından meydana

gelmişti. Boyle'un hedefi, böylesine doyurucu bir kimya teorisi geliştirmek değildi. Onun için kim-
91
ya, mekanikçi doğa felsefesinin geçerliliğini kanıtlamanın bir aracıydı.
Lemery ve Mayow örneklerinde olduğu gibi onun kimyası da mekanikçi görünüşü altında, hatırı sayılır bir Para-celsuscu 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 çekinmiyorlar-dı. Böyle, metallerin toprakta yetiştiğine ve "tohumsal ilke-lerce" (van Helmont'un deyimi) üretildiğine inanıyordu. Helmont'un ağaçla yaptığı ve her şeyin sudan meydana geldiği sonucuna varmasına neden olan deney, mekanikçi felsefenin, bütün cisimlerin birbirinden sadece biçim ve hareketçe farklı, örnek bir maddeden oluştuğu ilkesi ile uyuşmaktaydı. Böyle hep bu deneyin sözünü etmiş ve kendisi de iki kez yinelemiştir.
Böylece mekanikçi kavram, kimyasal maddeler için, birbirlerine dönüşmeleri mümkün evrensel bir başkalaşabilir-lik (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 hepsi de yerel hareketlerin sonucu meydana gelen etkiler gibi görünen rastlantılar sonucu farklılaşabileceğinden (hiç değilse cansız cisimler için) çok az miktarda 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."
92
Hemen herşey, her şeyden meydana gelebilirdi. Mekanik-çi felsefenin 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 halleriyle yeniden elde edilebiliyorlardı. 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 sürecince 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 bileşeni de kalın

parçacıklardan oluşmuş görünüyordu. Böyle, sonlu sayıda ayrık maddelerin bileşme ve ayrılmaları ile uğraşan bir kimyanın başlangıcını temsil etmekteydi ve bizim gördüğümüz olasılıkları görmesi mümkün değildi. Değindiği deneysel sonuç, onun metallerin bileşik oluşu görüşünden kuşkulanmasına yol açmadı ve bir kere daha mekanikçi modeli, onun geleneksel inancı doğrulamasına neden oldu. Metaller ikinci yapı taşları olarak kalıcı bile olsalar, yine de bozunabilecek parçacıklardı. Böyle maddeleri altına dönüştürme 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 ele-menter kabul etmeye devam etti.

Her şeye karşın Böyle, mevcut kimya teorisinin yapısından kuşkulanmak konusunda çağdaşı bütün kimyacılardan daha ileri gitmiştir. Lemeiynin yaptığı şey eldeki teoriye ince bir mekaniksel açıklama sıvası sürmek olmuştur. Böyle ise, kimyasında varlığını sürdüren geleneksel unsurlar ne olursa olsun, hem Paracelsuscu ilkeleri hem de Aristoteles'in elementlerini Sceptical Chymisfinde eleştirici bir araştırmaya konu etmiştir. Element ve ilkelerin ikisi de ni-teliklerin maddesel taşıyıcıları olarak anlaşıldığından, Böyle gibi düşünen bir mekanikçi tarafından itiraza uğraması kaçınılmazdı. Ancak Böyle eleştirisinin can alıcı noktasını başka temellere dayandırmaktaydı. Kimya doktrinine göre karışmış cisimler çözümlemeyle ilkelerine ayrılıyordu. Böyle farklı cisimlerin çözümlemeler sonucu çok farklı maddeler verdiğini ve farklı çözümleme biçimlerinin aynı maddeyi farklı bileşiklere ayırdığını kanıtlıyan deneyleri yaptı. Kimyasal tane deneyleri önceden de vardı. Ancak Böyle tarafından çok daha önce hiç olmadıkları bir yararlılık düzeyine ulaştılar. Öteki odunlar gibi şimşir de damıtılınca ispirto vermekteydi. Böyle bunun adi ispirtodan farklı olduğunu gösterdi. Şimşir ispirtosu kalkerli deniz kabuklarını çözüyor ve tartar tuzu ile bir ıslık sesi çıkartarak kaynıyordu. Halbuki adi ispirto kalkerli deniz kabuklarını çözmüyor ve tartar tuzu ile beraber de hiçbir şey olmadan kalıyordu. Boxw-cood ispirtosu, şurubu kırmızıya dönüştürüyor, adi odun ispirtosu ise mavi bırakıyordu. Güherçile, kezzaba ve sabit güherçile (potasyum karbonat) denilen bazik tuza çözülüyordu. Kezzap birçok metali çözüyor; sabit güherçile ise metalleri çöktürüyordu. Sabit güherçile birçok yağlı ve kükürtlü cismi çözüyor, kezzap ise çöktürüyordu. Kezzap, Brezilya sarısını skarlet kırmızısına dönüştürüyor; sabit güherçile ise tekrar kırmızı yapıyordu. Güherçilenin kendisi ise çözeltinin rengini değiştirmiyordu. Daha önceki kimya, element ve ilkeleri öncelikle fiziksel özellikleri ile tanımlıyordu. Örneğin, tuz katılığı, civa ruhu ise uçuculuğu ile tanımlanmaktaydı. Boyle'un kimyasal testleri kullanım tarzında ise yepyeni bir kimya tanısı anlayışı gizliydi. Tanı bir dizi kimyasal deneyle yapılıyordu.

"Ve gerçekte her bir belirli cisim türünün birden fazla niteliği olduğuna ve çoğu zaman bu niteliklerin bir çoğuna birden bu tür cisimlerde rastlamak çok

önemli olduğuna göre, bu niteliklerden herhangi birisinin yokluğu, incelenilen cismin söz konusu türe ait olmadığını söylemeye yeterlidir. Herhangi bir tür cismi, bu türden olmayan cisim-
lerden yeterli bir biçimde ayırdetmek için daha fazla birşey gerekmez."
Kimya sonunda, bu kavrayışın çıkarımlarını işlemekle, çağdaş kimya kuramının temellerini de atmış oldu. Bu kavrayış, maddelerin sonsuz bir biçimlenirliği olduğunu ya da oranlarının sonsuz süreklilikte olduğunu değil; bir dizi duyarlı deneyle belirlenebilecek, kesikli sayıda cisimler halinde varolduğunu içermektedir. Böyle 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 aleyhinde çalışan bir görünümdeydi. Mekanikçi felsefe geleneksel kavramları destekleyerek ve onlara sahte bir saygınlık sağlayarak Boyle'a biçimsel çalışmalarında eşlik etmiştir. Halbuki, tanımlama 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'un yazıları üzerinde dikkatle çalıştı ve maddenin yapısıyla ilgili kendi düşünceleri için önemli olan malzemeyi sağladı. 1706'da kimya üzerine spekülasyonları Opticks'in ilk Latince basımına bir soru şeklinde ekledi. Bugünkü ingilizce basımlarda 31 numaralı soru olarak yer alan bir ek, kimya düşüncesinin 17. yüzyılda ulaştığı en yüksek düzeyi temsil eder. Newton'un kimyası da mekanikçi doğa felsefesine Boyle'unkine oldukça yakın bir biçimde bağlıydı. Ancak Boyle'den ve 17. yüzyıl düşüncesinin büyük bölümünden, parçacıklar arasında kuvvetlerin varolduğunu öne sürmesiyle ayrılıyordu. Böyle kimyayı, doğadaki tüm olayları, hareket halindeki madde parçacıkları ile açıklamanın bir aracı sayarken, Newton doğa olaylarındaki madde parçacıklarının birbirlerini çekme ya da itmesinin kanıtı olarak görüyordu.
"Herhangi bir metal adi bir suya konulduğunda, su, metalin gözeneklerine girerek etki edemez ya da çözemez. Bunun nedeni suyun bu işe çok büyük gelecek parçalardan

oluşmasından değil, metalle bağdaşmamasındandır. Zira, gizli bir doğa ilkesi uyarınca, sıvılar bazı nesnelerle bağdaşmakta bazılarıyla bağdaşamamaktadır. Ancak bir cisimle bağdaşamaz olan sıvı, uygun bir aracı ile karıştırıldığı zaman bağdaşabilir özelliğine sahip olabilir. Örneğin su maden tuzu ruhları aracılığı ile metallerle karışabilir. Böylece herhangi bir metal nitrik asit, kral suyu (altını çözen tek karışım olduğundan bu adı taşır) sülfat suyu ya da benzeri bir ruh ile tohumlanmış su içine konulduğunda, su içinde yüzmekte olan grup parçacıkları metale çarpıp bağ-daşabilirlikleriyle onun gözeneklerine girip, metallerin dış parçacıkları etrafında toplanırlar;ve metal parçacıklarını sürekli olarak içinde buludukları titreşim hareketlerinden yararlanarak

kendilerini metal gövdesiyle bu parçacıklar arasına yerleştirerek, metal parçacıklarını gövdeden sökerler."
Eğer, asit için çok daha bağdaşabilir olan bir madde, örneğin tartar tuzu (K_2CO_3) çözeltiye eklenirse, asit parçacıkları bu madde etrafından toplanır, metal de dibe çökerdi: Newton'un etkileşmeleri açıklayışı, Boyle'unkinden daha az spekülatif ve çekim kuvvetleri de (yukarıdaki paragrafta bağdaşabilirlik diyor) Boyle'un parçacıklarının biçimlerinden daha az ampirik değildir. Bununla beraber Newton'un bu görüşleri, dikkatleri Boyle'un çalışmalarının en umut verici tarafında, yani maddelerin kimyasal özellikleri ile tanımlanmaları kavramında toplaması nedeniyle kimya açısından önemlidir. Newton Boyle'un deneylerinden, (örneğin yukarıda kısmen değindiğimiz) yer değiştirme etkileşmelerini öğrenmişti: Bir asit çözeltisindeki bakır gümüşün, demir bakırın, tartar tuzu demirin yerine geçiyordu. Newton kimya yazılarında tuz ya da ruhlar gibi geniş sınıflarla 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 yoğunlaştı. Newton'un 31. sorusu 18. yüzyıl başlarında kimyada birincil rol oynayan ve Lavoisier'nin araştırmalarına zemin hazırlayan, kimya çalışmaları üzerindeki en önemli etken oldu.
17. yüzyıl sona ererken kimyanın hizmetindeki veri birikimi bir asır öncesiyle karşılaştırılamayacak kadar büyüktü. Yüzyıl boyunca yoğun bir biçimde yapılan deneyler boşa gitmemişti. Bununla beraber kimya teorisinde büyük bir ilerlemenin meydana gelmemiş olduğunu da görmezden gelemeyiz. Kimya düşüncesine yüzyılın ikinci yarısında egemen olan mekanikçi felsefe sadece etkileşmeleri tanımlayacak bir dil ortaya koyabilmişti. Hayal edilen mekanizmanın bir diğerine üstünlüğünü kanıtlayabilecek hiçbir ölçüt olmadığından, mekanikçi feelsefenin kendisi de ne kadar kimyacı varsa o kadar da değişik yoruma sahipti. Bilimin hayali görünmez mekanizmalara olan düşkünlüğü, kimya dışındaki başka hiçbir alanda bu kadar saçma boyutlara ulaşamazdı. Mekanikçi felsefenin kimyanın bir bilim olarak ilerlemesine herhangi 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 zanaattı. Yüzyılın sonunda ise kimyacılar Avrupa'nın bilim derneklerinde onurlu yerlere sahiptiler. Bu değişimde mekanikçi kimyanın önemli rol oynadığı konusunda pek kuşku yoktur. Zira, mekanikçi kimyacılar kimyayı bilim çevrelerinin kabul edebileceği bir dille formüle ederek, onu daha önceleri

hiçbir zaman olmadığı kadar saygın bir konuma getirdiler. Descartes 1630 ve 1640'larda kendi doğa sistemini oluştururken, kimyayı hemen hemen yok saymıştı. 1700 yılında ise böyle bir şeye cesaret edemezdi.

5. Mekanikçi Felsefe ve Biyoloji

Bilimsel araştırmaların 17. yüzyıldaki yükselişi sadece fiziksel bilimlerin sınırlan içinde kalmayacaktır. Her ne kadar en parlak başarılar fiziksel bilimlerde elde edilmişse de, biyolojiyi de (gerçi bu isim henüz verilmemişti) çok geniş bir ilgi toplamış ve bu konuda da kayda değer buluşlar gerçekleşmiştir, inorganik bilimlerde olduğu kadar organik bilimlerde de bilimsel bir devrim kavramından söz edebiliriz.

Bu yüzyılda yaşam bilimlerini yeni bir bilgi seli kapladı. Deniz aşırı ülkelere yapılan keşif seyahatleri yeni bitki ve hayvanlarla ilgili bir yığın bilginin oluşmasına neden oldu; 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 koyar.

"Bazıları yeşil, bazıları siyah, bazıları mavidir. Bazıları bir çift, bazıları daha çok kanatla uçarlar; kanatsız olanları sıçrarlar, uçup sıçrayamayanlar ise yürürler; bazılarının bacağı uzun, bazılarınınki kısadır. Bazıları şarkı söyler, bazıları ise sessizdir. Doğada o kadar çok çeşitleri vardır ki, doğa bilimcilerinin kayıtsızlıkları sonucu, bunların sayısı hemen hemen sonsuza ulaşmış ve yararlanılamaz hale gelmiştir." Biyolojide görülen bu özümlenmesi güç yeni bilgi birikimi, fizikle aralarındaki önemli bir farkı ortaya koymaktadır. Fizik kavramlarmdaki devrim öncelikle, yeni gerçeklerle değil, eski gerçeklere yeni bakış tarzlarıyla ilgili bir konuydu. Buna karşılık biyoloji bilimi genellikle büyük bir olgusal bilgi birikimine tanık oldu. Bu bilgi birikimi de daha sonraki bir dönemde, biyolojik düşünce kategorilerinin yeniden kuruluşunda kullanıldı.

Bu koşullarda taksonomi (bitki ve hayvanların sınıflandırılması) kaçınılmaz olarak büyük önem kazandı. 17. yüzyıl başlarında Gospard Bauhin altı bin kadar farklı ot türünden söz etmekteyken, John Ray'm yüzyılın sonunda yayınlanan Historia Plantarum Generalis (Genel Bitki İncelemesi) adlı eserinde onsekizbinden fazla tür vardı. Bu büyüklükte bir veri yığınını düzenlemek için bazı sınıflandırma sistemleri gerekliydi. 175O'de Linnaeus'un çalışmalarının botanikte bir dönüm noktası meydana getirdiği sıralarda önerilen sınıflandırma sistemlerinin sayısı yirmibeş-ten aşağı değildi. Bunlardan çoğu botanikçilerin deyimiyle, yapaydı; doğal sistem denilen sistemleri meydana getirmek üzere bitkinin bütününü ve doğal ilgilerini kullanmak yerine bir özellik, sınıflandırma ölçütü olarak keyfi biçimde abartılıyordu. Bu sistemler, kapsamları ne olursa olsun, muazzam sayıdaki türleri belli kalıplar içinde

düzenlemeyi başardılar ve 18. yüzyılın daha büyük taksonomistlerine yol gösterdiler.
Botanik en yüksek düzeyine Fransız Joseph Pitton de To-urnefort (1656-1708) ve İngiliz John Ray'in (1627 -1705) çalışmalarıyla ulaştı. Tournefort cinslerden daha yukarı kategorileri sistematik olarak sınıflandıran ilk kişi oldu. Bütün bitkileri yirmiiki sınıfa ve bunların her birini de içinde cinslerin yer aldığı familyalara böldü. Ray ise bir ve iki çenekli bitkiler (bir ve iki yaprakla çimlenen bitkiler) arasındaki temel ayırımı yaptı. Tournefort cinsin en önemli sınıflandırma kategorisi olduğunu iddia etti ve adlandırmayı cinslere birer sözcüklük adlar verecek şekilde yeniden kurdu. Ray ise, türlerin sonlanmış birim oluşunda aynı derecede ısrarlıydı. 18. yüzyılda Linaeus soruna, bitkilerin cins ve türlere ayrıldığı ikili bir sınıflandırma sistemi ile yaklaştı; öyle ki bitkilere verilen adlardaki sözcükler, onların iki sistemdeki yerini de belirliyordu. Hem Tournefort'un hem de Ray'in sistemi kusursuz olmaktan çok uzaktır. Ve botanik bilimi ikisinden de daha "büyük" bir taksonomist olarak Linna-eus'u tanır. Bununla beraber, Linneaus'un çalışmalarına di-

ğer ikisinin etkisi, 17. yüzyılın doğa bilimcilerinin katkısının kanıtıdır.
Zoolojide ise, yaşam biçimlerinin çokluğu, görünüşte doyurucu bir sistemin elde hazır oluşu ile bir araya geldi ve bu durum botaniktekine benzer bir ilerlemenin gerçekleşmesine 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 bırakılmışlardı. Buna karşılık, zooloji kaçınılması olanaksız bir çeşit çokluğu ile yüzyüzeydi. Örneğin dört ayaklılar, kuşlar, sürüngenler, balıklar, deniz kabukluları ve böceklere, yüzyılın içinde mikroskobik yaşam da eklenmişti. Ancak talih zoolojiye, Aristoteles gibi şaşırtıcı çeşitliliği belli bir düzene sokan bir sistemleştirici bahsetmişti. 17. yüzyılda zoolojik taksonomiye, botaniğe göre neden çok daha az dikkat harcandığını anlamak için Aristoteles sisteminin varlığının hatırlanması yeterli olur. Zoolojinin Aristoteles sınıflandırmalarının dışına çıkabilmesi için bir yüzyılın daha geçmesi gerekmiştir.
Gelecekte zoolojinin kazanacağı önemi Aldrovandi'nin 1599 -1616 arasında basılan ve büyük boy yedi binden fazla sayfa tutan on ciltlik hacimli eserinde görebiliriz. Bu büyük eserdeki etraflı bilgilerin çoğu, ne yazık ki okuyucunun kendiliğinden türetebileceği şeylerdi. Atlara ayrılan 2934 sayfanın üç ya da dört sayfası zoolojik özellikler ile ilgileniyor, geri kalan sayfalarda ise atların mizacı, savaşta kullanımları, sempati ve antipatileri vb. hakkında söylenen her şeyi kapsayan bir yığın söz yer alıyordu. Aldrovandi, Aristoteles'in sınıflandırmalarını tam olarak benimsiyordu. Kanla dolu hayvanların (biz olsak şimdi omurgalılar deriz) sınıflandırılmalarına, dolaşım

ve solunum sistemlerinin karşılaştırılması incelemesini kullanarak, yeni bir biçim vermeyi deneyen John Ray bile, sonuçta pratik olarak Aristotelesinki'ne özdeş beş sınıf bulmuştu. Daha sonra ortaya çıkan (bütün kusurlarına karşın) Aristoteles yanlısı zoolojik sınıflandırma, geçmişten daha az miras devraldığı için daha özgün olan botanik sistemler gibi,

toplu bilgiyi uyumlu kalıplar içerisinde bir düzene sokabilmiştir.

Taksonomi, araştırmalar için gerekli olan bir çerçeve (içinde biyolojik bilginin düzenlemiş olarak bulunduğu) ortaya koydu. Bu çerçeve içinde çok çeşitli biyolojik problemler üzerine ayrıntılı araştırmalar yapıldı. 16. yüzyılda Vesalius ve ardıllarının meydana getirdiği anatomi atlasmdaki boş- luklar, tek tek organlar üzerinde yapılan çalışmalarla dolduruldu. Bugün anatomi 17. yüzyıl araştırmacılarının anısına verilen adlarla doludur: Glisson Kapsülü, Malpighi Cisimcikleri, Whanton Kanalı, Kylvius Kemeri, Brunner Bezi. Bedenin bu parçalarının meslekten olmayan pek az kişi tarafından biliniyor olması, 17. yüzyıl anatomisinin derinliğinin kanıtıdır. Anatomi araştırmaları sadece insan bedeni ile sınırlı kalmadı. Marcello Malpighi'nin Dissertation de bomby-ce (Ipekböceği Üzerine İnceleme, 1669) adlı eserinde böcek yaşamının iç düzeni ile ilgili ilk araştırma yer alır. Taksono-mistlerin Aristoteles'in sınıflandırmalarını ciddi olarak tasfiye etmeyi başaramayışlarmın da ortaya koyduğu gibi 17. yüzyılda karşılaştırmalı anatominin kendi geleceği hakkında ufacık 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, hiçbir şey mikroskobun keşfi (1624) kadar, biyolojik araştırmaya katkıda bulunmamıştır. Astronomi için teleskop ne ise, biyoloji için de mikroskop oydu. Nasıl Galileo'nun yeni gezegenleri (onun deyimiyle Jüpiter'in uyduları) keşfi Avrupa'nın hayal gücünü harekete geçirdiyse mikroskobun da bizim üstümüzde değil, fakat çevremizde ve içimizde, hiç umulmayan bir yaşam düzeyinin varlığını ortaya çıkartması, araştırmalar açısından kamçılayıcı bir faktör oldu. Francesco Stelluti mikroskobik gözlemlerin ilk basımında "Mikroskobu, arıları ve onların bütün parçalarını incelemekte kullandım" diye ilan ediyordu. "Keşfettiğim bütün organları ayrı ayrı resmettim. Ne Aristoteles'in ne de her-

hangi bir başka doğa bilimcisinin bilmediği şeyleri bulmak bir harikaydı." Stelluti'nin aracının büyütme gücü kabaca beşti. Yüzyılın sonunda Anthony van Leeuwenhoek üç yüz büyütme gücüne yaklaşan mikroskopları gerçekleştirdi ve Stelluti'nin rüyasını bile göremeyeceği yaşam biçimleri gözledi (Bak. Şek. 5.1.). Jonathan Swift'in "kinikliği" bile duyduğu heyecanı yansıtır.

"Pireler üzerinde, diyor tabiiyeciler,

Daha küçük pireler var beslenen,
Onları da daha küçükleri ısırmakta,
Ve böyle sürmekte sonsuza dek."
.•••¦"":
\a: G.
Şekil 5.1. Leeuwenhoek'in yaptığı insan ağzındaki bakteriler çizimi.

Yüzyılın ikinci yarısı mikroskobun destanının yazıldığı çağ oldu. Ancak ilk gözlemler geliştirilemedi. Ayrıca 1830'la-ra gelinceye kadar yapılan gözlemlerin birbirleriyle tutarlılıkları pek azdı. Leeuwenhoek (1632-1723) devler arasında bile bir kahraman gibi durur. Mikroskoplardan çok daha fazla büyütebilen mercekler (büyüteçler) kullanarak, bir yüzyıldan fazla bir süre boyunca ulaşılamayacak olan büyütme güçleri elde etti. Swift'in sözünü ettiği pireler, Leeuwe-enhoek'in yağmur suyunda gözlediği küçük hayvanlar, infusoria ve rotatoria'lardı.
"Bu mikroskobik 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 bitime doğru biraz sivriliyor ve hemen ardında kalınlığı örümcek ağı, uzunluğu ise tüm gövdenin dört katı kadar olan (benim mikroskobumla) 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 katkılardı.
Biyolojik bilginin muazzam artışı -bu artış ile fiziksel bilgi artışı son derece dengesizdi- yanında, mekanikçi felsefenin Aristotelesçiliğin bu son kalesindeki etkisinin de gitgide artışına paralel olarak, yaşamın doğal özelliği yeniden ele alındı. 17. 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. Ve-

Şekil 5.2. Galenos'a göre kalp ve kan damarlarının işleyiş diyagramı. Sağdaki ekte Servetus'a göre akciğer içindeki dolaşım görülüyor.
salius burada araştırmalar yapmış, ders vermiş, ondan sonra da yerine hep önde gelen anatomiciler gelmişti. Harvey'in döneminde, Padua'da Aquapendete'li

Fabricius vardı. Yarım asırlık dikkatli çalışmalar, Harvey'de kalbin işlevi ve işleyişi hakkında kuşkular doğmasına neden oldu. O zamanlar egemen olan Galenosçu fizyolojiye göre, bedenin en önemli organı karaciğerdi (Bak. Şek. 5.2.). Gıdalar işleme burada uğrar ve kana dönüştürülürdü. Doğal ruhlarla dolu olan kan, karaciğerden toplardamarlar aracılığıyla organlara ve daha önce gıda halindeyken soğurulduğu vücut bölümlerine giderdi. Kanın bir kısmı kalbin sağ karıncığına girer ve iki karıncığı ayıran duvardaki gözeneklerden sızardı. Sol karıncığa geçen ve burada akciğerlerden çıkarak atardamar sistemiyle vücuda taşınan nesne ise dirimsel ruhtu ki bu kandan, kanın yiyeceklerden farklı olduğu kadar, farklı olan bir sıvıydı. Di-

rimsel ruhun beyine çıkan bölümü ise, üçüncü bir işlemden geçerek canlı ruha dönüşür ve sinirlere dağılırdı.

Kısaca özetlediğimiz Galenosçu fizyolojinin saygınlığının nedeni, kısmen mekanikçilik öncesi çağın benimseyebileceği kavramlar cinsinden ifade edilmiş olmasından, kısmen de organlara araştırmaların doğruladığı işlevler yüklemesindendi. Açımlamalar Galenosçu fizyolojiyi, Vesalius kalp duvarlarındaki gö-\ i zenekleri bulmaya çalışıp da başarısızlığa uğrayana kadar doğrulamışlardı. Vesalius'tan sonra gelen ve gözenekleri bulmayı deneyen başka kişiler de hep başarısızlığa uğradı. Bununla beraber bir ikinci keşif, Galenosçu fizyolojinin ufak tefek değişikliklerle kurtarılabilmesini sağladı. Anatomiciler, kanın sağ karıncıktan sol karıncığa, akciğerler yoluyla geçtiğini bulmuşlardı. Bu buluşu yapanlar kalp duvarlarındaki geçişin kapandığını ve akciğer yolunun yeni bir geçiş seçeneği olduğunu duyurdular. Kirli kan ve atardamar sistemleri birbirinden ayrı olmaya ve her biri kendine özgü sıvıyı taşımaya devam etti. Galenosçu fizyoloji esas olarak dokunulmadan kaldı.

Galenosçu fizyoloji Fabricius'un toplardamarlar 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 bunların, belli bir 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'nm Harvey'e bir başka etkisi de onu Aristotelesçi anlayışa yaklaştırması oldu. Galenosçu fizyolojinin aksine, akciğeri değil kalbin bedendeki önemini, Güneş'in evrendeki önemi ile karşılaştıran bir sürü tartışma yapıldı, ikisinden de dışarıya hayat veren bir ısı akardı. Güneş'in 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 düşünül-

mesi oldukça yaygındı. Kimisi dolaşımı, kalp ve damarların sıkışma ve gevşemesi gibi çevrimsel olarak kendini yenileyen hareketlerle eşit tutuyordu. Damıtma ile ilgili bir kimyasal özellik de, kanın kalpte ısıtılıp akciğerlerde yoğunlaşması şeklinde ifade ediliyordu.

Harvey'in soruna bakışındaki temel anlayışı, dolaşım kavramının artık kabul edilmiş olan anatomi gerçeklerine uygulanması ve dolaşımın mekaniksel bir anlamının da görülmesi gerektiği üzerine kurulmuştu. Önce, benimsenmiş kalp hareketi anlayışını tersine çevirerek işe başladı. Köpekler üzerindeki deneme ameliyatlarında yaptığı gözlemler sonunda (özellikle de yaklaşan ölümle beraber kalp yavaşlarken, hareketi daha iyi fark edebildiği 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 Galenosçu fizyoloji aksine, genişlemeyi yani diasto-lü asıl hareket olarak kabul ediyordu. Kalp genişlediği zaman, bir miktar kanı kendisine çekiyor ya da "sürüklüyor-du". Buradaki çekim, vakum pompalarındaki gibi mekaniksel biçimde anlaşılıyordu. Harvey bu kavramın yanlış olduğunda ısrar ediyordu. "Kalbin asıl hareketi diastol değil, sistoldür" 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 ne oluyordu? Kalbin mekaniksel zorunluluklarındaki ısrarı nedeniyle Harvey, 17. yüzyıl bilimi için çok tipik bir iddia daha ileri sürdü. Bedenden çıkartılmış bir kalbin hacmini ölçerek, bir karıncığın iki onstan (yaklaşık olarak 60 gr.) fazla kan alabileceğini buldu; sağlam olsun diye de maksimum hacmin

Syılol* atrii
V. cava inrcrior '
Anului fibrosus Vslva atriovenlriculam dcxlra'
- Truncus pulmonalii
DiMlol* atrii oextri
Diastole vaatrieiili d*xtri

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

iki ons olduğunu varsaydı. Her bir sıkışmada bu kanın dörtte birinin dışarı sürüldüğü 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 özellikle küçük tutulmuştu. Bugünkü bilgilerimize göre,

Harvey'in kalbin pompaladığı kan miktarı için bulduğu değer doğru değerin yüzde üçünden bile azdır. Ancak Harvey'in amacı kesin bir ölçme yapmak değildi, iddiasının polemik değerini artırmak için, sayıları özellikle küçük tutmuştu. Basit bir hesap, (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, gidebileceği neresi 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 toplardamarlara geçtiğini gösterebildi. Koluna sıkıştırıcı bir tel (ligatür) bağlayarak hem atar hem de toplardamarları kesti. Kol yavaş yavaş soğudu, fakat rengi değişme-

di telden yukarı kısımlardaki atardamarlar doldu ve atmaya başladı. Teli atardamarı serbest bırakacak, ancak toplardamarları hâlâ sıkacak kadar gevşettiğinde, taze kanın koluna dolması nedeniyle bir sıcaklık dalgası hissetti. Aynı anda, kol pembeleşti ve telin altındaki toplardamarlar şişti. Toplardamarlar, hâlâ sıkışmış durumda olan kirli kan sistemin-ce doldurulmuyordu; kan atardamarlardan gelmek zorundaydı.
Harvey'in kan dolaşımını kanıtlamasında rol oynayan şey, damarsal sistemin mekaniksel zorunluluklarına dikkat edişiydi. Mekanikçi düşünme tarzı 17. yüzyıl kafasında öylesine kendiliğinden bir biçimde vardı ki, bu sorunda biyoloji bilimine hemen yardımcı olmuştu. Kalp, bir pompanın kapalı borular sisteminde sıvı dolaştınşı gibi, 17. yüzyıl hükümdarlarının pek beğendiği teferruatlı çeşmeleri akıtan su şebekesine benzer bir düzenle işlemekteydi. Harvey'in ders notları içindeki bir paragrafta sözü edildiği gibi;
"Kalbin yapısına bakıldığında, kanı, tıpkı bir su tulumbasının (tek yöne açılabilen)iki kapağının suyu yükseltisi gibi, sürekli olarak ciğerlerden geçip aorta taşıdığı açıkça görülür."
William Harvey, kan dolaşımını açıkladığı aynı kitapta kalp için "yaşamın başlangıcı" diyordu.
"Kalp mikroevrenin güneşidir, hatta Güneş'in kendisi de Dünya'nın kalbi olarak görevlendirilmiş olabilir; zira, kalbin ustalığı 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, incelikle kurulmuş bir makinanın mekaniksel etkisi olan kan dolaşımının varlık nedeni, mekaniksel olmayan bir sona hizmet

etmekti. Kan bütün canlı nesillerinin üreticisi olan "üstün cisimlerin dairesel hareketinin" sonucu meydana ge-
108
len ve onu taklide uğraşan buharlaşma ve yağmur çevrimini anımsatıyordu.
"Ve böylece bedeni dolaşmaya başlayan kanın hareketiyle beraber, bedenin çeşitli bölümleri, ılık, kusursuz, uçucu, canlı ve gıdalı kan ile beslenir, doyurulur, 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 yeniden kavuşur. Burada özünde olan akışkanlığı yeniden kazanır ve güçlü yakıcı ve bir tür yaşam hazinesi olan ruhla kudret narıyla tohumlanmış diyebileceğimiz bir doğal ısı ile aşılanır, sonra yine bedene dağılır."
Harvey sadık bir Aristotelesciydi ve kan dolaşımını kalbin önceliğinin bir örneği olarak görüyordu. Ancak ustasından farklı olarak kanın rolü üzerinde de kalpte olduğu kadar ısrarlıydı; kalp ve kan beraberce yaşamın dayanağı olan ve mekanizmalarla, maddeyle hiçbir ilişkisi olamayan tek bir işlevsel birim oluşturuyordu. 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, empriyo içindeki yaşamın ilk belirtisi olarak, atmakta olan bir kan noktasını 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."
Aristoteles'e göre olduğu gibi, Harvey'e göre de, dolaşım çeşit çeşit anlamlara sahipti: Evreni ve bütün içindekileri muhafaza etmenin aracı olan üretilişi temsil etmekteydi. Doğanın, üreme ve ölümünün dönemsel başkalaşımında, yersel yaratıkların üreme ve çürümelerini belirleyen, önce-siz yörüngelerin bir başka yansıma ve ifadesini görüyordu. Türler bir dolaşıma sahip olmakla ölümsüzlüğe ulaşıyordu;
109
"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 göksel 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 vardır."

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 taşıyıcısıy-dı. Kanın asıl dolaşımı yenilenme ve eskime çevrimiydi. Kan kalbi sıcak ve yaşamsal olarak terkeder, organlara yaşam taşır ve yenilenmek üzere, bozulmuş ve eskimiş olarak geri dönerdi. Dolaşımı sırasında kan kendi mikro evreninde evrenin üreme ve çürümesini tekrarlamakta ve bu tekrarlarıy-la da bireysel yaşamı muhafaza etmekteydi.

Harvey'in De motu cordis -et sanguinis (Kalp ve Kanın Hareketi Üzerine) adlı eseri 1628'de basıldığında Descardes doğa felsefesinin yeniden kuruluşu üzerinde çalışmaktaydı. Harvey'in keşfi kaçınılmaz olarak onu ilgilendirdi; ve kaçınılmaz olarak da olayı kendi anlayışı doğrultusunda algıladı. Kendisinin uzay doluluğundaki hareket açıklamasına eşdeğer görünen, kanın kapalı bir devrede hareketi anlayışı gözünden kaçmamıştı. 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 anlamakta daha az güçlük çekilebilir" diye başlarken öğüt veriyordu: "Anatomist olmayanlara tavsiyem, gözlemleri okumaya başlamadan önce, gözleri önünde büyük bir hayvanın kalbinin akciğerleriyle beraber bedeninden dışarı çıkartılmasını izlemeleridir," (zira, görecekleri şeyler insanların-

kine yeterinci benzemektedir.) Tavsiye, muhtemelen 17. yüzyıl okuyucusu için olduğu kadar 20. yüzyıl okuyucusu için de 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 ka- lan bölümlerinden daha fazla ısıya sahip olduğuna işaret etmekteydi. Kalbin içinde "yığın haline getirilmiş otların içinde kurumadan önce bulunan ısıdan farklı olmayan ya da yeni şarabın mayalanmasına neden olan, o ışıksız ateşlerden biri" tutuşuyordu. Sözünü ettiği tür bir mayalanmayı, kuşkusuz mekanik bir süreç olarak anlamaktaydı.

Kanın iki karıncığa giren kısımları, karşılaştıkları ısı nedeniyle hemen seyrelmekte ve kabarmaktaydı.

"Böylece tüm kalbin genişlemesine neden olurlar ve aynı anda içeriye basınç yapar, içlerinden akıp geldikleri iki damarın girişinde bulunan beş küçük kapağı kapatırlar; bu şekilde kalbe daha fazla kanın girmesini önleyerek ve gitgide daha seyrelerek, içlerinden akıp dışarı çıkacakları diğer iki damarın ağzındaki altı küçük kapağı itip açarlar.

Bu yolla atardamarların bütün kollarının ve şahdamarm 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 kanıtlamanın gücüne inanmayanları uyarmaktaydı: "Şimdi anlattığım hareket kalp içinde çıplak gözle bile görülebilen parçaların düzeninin, parmakla hissedilebi-lecek ısının ve deneyimlerden öğrenilen kan doğasının zorunlu bir sonucudur. Tıpkı bir saatin hareketini, dengeleme ağırlıkları ve çarklarını güç, durum ve biçimlerinden anlayışımız gibi."

Descartes'ın yaptığı, Harvey'in keşfini kabul ederken Harvey'deki doğa dışı saydığı canlıcılığı sistemli bir biçimde bertaraf etmekti. Traite de Fhomme, (İnsan Üzerine İnceleme) adlı eserinde insanın bütün fizyolojik işlevlerini (yani dolaşım, hazım, beslenme, büyüme ve algılamasını) yerine getirebilen bir makinayı anlatmaktaydı.

"Bu makinanın bütün işlevlerinin, tıpkı bir saatin ya da başka otomatın işlevlerinin denge ağırlıkları ve çarkların yerleşiminin sonucu oluşu gibi, sadece organların düzenini doğal bir sonucu olduğunu düşünmenizi isterim" diye bağlıyordu konuyu "böylece makinanın işlevlerini açıklamak için kalpte sürekli olarak yanan ve cansız cisimlerdeki ateşlerden hiçbir şekilde farklı olmayan ateşin tutuşturduğu kan ve ispirtodan başka, duygusuz ya da duygulu ruhlar, ya da bir başka hareket ve yaşam ilkesi hayal etmek zorunlu değildir."

Bir yaşam ilkesinin varlığını düşünmek gereksizdi. İşte Descartes yanlısı 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'ın Harvey'in buluşunu benimsediğini söylemek, onun bu buluşu çok kötü bir biçimde değiştirdiğini söylemedikçe pek doğru sayılmaz. Yaşam gibi her türlü gizemli unsuru dışta bırakmaya kararlı olan Descartes, kalbin hareketini bilinen fiziksel süreçlerle açıklamakta ısrar etmiş ve bu işi yaparken de kalbi bir çaydanlığa benzetmişti. Dahası, bu radikal yenilikçinin fizyolojisi, muhafazakar Aristotelesçi Har-vey'inkiyle karşılaştırıldığında gerici bir adım oluşturuyordu. Harvey sistolun temel rolünü ortaya çıkarmışken, Descartes'ın buharlaşma modeli Galenosçu diastole dönmekteydi. Dolaşımı kabul ettiği doğrudur. Ancak kalbi terk eden buharlaşmış kan düşüncesi Galenos'un yaşamsal ruhunu ihya etmekteydi. Descartes kanın en özlü parçacıklarının beyinde ayrılarak canlılık ruhunu yarattığını ve bunun da sinirlerde dolaştığını anlatmaktaydı. Descartes'ın fizyolojisi aslında mekanikçi felsefe giysileri içinde Galenos fizyolojisiydi. Bir

ömür boyu yaşamsal olguyu düşünmek Harvey'i bunların maddesel açıklamalarının yapılamayacağına inandırmıştı. Descartes, biyolojik endişelere hiçbir şekilde dayanmayan apriori nedenlerle (daha kolay mekanikleştirmek için) Har-vey'in çalışmalarını "basitleştirdi". Bu arada, Harvey'in me-kaniksel kalp incelemesinin temel unsurlarını bile ortadan kaldırdı. Bu yönüyle, Descartes'm açıklaması, biyoloji bilimine mekanikçi felsefenin yaptığı "mutlu" bir katkı sayılmazdı.

Her şeye karşın 17. yüzyılın geri kalan yıllarındaki biyoloji araştırmalarının rengini belirlemekte Descartes, Har-vey'den çok daha etkili olmuş ve mekanikçi biyolojinin tıp ağırlıklı mekanik (iatromechanics) denilen bir dalını geliştirmiştir. Biyoloji, kimyaya göre çok daha zengin bir çeşitlilik içinde olmuş ve tıp ağırlıklı mekanik biyolojiyi hiçbir zaman mekanikçiliğin kimyada kurduğu egemenlik ölçüsünde etküeyememiştir. Bununla beraber tıp ağırlıklı mekanik 17. yüzyıl sonlarının biyoloji biliminin faktörlerinden biri olmaktan öte, onun ayırıcı özelliği olmuştur.

Giovanni Alfonso Borelli'nin (1608-1679) De motu anima-lium (Hayvanların Hareketi Hakkında) adlı eseri tıp ağırlıklı mekaniğin en iyi ürünleri arasında yer alır. Borelli çeşitli hareketleri çözümlemek için basit mekanik ilkelerini önce insana, sonra da kuşlar ve balıklar dahil olmak üzere, hayvanlara uyguluyordu (Bak. Şek. 5.4.). Örneğin çömelmiş ve sıçramaya hazır bir adamı düşünün. Borelli, kasılmış olan kasların yerlerini ve kemiklerle olan bağlantılarını inceliyordu. Temel anlayışı hem bu örnekte hem de diğerlerinde, kasların kayda değer zorluklar altında işlediğiydi. Kemiği, dayanak noktası eklemde olan bir kaldıraç olarak düşünerek, impetusu 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 uzlaştırı-yordu. Böylece çömelmiş insanın sıçraması olayında, kasla-

TABVLA SECVJSTDA.

A

a.

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

rm sırf insanı doğrultmak için, insan ağırlığının dört yüz yirmi katı kuvvet harcamak zorunda kaldığı, (fazlaca dikkatle hazırlanmamış akıl yürütmelerle), kişiyi sıçrama yörüngesine oturtmak için de bunun yedi katı kuvvet gerektiği sonucuna varıyordu. Böylece kişinin uygulaması gereken kuvvet ağırlığının iki bin dokuz yüz katma ulaşıyordu. Sıçrama örneğinde olduğu gibi Borelli'nin çözümlemelerindeki hata, hareketi incelemek için durgun denge kurallarını kul-

lanmasmdaydı. Herşeye karşın, Borelli'nin statik ilkeleri insan bedenine uygulamaktaki istekliliği, biyoloji anlayışına yapılan küçük, fakat sağlıklı bir katkıydı.

Ancak, ne Borelli ne de öteki tıp ağırlıklı mekanikçiler böyle sınırlı problemlerle yetinecek kişiler değillerdi. Har-vey'in dolaşımı keşfedişi mekanikçi araştırmalara geniş bir ufuk açmıştı. Tıp ağırlıklı mekanikçiler kanın hızını ve çeşitli boyutlardaki damarların kana karşı direncini hesapladılar. Hayvansal ısının, Descartes'ın 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 hidrolik bir 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 yanıltmaması düşünülemezdi. Biyolojinin en az iki dalında, bu görüş büyük bir öneme sahip buluşların ciddiye alınmamasına neden oldu. İlk mikroskopcular odunun hücresel yapısını gözlemişlerdi. Bugün biyoloji biliminde bu kadar temel rol oynayan "hücre" sözcüğü, bir biyoloji deyimi olarak ilk kez Robert Hooke (1635-1703) tarafından Micrographia, (Mikroskobik İncelemeler, 1665) adlı eserinde kullanılmıştır.

115

Mikroskopta bir mantar parçasını gözlerken gördükleri, ona bir bal peteğini hatırlattı ve gördüklerine gözenek ya da hücre adını verdi. "Gözenek" sözcüğü Hooke'un yorumunu çok daha iyi anlatmaktaydı. Gördükleri için "Succus nutriti-us, ya da bitkilerin öz suyunun içinden aktığı kanal ya da borular olmalıdırlar ve duyu sahibi yaratıklardaki toplardamar, atardamar ve öteki kanallara eşdeğer gibi görünüyorlar" diyordu. Akış yönünü denetleyecek kapakları bile aradı; kuşkusuz bulamadı. Ancak, yine de doğanın amacına ulaşmak için böyle "uygun araç ve düzenleri" sağlamamasınm mümkün olmadığı düşüncesindeydi.

17. yüzyıl düşüncesinin tüm eğilimleri, mikroskopcularm bu keşifte, yaşamın ereksel birimini değil, sıvı taşımaya el-verişle boruları görmeleri doğrultusundaydı. Hooke'un ilk gözlemlerini tam bir bitki fizyolojisi teorisi haline getirmiş olan Nehemiah Grew'in sorduğu gibi: "Kanallar, sıvı taşımaktan başka ne için varolabilirlerdi." Mikroskopcularm spermatozcular gibi tek hücreli yaratıkları da gözlenmiş olmaları gerçeği, gülünçlüğü iyice artırmaktaydı. "Küçük hayvanların" bitkilerde gözledikleri gözeneklerle, herhangi bir ilişkiye sahip olmadıklarını düşünemezlerdi bile.

Embriyoloji araştırmalarının daha da karmaşık bir öyküsü vardır. 17. yüzyıla eski dünyadan "birleşmiş" bir üreme teorisi miras kalmıştı. Her bir sınıf için farklı teoriler vardı. Doğurgan dört ayaklıların (ve insanın) üremesinin yumurt-layıcılarmkinden 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 bilimin ilk büyük embriyo-lojistlerinden birisi olan William Harvey yapmıştır. De gene-rationa animalium (Hayvanların Üremesi Hakkında, 1651) adlı kitabının başındaki resimde, Zeus'un, içinden insan dahil her çeşit hayvanın çıkmakta olduğu bir yumurtayı açışı görülüyordu ve yumurtanın üzerinde uEx ovo omnia" özdeyişi okunmaktaydı ki, bu görüşü kitabında "Bir yumurta bü-

tün hayvanların ortak başlangıcıdır" cümlesiyle ifade etmekteydi. Yakından incelenince, bu "Yumurta" sözcüğü oldukça belirsiz bir anlam taşımaktaydı. Yumurtlayıcı hayvanlar için yeterince açıktı. Bununla beraber, Harvey doğurgan hayvanlarda bulunan bizim yumurtalık dediğimiz organın önemini kavrayamamıştı. Onun geyik yumurtası dediği şey embriyonun içinde haftalar boyu geliştiği rahim torba-sıydı. Böcekler için ise yumurta, kelebeğin içinden çıktığı kozaydı. Böylece onun yumurta ile kastettiği şey dişinin 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 tohumu bile bir primordium sayılabilirdi. Üremenin ayrıntıları türden türe değişebilirdi, ancak hepsinde de yumurta, türlerin muhafazısını sağlayan yeniden üreme çevrimindeki bir noktayı temsil etmekteydi.

Harvey'e göre her yaratığın başlangıcı olan yumurta, yerleştirici, biçimlendirici bir ilkenin kalıplandığı ve düzgün bir birey haline dönüştüğü, bir bağdaşık madde noktasıydı. Bu şekilde meydana gelen birey de ereksel eylemi olarak bir bağdaşık madde noktasını, yani bir başka neslin primordium'unu üretebilirdi. Harvey dişi geyik üzerinde yaptığı incelemelerde, döl yatağında erkek spermi izine rastlayamadı ve geyik yumurtasını ilk kez, çiftleşmeden yedi hafta sonra görebildi. Erkek spermin üremede maddesel bir rol oynayamayacağı apaçıktı. Harvey spermin eylemini "bulaşıcı" sözcüğüyle tanımlıyordu; maddi olmayan bir etki bir türlü geçmiyor ve uyuyan yumurtayı uyarıyordu. Bir kez tahrik edilip, uyanan yumurtanın içinde hem yerleştirici ilke hem de gerekli malzeme zaten vardı. Har-vey, tavukların üremesinde gözlediği bir süreci tanıtlamak için "epigenesis" (embriyonun bir dizi yeni biçimlenmeler

sonucu son halini aldığı teorik üreme kavramı) sözcüğünü uydurmuştu. Yumurtladıktan üç gün sonra bir yumurtayı açtığında, sonradan kalp haline 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 eşliğindeki yaratıcı bir üreme olarak, Harvey canlıcılığının doğal bir ifadesiydi.

Descartes epigenesis'i yaşamın geri kalan yanlarıyla birlikte mekanikselleştirmeye hazırdı. La description du corps humain (insan Vücudunun Tanımlanması) adlı eserinde, erkek ve dişi tohumların birleşince nasıl mayalandığını ve ortaya çıkan hareketin, mekaniksel zorunluluklarla nasıl kalbi, dolaşım sistemini vb. inşa ettiğini tanıtladı. Bu açıklamayı tıpkı bizim gibi 17. yüzyıl da bir saçmalık olarak kabul etti ve Gassendi'nin önerdiği bir başka embriyoloji daha çok taraftar kazandı. Gassendi'ye göre üremenin temel işlevi tohumun üretilmesiydi. Hem bitkilerde hem de hayvanlarda tohum, içinde bütünün her bir tarafına ait parçacıklarının toplandığı küçücük bir cisimdi. Bazen tohum içindeki bir ruhtan da söz etmekteydi. Ancak ruhun kendisi de zaten etersel maddeden meydana geldiği için sorunun temel mekanizmasını sulandıramazdı. Üremedeki denetleyici faktör benzerlerin birbirini çekmesiydi. Bu düşünce Rönesans natüralizmini insana rahatsızlık verecek ölçüde anımsatmaktaydı. Tohum içinde benzer parçacıklar (yani bedenin aynı tarafından gelenler) bir araya toplanır ve hazır besindeki öteki benzer parçacıkları çekerdi. Buna göre bir bakıma üremenin ürünü tohum içinde hazır bulunmaktaydı. Gassendi'nin dediği gibi "tohum yaratığın kendisini içinde bulundurmaktaydı, ancak ayrıntılı biçimde değil de sadece ana hatlarıyla..."

Bu üreme kavramı için "ön biçimlenim" (Preformation) deyimi kullanılmaktadır. Epigenesis'e göre üreme, mevcut malzemeyi biçimlendirici özelliğin kalıplanıp değiştiği, bağ-

daşlıktan ayrışıklığın meydana çıktığı yaratıcı bir süreçtir. Ön biçimlenim ise, ayrışıklığın daha başında var olduğunu ve üremenin sadece bir evrim (harfi harfine söylersek zarftan ya da kılıftan çekme) işlemi olduğunu öne sürmekteydi. "Ayrışıklık", bunun daha başlangıçta değişik şekillerdeki parçacıklar halinde hazır olduğuna inanan atomcuların çok iyi anlayabileceği bir kavramdı. Sadece embriyolojide değil, genel olarak her konuda, mekanikçi felsefe, nesnelerin biçimlenişini, başta hazır olan uygun parçacıkların birbirine uydurulması olarak anlıyordu. Descartes'ın epigenesisi me-kanikleştirme girişimi açık bir başarısızlığa uğramıştı, ancak ön biçimlenim kabul edilemez bir düşünce olan biçim-lendirici özelliğe mekaniksel bir seçenek getirmekteydi.

Yüzyılın belki de en büyük embriyolojisti olan Marcello Malpighi (1628-1694), Gassendi'nin açıklamasını irdeledi. Yeni açılmış yumurtanın zarını soyma ve cam üzerine serme tekniğini geliştirerek, embriyoloji çalışmalarında mikroskobu kullanma olanağını elde etti. Yumurtlandıktan tam altı saat sonra yumurtadaki kafa ve omurga bölgelerini ayırde-debildi. Omurgalar ise on iki saat sonra görünüyordu. İkinci gün atmakta olan kalbi gördü ki, Harvey mikroskopsuz olduğundan bunu ancak dördüncü gün fark edebilmişti. Kalple beraber başı ve gözlerin başlangıcını da gördü. Malpighi, "Doğa bilimcileri, ayrı parçaların değişik aşamalarda-ki yaratılışını keşfe çalışıyorlardı; 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 tomurcuk içinde de "Henüz ayrmtılaşmamış bitkinin bir hülasasını" keşfetmişti. Bu durumda tavuğu daha işin başında yumurta içinde bulmayı ummaktaydı. Halbuki tavuk yumurtada, henüz ana hatlarıyla vardı. Malpighi, vücudun farklı bölümlerinin için-

de geliştiği kesecik 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. Malpig-hi'nin kullandığı "ana hatlar" deyiminin Gassendi'nin ifadesini yineleyişi gibi, gözenekli zarın süzgeç işlevi de yine Gassendi'nin benzerlerin birbirini çekmesi teorisinin bir yorumundan ibaretti.

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

17. yüzyıl sonunda, embriyoloji emboitement teorisini kurdu ki, buna göre; örneğin, tüm insan ırkı başlangıçta Havva'nın içinde zaten hazır durumdaydı.

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 Graaf kabarcığı yumurta ile karıştırmışsa da (memelilerin yumurtaları o kadar küçüktür ki, 19. yüzyıla kadar gözlenememiştir.) keşfini yorumlayışı esasta doğruydu ve hâlâ 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 kurumsallaştırmıştı; ve yumurtacılık, yani yumurtadan üremenin evresel-liği doktrini, kendisine güçlü bir destek sağlıyordu.

"Yumurtacı" görüşün rakipsiz saltanatı tam beş yıl sürdü. Mikroskobun verdiğini yine mikroskop aldı. 1677'de Leeuwenhock spermatozoaları gözledi (Bak. Şek. 5.5.)

"Bu animalicula (mikroskopla görülebilen hayvan) kanın kırmızı rengini veren taneciklerden küçüktü, öyle ki bir milyon tanesi bir araya gelse büyük bir kum taneciği oluşturamazlar. 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 incelikle şeffaf bir kuyrukla donanmışlardı; öyle ki şekillerini en iyi upuzun köklü küçük bir turpla karşılaştırabilirim. Kuyruğun yılan gibi kıvrımlı hareketiyle tıpkı yılan balıklarının suda yüzüşü gibi, ileri doğru hareket ediyorlardı". Bu durumda yumurtacık müthiş bir hata olarak görünüyordu. Pasif yumurta, yeniden üremenin gerçek taşıyıcısı olan, açıkça yaşamsal animaküller, ya da Leeuwenhoek'in verdiği adla, erkek sperminin "spermsel kurtlarının" besinininden başka bir şey olamazdı. İsveçli bir doktor, insan onuruna daha uygun olan yeni bir doktrin buldu. Niklaas 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.

insan, animaliculacılığın (Yeni doktrine böyle deniyordu) ön biçimlenimciliği reddettiğini sanabilir. Bundan daha yanlış

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

birşey olamaz. Ön biçimlenimciliği yumurtacılık için çekici kılan etkenler, onu animaliculacılar için de çekici kılıyordu. Yumurtacı görüşün saçmalığını

kanıtlayan Hartsoeker, animaliculacılığın da aynı sorunlarla yüzyüze olduğunu göremiyordu.
"Her bir hayvanın, minyatür halde olan aynı türün erkek ya da dişsini, spermi içerisindeki ince ve hassas bir zarda taşıyıp, koruduğu söylenebilir."
Hartsoeker, bir spermatoza başı içine kıvrılmış bir homun-culus resmi bile yayımladı. (Bak, Şek. 5.6) Fransız bir doktor olan Francois de Plantade, verdiği alaylı yanıtta benzer bir resim çizmiş ve bir homunclusu kılıf değiştirirken nasıl gözlediğini anlatmıştı.
"İki bacağını, kalçalarını, belini ve iki kolunu, çıplak olarak açıkça gösterdi; yukarı doğru sıyrılan zar kafasında bir kap-
ızz
I
Şekil 5.6. Hartsoeker'in homunculus'un sperm içindeki bir animalicula'daki görünüşü ile ilgili çizimi.
şon gibi duruyordu. Soyunurken biraz durakladı."
Ne yazık ki, şaka bir yana bırakıldı ve Plantade'nin çizimi de Hartsoekerinki kadar kabul gördü.
17. yüzyıl sonlarının embriyolojistlerini şaşkınlığa düşmeden okumak zordur. Üreme ile ilgili bilgilere yaptıkları katkılar muazzamdı: Spermatozoa'nın ve memelilerin yumurtalarının -dolaylı olarak- keşfine; kurtlar, böcekler ve küçük hayvanların kendiliğinden üremenin ürünleri olduğu hakkındaki egemen düşüncenin esas olarak reddini ve bitkilerde cin-

siyetliliğin tanıtlanmasını da eklemişlerdir. Francesco Redi yaptığı kontrollü deneylerle, sineklerin konabildiği bozulan bir 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. Bitkler için ise R.J. Jamerarius, tohumların olgunlaşmak için erciklerden çıkan polene gereksinmesi olduğunu kanıtladı. 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 bildik yanma, yani yavrunun hem ana hem de babadan karakteristikler taşıması gerçeğine bile doyurucu yanıt veremeyen bir teoriydi.
Mekanikçi felsefenin, üremede zaten hazır beklemekte olan organların görünür hale gelmesinden başka hiçbir şeyi kabul edemeyişi yüzünden, 17. 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 herhangi bir katkısı olabileceğini kabul etmeyen "yumurtacı görüşte" biri olduğunu da anım-samalıyız. Mekanikçi

filozoflarmkine tamamen zıt nedenlerle, yani üremenin maddesel olmayışını iddia edebilmek için Harvey, sperm ile yumurta arasında meydana gelebilecek fiziksel bir temas olasılığını reddetmekteydi. Bu durum, yeni keşiflerin anlaşılmasında mekanikçi felsefeye göre çok daha engelleyici bir rol oynadı. 17. yüzyıl keşiflerinin öneminin tümüyle farkedebilmesi için, 19. yüzyıla gelinceye kadar elde edilemeyecek olan geniş bir ek bilgi ve yaşamsal süreç anlayışı gerekecekti. Biyolojinin birçok öteki alanlarında olduğu gibi, embriyolojideki keşiflerin de mekanikçi felsefenin bilimsel düşünce üzerindeki etkisinin sürdüğü bir dönemde yapılmış olduğu gerçeğini de hatırda tutmalıyız.

Mekanikçi felsefe kategorileri biyolojik anlayış için ne kadar elverişsiz olursa olsun, biyoloji bilgisinin genişlemesini engellememiştir.

Bir diğer eğilime yani tıp ağırlıklı mekanikçileri ilk biyofizikçi ya da biyokimyacılar olarak sayma eğilimine kapılmamak gerekir. Tıp ağırlıklı mekanik, biyoloji araştırmalarının gereksinmelerinden doğmamıştı; daha çok, mekanikçi felsefe işgalinin kurduğu bir kukla rejimdi. Problemler tek tek ele alındığında kan dolaşımı buna klâsik bir örnektir. Mekanik düşünme tarzı, yani yaşamsal süreçlerdeki mekaniksel zorunluğu görebilme yeteneği, yeni anlayışlara yol açabilirdi. Bununla beraber, Harvey'in kendisi mekanikçi değil dirimselciydi. Çoğu yerde tıp ağırlıklı mekanik biyoloji ilgi alanının dışında kalmaktaydı. Yaşamsal öneme sahip ayrıntılı gözlemleri gözardı etmedi; ancak görülen şeylerin anlaşılmasına da hemen hiçbir katkıda bulunmadı. Biyolojik süreçlerdeki incelik bir yana 17. 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, insan, mekaniksel açıklamaların biyoloji olaylarına uygun olduğunun kabul edildiği bir dönemde, tıp ağırlıklı mekaniğin hiçbir kayda değer keşif yapmamış olması karşısında sadece şaşkınlığa düşüyor.

6. Bilimsel Girişimciliğin Örgütlenmesi

17. yüzyılda, bilim alanındaki gelişmeler bilimsel kavramları basit bir yeniden formüllendirmenin çok ötesindedir. Kaldı ki, kavramların yeniden formüllendirilmesi bile örneklerini sık sık gördüğümüz gibi "devrim" nitelenmesini hak edecek ölçüde radikaldir. Bu dönemde bilim aynı zamanda örgütlü bir toplumsal etkinlik olarak da kendisini gösterdi. Daha önceki dönemlerde de kuşkusuz büyük bilimsel etkinlikler söz konusu olmuştu. Bununla birlikte, 17. yüzyıldan önce bilim ile felsefeyi birbirinden ayırmak ve birçok kişiyi, öncelikle bili-madamı olarak betimleyebilmek zordu. Aslında 17. 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 bilimadamı olarak

tanımlayabileceğimiz, öyle birkaç kişi değil, büyük bir küme vardı. Dahası, bunlar birbirlerinden kopuk bireyler halinde çalışmıyorlardı, aksine kendileriyle 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. yüzyıl insanı için bu dinin adında "üniversite" sözcüğünün yer almamış olduğunu öğrenmek şaşırtıcıdır. Bizler üniversiteleri bilimsel araştırmanın başlıca merkezi, ya da hiç değilse başlıca merkezlerinden birisi olarak düşünmeye alış-kınızdır. Benzer bir durum bilimsel çalışmalar dahil her türlü entellektüel etkinliğin, üniversiteler çatısında yer aldığı Ortaçağ için de doğruydu. 17. yüzyılda ise köklü bir değişim gerçekleşti. Avrupa üniversiteleri bilimsel etkinliklerin sadece merkezi olmakla, ya da doğa bilimlerini üniversitelerden bağımsız bir biçimde kendi etkinlik merkezlerini kurmaya zor-

ızo

lanmakla kalmadılar. Üniversiteler modern bilimin kurduğu yeni doğa kavramlarına muhalefetin de öncüsü oldular.

Avrupa üniversitelerinin modern bilime karşı tavırlarını anlamak için, varlıklarına yol açan koşulları ve kurulma nedenleri olan işlevlerini anımsamak gerekir. Aslında Aristote-lesci felsefe birikimi, üniversiteleri, 13. yüzyılda birer öğrenim merkezi olarak yaratmıştı. Başından beri bu kurumlar, varlıklarını Aristoteles'in yorumlarına ve bunların duyurulmasına adamışlardı. Avrupa akademik çevreleri Aristoteles felsefesinin sürdürülmesine kapsamlı bir ilgi duymuşlardı. Yine baştan beri, üniversite katolik kilisesi ile de ilişki içerisinde olmuştu. Kilise öğreniminin önde gelen merkezi olduğu sürece üniversitenin bağımsız bir varlığa sahip olabilmesi olanaksızdı. Kilise isteklerini kendi dışındaki bir kuruluşa benimsetmeye çalışmış değildi. Tam aksine üniversiteyi bir toplumun en ileri öğrenim kurumu olarak yaratan ve besleyen zaten kilisenin kendisiydi. (Aksi halde böyle bir kurumun oluşmasına olanak yoktu.) Avrupa üniversitelerindeki bütün hocalar tarikat üyeleriydi ve öğrencilerin büyük bir bölümü dinsel kariyere hazırlanan kişilerdi. Ortaçağ üniversiteleri, Aristoteles'i vaftiz etmiş ve hıristiyanlaştırmış sayısız eserde değinilen adıyla ona "filozof sanını yakıştırmıştı. 1600 yılına gelindiğinde, bu kurumların temel özelliklerinden pek azı değişmişti. Rönesansın etkisi Aristoteles dışındaki klâsik yazarları da eğitim programına sokmuş olmasına karşın, yine de üniversiteler edebiyat öğrenimi merkezleri değillerdi. Protestan bölgelerde, üniversiteler, önemli bir değişikliğe uğramaksızın, kilise dışı zümrelere de hizmet vermeye başlamışlardı. Soyluların oğulları yüksek öğrenime heves ettikçe, üniversitelerin kilise elemanlarına mahsus olma niteliği ortadan kalkmaya başladı; ancak bu, üniversitelerin dinsel işlevlerinde hiçbir gevşemeye neden olmadı. Böylece 1600'de üniversitelerin çatıları altında, oldukça eğitimli, ancak modern bilimin doğuşunu selamlamaktan çok, onu hem egemen

felsefe hem de içlerine işlemiş olan din için bir tehdit olarak görmeye eğilimli bir grup oluşmuştu.

127

Galileo bilim ile üniversite ilişkisi konusunda bir örnek olarak incelenebilir. Mesleki kariyerine Pisa Üniversitesi'nde matematik profesörü olarak başladı ve 1592'de en önemli İtalyan üniversitesi olan Padua'da benzer bir kürsüye geçti. Padua, 16. yüzyıl boyunca bilimsel öğrenimin merkeziydi. Mantık üzerindeki yazıları ile bilimsel yöntemin felsefi kuruluşuna önemli katkılarda bulunmuş bir dizi filozofa da mekan olmuştu. Bu kişilerin çalışmaları Aristotelesci 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 Aristotelesci bilimin çerçevesi dışına taşmıştı. Gali-leo'nun mekaniğin yapısını kurduğu ve "Aristotelesci göklerin" yıkılmasında önemli rol oynayan teleskobunu yaptığı, yaşamının en yaratıcı döneminin, Padua'da kürsü sahibi olduğu onsekiz yıla rastladığı bir gerçektir: Bununla beraber, sonunda Padua'yı terkederek Floransa'ya gitti ve Dialogue ve Discourses adlı büyük eserlerini, bir üniversite profesörü olarak değil, Toskani Grand Dükü'nün matematikçisi olarak yayımladı. Bu durum 17. yüzyıl için simgesel değerdedir. Bazı hekimler dışında, önde gelen hiçbir bilimadamı üniversite kürsüsü sahibi değildi ve bilimsel çalışmalar üniversiteler sayesinde değil, üniversitelerin düşmanlığına karşın gerçekleştirildi. Galileo'nun Padua'yı terk edişi ne kadar simgesel-se, Roma'da eziyetini çektiği yargılamanın arkasındaki asıl itici gücün, din adamları değil de, onun Aristotelesciliğe yaklaşımında Aristoteles'e olan geniş kapsamlı ilgileri için bir tehdit gören perde arkasındaki akademisyenlerin oluşu da o kadar simgeseldir.

Önde gelen bilim adamlarının büyük bir bölümü üniversite dışında çalışmışlarsa da, üniversitelerde çalışanlar da vardı. Bunların en büyüğü olan Isaac Newton kariyerinin yaratıcı dönemi boyunca Cambridge'de Lucas matematik kürsüsünün başında kaldı. Lucas profesörü olduğu süre içinde (ve bu kürsüye getirilmeden önceki yine üniversitede geçen beş yıl boyunca) Newton; cebiri, beyaz ışığın bileşimini ve evrensel çe-

128

kim yasasını keşfetti. Yine de Newton örneği 17. yüzyılda üniversitelerin bilimsel etkinlik merkezi olmadıkları tezi ile çelişmez. Galileo'nun karşılaştığı düşmanlıkla Newton'un karşılaşmadığı doğrudur. Yüzyılın sonundaki Cambridge, yüzyılın başındaki Padua değildi. Bununla beraber, Newton bir bi-limadamı olarak, üniversitenin eğitim yaşamında önemli bir rol oynamamıştır. Newton hem optik hem de mekanikle ilgili keşiflerini yayımlamadan önce üniversite çevrelerinde çeşitli konferanslar düzenlerdi. Ancak bu konferansların kavrandığına, ya da yankı uyandırdığına dair en küçük bir işaret bile yoktur. Birçok belirtiye göre açıklamaları sık sık hiç üzerinde durulmadan unutulup

gitmiştir. Zaten, başka türlü olmasına da olanak var mıydı? Belirlenmiş eğitim programında öğrencileri, Newton'un derslerine hazırlayacak hiçbir şey yoktu. Eğitimin belkemiğini oluşturan, özel hocalardan ders alma sistemi, bambaşka amaçlara yönelikti. Bugün bir Nobel ödülü sahibinin, bir Amerikan üniversitesinde birinci sınıf öğrencilerine araştırması üzerine konferans vermesi, Newton'un 17. yüzyılda Cambridge Üniversitesi lisans öğrencilerine keşiflerini duyurmasından daha anlaşılır bir durumdur. Newton, üniversitenin saygısına sahip olmasına ve Şanlı Devrim'den önceki dönemde kralın Cambridge'i yıkma çabalarına karşı oluşan direnişin bir önderi olarak parlamasına karşın, bir bi-limadamı olarak Cambridge'de tek başınaydı. Londra'daki Royal Societ/yle ilişkisi eserlerinin yayımlanmasını sağladı, ancak benzer bir teşvik Cambridge'den gelmedi.

Yeni bilime karşı tavırları ötekilerle karşılaştırıldığında gerici olmaktan çok uzak olan ingiliz Üniversiteleri, gelişme düzeyleri bakımından ancak Avrupadakiler kadardı. Cambridge'de Oxford Cambridge'den hemen hemen yarım yüzyıl eskidir. Sir Henry Saville geometri ve astronomi profesörlüğünü (Savilla Profesörlüğü) 1619'da bir kürsü haline getirmiş, iki yıl sonra da damadı doğa felsefesi alanında çalışan Sadle kürsüsünü kurmuştur. Genel olarak yüzyıl boyunca bu kürsülerde hep yetenekli kişler bulundu. Newton'un Cambridge'i bilimsel bir merkez haline getiremediğini görmüştük; aynı

şey Oxford'daki Savilla profesörleri için de söylenebilir. Bu arada üniversitelerin, boş ve amaçsız olduklarının aynı zamanda da geleneksel eğitimin egemenliği altında bulunduklarının sık sık vurgulanması yüzyılın atmosferini belirleyen söylemdir. Yüzyılın hemen bütün önemli bilim adamlarının üniversitelerin bir ürünü olduklarını anımsamak gerekir. Buna karşın bilimin, kolej salonlarına ya da üniversite eğitim programlarına ciddi bir biçimde giremediği de bir gerçektir. Yüzyıl sona ererken, Ortaçağ'dan kalma eğitim programı sistemli bir değişikliğe uğramamıştı.

İngiliz üniversiteleri için doğru olan herşey Kıta Avrupası üniversiteleri için de en az o kadar doğruydu ve çoğu zaman durum daha da kötüydü. Sonuçta Kıta Avrupası'nda başlıca öğretim mevkileri kendisine kapalı olan bilimsel hareket, kendi kurumlarını yarattı. Bu kurumlar eğitim amaçlı değildi; bilimi entelektüel olduğu kadar toplumsal bir olgu haline de getiren örgütlerdi. Böylelikle 17. yüzyıl bilimsel derneklerin doğumuna tanık oldu.

Bilimsel dernek denilebilecek bilinen ilk örgüt, yüzyılın başlarında Roma'da gelişen Accademia dei Lincei'dir (Lincei Akamedisi). Galileo bu derneğin bir üyesiydi ve Dialogue'da-ki sözcüsü Salviati'ye "Akademisyen" sözünü söyletmekle kendisini Lincei Akademisi üyesi olarak tanıtmaktaydı. Bi-çimci olmayan bir yapıya sahip olan ve İtalyan edebiyatçılarının gruplarına öykünerek şekillenmiş olan Lincei Akademisi, benzer düşüncedeki kişilerin doğa felsefesi konularını

tartışabildikleri bir topluluktu. 1630'da ortadan kalktıktan sonra, yüzyılın ortasında bir başka benzer grup Floransa'da Medici dükünün himayesinde örgütlendi. Adından da anlaşılacağı üzere, Accademia del Çimento (Deney Akademisi) zamanının doğa felsefesi problemlerinin deneysel incelemesi ile uğraşmaktaydı. Lincei Akademisi'nden daha ayrıntılı bir yapılanma içinde olan bu yeni akademi, öncelikle deneysel işbirliği ile ilgiliydi ve Saggi de naturali esperienze (Doğa Deneyleri Hakkında Makaleler, 1667) başlıklı bir ciltte bulgularını yayımlamıştı.

Yüzyılın ilk yarısında, öteki Avrupa ülkelerinde de Lincei Akademisi'ne benzer resmi olmayan gruplar ortaya çıktı. Bir Minim Biraderi (15. yüzyılda kurulmuş bir dinsel tarikat) olan Mersenne, kendisini, yüzyılın ortasında kısa bir dönem için Avrupa bilimine yön veren Fransızların önemlice bir bölümünün "ekseni" haline getirdi. Destansı bir muhabir olan Mersenne sadece Fransızların değil bütün Avrupa biliminin haberleşme noktası oldu. Galileo'nun çalışmaları Kuzey Avrupa'ya onun aracılığıyla iletildi. Gerçekten de Galileo'nun Discourses 'inin Hollanda'da ilk olarak basılmasını sağlayan oydu. O sırada engizisyon tarafından ev hapsinde tutulan Galileo, kitabı kendisi yayımlamaya cesaret edemezdi. Birkaç yıl sonra Mersenne, Torricelli'nin boşlukla ilgili deneylerinin haberlerini yaydı. Pascal'm deneylerini destekledi ve matematik çalışmalarının basımını teşvik etti. Descartes için ise Mersenne, bilgi dünyasıyla haberleşmenin en önemli aracıydı. Descartes Felsefe Üzerine Düşünceler adlı metafiziksel incelemesini yazdığında, Mersenne eserin kopyalarını zamanın önde gelen filozoflarına dağıttı; böylece ilk basımda yedi kümelik itiraz ve Descartes'ın bunlara yanıtı da yer aldı ki, bu durum asıl eseri birkaç kez daha genişletmiş oldu. Mersenne'in tek başına bir bilimsel dernek olduğunu söylemek abartma olmayacaktır.

1635' de Richlieu tarafından kurulan Academic França-ise'in Fransız edebiyatını bir örgütle, Fransız dilinin arılığını da bir savunma kalkanı ile güçlendirdikten sonra, Fransız bilimi de daha resmi bir örgüte gereksinme duymaya başladı. Evinde Montmor Akademisi'nin toplandığı Herbert de Mont-mor bu alanın varlıklı bir koruyucusu oldu. Pierre Gassendi ölümüne kadar bu akademinin toplantılarına başkanlık etti; ve Montmor Akademisi 1650'li yıllarda Fransız biliminin merkezi haline geldi.

Montmor Akademisi'nin bir toplantısı, ilerde bilimsel dernekleri oluşturacak olan ilk resmi olmayan grupların işleyiş tarzını göstermesi bakımından öğreticidir. 1658'de o sıralarda kariyerinin başında genç bir bilimadamı olan Christiaan

I

Huygens'in bir bildirisi akademiye sunuldu. Bu bildiride Huygens, Satürn'ün biçimini açıklamak için gezegenin etrafını halkaların çevrelediğini öne sürüyordu. Toplantı bir olay niteliğindeydi. Çeşitli hükümet ve soyluların temsilcileri, Sor-bonne akademisyenleri ile birlikte tüm sıraları işgal etmişlerdi. Bilim adamlarından yer bulabilen talihliler ise arka sıralara sığışmıştı. Demek istediğimiz, ilk resmi olmayan dernekler, bilimsel araştırmaların geliştirilmesi ile olduğu kadar propaganda çabalarıyla da ilgiliydi. Yeni bir doğa kavramı ve insanın bu kavram içerisindeki yeri tartışılmaktaydı. Sağduyuya, onun bütün okumuş insanlarca bilinen ve çoğu kişi için bildik olan Aristotelesci felsefedeki karmaşık biçimlenişine meydan okumaktaydılar. îlk derneklerin belki de en çetin işlevi, yeni fiziksel doğa kavramlarını, eğitimli kamuoyuna yaşama yeteneği olan seçenekler olarak sunmaktı. Bu işlev Galileo'nun Dialoque'nndaki üç adamın tartışmasında sağlam bir mantıkla sunulmuştu. Montmor Akademisi'ndeki topluluk da benzer bir tartışma biçimini önermekteydi.

ingiltere'de kurulan ve Mersenne'in oluşturduğuna benzer resmi olmayan gruplar ise Gresham Koleji'nde kendilerine kurumsal bir yer 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 olmak üzere) bilimle ilgiliydi. Kolejin bir eğitim girişimi olarak ne ölçüde başarılı olduğu hakkında pek az şey biliyoruz, ancak ingiliz bilim adamlarının pek çabuk orada bir araya gelmeye alıştığım 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 guruba, Robert Boyle'un bir mektubundaki deyimden yola çıkarak "Görünmez Kolej" adını vermesinden sonra, birisi

Boyle'un sözünü ettiklerinin bir başka grup olduğunu söyleyerek oyun bozanlık etmiştir. Wallis'in çevresi Londra'daki toplantılarını parlamenter zafere kadar sürdürdü. Sonra Kralcı Wallis, Oxford'daki Wadham Koleji'nin müdürü oldu. 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 grubunun dağıtılması tamamlanınca grubun büyük bölümü yeniden Londra'ya yerleşti. Otuz kişi kadar olan bu grup elemanları, bilimin aktif olarak içindeydiler ve birbirlerini çok iyi tanıyorlardı. O zamanlar Gresham astronomi profesörü olan Christopher Wren'in bir konferansından sonra, yakındaki bir tavernada toplandılar ve resmen

örgütlenmeye karar verdiler. İki yıl sonra da Royal Society (Kraliyet Derneği) adını aldılar.
1660'larm başlarında Fransa'da da dikkatleri Kraliyet Derneği'nin kurulmasına yönelten, önemli siyasal gelişmeler oldu. Kardinal Mazarin 1661'de ölünce XIV. Louis bundan böyle kendi başbakanının yine kendisi olacağını ilan etti. Montmor Akademisi üyeleri de II. Charles'in bahşettiğini sandıkları türden, bir kraliyet himayesine kavuşmayı düşleyen bölünmeler sonunda hızla dağılmaktaydı. Bu koşullar altında 1663'de, daha önce İngiltere'ye gitmiş ve Royal Soci-ety'ye kabul edilmiş olan Samuel Sorbiere devlet desteğine gereksinme olduğunu ifade eden bir muhtıra kaleme aldı. Üç yıl sonra, 1666'da Academie Royale des Sciences (Kraliyet Bilim Akademisi) XIV. Luis'in maliye bakanı Jean Baptiste Colbert'in aracılığıyla resmen kuruldu.
Başından beri Academie des Sciences Montmor Akademi-si'nden farklı bir dernek oldu. On altı üye ile sınırlı olarak bilimin önderlerini bir araya getirme çabasını sürdürdü. Amacı eğitimli kişiler arasında propaganda yapmak değildi; araştırmalara daha çok önem veriyordu. Akademi sadece Fransız bilim önderlerine özgü değildi. Hollanda'dan Christiaan Huy-gens, Danimarka'dan astronom Roemer, İtalya'dan Cassini Paris'e getirildi (modern beyin göçünün bir türü). Üyelerin

atamalarını yapan Fransız hükümeti maaşlarını da ödüyordu. Academie, sanki Fransız hükümetinin yarattığı bir canlıydı.
Bu durumun bir sonucu olarak Academie nisbeten dolu bir keseye sahip oldu. Academie'nin bilim adamları, Avrupa'nın en zengin donanımına sahipti ve başkalarının yürütmesi olanaksız projeler gerçekleştirecek durumdaydılar. Academie yer üzerinde bir derecelik yayın uzunluğununun ölçümünü destekledi. Böylece de dünyamnın 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 bilimsel bir topluluğu gönül borcu altında bırakmıştı.
Bu gelişmelerin bir de bedeli vardı. Academie, mali desteğini Faransız hükümetinden 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 kendi başlarına bırakılsa başka türlü işler yapacak olan insanlara sorumluluklar veriyordu. Bu açıdan Academie'nin Fransız bilimine olan etkisini belirlemek, hatta öteki etkilerden ayır-detmek zordur. Ancak şu 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

bilinmektedir. Bu göreli çöküşe Academie'nin neden olduğunu kanıtlayacak bir 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 Koleji'nde bir semineri dinlemek için toplanan bir grupça kendiliğinden

kurulan dernek ingilizlerin öz yönetim yeteneklerinin tipik bir ifadesiydi. Aralarında yer alan saraylıların yardımı ile kraliyet himayesi peşinde koştu ve sonunda "Royal" sıfatı ile ödüllendirildi. 11. Charles'm kesesi kendisinden istenenleri karşılamakta her zaman yetersizdi. Dernek, adına ve resmi ayrıcalığına karşın her bakımdan özel bir kuruluştu.

Bu durumun sonuçlarından biri de, Royal Society üyeliğinin Academie'ninkinden tamamen farklı oluşuydu. Fransız derneği bir bilimsel seçkinler topluluğu oluşturmak isterken, Royal Society kapısını ilgi duyan herkese açtı ve kısa sürede bir sürü geveze amatörle doldu. Göründüğü kadarıyla 17. yüzyılda üyelik için önerilen herkes kabul olundu ve Royal Soci-ety'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.

Bununlar 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 bir adama sahipti. Dernekte, sürgün edilmiş bir Alman olan ve yazışma sekreterliği yapan Henry Oldenburg da(1620 -1677) çalıştı. Onun yazışmaları aracılığı ile sadece ingiliz değil, fakat çok daha geniş bir bilimsel çevre kendi içinde işbirliği olanağını buldu. Oldenburg, bugün de yaşayan en eski bilimsel dergi olan Philosophical Transacti-ons'ı kurmakla kendi işlevini kurumsallaştırdı ve modern bilimin beslediği yeni yazın biçiminin yaratılmasına yardımcı oldu. Ayrıca Oldenburg ve Philosophical Transaction aracılığı ile Isaac Newton endişelerinden kurtularak 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 aktif yaşamdan koptu. 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 gereksinmeleri sonucu kurulmuştu; her bir birey bu gereksinimi duymaktaydı. 17. yüzyıl başlarında,

grupların yaşaması Mersenne gibi bireylere bağlıydı. Yüzyılın sonuna gelindiğinde durum artık böyle değildi ve Royal Society ya da Academie modeli üzerinde kurulmuş olan dernekler Avrupa'nın çeşitli köşelerinde yeşermeye başlamıştı.

Resmi olmayan bir karışıklık içinde olan Royal Society'nin 17. yüzyılın gereksinmelerine, daha iyi finanse edilen ama katı bir yapısı olan Academie'den daha iyi cevap verişinin nedenleri üzerine düşünmek gerekir. 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. O sıralarda Royal Society, böyle projeleri destelemese de sonuçta 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 Ho-oke'un, en büyük doğa bilimcilerden birisi olan John 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 bir hizmet iddiasında bulunamaz.

Derneklerin kurulması bilimsel hareketin gücünün artışının bir göstergesi ise, araştırma araçlarının icadı da bir başka göstergesidir. 17. yüzyıla, bilimsel araştırmalarda o zamandan beri temel olan önemli sayıda aracı borçluyuz. Yüzyılın başında teleskobun icadı astronomiye, gök çalışmalarında devrim yapan bir araç sağladı, izleyen on yıl içinde biyolojiye

aynı ölçüde hizmet etmiş olan mikroskop ortaya çıktı. İlk duyarlı saat, o döneme kadar hayal bile edilemeyen doğrulukta zaman ölçümlerine olanak sağladı. Termometre, (bir termometreyle yapılan ölçmeyi, diğerininkiyle karşılaştırmayı olanaklı kılan standart ölçek 18. yüzyıla kadar geliştirilememek-le beraber), sıcaklığı ölçüm sınırlan içine kattı. Atmosfer basıncı barometre aracılığı ile bir ölçü nesnesi oldu ve hava pompalarının basıncı değiştirerek, pratik olarak boşluk yaratacak bir güce ulaşmasıyla da, laboratuvar kullanımına girdi. Bütün bunlar gözönüne alındığında, hiçbir dönemde araştırma araçlarına bu denli ciddi bir katkıda bulunulmadığı görülür.

Somut deney araçlarının yanında, çok daha büyük önem taşıyan somut bir 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 dişe dokunur hiçbir şey elde edilememişti. O halde araştırma yöntemi yanlış olmalıydı. Yüzyıl boyunca çalışmalarını yöntem sorununa yönelten kişilerin çokluğu bu düşüncenin ne kadar yaygın olduğunu gösterir.

Bacon'm Novum Organum'unu (Yeni Organon 1620) Descartes'm Discours de la Methode'ı izledi, Pascal, Gassendi, Newton ve ardından daha birçok kişi az yada çok bu konu üzerinde durdular.

Bütün bu tartışmalarda doyurucu olmayan bir taraf vardır. Bacon (1561 -1626) deneysel yöntemin kurucusu olarak büyükçe bir üne sahipti, ancak Novum Organum'u dikkatlice okuduğumuzda bu ünü ona pek yakıştıramayız. Doğanın doğrudan incelenmesindeki ısrarın değeri ne olursa olsun, bilimin zorunlu temeli olarak evrensel bir doğa tarihi gereksinmesinden söz etmesi, çalışmalarına egemen olan başıboş 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 öne sürmekteydi. Descartes'm doğanın sınırlarının

araştırılmasında aklın gücüne olan inancı, 17. ve 18. yüzyıl düşüncesinde kayda değer bir etki yaptı, ancak bizim bugün anladığımız şekliyle, bilimsel yöntemin oluşmasına pek az katkısı oldu. Pascal'ın yöntem üzerine yazdığı kısa denemeleri, deney ile Descartes'm bilgi kuramı arasında daha yalın bir ilişki kurma çabasmdaydı, ancak denemeler tamamlanamadı.

Yüzyıl içinde deneysel yöntem en güzel ifadesini Robert Boyle'un yazılarında bulur: Kusursuz önermenin niteliklerini içeren bir liste, kısa, fakat anlamlı bir şekilde sunulmuştur.

"/Deney/ marifetli bir doğa bilimcinin /deneye/ uygunluğu ya da aykırılığı ile gelecek olayların önceden bildirilebilme-sini sağlamalıdır; ve özellikle bu deneylerde yer alan olaylar incelenmek üzere öyle düzenlenmelidir ki, şeyler/ bu hadiselerin /sonucu olmak ya da olmamak zorunda kalsın."

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

Deneysel yöntem, gezegen hareketleriyle ilgili üç yasa, ya da kırılmanın sinüs yasası gibi sadece 17. yüzyıla ait olarak kabul edilebilecek bir keşif değildir. Kuşkusuz bir tek deneysel yöntem yoktur ve öteki deneysel süreçlerden örneğin, tarih araştırmaları ya da mantıksal soruşturmalardan ayrı bir yere koymak için genel bir deneysel yöntem tipinden söz edebiliriz. Deneysel araştırmanın öncü çalışmaları pek çoktu. Bunun örnekleri Galenos'un fizyoloji yazılarında bulunabilir. Koşullu tümevarım sistemine çok benzer şeyler, oldukça uzun bir biçimde Robert Grosseteste'den gelen Ortaçağ ekolü ve 16. 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 klasiklerinin çoğu örnekleri 17. yüzyıldan kalmadır.

138

William Harvey'in fizyoloji deneylerindeki basitlik deneysel yaklaşımın asıl yüzünü aydınlatır. Kolundaki dolaşımı bir liga-türle kesip, meydana gelen değişiklikleri gözlerken doğaya, sorusunu dikte ettiği bir dizi yapay koşul empoze etmekteydi. Örneğin ilk barometre deneyi dikkatle tanımlanmış sorunun, Torricelli'nin bir cam tüpü civa ile doldurup bir tabağa dökme-siyle gerçekleşmişti. Deneycinin düzenlemesi olmasaydı Torricelli'nin gözlediği olay hiçbir zaman ortaya çıkmazdı. 17. 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 güçtür. Newton bir dizi yapay koşul düzenledi. Bu koşullar deneycinin doğaya sorduğu soruları bütünüyle tanımlıyordu. Kuşkusuz deneyci sorusuna alacağı yanıta razı olacaktı ancak, deneyin düzenlenişi doğaya "evet" ya da "hayır"dan başka yanıt verme seçeneği bırakmıyordu.

17. yüzyıl sonuna gelindiğinde, bilimsel devrim o zamandan beri kullanılmakta olan bir araştırma aracına yavaş yavaş sahip olmaktaydı. Bilimsel devrimin başarısındaki en önemli pay, gereksinmelerine uygun bir yöntem geliştirmesindeydi ve o zamandan beri de bu başarı örneği gittikçe genişleyen bir taklit alanı bulmaktadır.

Yüzyıl boyunca, deneysel bir araştırma yöntemi ne doğa bilimleri dışında (epistamolojide ortaya çıkan sorular dışında) pek hissedilmedi. Bununla beraber yöntemle yakından ilgili bir konu yetke sorunuydu. Bu konuda bilimsel devrim, Batı düşüncesinin temel bakış biçiminin, oluşturulmasında önemli rol oynadı. Avrupa uygarlığı Ortaçağ'da eski uygarlığın gölgesinde doğmuştu ve yetkenin korkunç ağırlığı başından beri hep üzerinde olmuştu. Bir yandan Kutsal Kitap ve Kilise, ruhsal konularda Tanrı'nın arzusunu insanlara bildirmekte, öte yandan eski uygarlığın biraz daha az zorlayıcı olan laik mirası da ilerlemeye karşı, çağın insanının kapasitesini açıkça aşan saygılı bir davranış telkin etmekteydi. Reform hareketinin doğurduğu Protestan Kilisesi incil'i sorgusuz sualsiz Tanrı'nın sözü olarak kabul ediyordu. Rönesans kültürü ise eski yetkenin boyunduru-

139

ğuna zaten kendi isteğiyle teslim olmuştu. Luther, Kutsal Kitap'tan alıntılar yaparak Copernicus'u çürütmeye çalışmaktaydı. Bir İtalyan hümanisti ise bir delikanlıya iki yıl boyunca sadece Cicero'yu okumasını ve orada olmayan bütün sözcükleri dilinden atmasını salık verebiliyordu. Yetkeyi kabullenmeye olan istek, 17. yüzyıla kadar egemen bir tavır olmaya devam etti. Galileo Aristoteles'in sözlerini kabul eden peripatetiklere mantık ve akıl ışığında

saldırıyordu. Bir İskoç aydını olan Aristotelesçi Alexander Ross'un sözleri Galileo'nun bir hayalet ile düello etmemekte olduğunu ortaya koymaktaydı.
"Çoğunluğu oluşturan ve en bilgeleri olan filozofların hareket tarzlarını izliyorum" John Wilkins'in Copernicus astronomisini savunuşuna 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. yüzyılın sonuna gelindiğinde kaybolmuş ve Avrupa düşüncesi Aydınlanma felsefesinin temel özelliği olan katışıksız 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 modern başarıların eskilerden çok üstün olduğunu öne sürerken öncelikle bilime dayanıyordu. Kitabın başlığı bile kapsamını içermektedir. Efsaneye göre Cebelitarık Boğa-zı'ndaki Herkül Direkleri üzerinde "ne plus ultra" (daha ileri gitme) yazılıydı. Glanvill'e kitap başlığı olan Daha Fazla ise eski çağın entelektüel dünyasının dar sınırlarının parçalandığını ilan etmekteydi. Plus Ultra modern başarıların, özellikle de bilimsel buluşların bir katalogudur. Glanvill kitabında anatomi, matematik, astronomi, optik ve kimyadaki başarılan sıralar; mikroskop, teleskop, barometre, termometre, hava pompası
14U
gibi buluşlara değinir. Eserin tüm üslubu, yazarın yetkeye boyun eğmeyişinin ifadesidir.
İncil, Tanrı'nın sözü olarak özel bir yer sahibi olmayı sür-dürmüşse de, onun yetkesi bile artık sorgusuz sualsiz benim-senmemekteydi. 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 inanılırlığını bilimsel delillerle kanıtlamak için, yaradılışın kısa bir açıklamasını yapıyordu. Bu açıklama, Luther'in Copernicus'u yalanlamak için İncil'e başvurusu ile karşılaştırıldığında, rollerin tamamıyle ters yüz edildiği görülür. Newton'un mektubu yaradılışın inanılabilirliği için bilimsel yetkeye danışmaktaydı. Sorun Newton'a bu söylediğimiz şekliyle sunulsa kuşkusuz reddederdi, ancak mektubun içeriği bizim dediğimiz gibidir. Yetkenin reddinde bilim bu kadar ileri gitmişti, artık tek başına insan yeteneklerinin, yani insanın kendisinin boş olan yetke koltuğuna doğru yükselişi başlamıştı.
Bilim, bilginin yeni işlevi idealine de katkıda bulundu. O zamana kadar bilgi kendi başına bir amaç olarak düşünülmüş ve gerçeğin sessizce irdelenmesi, insanın içinde bulunabileceği en yüksek etkinlik olarak kabul görmüştü. Halbuki

yeni sav, insanın amacının eylem, bilginin amacının da eylem için yarar sağlaması olmuştur. Bu yeni bakış açısıyla en yakından ilgilenen kişi Francis Bacon'dı ve bu görüşe sık sık "Baconcu yararlılık" adı verilir.

"Dünya insan içindir Hunt, insan dünya için değil" diyordu Bacon uşağına. Görüşünü tüm yazılarının belki de ana fikri olan "İnsan Krallığı" deyimi ile özetlemişti. Bu krallık Tanrı'nın insan için yarattığı fiziksel bir dünyaydı ve bu dünya, içine ancak doğa bilimleri yoluyla girilebilecek bir mirastı. Ba-con'a göre bilgi insanların doğaya egemen olmasını ve onu hizmetinde kullanmasını sağlayan bir güçtü. İlk bilimsel ütopya olan New Atlantis (Yeni Atlantis, 1527) adlı eserinde Bacon'm mümkün olan her şeyi yapabilecek şekilde, İnsan İm-

paratorluğu'nun sınırlarını genişletmeye adanmış bir örgüt olan, Süleyman Evi'nde betimlediği hemen bütün araştırmalar pratik nitelikteydi: Geliştirilmiş meyva bahçeleri, geliştirilmiş hayvan besiciliği, geliştirilmiş tıp. Bacon kendisi pratik sonuçların ancak doğru teoriden çıkabileceğine inanırdı ve bizim salt araştırma dediğimiz etkinliğe hiçbir şekilde karşı değildi. Yine de Süleyman Evi betimlemesinin ereksel hedefi hakkında bıraktığı izlenim doğrudur. Ona göre bilginin amacı insanın durumunun iyileştirilmesi, yaşamın konforlu ve insan için uygun duruma getirilmesiydi.

17. yüzyılın bütün aydınları Bacon yararcılığının yandaşı değildi. Gerçekten de bu ideal, yani mekanikçi bilimden çok doğaya ve onun gizemli güçlerine bilerek egemen olma amacı güden, Rönesans natüralizmi ve doğasal sihir Bacon'ı derinden etkilemişti. 17. yüzyıldan bu yana Batı dünyasını dönüştüren türlü ekonomik ve sosyal değişimler, Bacon yararcılığını benimsedi. Bu değişimlerde teknoloji önemli bir rol oynadı ve teknoloji doğa bilimiyle her zamankinden çok paralellik içinde oldu. Bu bakımdan 17. yüzyılın bilimsel hareketi, sonradan modern kültürün adeta ahlakı haline gelmiş olan bilginin işlevi idealinin biçimlenmesine katkıda bulundu.

17. yüzyıl sonuna gelindiğinde modern doğa bilimi Avrupa sahnesinin önemli bir etmeni olmuştu. Copernicus'un Doğu Prusya'da dünyadan yalıtılmış bir durumda araştırmalarını sürdürme çabası örneğinde olduğu gibi, "yalnız" araştırmacılar devri kapanmıştı. Bilimsel hareketin sürmekte olan yükselişi artık hareketin yarattığı örgütlü derneklerin güvencesi altındaydı. Doğa biliminin oluşturduğu (örneğin Batı uygarlığının bir bütün olarak dünyanın yemden biçimlendirilmesi olasılığını ortaya koyması nedeniyle) etki 18. yüzyılın Aydınlanma dönemine doğru yönelen Avrupa kültüründe de kendisini duyurmaktaydı. Bu anlamda Batı tarihini, başlangıçta Hıristiyanlık etrafında örgütlenmiş bir kültürden, bugünkü bilim etrafında oluşmuş, bir kültür haline dönüştüren bilimin düzenli olarak genişleyen rolü ile özetlemek abartma olmayacaktır. Dönüşüm daha bilimsel devrim tamamlanmadan önce başlamıştı.

- xnuuern nuımın

7. Mekanik Bilimi

17. yüzyıl bilimine iki akım egemendi. Bunlardan meka-nikçi felsefe aracılığı ile ifade edileni, bütün gizemsel izlerin doğa felsefesinden silinip atılması biçimindeki bir zorlamaydı. Esin kaynağını eski dünyanın atomcularından alan yeni doğa kavramı, her bir olayın arkasındaki mekaniksel gerçekliği açıklamak kararındaydı. Bilimin hiçbir alanı yeni "yaklaşımın" etkisinden uzak kalamadı. İkinci akımın geçmişi de yine eski çağlara, Pythagorasçıhğa dayanıyordu. Olayların kesin matematiksel betimlenmesi ile ilgilenen bir adam, Güneş merkezli astronomiyi canlandırdı. 17. yüzyıldaki mekanik bilimi bu akımın en açık ifadesidir.

Modern mekanik biliminin tarihi, Galileo'nun ilan ettiği yeni hareket kavramı üzerinde yapılan bir dizi incelemeden ibarettir. İlk incelemeyi Descartes yaptı. Galileo, Coperni-cus'un koyduğu problemi çözmeyi amaçlamışken, Descartes dikkatini yeni doğa felsefesinin ifade edilmesinde yoğunlaştırmıştı. İşte bu yoğunlaşma onun Galileo'nun atmayı hiçbir zaman başaramadığı bir adımı atmasını sağladı. Galileo'nun kafasında bir merkez etrafındaki eylemsizlik (dairesel) hareketi, "doğal hareket" adını verdiği merkeze doğru hareketten daima ayrı birşey olarak yer etmişti. Bu tür bir ayırım Des-cartes'm evreninde tamamen ortadan kalkmıştır. Hareketteki bütün değişiklikler aynı nedenden, yani bir madde parçacığının diğerine çarpmasından kaynaklanmaktaydı. Konu çerçeve içinde ele alındığında, Galileo'nun eylemsizlik hareketinin, bir kütlesel çekim merkezi etrafındaki dairesel hareket olduğu varsayımından kuşkulanmak kolaylaşmaktaydı. Descartes hareket halindeki bütün cisimlerin doğrusal bir yol izleme eğiliminde olduğu sonucuna vardı. Cisim eğ-risel yolu sadece bir şeyler kendisini saptırırsa izlemekteydi.

Doğa bir doluluk olduğuna göre, her cisim sürekli olarak saptırılmaktaydı. Yine de eylemsizlik hareketi doğrusaldı.

Descartes verdiği bu kararın sonuçlarını saptamaya uğraşırken, dairesel hareketin mekaniksel unsurlarının ilk çözümlenmesini yapmayı da denedi. Yaptığı çözümlemede mekanik açısından büyük kusurlar vardı. Öyle ki, bugün fiziğe yeni başlayan bir öğrenci söz konusu çözümlemeden daha iyisini yapabilir. Ancak bugünkü öğrenciden farklı olarak Descartes'in önünde kendisine örnek alabileceği hiçbir şey yoktu. Onun çözümlemesini başkaları örnek aldı ve bu örnek üzerine mekaniğin temellerini kurdular. Bu temeller üzerinde bugünün öğrencisine dairesel hareketin çözümlenmesi kolayca öğretilebilmektedir. Descartes'in 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" hissederiz. Zira taş ipi elimizden fırlatıp dosdoğru "dışarı kaçmak" eğilimindedir. Descartes, merkezden dışarı kaçış eğilimi için nicel bir ifade

bulmayı denemedi bile. Bu eğilimin varlığı ile yetindi ve bu durumu doğa felsefesi sisteminin merkezcil bir etkeni olarak kabul etti.
Descartes'in doğa felsefesi mekanikteki bir başka problemi daha vurguluyordu. Gizemli sayılan her şeyin bilinçli olarak dışlanması "etkiyi" de, sadece cisimlerin birbirine doğrudan değmesi ile sınırlamıştı. Dolayısıyla çarpma sorunu mekanikçi filozoflar için büyük bir önem kazanmaktaydı. Problem kolay değildi. Galileo vurma kuvveti adını verdiği bu etkiyi kayda değer bir başarıya ulaşmaksızın incelemişti. (Bu yüzden de çalışmalarını yayımlamamıştı). Descartes'in çarpma ile uğraşma girişimi, mekanikçi felsefesine kesin nicel mekaniği katma denemelerinin birkaç örneğinden birisidir.
Çözümlemesini hareket miktarının korunumu üzerine oturtmuştu. Hareket miktarı ile işaret ettiği şey, cismin büyüklüğü ile hızın çarpımıydı. Bu kavram bugünkü momen-

turn kavramımızın benzeridir. Sadece onun sözünü ettiği "büyüklük" bizim "kütlemizden" farklıydı ve incelemelerin-deki hız da vektörel bir nicelik değildi. Descartes'ın akıl yürütmesine göre, hareketin ereksel nedeni olan Tanrı'nm değişmezliğinin zorunlu bir sonucu olarak, evrendeki toplam hareket miktarı da sabit kalıyordu. Bununla beraber her bir cismi bir birim olarak ele aldı. Çarpışma sonrasındaki hareketlerin toplamı öncekine eşit olmalıydı. Öte yandan Descartes konuyu yalın bir hareket korunumu problemi olarak dü-şünemiyordu ve Galileo örneğinde olduğu gibi bir çarpma "kuvvetine" başvuruyordu.
"Bir cismin diğerine etki ettirdiği ya da bir cismin başka bir cismin etkisine direnmesini sağlayan kuvvet, her cismin kendisini içinde bulunduğu durumda kalmaya mümkün olduğu kadar gayret etmesinden ibarettir". Bu öncülden yola çıkarak, şaşırtıcı olan üçüncü hareket yasasını, yani çarpma yasasını ortaya koydu.
"Eğer hareket halindeki bir cisim kendisinden daha "kuvvetli" bir başka cisimle karşılaşırsa hareketinden hiçbir şey kaybetmez ve eğer hareket ettirebileceği daha zayıf bir cisimle karşılaşırsa, öteki cisme verdiği kadar 'hareket' kaybeder."
Tartıştığı yedi ayrı durumda da Descartes hareket miktarını 'yönden' ayrı tuttu. Hareket yönündeki bir değişiklik hareket miktarını değiştirmiyordu. Örneğin hareket etmekte olan bir cismin duran daha büyük bir cisme çarptığını düşünelim. Büyük olanı, sırf daha büyük olduğu için, bulunduğu durumda kalmak konusunda 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 cismin hareketi aynı kalmak üzere, sadece yönü tersine dönmüş olarak geri sıçraması gerekliydi. Benzer

şekilde, biri diğerinden daha yavaş olan iki eşit cisim zıt yönde birbirlerine doğru hareket etse-

ler, yavaş (daha zayıf) olanı hızlı (daha kuvvetli) olanının durumunu değiştiremeyecekti. Yavaş olan geriye doğru aynı hızla da sıçrayamazdı, zira hızlı olan bu yönde daha büyük bir hızla hareket etmekteydi. Hızlı cisim fazla hızının yarısını yavaş olana aktarıp, ikisi birden hızlı cismin ilk hareket yönünde hareket edecekti.

Descartes'm çarpma incelemesi, cismin bulunduğu durumu muhafaza kuvveti düşüncesi ile içinden çıkılmaz bir hale gelmişti, ancak onun mekaniğinde daha "açık" bir kuvvet kavramı yer almıyordu. Bugün kabul edildiği haliyle en basit dinamik olay, düzgün kuvvetin meydana getirdiği sabit ivmeli harekettir. Galileo serbest düşmeyi düzgün ivmelenen bir hareket olarak tanıtlamıştı, ancak ne Galileo ne de Descartes bu hareketin nedeninin kuvvet olduğunu söylememişlerdi. Böyle bir kuvvet ne olabilirdi? Bu soruya "çekim" yanıtı verildiğinde, gizemli özelliklerin hayali korkunç yüzlerini ortaya çıkartmaktaydı. Galileo tüm bu konulardan serbest düşmeye "doğal hareket" diyerek kaçmaktaydı. Descartes'm dünyasında ise doğal hareketler mevcut değildi. O ağır cisimlerin yere doğru neden düştüklerini açıklamak için merkezkaç eğilime dayalı bir görüş ortaya attı. Ağırlık, yerden dışarı merkezkaç eğilimleri büyük cisimlerden daha fazla olan birçok küçük parçacığın, çok sayıda çarpmaları sonucu meydana gelmekteydi. Dolu bir uzayda daha küçük merkezkaç eğilimi olan cisimler merkeze doğru itilirlerdi ve sonuçta bu cisimlere "ağır" derdik. Böylece ağırlık kavramı gizemli çağrışımlardan kurtulmaktaydı. Aynı zamanda bu açıklamayla, Galileo'nun ulaştığı serbest düşmenin düzgün ivmelenen bir hareket olduğu sonucu ile, Descartes'm bütün cisimlerin aynı ivmeyle düştüğü sonucu ağırlık kavramı ile bütün uyuşma olanaklarını yitirmiş olmaktaydı. Mekanikçi filozofların "hareket eden bir cismin kuvvetinden" başka hiçbir kuvvet kavramı düşünemeyişleri, matematiksel bir dinamiğin gelişmesine engel oluşturmasının yanısıra mekaniği, hareketlerin onlara neden olan kuvvetlere hiç değinilmeden incelendiği kinematik problemlerle sınırlama eğilmine sokmuştur.

ıto

Ancak Galileo'nun italyan havarilerinin en büyüğü olan Evangelista Torricelli, Galileo kinematiğine gerçekten dinamik olan bir takım kavramları uygulayabildi. Her ne kadar onun dinamiği bugünkünden tamamiyle değişikse de, Galileo'nun sorularının dinamik bir yorumunun doğasında bulunan temel matematiksel bağlantılar hemen göze çarpıyordu.

Torricelli Galileo'nun çarpma kuvveti problemiyle işe başladı. Bir masayı kırmak için bin kiloluk bir ağırlık gerekirken, yeterince yüksekten düşen yüz kilo ağırlıktaki bir cismin masayı kırabilmesi nasıl mümkün oluyordu? Torricelli bu soruyu, bir cismin ağırlığının, her bir anda ağırlığına eşit bir "zor" üreten,

bir iç ilke olduğunu söyleyerek yanıtladı. Bunun için çeşme örneğini kullandı. Çeşme, zoru ya da mo-mentumu sürekli olarak akıtan bir ağırlıktı. Eğer bir çeşme dakikada bir litre su akıtırsa, yüz litre su biriktirmek için, bir litrelik bir kabı yüz kere doldurmak gerekirdi. Aynı şekilde ağırlık dediğimiz çeşmeden de -dışarı akan momentu-mu-, bir değil bir çok anda biriktirebilirsek istediğimiz güce ulaşırdık. Peki ya momentumu nasıl biriktirecektik? Cismi düşmeye bırakarak. Masa üzerinde yüz kiloluk ağırlık durmaktayken masanını direnci, her bir anda yaratılmakta olan momentuma karşı koymakta ve onu yok etmekteydi. Cisim düşerken ise momentum bir önceki anda üretilene eklenmekte, böylece de cismin gücü sürekli olarak artmaktaydı. Böylece, yeterince yüksekten bırakılan yüz kiloluk bir cisim, masayı kırmak için gereken bin kiloluk bir güce sahip olabiliyordu.

Torricelli'nin bize hiç de aşina olmayan bir kavramlar demeti kullanmakta olduğu açıktır. Zaten problemi tanımlayış biçimi, yani dinamik vurma etkisini statik ağırlıkla ölçmeye çalışması tuhaf görünmemektedir. 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. Torricelli'ye göre madde bir kaptı (Kuvvetin ve hızın mo-

mentumunun birikmesine yarayan, büyülü bir Kirke vazosu). "Kuvvet ve dolayısıyla zor, öyle ince soyutlamalar, öyle ruhsal özlerdir ki, doğal cisimlerin en içindeki maddesellik dışında hiçbir kapta muhafaza edilemezler". Torricelli içsel-leştirilmiş kuvvetlerin cisimlerin yörüngesini belirlediği Or-taçağ'm zor mekaniğinin bir yorumunu yapmaktaydı. Şimdi yaptığı, "zor mekaniğini" Galileo kinematiğine uygulamaktı ve bize bugün yabancı gelen ifadelerinin altında modern dinamiğin birtakım bağıntıları yatmaktaydı. Düşey ve eğimli düşüş için, ağırlığın (gravitas) impetus rolünü oynadığı dinamik bir görüşü benimsemiş, kuvvet ve ivmenin birbiriyle orantılı olduğunu da fark etmişti. Aynı şekilde sabit bir kuvvet ile, bu kuvvetin etki ettiği sürenin çarpımının sükûnetten itibaren düşüşe geçen cisimde meydana gelen toplam momentuma eşit olduğunu da görmüştü.

Daha da önemlisi, serbest düşmeden türettiği bağıntıları başka durumlara da uygulayabiliyordu. Bunlar arasında çarpmanın kendisi de vardı. Eğer bir zor her bir "an" da birbiri ardına etkilenen ağırlıkların toplamı ise, ve an'lar 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 durum hiçbir 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 fark etmişti. Her iki halde de aslında aynı denklemi uygulamaktaydı.

F.t=A(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 bütünüyle farklı bir problemin çözümlenmesinde de kullanmasıdır. Büyük bir kadırga ve küçük bir sandalın bir rıhtımdan yirmi metre uzaklığa demir attı-

ğını düşünelim. Bir adam kadırgayı kıyıya doğru itse, bütün çabasına karşın gemiye güç bela birazcık hız verebilir, yine de kadırga çarpınca rıhtımı sarsar. Buna karşılık, adam kayığa büyük bir hız verebilir, ancak kayığın rıhtıma çarpınca doğurduğu etki hemen hemen hiçbir şeydir.

"Adama kadırgayı ne kadar süre de 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 gitmemiş ya da havaya uçmamış-tır. Bu kuvvet kadırganın hareketi mümkün olmasaydı yok olabilirdi, ya da hareketi engelleyen kaya ya da demir tarafından ortadan kaldırılabilirdi. Aksine, su direncini alıp götürdüğü küçük bir miktarı hesaba katmazsak 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 çözümlenmesinde daha az şiirsel hayallere başvurmaktayız. Ancak ulaştığımız sonuç Torri-cellininki'nin benzeridir.

Mekanikçi filozofların Galileo kinematiğinin dinamik bir yorumunu kolaylıkla neden yapamadıklarını anlamak için, Torricelli'nin çözümlemesinin kavramsal malzemesiyle Des-cartesınkiler'i karşılaştırmak yeterlidir. Gerçekte Torricelli'nin ders notları 18. yüzyıla kadar basılmadı. Ancak derslerin verildiği tarihte basılmış olsalardı bile, kabul göreceklerini söylemek zordur. Bu arada, bastırdığı Opera Geometrica (Geometri Eseri 1644) adlı eserinde, mekanik bilimine önemli bir etki yapmış olan başka bir 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, iki cisim bir makaradan geçen bir ipin iki ucuna bağlandığında, eğer bu süreç içinde ortak ağırlık merkezleri aşağı iniyor ise,

cisimlerden biri düşer ve ötekini yukarı çeker. Torricelli dış etkilerden yalıtılmış iki cismin ağırlık merkezinde yoğunlaşmış tek bir kütle gibi davranacağı gerçeğini yakalamıştı. Böylece Gali-leo'nun ağır cisimler kinematiği, cisimler sistemini de kapsayacak şekilde genişletilebilecekti. Mekanik bilimi bu düşünceyi daha da geliştirerek, 17. yüzyıldaki en büyük zaferlerinden birisine ulaştı.

Konuyu derinleştiren kişi Hollandalı bilim adamı Christi-aan Huygens'tir. Descartes'm bir arkadaşının oğlu olan Huy-gens bir Descartesçı olarak yetişmiş ve öğrenim görmüştü, ancak hareketin kesin matematiksel betimlemesiyle Galileo da kendisini en az Descartes kadar etkilemişti. Daha genç bir adamken Descartes'm çarpma kurallarının yanlış olduğunu öne sürerek,Descartesçı hocasını utandırmıştı. Aslında "öne sürmek" sözü çok hafif kalır: Huygens Descartes'm hatasını Descartes'm kendi ilkelerini kullanarak ortaya koymuştu. Descartes'a göre dinginlik ve hareket göreli 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 çapışma kuralları farklı referans noktalarında farklı sonuçlar vermekteydi. Küçük bir cisim duran büyük bir cisme çarptığında hız değişmeden geri sıçrıyor, bu arada büyük cisim hiçbir değişime uğramıyordu. Ancak referans noktasını küçük cisim dinginlikte olacak şekilde kaydırdığımız zaman, büyük cisim küçük cisme verdiği kadar hareket kaybedip küçük cismi harekete geçiriyor ve çarpmadan sonra iki cisim beraber hareket ediyordu. Kuşkusuz, eğer hareket ve dinginlik Descartes'm iddia ettiği gibi göreli kavramlarsa elde edilen sonuç birbirleriyle tutarsızdı. 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 biraraya getirererek cisimleri çarpıştırmaktaydı. (Biz bugün bu düzenlemeyi, sürtünme türünden düzensizlikleri ortadan kaldıran ve Galileo'nun idealleştirilmiş hareketini gerçekleştirmeye çalışan bir düzenek olarak ele almaktayız), iplerin sağladığı kolaylık sayesinde tekne geçip giderken, adam kıyıda durmakta olan bir başka adamla ellerini birleştirebiliyordu. îki adam beraberce tek bir deneyi yapabilmekteydi. Huygens çarpışmanın (ki bu birbirine doğru eşit hızla ve zıt yönden gelen, eşit büyüklüklü ve "kusursuz sert" olan cisimlerin çarpışmasıydı) iki cismin aynı hızla geri sıçramaları biçiminde gerçekleştiğini varsaydı. Huygens deneyin cisimlerle aynı hızla 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 de ikinci cisim dinginliğe ulaşacaktı. Huygens teknenin hızını değiştirerek eşit cisimler arasındaki bütün çarpma 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 çarpsa küçük cismi harekete geçirir ve kendisinden ne kadar hareket kaybederse o kadar hareketi küçük cisme aktardı. Tekne aracılığıyla artık hareket ve dinginlik durumlarını birbirlerine dönüştürebiliyordu. Yeni referans noktasından bakıldığında, hareket etmekte olan küçük cisme büyük cismin verdiği hareket, sanki küçük cisim tarafından büyük cisme aktarılmış hareket gibi görünmekteydi. Böylece Huygens, Des-cartesınki'ne doğrudan doğruya zıt bir sonuca ulaştı. "Ne kadar küçük ve hangi hızla olursa olsun bir cisim başka bir cisme çarptığında, çarptığı cisim ne kadar büyük olursa ol-

sun onu hareket ettirir". 17. yüzyılın maddenin eylemsiz edilgenliğine olan inancını hiçbir şey bundan daha açık ifade edemezdi.

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

"iki 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 sonuçlan 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 nedeniyle her bir çarpışmada, cisimlerin büyüklükleri hızlarıyla ters orantılıydı ve çarpışmadan sonra cisimler birbirlerinden, çarpışma öncesinde sahip oldukları hızlarla ayrılırlardı. Kuşkusuz, ağırlık merkezi hiçbir değişime uğramamaktaydı. "O halde" diyordu Huygens, "bütün cisimlerin bütün çarpışmaları için geçerli olan takdir edilecek bir doğa yasası vardır".

"iki, 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 ilkeyi, böyle bir kısıtlılık altında olmayan cisimlerin eylemsizlik hareketine de uyguladı. Yalıtılmış bir cisimler topluluğu, ortak ağırlık merkezlerinde yoğunlaşmış tek

bir cisim gibi düşünülebilirdi. Soruna bu açıdan bakınca, hiçbir darbe kuvvetini işin içine katma-

152

dan, çarpışmanın tamamen kinematik bir incelemesi mümkün olmaktaydı. Huygens'in incelemesinin başlığında "kuvvet" sözcüğü yer almamaktaydı: Çarpışan Cisimlerin Hareketi Hakkında Descartes'm çarpışma konusundaki görüşleri kendi bakış açısının temel unsurlarını kapsamaktaydı. Çarpışmada hiçbir 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 temeli ve onun doğa felsefesinin temel taşı yanlış görünmekteydi. Hareket miktarı bütün çarpışmalarda, en azından bütün referans çerçevelerinde korunmamaktaydı. Yön ve hızı birbirinden ayırırken 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 çarpışmasında bir başka nicelik sabit kalmaktaydı. Her cismin büyüklüğü hızlarının karesi ile çarpıldığında elde edilen iki niceliğin toplamı, çarpışma sonrasında, çarpışma öncesindeki ile aynı kalmaktaydı. Huygens için bu işlemin sonucu, yani büyüklüklere hız karelerinin çarpımı sadece bir sayıydı ve bu sayı referans alman "çerçeveden çerçeveye" değişmekteydi; ancak, kusursuz sert cisimlerin çarpışmaları halinde her bir çerçevede sabit kalmaktaydı. Dolayısı ile bu nicelik, yanlışlığı gösterilmiş olan Descartes'ın öne sürdüğü hareket miktarının yerine geçmekteydi.

Başkaları ise bu nicelikte, sadece bir sayı olmanın 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 konusundaki incelemesi, kusursuz sert adını verdiği cisimlerin çapışmalarmın tam bir çözümünü veriyordu. Bu çalışmayı tamamladığı sıralarda daire-

153

sel hareket problemini de ele almış bulunuyordu. Çıkış noktası yine Descartes'tı; 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 çözüme göre "kuvvet" sözcüğünün kullanımı ilgi çekici (dinamik düşünceleri özellikle dışladığı gözönüne alınırsa) olmaktadır. Bu incelemesinde kuvvet sözcüğünü kullanması statik bakımdan tamamiyle kabul edilebilirdi. Ucuna bir ağırlık bağlanmış bir ip tuttuğumuzda, ağırlığın aşağı doğru ipi gerdiğini hissederiz. Aynı ağırlığı dönen bir paltformda tutsak, ipin yançapsal 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 (ABC) düşünelim. (Bak. Şek. 7.1.) ikinci yarıçap düzgün bir hızla dönmekte, dolayısıyla da ucuna tutturulmuş bir cisim de çember üzerinde düzgün olarak hareket etmekte olsun.

Yeldi 7.1. A' daki açı küçük ise, DC a (BD)2 olacaktır.

Huygens'e göre merkezkaç kuvveti, eğriyi her bir noktasında terketmeye çabalayan cismin doğrusal eylemsizlik hareketinden kaynaklanmaktaydı. 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 (D) nin (B) yayının uzunluğu ile orantılı olarak artacağıdır. Açısal hareket düzgün olduğuna göre, yay uzunluğu bir zaman ölçüsü olarak alınabilir. Bu durumda Huygens cismi teğet hareketten geri çekip, 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 ağırlık 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'm etkisiyle ağırlığa merkezkaç kuvvetin bir sapmasının neden olduğunu kabul ediyordu. Bir taş düşerken yerden de eşit miktarda çok ince bir madde yukarı hareket etmeliydi. 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, ilk bulgusuna göre merkezkaç kuvvet ağırlıkla ya da cismin madde miktarıyla orantılı olarak artmaktaydı.

Huygens kütle kavramına en çok bu kadar yaklaşabil-miştir. 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 ile başlayıp yarıçapın yarısı kadar bir yükseklikten düştükten sonra kazanacağı hıza eşit olacağını kanıtladı. Bu bağıntıyı, düzgün ivmeli hareketteki hızı mesafeye bağlayan formülde yerine koyarsak merkez-

kaç kuvvet için bugün kullandığımıza özdeş bir formül elde ederiz.

mv2

P= ----------

r

Huygens, dairesel hareketin dinamik incelemesiyle, matematiksel mekaniğin güçlenmekte olan silah deposuna, önemli güce sahip yeni bir silah daha eklemiş oluyordu.

Formülün, sarkaç periyodu denklemini türetmekte nasıl kullanılabileceğini de yine Huygens tanıtladı. Türetme konisel sarkacı gözönüne almakla başlıyordu. Konuya yaklaşımında mekanikçi filozofların dairesel hareket hakkındaki ortak görüşleri kendisini açıkça gösterir. Konisel bir sarkaçta merkezkaç kuvvet sarkaç ucundaki ağırlığı kısmen karşılar; aksi takdirde düşey doğrultuda asılı kalacak olan bu ağırlığı düşeyden sapan bir doğrultuda tutar. (Bak. Şek. 7.2.) ip düşeyle 45'lik bir açı yaptığı zaman merkezkaç kuvvetin ip ucundaki ağırlığa eşit olacağı sezgiyle görülmekteydi. Bu şekildeki konisel bir sarkaçta, ağırlığın üzerinde hareket ettiği çemberin yarıçapı, koninin yüksekliğine eşitti;

Şekil 7.2.

dolayısıyla da (dairesel hareket için yaptığı çözümleme gereği) ağırlığın hızı, ağırlığın yüksekliğin yarısına eşit bir yükseklikten düşmesiyle ulaşacağı hıza eşit olacaktı. Bu denklem yardımıyla cismin, koninin yüksekliği kadar yol alabilmesi için geçen zamanı sarkacın periyodu ile de karşılaştıra-biliyordu. 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) kareköküyle değiştiğini tanıtladı. Galileo adi sarkacın periyodunun uzunluğunun karekökü ile değiştiğini göstermişti. Huygens de küçük salınım limitinde konisel sarkacın adi sarkaca özdeş olduğunu buldu. O halde konisel sarkacın periyodu, uzunluğu koninin düşey yüksekliğine (AB) eşit olan adi sarkacın periyoduna eşitti. Bir dizi basit oranlar ardında da kendi konisel sarkaç çözümlemesini ve Galileo'nun kinetik düşmesini kullanarak, bir sarkacın periyodu ile sarkaç yüksekliğinden düşme süresi arasındaki oran için 71V2 değerini buldu. Düşme süresi V2/g idi. O halde sarkaç periyodu da 2nVl/g olmalıydı. Huygens için bu denklemde bilinmeyen şey yerçekimi ivmesi olan g'ydi. Periyodu

Yekil 7.3.

ve uzunluğu ölçebiliyordu. Galileo zamanından beri birçok kişi g"yi cisimlerin bir saniyede düştüğü mesafeyi hesaplayarak ölçmeye çalışmıştı. Çoğu g için 7.32m/sn2 civarında bir sonuç bulmuştu; Jesnit Riccioli 9.14 m/sn2 değerini elde etmişti. Huygens ise g için 9.81 m/sn2 değerini elde etti ki bu rakam Hollanda enlemi için bizim bugün yaptığımız en iyi ölçmelerin sonucu ile uyuşmaktadır.

Yukarıda değindiğimiz sonuçların ötesinde, Huygens sikloyidin* eşzamanlı eğri olduğunu, yani bir cismin bir eğri üzerindeki her bir noktadan merkeze eşit

zamanda düştüğünü de tanıtladı. (Bak. Şek. 7.4.) Bir sikloyidin kendisine eşit bir sikloyidin zarfı olduğunu da tanıtlamış bulunduğundan, iki sikloyidsel yüz arasında bu yüzler etrafında kordonu dolanarak salman bir sarkacın yörüngesinin sikloyit ile eşzamanlı olacağı sonucuna ulaştı.

Huygens teorisine dayanarak, 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 mirasçısı olarak niteleyebiliriz. Galileo ve Newton arasında matematiksel mekaniğin ilerlemesine onun kadar katkı yapan bir başka kişi daha yoktur. Birçok bakımdan Descar-tes'm izleyicisi olmayı da sürdürmüştür. Huygns'in evreni ayrıntılarda farklı olsa da, Descartes'ın evreni kadar katı bir şekilde mekanikseldi ve mekaniğe olan kinematik yak-

*Sikloyit: Bir düzlem üzerinde kaymadan, sabit hızla dönen bir çemberin üzerindeki bir noktanın geometrik yeri.

(a)

Şekil 7.4. (a) Bir cisim CBGA sikloyidi üzerinde rasgele seçilen herhangi bir B noktasından, sikloyit boyunca A' ya, C'den yine sikloyit boyunca düşeceği zamana eşitbir sürede düşer, (b) iki sikloyidsel yüz arasında salman sarkaç için Huygens'in yaptığı çizim. C'den aşağı uzanan iki eğri özdeş sikloyidlerdir. CA sarkacı salmdıkça ip yüzler etrafında dolamr ve Huygens'in tanıtladığı üzere, sarkaç ağırlığı sahnırken yüzleri oluşturan sikloyidlere özdeş bir sikloyit izler.

H X

Şekil7.5. Fiziksel sarkacın çözümü için Huygens'in çizdiği şekil. AB toplarının çizgisi, AO konumundan salımma bırakılan bir katı çubuk ile temsil ediliyor. Çubuk düşey konumdayken bileşen parçalanna aynlmış olarak düşünülüyor ve CD toplannı çizgisi de ayn parçalan temsil ediyor. Daha sonra her bir parça dosdoğru yukan çıkacak şekilde sapmış olarak hayal ediliyor. AS düz çizgisi üzerinde çubuğun her bir parçasının düştüğü yükseklik işaretlenmiştir. CE eğri çizgisi üzerinde de her bir parçanın birbirinden ayrıldıklan zaman çıkabileceği yükseklik işaretlenmiştir. Parçalann birbirlerinden ayrıldıktan sonraki ağırlık

merkezinin yüksekliği, çubuğun ağırlık merkezinin ilk yüksekliğinden daha büyük olamayacağından, ABS üçgeninin alanı, CDE eğrisel alamna eşit olmak zorundadır. laşımı da bu evrenin gereksinmeleri zoruyla olmuştu. Huy-gens'e göre mekanik sadece çarpışarak etkileşebilen hareketli cisimlerin bilimiydi. Kuvvet kavramı, sadece dairesel hareketle ilişkisi içinde ortaya çıkmıştı ki, cisim üzerindeki bir etkiyi değil hareket halindeki cisimlerin bir eğilimini temsil etmekteydi. Bu kavram Descartes'ın bazan kabaca momentum adını verebileceğimiz "bir cismin hareketinin kuvveti" kavramının bir benzeriydi ve mekanikçi filozoflar için kabul edilebilir nitelikteydi.

Fransız Academie des Sciences'in bir üyesi ve Paris sakini olan Huygens, kariyerinin zirvesindeyken Paris'te öğrenimini tamamlamaya gelmiş olan genç bir Almanla, Gottfried Wilhelm Leibniz ile (1646 -1716) tanıştı. Huygens matematik ve mekanik konularında Leibniz'in akıl hocası oldu. Sonraları Leibniz, Huygens'in vardığı bazı sonuçları daha da üst bir genelliğe ulaştırdı. Leibniz 1686'da "Descartes'ın Unutulmaz Bir Hatasının Kısa Bir Tanıtlaması" başlıklı makale-

siyle Avrupa'nın felsefe çevrelerini tedirgin etti. Makalenin ana teması cismin hareketinin kuvveti hakkındaki Descartes kökenli kavramdı; ve Leibniz tanıtlamasının öncülü olarak, verilen bir yükseklikten düşen bir cismin hiçbir etki olmadığı takdirde kendisini ilk yüksekliğine geri taşımaya yetecek kadar kuvvet kazanacağını iddia etti. Bu ilke, 17. 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 fazladan bir metreye yükselmesine neden olan kuvvet başka bir amaca yöneltile-bilirdi. (Örneğin ideal yükselme olan dört metreye ulaşmak için sürtünme kuvvetini yenmek için kullanılabilirdi) Bu ise hiçbir şey vermeden bir şeyler almak demekti ki; olanaksızdı. İkinci olarak Leibniz, dört kiloluk bir cismi bir metre yükseltmek için gerekli 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 bölsek, bu birimleri birbiri ardına birer metre yükseltmek elbette ki bir kiloyu arka arkaya gelen dört eşit adımla 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 birimli hızla fırlatıldığında onaltı metre yükselir diyen Galileo bir kez daha Descartes'ın karşısına dikiliyordu.

"O halde impetus ile hareket miktarı arasında büyük bir fark vardır" sonucuna varıyordu Leibniz. "Bizim uğraştığımız gibi birinden diğeri hesaplanamaz. Bu durumda öyle görülüyor ki, kuvvet, daha çok meydana getirdiği etki yardımıyla tahmin edilmelidir: Kuvvet, verilen bir büyüklük ve

161

türdeki ağır bir cismi kaldırabildiği yükseklikten bulmalı, cisme verdiği hızdan bulmamalıdır.

Hareket miktarının korunumu Descartes yanlısı 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 sonsuz bir mekaniksel hareket meydana gelebilirdi ki, bu saçmalık olurdu. Öte yandan eğer kuvvet azaltılabilseydi, sonunda tamamen ortadan kalkacaktı; zira, hiçbir zaman artmayacağı, fakat herşeye karşın azalabileceği için, gitgide daha çok eriyecekti ki, bu durum nesneler için kuşkusuz aykırı bir durum yaratacaktı." 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 bütünüyle tüketen bir etki ile ölçülebilirdi 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 impetusu birbirine karıştırmasıydı. Kuvvetin kendisi etkisinden ayrı ölçülebilir miydi? Leibniz'in yanıtı kullandığı örnekteydi. Kuvvetin ölçüsü, kütle ile hız karesinin çarpımı, yani Huygens sayışıydı.

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 eğiliminin başlangıcını ya da bitimini oluşturan statik kuvvetleri ölü kuvvet olarak niteliyordu (Kendisi conatus -çaba- sözcüğünü kullanıyordu). Tam bir zor ile etki eden canlı kuvvetler söz konusu olduğunda ise hareket miktarı ölçü olamazdı. "Canlı gücün ölü güce ya da

162

zora eşitliği, bir çizginin noktaya ya da bir düzlemin çizgiye eşitliği gibidir."

Kuşkusuz Leibniz için canlı kuvvet (vis viva) basit bir sayı olmaktan öte bir şeydi. Kendi başına bir öz olan canlı kuvvet, içeriği mekanik konusundan çok ötelere uzanan metafiziksel bir önem taşımaktaydı. Leibniz için vis viva'nm korunmu Tanrı'nın yaratıcılığının ezeli ve ebedi oluşuyla özdeşti. Mekanik için

ise bir takım problemlerin daha iyi anlaşılmasını sağlıyordu. Bu problemlerin başında da kuşkusuz, kendisinin Descartes'm yanlışını ortaya koyduğu problem, yani düzgün ivmelenen harekette kuvvetin artışı geliyordu, ikinci problem ise, çözerken Huygens'in çözümlemesini izleyip, daha da ilerlettiği, çarpışma olayıydı. Huygens için esneklik her zaman için bir sorun olmuştu ve sadece ideallleştirilmiş bir durum 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'nm, cisim durdurulduğu zaman esnek kuvvet haline dönüştürdüğünü ve zıt yönde yeni hareket meydana gelirken yeniden oluşturduğunu öne sürerek ele aldı. Çözümlenmesini esnek olmayan çarpışmaları da kapsayacak şekilde genişletti: îki eşit, yumuşak çamur topağı zıt yönde, eşit hızla hareket ederek birbirine çarptıkları zaman ikisi de duruyordu. O halde canlı kuvvet ne olmaktaydı? Leibniz, toprakların toprak olarak canlı kuvvetlerini yitirdiklerini kabul ediyordu.

"Ancak, toplam kuvvetin bu yitirilişi, aynı kuvvetin Dünya çapında korunumu yasasının çürütülemez doğruluğundan bir şey eksiltmez. Zira bu kuvvet kesişen cisimlerini toplam kuvveti olarak yitirilmiş olmakla beraber, küçükj parçalarca soğurulduğundan, mutlak olarak düşünül--düğünde evren için yitirilmemiştir."

Büyük cisimlerce yitirilen kuvvetin bu cisimlerin çalarına aktarılmış olduğunun öne sürülmesi, ilerisi içil

anlamlarla yüklüydü. Aslında Leibniz bunu, canlı kuvvetin korunumu ilkesini kurtarmak için apriori bir biçimde öne sürmüştü. Parçalanan kuvvetin (biz hareketin diyelim) ısı olarak ölçülebileceğini fark edememişti.

Leibniz'den sonra 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 Leibniz buldu. Bununla beraber, Leibniz'in kuvvet kavramı modern fiziğin Newton'u izleyerek kullandığı kavramdan farklıdır. Leibniz'in kullandığı şekliyle "kuvvet" daha çok bizim "kinetik enerji" deyimimizle karşılanabilir. Leibniz'in doğa felsefesi Descartes'mkinden çok farklı olmakla beraber, yine de kuvveti cisimler üzerine etki ederek onların hareketini değiştiren bir şey olarak değil, cisimlerin sahip olduğu bir şey olarak ele almıştır. Gerçi ölü kuvvet düşüncesiyle öteki kuvvet kavramına yaklaşmış, ama ölü kuvveti durgun hallerle sınırlı tutmuştur. Her ne kadar, içinden canlı bir kuvvetin çıktığı ölü bir kuvvet olarak, esnek kuvveti ağırlıkla karşılaştır-mışsa da, çözümlemesi hiçbir zaman soyut sözlerden öteye gitmemiştir.

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 karmaşık

problemlerine hapsediyordu. Huygens bazı problemlerde bu sınırları aşmayı başardı ve sikloyidin eşzamanlılık özelliği ile fiziksel sarkacın salınım merkezini tanıtlaması, geleneksel geometri ile ifade edilen bir mekaniğin elde edebileceği en uç başarılar arasında yer aldı. Bununla beraber, yüzyılın sonunda muazzam güce sahip yeni bir matematiksel araç, sonsuz küçükler hesabı icat olundu. Bu hesap sayesinde, yüzyıl boyunca mekaniğin geliştirdiği kavramsal araçlardan da yararlanılarak daha karmaşık hareketler kesin olarak betimlenmeye başlandı.

Yüzyıl boyunca mekanikte ileri doğru atılan önemli adımların çoğu Descartes'ın görüşleri ile çelişiyordu. Mekanikçi felsefe, evreni oluşturan madde parçacıklarını hareketlerinin, mekanik yasaları ile yönetildiğini iddia etmekle beraber, hareketlerin hassas betimlemeleri mekanik bilimiyle mekanikçi felsefe arasında sürekli olarak çelişkiye yol açıyordu. Bu konuda hiçbir şey Galileo'nun düzgün iv-melenen hareket betimlemesinden daha aydınlatıcı değildir. Descartes bu betimlemeyi görmezden gelmişti ve yüzyıl boyunca bu konuda hiçbir açıklayıcı mekanizma bulunamamıştır. Leibniz'in canlı kuvvet konusundaki savı sonunda Galileo'nun düzgün ivmelenen hareket kavramına dayanıyordu. Mekanikçi felsefe ile mekanik arasındaki çatışma, Leibniz'le beraber mekanikçi felsefenin değiştirilmesiyle belli bir çözüme ulaşmaya 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 edilgenliği görüşüne bütünüyle ters düşmekteydi. Leibniz'de bile "kuvvet" cisim üzerindeki bir etki değil, cismin bir etkinliği anlamına geliyordu. Kuvvet kavramının cismin hareket durumunu değiştiren bir etki olarak kabul görmesi/ki bu, kavramın matematiksel mekaniğin daha ileri gitmesinde büyük katkısı olmuştur) mekanikçi felsefece yüzyıl boyunca yasaklandı. Bu kavramın matematiksel mekaniğe ne gibi katkılarda bulunabileceği Torricelli tarafından (ancak mekanikçi felsefenin kabul edemiyeceği araçlarla) gösterilmişti. Hem mekaniği geliştirmek hem de mekanikçi felsefeyi düzeltmek için bu kavramı yeniden ele almak işi Isaac Newton'a kalmıştı.

8. Newton Dinamiği

Newton'un genel olarak bilim tarihindeki, özel olarak da 17. yüzyıl bilimindeki yeri herkes tarafından kabul edilir. Newton'un başarıları, insan zekasının üstün ürünlerinin bir anıtı olmakla kalmamış, 17. yüzyıl bilim akımlarının toparlayıcısı da olmuştur. Problemleri çözerken yaptığı araştırmalar, bilimsel girişim için hiçbir zaman bir son ya da ara oluşturmadı. Dehaların eserlerinde hep karşılaşıldığı gibi, kitapları yanıtladığı her bir soruya karşılık iki yeni soru ortaya atmıştır. Ayrıca çalşmaları 17. yüzyılın fizik biliminin "kökleşmesini de" sağlamıştır. Newton ile temelinden düzeltilmiş olan mekanikçi

doğa felsefesi öyle bir mükemmellik düzeyine ulaştı ki, bu sayede bilimsel düşüncenin diğer iki yüzyıl için Batı dünyasındaki çerçevesi çizilebildi.
Newton bilim tarihinde başka nedenlerden dolayı da özel bir yere sahiptir. Hemen hiçbir kağıdını yok etmediğinden bitmemiş aritmatiksel hesapları dışında, bütün araştırmalarını koruyabilmiştir. Newton ile ilgili incelemelerimiz sadece bitmiş çalışmalarına dayanmamaktadır. Okuduğu kitaplardan, üzerindeki önemli etkileri saptayabilmemizi sağlayan, çok miktarda not almıştır. Lisans öğrenimi yıllarına kadar uzanan çeşitli defterleri aracılığı ile de kendi doğa araştırmalarını adım adım izleyebiliyoruz. Bu incelemelerin sonucu düşünce tarihinde bir eşi daha bulunmayan usta bir zekanın ayrıntılı bir tablosudur. Bu tablo bize Newton'un çalışmalarını onun anladığı biçimde anlamak ve 17. yüzyıl bilimindeki yerine sağlamca oturtmak olanağa tanır.
Newton'un bilimsel düşünce alanındaki ilk adımları, 17. yüzyıl bilimiyle olan ilişkisinin kaçınılmaz bir sonucu olarak, mekanikçi doğa felsefesi çerçevesinde olmuştur. Newton henüz bir lisans öğrencisiyken mekanikçi filozofların,

Descartes, Gassendi, Hobbes, Boyle ve diğerlerinin eserlerini keşfetmişti. 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'ten önceki çalışmalar kendi oluşturduğu bir doğa düzeni üzerinde yoğunlaşmıştı. Aynı yıl, doğa düzeninin bir ifadesini Royal Society'ye Işığın Özelliklerini Açıklayan Bir Varsayım" başlığı altında sundu. Başlığının da içerdiği gibi, makale öncelikle Newton'un makalenin beraberinde sunduğu notlarla 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, küçük parçacıklardan oluşmuş bir sıvı olan ve tüm uzayı kaplayan bir eterin varlığı savı yer almaktaydı. Yoğunluğu değişmekte olan eter, içinden geçmekte olan ışık taneciklerinin yönünü değiştiriyordu. Sadece optik olaylar düşünüldüğünde, "varsayımın" amacı, bütün ışık olaylarının yönde meydana gelen böyle değişikliklerle nasıl açıklanabildiğim göstermekti. Newton eteri, optiğin ötesinde, duyu alma, kassal hareket, cisimlerin yapışması ve ağırlık gibi çeşitli olayları açıklamakta da kullanıyordu. 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, Dünya'ya 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 bilinen bütün özelliklerine sahipti Newton'un zihinsel irdelenmelerinde
167
dikkati çeken bir nokta araştırmalanndaki bir grup olayın oynadığı roldür. Bu olayların çoğu da lisans yıllarında tuttuğu defterlerde yer almış ve Opticks'e eklenen "sorular"ına da son ifadelerini bulana kadar, irdelemelerinin her bir biçimi ile kaydedilmeyi sürdürmüştür. Bu olaylardan birisi, genellikle mekanikçi sistemlerde cisimlerin parçalarının birbirine kilitlenmesine yüklenen yapışmaydı. Descartes olayı yapışan parçaların hareketsizliği ile açıklamıştı. Newton iki çözümden hiç birisini de doyurucu bulmuyordu. Gazların genişlemesi ise bir başka problemdi. Robert Boyle havadaki basınç kavramını formüllendirirken koyun postu benzetmesini kullanmıştı. Post sıkıştırıldıgmda kıllar bükülür ve bi-raraya toplanırlar, sıkıştırıcı kuvvet ortadan kaldınldığm-daysa ilk konumlarına dönerlerdi. Halbuki deneyler havanın hacimce bin kez genişleyebileceğim ortaya çıkartmıştı ve Newton, Boyleunki'ne benzer kaba bir 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 hareketine olan bir duyuydu, iki soğuk madde yavaşça karıştırıldığı zaman ortaya çıkan hakeket nereden geliyordu. Aynı şekilde, çekim etkisi gösteren etkileşmeler de onu şaşırtmaktaydı. Suyun şarapla karıştığı halde, sıvı yağla karışmamasını açıklamakta zorluk çekiyordu. "Sıvıların bazı nesnelerle uyuşabilir, bazı şeylerle ise uyuşamaz oluşlarıyla ilgili gizli bir doğa ilkesinden" sözediliyordu. Gizli uyuşabilirlik ilkesi. Bu söz, mekanikçi felsefenin ortadan kaldırmak istediği 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 bilinen araçları ile (yani parçacıkların biçim, büyüklük ve hareketi) açıklanması güç olan olaylardı.
Mekanikçi felsefenin açıklamakta güçlük çekeceği görüngülerin var olması kaçınılmazdı. Felsefe, doğa gerçekliğinin duyularımızla algılanan gerçeklikle aynı olmadığı görüşü
168
üzerine kurulmuştu. Daha önce de gördüğümüz gibi meka-nikçi felsefe bu tür güçlükleri çözmek için mikroskobik mekanizmalar hayal etmekteydi. Kuşkusuz Newton da eter varsayımını bu amaçla ortaya atmıştı. Yine de, bu tür olaylara getirilen bilinen mekanikçi açıklamalardan hoşnut olmadığı açıktı ve 1686'da Principia'yı yazdığında eter yerine parçacıklar arasındaki kuvvetlerden söz

ediyordu. Yirmi yıl sonra bugün bizim soru 31 olarak bildiğimiz, Optiks'in 1706'da çıkan Latince kısmında, Newton bu iddialarını net bir biçime sokmuştu.
"Cisimlerin küçük parçacıkları, neden belirli güç etki ya da kuvvetler ile uzaktan sadece ışık ışınlarına etki ederek onları yansıtmak, kırmak ve bükmek için değil de, doğa olaylarının büyük bir bölümünü meydana getirmek üzere, birbirlerine de etki etmesin? Zira, cisimlerin birbirlerine kütlesel, magnetik ve elektriksel çekimlerle etki ettikleri çok iyi biliniyor. Bu örnekler doğadaki bir akım ve eğilim ortaya koyuyor ve yukarıda saydıklarımızdan başka da çekici kuvvetlerin bulunabilmesini olanaksız kılıyor. Böyle bir durum doğa için herhalde çok uygun ve rahat olurdu."
Soru 31 daha sonra, bu şekildeki uzaktan bir etkileşme ile ilgili belirtileri işlemeye koyuluyordu. Çoğu belirti kimyasaldı. Tartar tuzu (K2CO3) kendi kendine havadan nem kapıp eriyordu (ya da 17. yüzyılın çok daha pitoresk deyimi ile, erimeye can atıyordu) ve çektiği sudan ancak büyük zorlukla ayrılabi-liyordu. Tartar tuzunun suyu çektiği açıktı. Demir tozları üzerine bir asit döküldüğünde, karşılıklı çekim parçacıklarının şiddetle birbirlerine atılmalarına neden olduğundan çözülme sırasında ısı çıkıyor ve kaynama oluyordu.
"iyice damıtılmış şarap ruhunun (alkol) azot ruhu bileşiğine dökülünce parlaması kükürt, azot ve tartar tuzundan bileşen Pulvis Fulminans'm (sözcük anlamıyla, şimşek tozu) baruttan daha ani ve şiddetli bir şekilde patlaması 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 değil midir?"
169
Isı çıkartan etkileşmelere, bir metalin bir asit çözeltisine eklenince birbirlerini çökeltmeleri gibi, seçimli çekim gösteren, açığa çıkartma etkileşmelerini de ekledi. Bütün kuvvetler çekici değildir; bazı parçacıklar 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. Örneğin su buharı muazzam hacimlerde genişleyebiliyordu.
Newton'un madde parçacıkları arasında kuvvet etkileşmelerinin varlığını kabul edişi, egemen mekanikçi doğa felsefesinden önemli bir kopuştu. Mıknatıslığı

inceleyiş tarzı meydana gelmekte olan değişikliği anlatan, öğretici bir örnektir. Mıknatıslık 16. yüzyılda evreni işgal etmiş olduğu sanılan gizemli etkilerin en başta gelen örneğiydi. Dolayısıyla mekanikçi filozoflar, kendilerini, manyetik çekimi görünmez mekanizmalar icat ederek açıklama zorunda hissediyorlardı. Aynı şeyi bir gençlik yazısında Newton da yapmıştı. Olgunluk çağının eserlerinde ise, manyetik çekim uzaktan etki eden kuvvetlerin bir örneğini oluşturdu. "Kuvvetine" eklediği özelliklerle, Newton daha önceki düşünce tarzına da yaklaşıyordu. Soru 31'de parçacıklar arasındaki çekme ve itmeyi tartışırken, bütün parçacıkların yakmdakileri çektiği ve uzaktakileri ittiği tek bir evrensel kuvvetten söz etmiyordu. Çözülmüş olan tuzu dağıtan itici kuvvet, sadece tuz parçacıkları arasında etkili olabiliyor, tuz ve su parçacıkları arasında etkisini yitiriyordu. Newton'u eleştirenlerin, onun Rö-

nesans naturalizmine dönmekte olduğunu ve bilimin dayandığı temeli kundakladığını düşünmelerine pek şaşmamak gerekir.

Newton'un kendisi ise parçacıklar arasındaki kuvvetler yaklaşımını mekanikçi felsefenin inkarı olarak değil, aksine onu kusursuzlaştırmak için gerekli bir kavram olarak görüyordu. Madde ve harekete bir üçüncü kategoriyi, kuvveti eklerken, matematiksel mekaniği mekaniksel felsefe ile uzlaştırmak istiyordu. Onun için kuvvet, hiçbir zaman Rönesans nüturalizmindeki sempati ve antipatiler gibi, doğaüstü bir nitel etki değildi. Bu kavramı, kuvvetlerin meydana getirdikleri hareket miktarıyla ölçüldüğü, kesin bir mekaniksel bağ içinde düşünüyordu. Soru 31'de tartıştığı kuvvetlerden çoğunu matematiksel bir betimlemeye hiçbir zaman indirge-yemediği doğrudur, iki 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 hesapladı. Principia'da hava parçacıklarının birbirlerini aralarındaki mesafeyle orantılı olarak ittikleri takdirde, Böyle Yasası'mn elde edilebileceğini gösterdi. Soru 31'de değinilen kuvvetlerin çoğu, sadece varlıklarını tanıtlar gibi görünen bir takım belirtilere işaret edilerek nitel

Şekil 8.1. Kılcal kuvvetlerin ölçülüsü. 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 daha etkiliydi ve Newton iki kuvveti dengeye getirerek, kılcal çekimi ölçmek istiyordu.

bir biçimde tartışılmıştır. Halbuki, ilke olarak hepsi de kesin matematiksel betimleme konusuydu. Böylece Newton için kuvvet kavramı Galileo yanlısı geleneği mekanikçi felsefeye sokabilmenin araçları oluyordu. Newton 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 günümüze bilimsel bir tanıtlama örneği oluşturmaya devam eden yeni bir mükemmellik düzeyine ulaştırdı.

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

"Doğal olarak her nesne, bir dış nedenle kesintiye uğratıl-madıkça içinde bulunduğu durumu muhafaza eder, dolayısıyla bir kere harekete geçen bir cisim aynı hareket çabukluğunu, miktarını ve kararlılığını sürdürür."

Bu ifadenin özgün biçimi o sırada Felsefenin İlkeleri adlı kitabını okumakta olduğu Descartes'ın Newton üzerindeki etkisini açığa vurur. Newton'un yaptığı bir küme önerme de hemen mekanikçi felsefeyi akla getirir. Önermelerin 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 sükûnette kalmayı ya da düz bir çizgi üzerinde düzgün hareket etmeyi sürdürüyordu. Aşağı yukarı aynı sıralarda yazdığı bir başka makalede ise Newton, çarpışan cisimlerin hareketine dönme hareketini de ekleyip, açısal momentumun korunumu ilkesine ulaşarak Huygens'ten öteye geçmişti. "Hareket Yasaları" başlığı altın-

da, hem ötelenme hem de açısal harekete sahip iki cismin çarpışmaları için genel bir formül çıkartmıştı. Bu makalelerin başlığı, çarpışmaya yüklenen daha geniş bir anlamı ifade eder. 1660'larda Newton için hareket yasaları demek çarpışma yasası demekti.

Her şeye karşın bir başka soru kendisini ortaya koymaktaydı. "Yansımaların" önermelerinde Newton farklı büyük-lüklerdeki 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. Bu neden, kuvvetini, cisimlerin içinde bulundukları durumlarda kalma konusundaki kararlılıklarını engellemek ya da değiştirmek için kullandığı, ya da uyguladığı zaman cisimlerin karahlıklarmı kırmaya uğraşıyor denilir."

Kuvvet nedir sorusunun, egemen mekanikçi felsefe çerçevesinde tek bir yanıtı vardı: "Kuvvet bir cismin diğeri üzerine basıncı ya da yığılmasıdır.." Bu yanıta ne Descartes, ne Gassendi ne de Böyle bir itirazda bulunamazdı. Newton onların sormadığı bir soruyu ortaya atmaktaydı. Hareketli parçacığı nedensel bir etmen olarak düşünme eğiliminde olan Descartes "bir cismin hareketinin kuvvetinden" söz etmişti. Öte yandan Newton hareketli bir cismin hareketinin değişmini ölçebilecek, soyut bir niceliği düşünmekteydi.Böylelikle çarpma, benimsemeye hazırlandığı üzere, kuvvetin tek kaynağıydı. Buna göre Newton'un kulandığı şekliyle "kuvvet" varlık bilimsel olarak, Descartes'ın "hareketli bir cismin kuvveti" tanımından farklı olmuyordu.

"İki p ve r cismi birbiriyle 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'ın çarpışan bir cismin sadece diğerlerini kayettiği kadar hareket kazanacağını söyleyen tezinin geleneğindeydi, ama Newton'un ifadesi bir kez daha Descar-

\

tes'ı olduğu kadar Galileo'yu da hatırlatan matematiksel bir bağ içine sımsıkı oturtulmuştu. Bir hareket değişimine neden olduğu için, kuvvet kavramında, Newton'un mekaniğe olan katkısının özü yatar.

İlk makalelerinden bir başkasında dairesel hareket problemini ele almıştır. Descartes'ın anlayışından yararlanarak dairesel hareketin temel unsurlarını yakalamıştı. Buna göre, bir cismin dairesel bir yörünge izlemesi için doğal düz yolundan sürekli olarak saptırılması bazı sorunlar içermekteydi. Çarpışma hakkındaki görüşünün bilinen bir genellemesi, Newton'un böyle bir cismi bir dairesel yörüngeye saptıran kuvveti incelemesine yol açtı. Ancak bu yolu izlemek yerine, dairesel bir hareketle 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 parçacıklarından 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 limitinde çembere ulaşan geometrik bir özümlemeyle, bir dönmedeki toplam kuvvetin cismin hareketinin kuvvetine (bizim deyimimizle momentumuna) oranının, daire çevresinin yarıçapa oranına eşit olduğunu gösterdi.

(Bak. Şek. 8.2.) Toplam kuvveti, bir dönme için geçen zaman olan 2nr/i5'ye bölersek, Newton'un bulduğu sonucu, bugünkü merkezkaç kuvveti formülümüz olan (F=mv2/r)ye indirgeyebiliriz.

Newton, 166O'lı yıllarda yazdığı bir başka makalede bu formülü, merkezkaç eğilimin yeryüzündeki kütle çekim iv-

Şekil 8.2. (a) Silindir biçimli "def cismi "o" cismini, dairesel bir yörüngede hareket etmeye zorlar, "o" cismi edeyken, cg çizgisi boyunca hareket etmeye eğilimlidir ve silindire karşı baskı yapar, "defin f deki gibi birtakım ayrı cisimlerden oluştuğunu düşünün, "o" cismi daire üzerinde hareket ederken bu cisimlerin her birine baskı yaparak, onlara hareket aktanr. 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) silindirsel cisim içinde karesel bir abcd yolu izler. Newton dört yansımadaki kuvvetlerin cismin hareketinin kuvvetine oranının, cismin (ab + be + cd + da) yolunun, yarıçap nb'ye oranına eşit olduğunu gösterdi. Daha da ileri giderek, kare yerine bir çokgen konulduğunda da bu oranın aynı kaldığım ve çokgen limit halde daireye yaklaştığında da oranın daire çerçevesinin yarıçapa oranı haline geldiğim gösterdi.

mesi ile karşılaştırılmasında ve gezegenlerin merkezkaç eğilimlerinin birbiriyle karşılaştırmalarında kullandı. Bu son problem, (gezegenlerin kusursuz dairesel yörüngeler üzerinde hareket ettiğini varsayarak) Kepler'in üçüncü yasasına kendi merkezkaç kuvvetini yerleştirmekten ibarettti ve merkezden uzaklaşma eğiliminin yörünge yarıçapının karesi ile orantılı olarak azaldığı sonucunu veriyordu. Newton Ay için Dünya'dan uzaklaşma eğilimini bir sayı yeryüzündeki kütle çekim ivmesinin dörtbinde biri olarak bulmuştu ve bu sayı, Ay'ı Dünya'dan Dünya'nın 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 Ay'a kadar uzanıp uzanmadığını ve onu yörüngesinde tutup tutmadığını görmek için bir hesap yaptığını ve bulduğu sayı-

ların "oldukça yakın" yanıtını verdiğini söyleyecektir. Bununla beraber iki noktanın altı çizilmelidir. Evrensel kütle çekim yasası, ölçülen kütle çekim ivmesi ile Ay ivmesinin tam bir bağlılaşımını gerektirir. Newton ise sadece bir yak-laşıklılık bulmuştu. Yerin yarıçapı için Galileo'nun Dialo-çue'undaki sayıyı kullanmıştı ki bu sayı çok küçüktü. Ancak sonra yapılan doğru bir yer ölçümü Newton'a bu yanlışı düzeltme olanağı verdi. O zamana kadar bağlılaşım tam değildi. Altı çizilmesi gereken ikinci nokta ise makalede çekim kavramının

hiçbir şekilde yer almayışıdır. Hala egemen me-kanikçi 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 sekreterliğini üstlenmiş olan Robert Hooke'den, felsefi yazışmalarına yeniden başlamasını isteyen bir mektup aldı. Yanıtında, Newton düzenli bir yazışma içine girmeyi reddetti. "Felsefe ile ilişkisini kesmişti" ve bu konuda harcamış olduğu zamana acıyordu. Ancak, bağlarını tamamen koparmamış olacak ki; yanıt mektubunda dünyanın dönmesini kanıtlayacak bir deney önermekteydi. (Bak. Şek. 8.3) Dünyanın hareketine karşı öne sürülen eski bir savda, eğer Dünya dönseydi yüksek bir kuleden bırakılan bir cismin düşey yolundan batıya doğru sapacağı söyleniyordu. Bunun aksine, Newton cismin doğuya doğru düşeceğini, zira kule tepesindeki ilk teğet hızın kule dibindekinden büyük olduğunu öne sürüyordu. Bir diyagram, cismin yolunu, Dünya'nın 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

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.

edecek bir adam değildi. Yanıtı, yanmış bir jambon gibi, kuru ve sertti. Kendi hatasında ısrar etti ve yörüngenin kapalı bir elips olmayacağını söyleyerek, Hook'un betimlemesini düzeltmeye kalkıştı. Hook'un buna yanıtında bir salvo daha yer alıyordu. Eğer merkezcil 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 cismin odaklardan birisinde yer alan bir çekim merkezi etrafındaki dairesel bir yörüngede

dönerse, çekim kuvvetinin odağa olan uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişeceğini tanıtlama konusunda 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 kaydedile-biliyordu? Principia 1686'da tamamlandığı zaman, Hooke, Newton'un eseri kendisinden çaldığım iddia etmişti. Tarihçiler bu iddiayı hemen hemen oy birliğiyle reddetmiştir. Newton'un yukarıda değindiğimiz ilk makaleleri de (kuşkusuz, Hooke bu konuda hiçbir 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 yasasının tamamen matematiksel tanıtlamaya bağlı olan geçerliliği tek başına Newton tarafından sağlanmıştır. Bununla beraber, 1666'da Newton merkezcil çekimi değil merkezkaç eğilimi düşünüyordu. Başaşağı duran problemi ayakları üzerine dikip, yörüngesel hareketin mekaniksel unsurlarını teğet bir hız ve merkezcil çekim olarak teşhis eden ve böylece soruya içinden evrensel kütle çekiminin çıkabileceği bir biçime koyan kişi Hooke'dur. Ho-oke'un ektiği tohumun içinde kök salıp filizlenebileceği bir toprağa düştüğünü söyleyelim. Zamanlama bundan daha iyi olamazdı. Hooke'un bir merkezcil 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 fiziksel bir 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 tanıtlayan özel bir yazışma dışında, hiçbir şey Hooke'la yapılan yazışmalardan gelmemiştir. 1679'da New-

ı/a

ton duygusal bir çöküntünün nekahat dönemindeydi; beş yıl boyunca kendisini Cambridge dışındaki tüm bilimsel dünyadan soyutlamıştı. 1684 Ağustos'unda, yörünge problemi üzerine herhangi 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 (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) oldu ki bu New-ton'un bilim tarihindeki yerinin güvencesi olan yıkılmaz bir anıttı. Cambridge'den ayrılmadan önce Halley, Newton'dan tanıtlamayı kendisine göndereceğine dair söz aldı. Aynı yılın sonbaharında eline geçip, Royal Society'ye sunduğu kısa broşürde, kesinleşmemiş olan çalışmanın anahtar önermeleri yer alıyordu. Derneğin teşvikiyle Newton, çalışmasını tamamladı ve eser 1687 Temmuz'unda ortaya çıktı. Tarih, Newton'u sadece teşvik etmekle kalmayıp, kendi kısıtlı parasal olanaklarıyla eserinin basımını desteleyen Halley olmasaydı, Principia'mn yazılamayacağı konusunda hemfikirdir. Bu yargı belki doğrudur, ancak başka etmenler de göz önüne alınmalıdır. Halley 1684'de ziyaretine gittiği zaman Newton 1679'da başlayan bunalımından bu yana beş yıl geçmişti. O andaki şartlar

altında Newton, dış dürtülere her zamankinden daha fazla açıktı. Hooke'nun 1679'daki mektubu önceden planlanmadan Newton'un entellektüel yaşamının uygun bir anında gelmiş; Halley'in 1684'deki ziyareti de aynı şekilde tasarlanmaksızın duygusal yaşamının mutlu bir anına rastlamıştır. 1684 ilkbaharında Newton, bilim dünyasına yeniden açılmaya başladığını akla getirir biçimde, matematik üzerine bir incelemeye başlamıştı. Aralık 1684'de Halley'in eline, hareket hakkında kısa bir broşür ulaştı; ancak Newton eseri, hem hacim hem de içerik bakı-

179

mından geniş bir düzeltme çabasına zaten girişmiş bulunuyordu. Çeşmeyi açan kişi belki Halley olmuştu, ancak çeşme bir kere açıldıktan sonra Principia Newton'un dehasının tükenmez deposundan kendiliğinden ve bir engelle karşılaş-maksızm akmaya başlamıştır.

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

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, bunun da Huygens'in daha önce tanıtladığı, çarpışmalardaki hareket değişiminin dinamiksel bir biçimde genişletilmesi olduğu görülebilir. Öte yandan ikinci yasa ve bu yasayla ilgili tanımlamaları kuvvet kavramını rasyonel mekaniğe fiilen sokmuştur. Kuvvet kavramı sayesinde Galileo'nun kinematiği dinamik bilimiyle tamamlanabilmiştir. "Hareket değişikliği etki eden impetusla orantılıdır ve kuvvetin etki ettiği doğrultunun yönünde meydana gelir". Dikkatle yorumlarsak Newton'un ifadesi, bizim bugün aşina olduğumuz ikinci yasa biçimleri olan F=ma ya da F=d/dt (mö) değil; F=A (m-ö) demektir. Newton'un yasa ifadesi, yasanın kaynaklandığı ilk çarpışma incelemelerini ve Principia'mn sunulduğu dil olan geometrinin gereklerini yansıtır. Newton, At'nin sıfıra gittiği halde, F=A(m#)'nin F=ma limitine gittiğini düşünüyordu. Kuvvet tanımı içinde, şimdi ağırlıktan ilk kez açıkça ayırte-dilmiş olan kütle tanımı da yer almaktaydı.

180

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 özel bir hali olarak ele alınmış ve yasalarının iki

sonucu şeklinde ifade edilmiştir. Newton'un dikkati artık, 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 "merkezcil kuvvet" deyimini ortaya attı. Bu deyim 1679'da yazdığı mektupta Newton'a meseleyi duyuran Hooke'un anlayışını tekrarlar, ve Newton'un dairesel hareket incelemesinin Huygen-sinki'ne göre temsil ettiği ilerleme bu deyimde yinelenen görüşte saklı oldukça Hooke'un katkısı gözardı edilemez. Newton, Kepler'in gezegen hareketleri hakkındaki üç yasasının dinamikten türetilebileceğini tanıtladı. Alanlar yasası hareketli bir cismin eylemsizlik yolundan çekici bir 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 yasasının yani elipssel yörüngelerin tanıtlanması son derece güçtü, ve bu yasa evrensel kütle çekim yasasının dayandığı anahtar önermelerden birisiydi.
Birinci kitap sürtünmesiz olarak hareket eden noktasal kütlelerle ilgili idealleştirilmiş problemlere ayrılmışken, ikinci 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 mük.emmel-lik düzeyine ulaştırıyordu. İkinci kitaptan önce ise sadece ham türden örnekler vardı, dolayısıyla bu kitap matematik-

sel akışkanlar dinamiğinin gerçek başlangıcını oluşturmaktaydı. Öncü eserlerde hatalar bulunması kaçınılmazdır, ancak yepyeni bir problem alanını rasyonel mekaniğin konuları arasına sokma başarısı birinci kitabın başarısından daha az etkileyici değildir. İkinci kitap en heyecanlı yerinde Des-cartes'm girdaplarını tartışmaya başlıyordu. Newton, bir girdabın Kepler'in üçüncü yasasına göre hareket eden bir gezegenler sistemine hiçbir zaman yol açamayacağını kanıtladı. Bundan da önemlisi bir girdabın kendi kendisini ayakta tutamayacağını, ancak bir dış kuvvetin girdabın merkezcil cismini döndürdüğü sürece düzgün hareketini sürdürebileceği kanıtlamasıydı. Newton'un sonradan ifade ettiği gibi girdaplar sistemi bir çok güçlüğün tehdidi altındaydı.
Birinci kitapta hatırlanan zemin ve ikinci kitapta da Des-cartesçı sistemin yıkılmasıyla, Newton üçüncü kitapta dinamiğinin Dünya sistemine uygulamasına girişti. Astronomide, bir merkezcil cisim ve etrafında Kepler'in üçüncü yasası uyarınca dönen gezegenlerden ibaret iki örnek yer alıyordu. Güneş sistemi ve Jüpiter'le uydusunun 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 bir biçimde bu gezegenlerin sayısı iki de olsaydı, Newton'un amacı doğada çeşitli gezegenleri yörüngelerinde tutan kuvvetlerin özdeşliğini değil, bunların aynı zamanda Dünya'da-ki herkes için bildik olan bir kuvvetle, (yani bir elemanın yere düşmesine neden olan kuvvete de) özdeş olduğunu kanıtlamaktı. Bir cümleyle söylersek, evrensel kütle çekim yasası, Ay'ın merkezcil ivmesi ile yeryüzündeki kütle çekim ivmesi arasındaki bağlılaşıma bağlıydı. Ancak 1666'da elde etmiş olduğu gibi yaklaşık değil, kesin bir bağlılaşım gerekiyordu.

Burada bir başka sorun kendisini gösteriyordu. Sonu, Güneş ve gezegenler olduğu sürece, bu cisimleri noktasal kütleler olarak ele almak bir gereklilikti. Hatta Ay ve Dünya ha-

linde 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 bağlılaşım ise elmanın yaklaşık altıbinsekizyüz kilometre uzaklıkta olmasını gerekli kılıyordu. Yani Newton elmanın yerin merkezine olan uzaklığını kullanmaktaydı. (Bak. Şek. 8.4) Böylece, Newton'un çeki-

Şekil 8.4. Yer, Ay ve elma. Yerden R uzaklığında bulunan Ay'ın merkezcil ivmesi ile elmanın merkezcil ivmesinin bağlılaşımı için, elmanın yerden uzaklığı d değil, r + d olmalıdır ki, bütün pratik hesaplarda bu büyüklük r'ye eşit olarak alınabilir.

ci parçacıklardan oluşmuş bir cismin çekiciliğini incelediği, birinci kitabın bir bölümünün yaşamsal önemi ortaya çıkıyordu. Bu bölümde, mesafeyle ters orantılı olarak değişen bir kuvvetle çeken parçacıklardan meydana gelen, bağdaşık bir kürenin, (ya da bağdaşık kabuklardan oluşmuş bir kürenin) dışındaki herhangi bir cismi sahip olduğu madde miktarıyla (ya da kütlesiyle) 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 Ay'ın merkezcil ivmesiyle yerçekim ivmesi arasındaki kesin bağlılaşımın yardımıyla Newton, evrensel kütle çekimi yasasını ilan etmeye hazır hale gelmiş bulunuyordu: "Cisimler (Bütün cisimler için geçerli) sahip oldukları çeşitli madde miktarlanyla orantılı bir kütle çekim gücü vardır." Evren, hepsi de birbirlerini kütlelerinin çarpımıyla 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, yasayı, üçüncü kitabın geri kalan bölümlerde, bir takım

daha karmaşık problemleri açıklamak için de kullandı. Newton'un sağlığında, bir saniyelik bir periyoda sahip bir sarkacın Ekvator'daki uzunluğunun Avrupadaki'nden daha kısa olduğu anlaşılmıştı. Newton bu gerçeği evrensel çekim yasasından nicel bir kesinlikle elde etti. Gel-git olayı uzun süredir bilim dünyasının ilgisini çekmekteydi. Newton buna Güneş ve Ay'ın çekimlerinin neden olduğunu gösterdi ki, bu kütlesel çekimin karşılıklığmın önemli bir doğrulanmasıydı. O zaman bilinen bütün göksel cisimler içinde Ay'ın hareketleri en düzensiz olanıydı. Ay'ı 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 sonuçta Newton'un Ay teorisi eksik kaldı. Astronomlar 18. yüzyılda bu teoriyi tamamladıkları zaman, evrensel

çekim yasası önemli bir doğrulamaya daha kavuşmuştur. Newton, ekinoksların presasyonunda, yani eksenin yavaş salınmamda, daha büyük bir başarı elde etmiştir. Bütün başarılarının en büyüğü ise 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 yasaların egemen olduğunu tanıtladı. Newton Principia yazılmadan yirmi yıl kadar önce ve Le-ibniz'in bağımsız olarak yaptığı buluştan da evvel, integral hesabını bulmuş olduğu halde, büyük eserini integral hesap diliyle yazmamıştır. O dönemde geometri bilim dili olarak kabul edilmeye devam ediyordu ve o da geometriyi kullanmıştı. Kesin ve ham oranlar kavramından, bazı bakımlardan diferansiyele benzer bir şekilde yararlanmıştır. (Bak. Şek. 8.5.) Bununla beraber Newton'un kavram ve sonuçları diferansiyel hesap diline kolaylıkla çevrilebilirdi ve kendisinin 18. yüzyıldaki izleyicileri, Newton mekaniğinin kapsamını genişletmek için, Leibniz'in ifade ettiği diferansiyel ve integral hesabı kullanmışlardır.

Newton'un düşündüğü şekliyle kütlesel çekim Opticks'in Soru 31'in de tartışılan parçacıklar arasındaki kuvvetlerden farklıdır. Oradaki kuvvetlerin evrensel değil, özel olduğuna inanılıyordu. Örneğin mıknatısın demiri çekip de bakırı çek-meyişi gibi, bir tür madde sadece kendisiyle ilgili bir başka maddeye etki ediyordu. Kütlesel çekim ise aksine, bütün maddelerin madde oldukları için, bütün öteki maddeleri çektiği bir etkileşmeydi. Kütlesel çekim evrenseldi ve evrensel olduğu için de mekanikçi felsefenin temel bir ilkesini, yani bütün maddelerin özdeşliğini onaylıyordu. Yine de mekanikçi filozoflar öne sürülen çekimden pek anımsanamayacak bir rahatsızlık duydular. 1687'de, Principia'mn basımına yakın ingiltere'ye gelen ve Newton ile karşılaşan genç bir İsviçreli matematikçi, Huygens'e bir mektup yazarak Dünya sistemi üzerinde hazırlanmakta olan çalışmayı görmeyi umduğunu,

I

İÖO

/ i/ // ^

(K

Şekil 8.5. (a) D, A'ya yaklaşırken ve GB yarıçapı JA yarıçapı ile çakışırken nihai DB/AD (ya da db/Ad) oram, diferansiyelle aynı matematiksel bir kavramdır, (b) Principia'daki tipik bir diyagram. Problemin tanımlandığı üzere, ayrık ve süreksiz merkezcil çekmeler cismin yönünü A, B, C, D, E ve F'de değiştiriyor. Daha sonra çokgenin kenar sayısı artırılıyor ve sabit merkezcil kuvvetin B'deki momentuma oranı, çokgen bir köşesiz eğriye yaklaşırken BV'nin AB'ye nihai oranı oluyor. «

itfö

ancak bunun yeni bir çekim teorisi olmamasını dilediğini yazıyordu. Ne yazık ki teori tastamam böyleydi ve mekanik-çi filozoflar başlarını çaresizlikle salladılar. Kütlesel çekim neydi? Ya mekaniksel bir kaynağı vardı, (Newton bunu açıklayacaktı) ya da gizemli bir nitelikti ve kabul edilemezdi.

Sonunda, Newton eleştirileri Opticks'in 1717'deki ikinci basımına sekiz soruluk bir ek (17 numaralıdan 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 kuvvetleri, sadece bir görüntü olarak değil, varlıkbilimsel gerçeklikler olarak kabul ettiği konusunda ciddi bir kuşku duyulamaz. Bu kuvvetlerin nedenini tartışmaya hazırlandığı kadarıyla, doğrudan doğruya Tanrı'nın bir etmeni olarak görmekteydi.

Bununla beraber, Newton'u mekaniksel evrenin varlık-bilimine yeni bir kategori eklemeye neyin ikna ettiği sorusu ortadadır. Yanıt öncelikle onun bilim ideali gözönüne alınarak verilmelidir. Daha önceleri, 1690'larda Huygens ve Leibniz'in, Newton teorisini tartıştıkları yazışmaları New-ton'la olan farklılıklarına biraz ışık tutar. Leibniz, gezegenler sadece elipsel yörüngelerde dönmekle kalmıyorlar, üstelik hepsi de Güneş etrafında aynı düzlemde ve aynı yönde dönüyorlar diyordu. Bu gibi şeyleri açıklamak için bir çeşit girdap düşüncesine dayanmak 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 şeffaf olmayan bir perde çeker gibi görünüyordu. Principia'd&n on beş yıl önce, Huygens'in Newton'un renk hakkındaki makalesine verdiği yanıtta da aynı eleştiri yer almıştı. Ne\tton sadece, bir rengin duyusunu meydana getiren ışınları, başka rengi meydana getirenlerden farklı kırılabilirliğe sahip olduğunu gösteriyordu, fakat renk-

1

leri birbirinden ayıran farklılıkların neler olduğunu açıklamıyordu. Newton ile geleneksel mekanikçi filozoflar arasındaki temel tartışma konusu, Newton'un doğanın nihai an-laşılmazlığını kabul eden bir bilim idealini benimsemeye hazır oluşundan kaynaklanıyordu.

Kuvvet kavramı Newton'un bilim idealinin merkezcil konularını gündeme getirmişti, ilk olarak 1706'da basılan soru 31'de, Newton, kendisinin doğaüstü nitelikleri yeniden canlandırmak isteğini 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 görüngüler aracılığıyla görünmektedir. Bize, nesnelerin her bir türüne, aracılığıyla etki ettiği ve açık etkiler meydana getirdiği özgül bir 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 etkilerinin bu açık ilkelerden nasıl çıktığını dile getirmek, 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'nm 1713'deki ikinci basımının sonundaki dipnotta Newton, aynı görüşü klâsik biçimiyle ifade ediyordu: Görüngüleri kütle çekimi aracılığıyla açıkladığını, fakat kütle çekiminin nedenini bilmediğini söylüyordu.

"Fakat şimdiye kadar bu kütle çekim özelliklerinin nedenini görüngülerden keşfedemedim ve hipotezler uydurmadım, zira görüngülerden çıkartılamayan herşey bir varsayımdır ve varsayımlar, fizik ötesi ya da fiziksel, gizemli niteliklere ait ya da mekaniksel olsunlar, deneysel felsefede yer yoktur."

Varsayımlar uydurmadım -hypoteses non fıngo- Bir bakıma, bu söz açıkça yanlıştı; Newton varsayımlar (hem de muhteşem) yapmıştı. Öte yanda, tanıtlanmış sonuçlar ve bu sonuçları açıklamak için uydurulmuş varsayımlar arasında katı bir ayırım yapmakta oluşu ve tanıtlamaları spekülasyonlarla sulandırmayı reddedişi hatırlanınca yukarıdaki sözün gerçeği ifade ettiği anlaşılır. Böylece Newton için kuvvet, görüngüleri mekaniksel olarak betimlemek için zorunlu bir kavramdı ve gerçekliği kaynağını açıklayabilecek varsayımlar değil, tanıtlamalardaki yararlığına bağlıydı.

Newton, doğanın sonuçta insan aklına kapalı olduğuna inanıyordu. Bilimin nesnelerin özü ile ilgili belirli bilgileri edinmek gibi bir beklentisi olamazdı. Halbuki bu 17. yüzyılda mekanikçi felsefenin programı olmuştu ve görünmez mekanizmalar hayal etme sabit fikri, bilimsel bir açıklamanın ancak görüngüleri nihai unsurlarına kadar izlerse geçerli olacağı inancından

çıkıyordu. Newton için ise aksine, doğa olduğu gibi verilmişti ve bazı yanları hiçbir zaman an-laşılamayabilirdi. Optik, kimya ve biyoloji gibi diğer bilimler de, aynı sınırlılığı kabul etmeyi 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 an-laşılmasa bile, kuvvet kavramı bilimsel tanıtlamayla kabul edilebilirdi. Newton'un çalışmalarında kuvvet, Galileo'nun temsil ettiği matematiksel betimleme geleneği ile, Descartes tarafından temsil edilen mekanikçi felsefe geleneğinin uzlaşmasını olanaklı kılmıştı. Newton bu iki geleneği birleş-! tirerek, 17. yüzyılın bilimsel çalışmalarını, tarihçileri bir bilimsel devrimden söz ettirecek bir başarı düzeyine ulaştırdı. Ve modern bilim bu şekilde oluşan bir çerçeve içinde, bilimsel devrimin yolunda yürümeyi sürdürmektedir.

Ek Kaynaklar

Alexandra Koyre'nin çalışmaları, 17. yüzyıl bilimi hakkındaki bugünkü anlayışın biçimlenmesine her şeyden çok katkıda bulunmuştur. Ne yazık ki en önemli eseri, Etudes Galliee-nes, (Paris, 1939) îngilizceye 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 Infinitive Universe (Baltimore, 1957) de yine Koyre'in dönem hakkındaki görüşlerini temsil eder. Temel entelektüel akımları açımlama konumundaki önemi daha az önemli olmayan bir başka eser de, E.A. Burtt'un The Metaphysical Foundations of Modern Science (London, 1932)dır. Öncelikle 17. yüzyıl bilimiyle ilgili birçok güzel kitap vardır. Herbert Butterfield'in yazdığı The Origins of Modern Science, (London, 1954) daha yeni ve kronolojik bakımdan daha sınırlı eseri Galileo to Newton (New York, 1963), bu konuda önde gelen kitaplardır. Daha geniş dönemleri kapsayan iki çalışmanın 17. yüzyılla sona eren, E.J. Dijksterhuis, The Mechanization of the World Picture, trans. C. Dikshoorn, (Oxford, 1961) ve 17. yüzyılla başlayan C.C. Gillispie, The Edge of Objectivity (Princeton, 1960)dır. îki kitap da haklı bir etkiye sahiptir. Son olarak, her bir bilimin gelişmesi hakkında ayrıntılı makaleleri kapsayan, iki ciltlik History of Science, ed. Rene Taton, trans. A.J. Pomerans (New York, 1964) yararlı bir referans kitabıdır. Burada Koestler'in kitapta yer alan bütün 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 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. yüzyıldaki mekanik hakkında bir dizi makale de yazmıştır. Bunlar arasından sadece iki tanesini vereceğim: A Documentry History of the Problem of Fall From Kepler to Newton, (Transactions of the American Philophical 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 her bir yönü ile ilgili makalelerin toplandığı Galileo, Man of Science, ed. E. Me Mullin (New York, 1967) adlı ciltte, Galileo'nun mekaniği üzerinde makaleler vardır ve bunlar arasında başlangıçta yer alan, editör Mc Mul-lin'inki özel bir öneme sahiptir. Yüzyıl mekaniğiyle ilgili genel tarihler arasında LB. 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 düzenlenişiyle, eleştirel çözümlemenin bir klasiğidir. Gerçek bir sabıra sahip kişilere ise, bol miktarda bilgiyi hazmı oldukça zor bir biçimde sunan, Rene Dugas, Mechanics in the Seventeenth Century, trans. F. Jacguot (Neuchatel, 1958) önerilebilir.

Çoğu 17. yüzyıl öncesinde yaşayan, Paracelsus ve Bruna gibi Hermesci geleneğin son temsilcileri, büyük bir ilginin konusu olmuşlardır. Paola Rossi, Francis Bacon: Fron Magic to science, trans. Rs. Rabinovitch (London, 1968) ve Walter Pagel, The Religionus an Philosophical Aspects of van Helmont's Science and Medicine (Supplements to the Bullettin of the His-• tory of Medicine, No.2, Baltimore, 1944), bu konuda 17. yüzyıl materyalini de kapsayan iki kayda değer istisnadır. Mekanikçi felsefe üzerine birçok çalışması vardır. R.G. Collingwood, The Idea of Nature (Oxford, 1945), 17. 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'a ağırlık verir. R. Harre, Matter and Method, ("London, 1964) tarihsel olarak düzenlenmiş felsefi bir çözümleme sunar. Descartes ile ilgili büyük materyal yığını, Descartes'ın bilimsel geleneğin bir parçası oluşuyla ilgili geniş bir çalışma ihtiva etmez. Descartesçı felsefeyle ilgili kitapları çoğu onun madde ve doğa kavramlarıyla ilgilidir. Gassendi ve atomcu gelenek çok daha az in-

celenmiştir ve bunların çoğu da Fransa'daki çalışmalardır, ancak bu konuda yeni bir kitap vardır: Robert Kargon, Ato'misim in England from Hariot to Newton (Oxford, 1966).

W.E.K. Meddleton yakınlarda The Histroy of the Barometer (Baltimore, 1864)ü yayınladı. Optik konusu beklenilenden daha çok daha az incelenmiştir. Ancak A.I. Sabra'mn konunun 17. yüzyıldaki tarihi olma çabasındaki seçkin eseri, Theories of light from Descartes To Neıu-- ton (London, 1967), kapsamlı bir eser olma niteliğine bütün diğer eserlerden çok yakındır. Vasco Ronchi, Historie de la lumiere, trans J. Taton (Paris, 1956), 17. yüzyılı da içine alan standart bir genel optik incelemesidir. Kitaba aldığım konuları daha geniş bir 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 Contiguans Glasses," Archive for Historny of Exact Sciences, 2 (1965), 181-196; "Uneasily Fittul Reflections of Fits Of Easy Transmission" The Texas Quarterly, 10 (1967) 86-102; ve "Huygen's Rings and I i Newton's Rings: Periadicts and 17 th Century Optics," Ratio, 10 (1968), 64-77

17. yüzyıl biyoloji düşüncesi ile ilgili en önemli tarihler, Fransızca eserlerdir. Emile Gu-yenot, Les Sciences de lavie aux XVIII e et XVIIIe siecles (Paris, 1941), Jacgues, Roger, Les sciences de lavie dansla pensee franciaise du XIII e siecle (Paris, 1963), bu sonuncu eser (adı-rt na rağmen), 17. yüzyılı kapsamlı olarak inceler. Standart bir biyoloji tarihi olan Elrik Nor-denskiold, The History of Biology, trans, L.B. Eyre (New York, 1935), 17. yüzyılla ilgili geniş materyale sahiptir. Harvey ise kapsamlı olarak incelenmiştir. Hakkında birçok biyografi ya-

¦¦'. zılmıştır. Bunlar arasında Robert Willis, "The Life of William Harvey, MD." The Works of William Harvey, MD. (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, physican and Biologist", Annalis of Science, 3 (1938), 59-118, 435, 456, 4 (1939), 65-106-329-389'da yer alır. Seçkin bir bilim tarihçisinin, Walter Pagel'in yakınlarda çıkan bir şaheseri, William Harvey's Biological Ideas (Basel ve New York, 1967) Harvey'in çalışmalarını biyolojiye yaklaşımını bütün içindeki bağlantılarıyla değerlendirir. 17. yüzyıl embriyolojinin ayrıntılı incelemesi henüz başlangıç halindedir, ancak yakınlarda konunun hem kaynakları hem de ikincil tartışmaları Howard Adelman, Mar-cello Malpighi and the Evolution of Embryology, 5 vols. (Ithaca, New York, 1966)'da kütlesel

1 '¦ bir biçimde basılmıştır.

17. yüzyıl kimyası hakkındaki temel kitap da henüz Fransızcadan çevrilmemiştir. Helene Metzger, Les doctrines chemigues en France du debut du XVII e â la fin du XVIII e siecle (Paris, 1923). Miss Metzger, başlığın işaret ettiği tüm programı gerçekleştirecek kadar yaşamadı, ancak 17. yüzyıl kimyasını hem yukarıdaki ciltte hem de Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique (Paris, 1930) kitabında yazdı. 17. yüzyıldaki ingiliz kimyasını kapsayan iki güzel eser

vardır: Allen Debus, The English Paracelsians (London, 1965) ve Marie Boas (Hall), Robert Boyle and Seventeeth Century Chemistry (Cambridge, 1958). Thomas Kuhn, "Robert Boyle and Structural Chemstry in the Seventeeth Centruy, Isis, 43 (1952), 12-36., "bilimsel devrim çağındaki kimyaya, benim bildiğim bütün diğer araştırmalardan daha çok ışık tutan bir yirmi beş sayfadır.

Bilimsel derneklerin 17. yüzyıldaki gelişimi bir çok çalışmanın konusu olmuştur. Martha Ornstein, 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 iddiali bir kitaptır. Harcourt Brown, Scientific Organizations in Seventeeth 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. Costello, The Scholastic Curriculum at Early Seventeenth Century Cambridge (Cambridge, Mass, 1958) ve Mark Curtis, Oxford and it Cambridge in Transition 1558-1642 (Oxford, 1959). 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. Hail yukarıdaki makalelerin sonuçlarına iki makaleyle itiraz eder. "Merton Revisited," 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 yöntemin gelişmesinin tarihi yazılmamıştır; R.M. Bla-
ke, 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 tavırları önemli bir incelemedir.

Isaac Newton hakkında, burada değinilmesi bile olanaksız çoklukta akamedik çalışma yapılmıştır. Birçok biyografiden en önemlileri David Brewster, Memoirs of the Life, Writtings, and Discoveries of Sir Isaac Newton (Edinburg, 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. yüzyıl biliminin bütün önemli konularında olduğu gibi Newton üzerine 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) dır. John Herivel, 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 Paper and Letters on Natural Philosoph (Cambridge, Mass. 1958) de değerli giriş yazılan vardır. Newton matematiği üzerinde uzmanlığım herkesin kabul ettiği bir eser de, D.T. Whiteside'in editörlüğünü yaptığı üç cildi yayınlanmış The Mathematical Thought in the Later Seventeenth Centruy", Archive for Histor>> 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 başlığım taşıyan ve yakınlarda çıkan bir Texas Quartely (Vol. W, N.3, 2967) sayısı, Newton anlayışımızın bugünkü durumunun tutarlı bir tablosunu çizen bir makaleler derlemesidir.

Bibliyografya konusunu, 17. yüzyıl biliminin temel eserlerini çoğunun ingilizce olarak okunmasının olanaklılığına değinmeden, geçmek olanaksızdır. Kepler'den sadece iki kitabın, The Epitome of Copernican Astronomy ve The Harmonies of the World'xm çevrilip R.M. Hutc-hins'in editörlüğünü yaptığı Great Books of the Western World'un 16. cildinde yayınladığı doğrudur. Galileo'nun bütün çalışmaları çevrilmektedir ve bunların çoğu da basım halindedir. "Descarteslarm" çoğu da yine çeviri ve basım halindedir. Gassendi'nin özel bir çevirisi 17. yüzyılda çıkmıştı. 17. yüzyıl sonları optiğinin iki büyük klasiği, Newton'un Opticks'i ilk olarak zaten ingilizce yazılmış ve Huygens'in Treatise on Light'ı da Ingilizceye çevrilmişti. Huy-gens'den başka bir eser çevrilmiş değildir. Boyle'un çalışmalarının çoğu ilk olarak ingilizce yayınlanmış ve van Helmont'unkiler de 17. yüzyılda Ingilizceye çevrilmişti. Gilbert çevrilmiştir ve basım halindedir. Aynı durum Harvey için de doğrudur. Yakın zamanlarda Malpighi'nin embriyoloji çalışmaları, Gassendi'ninkilerle beraber çevrilmiştir. Hooke'un klasik mikroskobik gözlemleri ilk olarak, Latince başlık altında ingilizce yayınlanmıştı. Gözlemlerin o zamanlardan beri periyodik olarak yeni basımları yapılmaktadır ve şu sırada da yine basımdadır. Newton'un bütün önemli eserleri basım halindedir. Principia ve makalelerin büyük bir bölümü de çevrilmektedir. Bilimsel devrimi anlamak için, ikinci elden yapılan birçok değerlendirmeyi okumak yerine, özgün eserlere başvurmak çok daha yararlıdır.

TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

1) Hayatın Kökleri — Mahlon B. Hoagland
2) İkili Sarmal — James D. Watson
3) Bir Matematikçinin Savunması — G. H. Hardy
4) Modern Bilimin Oluşumu — Richard S. Westfail
5) Genç Bilim Adamına Öğütler — P. B. Medawar
6) Üniversite — Henry Rosovsky
7) Rastlantı ve Kaos — David Ruelle
8) Büyük Bilimsel Deneyler — Rom Harre
9) Bilimin Öncüleri — Cemal Yıldırım

10) Çok Geç Olmadan Bernard L Cohen
11) İlk Üç Dakika Steven Weinberg
12) Fizik Yasaları Üzerine Richard Feynraann
13) Bir Mühendisin Dünyası James L. Adams
14) Modern Çağ Öncesi Fizik J. D. Bernal
15) Kaos ' James Gleick ft
16) Bilimsel Gaflar Billy Aronson
17) Sorgulayan Denemeler Bertrand Russell
18) Bir Gölgenin Peşinde Georges Ifrah
19) Gen Bencildir Richard Dawkins ft 20) Tuhaf Bu DNA'lılar Billy Aronson
21) Yıldızlara! Zamanı Alan Lightman
22) Gezegenler Kılavuzu Patrick Moore
23) Çakıl Taşlarından Babil Kulesine Georges Ifrah
24) Dr. Ecconun Şaşırtıcı Serüvenleri Dennis Shasha
25) Gündelik Bilmeceler P. Ghose - D. Home
26) 107 Kimya Öyküsü L. Vlasov - D. Trifonov ft 27) Ayak İzlerinin Esrarı B. B. Calhoun
28) Akdeniz Kıyılarında Hesap Georges Ifrah
29) Teknolojinin Evrimi George Basalla ft 30) Vücudunuz Nasıl Çalışır? J. Hindley - C. King ft 3D Dünya ve Uzay S. Mayes - S. Tahta
32) Uzak Doğudan Maya Ülkesine Georges Ifrah
33) Modem Araştırmacı J. Barzun - H. F. Graff
34) Eski Yunan ve Roma'da Mühendislik J. G. Landels
35) Alıç Ağacı ile Sohbetler Hikmet Birand
36) Matematiğin Aydınlık Dünyası Sinan Sertöz
37) Bilimin Arka Yüzü Adrian Berry
38) Ortaçağda Endüstri Devrimi Jean Gimpel
39) Olağandışı Yaşamlar Gould - Gould
40) Darwin ve Beagle Serüveni Alan Moorehead
41) Buluş Nasıl Yapılır? B. E. Shlesinger
42) Sıfırın Gücü Georges Ifrah
43) Şaşırtan Varsayım Francis Crick
44) Sulak Bir Gezegenden Öyküler Sargım A. Tont
45) Anılarım Ernst E. Hirsch
46) Evrenin Kısa Tarihi Joseph Silk
47) Gökyüzünü Tanıyalım M. E. Özel - A. T. Saygaç
48) Bilim ve İktidar ' F. Mayor - A. Forti
49) Matematik Sanatı Jerry P. King
50) Türkiye'nin Tarihi Seton Lloyd

51) Galileo ve Newtonun Evreni William Bixby
52) Bilgisayar ve Zekâ (Kralın Yeni Usu I) Roger Penrose
53) Göl İnsanları R. Leakey - R. Lewin
54) Katla ve Uçur Richard Kline ir
55) Bilimsel Deneyler Jane Bingham
56) Bunu Ancak Dr. Ecco Çözer Dennis Shasha
ft 57) Ona Kısaca DNA Denir F. Balkwill - M. Rolph
ft 58) Sen Ben Gen F. Balkwill - M. Rolph
ft 59) Biz Hücreyiz F. Balkwill - M. Rolph
ft 60) Hücre Savaşları F. Balkwill ¦ M. Rolph
* 61) Astronomi Stuart Atkinson
62) Modern İnsanın Kökeni Roger Lewin
* 63) Bilim Adamları S. Reid - P. Fara
¦ 64) Ekoloji
+ 65) Atom ve Molekül ft 66) Bir Zamanlar
67) Anadolu Kültür Tarihi
68) Bir Yeşilin Peşinde ft 69) Beyin
• 70) Makineler
* 71) Depremler ve Yanardağlar
72) Hint Uygarlığının Sayısal Simgeler Sözlüğü
¦ 73) İnternet
ft 74) Işık Evreni ft 75) Akıl Kutusu
76) Uzay Denen O Yer
ft 77) Mavi Gezegen
ft --------- ¦ ¦
* ft ft •
Richard Spurgeon P. R. Cox - M. Parsonage M J. Me Neil - C. King Ekrem Akurgaİ Asım Zihnioğlu Rebacca Treays Clive Gifford Fiona Watt Georges Ifrah Philippa Wingate David Phillips S. Rose - A. Lichtenfels Helen Sharman Brian Betl Mike Painter Fiona Watt K. Little - A. Thomas Rebecca Treays Felicity Brooks F. Watt - F. Wilson Karnini Khanduri
78) Uydular
79) Yaşadığımız Gezegen
80) Havada Karada Suda
81) Çarpım Tablosu
82) Denizler ve Okyanuslar
83) Hava ve İklim '
ft 84) Kutuplarda Yaşam
85) Karanlık Bir Dünyada Bilimin Mum İşığı Cari Sağan
* 86) Mucitler S. Reid - P. Fara

* 87) Her Yönüyle Otomobiller Clive Gifford ft 88) Kesirler ve Ondalık Sayılar Karen Bryant-Mole + 89) Her Yönüyle Uçaklar Clive Gifford
90) İslâm Dünyasında Hint Rakamları (R.E.T. VII) Georges Ifrah ft 91) Çarpma ve Bölme Karen Bryant-Mole
ft 92) Tablolar ve Grafikler Karen Bryant-Mole
* 93) Her Yönüyle Tekneler Christopher Maynard
* 94) Bilgisayarlar Rebecca Treays
95) Fiziğin Gizemi (Kralın Yeni Usu II) Roger Penrose
96) Bir Sayı Tut Malcolm E. Lines
* 97) Kâşifler F. Everett - S. Reid
* 98) Enerji ve Güç Richard Spurgeon - Mike Flood
99) Kırılgan Nesneler P. G. de Gennes - J. Badoz
100) Hayvanların Sessiz Dünyası Marian Stamp Dawkins a 101) Kaybolan İpucu ' B. B. Calhoun
* 102) Mikroskop Chris Oxlade - Corinne Stockley
103) Elektronik
104) Vücudunuz ve Siz
ft 105) Deneylerle Bilim
* 106) Dünyayı Saran Ağ:WWW
* 107) Fırtınalar ve Kasırgalar 4 108) Toplama ve Çıkarma 3 109) İnsan Vücudu
ft 110) Yeryüzünde Yaşam
* 111) Bilgisayardaki Adresiniz Web Sitesi
112) Anadolu Manzaraları
113) Bilim İş Başında) 114) Arkeoloji
115) Us Nerede? (K.Y.U. II) 3 116) Evrim
ft 117) Küllerin Altındaki Sır o 118) Fizik
119) Kaslar ve Kemikler
Pam Beasant Mike Unwin Mike Unwin Asha Kalbag Kathy Gemmeii Karen Bryant-Mole
ft
ft 120) Beş Duyu
* 121) Kuşlar '
) 122) Kimyanın Öyküsü 123) Hesabın Destanı
¦ 124) Elektrik ve Manyetizma
* ÇOCUK KİTAPLIĞI
Mike Unwin Asha Kalbag Hikmet Birand John Lenihan Jane Mdntosh Roger Penrose Linda Gamlin B. B. Calhoun Jack Challoner Rebecca Treays Rebecca Treays F. Brooks-B. Gibbs Ann Newmark Georges Ifrah (R.E.T.V) Adamczyk-Law * GENÇLİK KİTAPLIĞI

> BAŞVURU KİTAPLIĞI

YAYINLARIMIZI TÜBİTAK KİTAP SATIŞ BÜROSU İLE KITABEVLERİNDEN EDİNEBİLİRSİNİZ.
Atatürk Bulv. No: 221 06100 Kavaklıdere/Ankara
Tel: (312) 427 33 21 - Faks: (312) 427 13 36

"Bilimsel devrim, doğa konusundaki
düşünce kategorilerinin
yeniden yapılanmasından
öte bir şeydi. Bilimsel araştırma etkinliklerinde
gittikçe artan sayıda kişinin
yer almasını ve modern yaşamda
gittikçe daha etkin rol oynayan
yeni bir kuramlar kümesinin
yayılmasını da ifade eden
toplumsal bir olguydu"
Richard S. Westfall,
modern bilimin oluşmasındaki
esas öğenin, düşüncelerin
kendi iç mantıkları uyarınca
gelişmeleri olduğu kanısındadır.
Onun deyimiyle bu kitap,
bilimsel devrim tarihinde
ağırlık merkezinin, düşünce tarihi
olduğuna dair inancın bir ifadesidir.

ISBN 975-403-00

Richard Wesfall _ Modern Bilimin Oluşumu

Kitaplar, uygarlığa yol gösteren ışıklardır.

UYARI:
www.kitapsevenler.com
Kitap sevenlerin yeni buluşma noktasından herkese merhabalar...
Cehaletin yenildiği, sevginin, iyiliğin ve bilginin paylaşıldığı yer olarak gördüğümüz sitemizdeki
tüm e-kitaplar, 5846 Sayılı Kanun'un ilgili maddesine
istinaden, engellilerin faydalanabilmeleri amacıyla
ekran okuyucu, ses sentezleyici program, konuşan "Braille Not Speak", kabartma ekran
vebenzeri yardımcı araçlara, uyumluolacak şekilde, "TXT","DOC" ve "HTML" gibi formatlarda, tarayıcı ve OCR (optik
karakter tanıma) yazılımı kullanılarak, sadece görmeengelliler için, hazırlanmaktadır. Tümüyle ücretsiz olan sitemizdeki
e-kitaplar, "Engelli-engelsiz elele"düşüncesiyle, hiçbir ticari amaç gözetilmeksizin, tamamen gönüllülük

esasına dayalı olarak, engelli-engelsiz Yardımsever arkadaşlarımızın yoğun emeği sayesinde, görme engelli kitap sevenlerin
istifadesine sunulmaktadır. Bu e-kitaplar hiçbirşekilde ticari amaçla veya kanuna aykırı olarak kullanılamaz, kullandırılamaz.
Aksi kullanımdan doğabilecek tümyasalsorumluluklar kullanana aittir. Sitemizin amacı asla eser sahiplerine zarar vermek değildir.
www.kitapsevenler.com
web sitesinin amacı görme engellilerin kitap okuma hak ve özgürlüğünü yüceltmek ve kitap okuma alışkanlığını pekiştirmektir.
Ben de bir görme engelli olarak kitap okumayı seviyorum. Sevginin olduğu gibi, bilginin de paylaşıldıkça
pekişeceğine inanıyorum.Tüm kitap dostlarına, görme engellilerin kitap okuyabilmeleri için gösterdikleri çabalardan ve
yaptıkları katkılardan ötürü teşekkür ediyorum.
Bilgi paylaşmakla çoğalır.
Yaşar MUTLU
İLGİLİ KANUN:
5846 Sayılı Kanun'un "altıncı Bölüm-Çeşitli Hükümler" bölümünde yeralan "EK MADDE 11" : "ders
kitapları dahil, alenileşmiş veya yayımlanmış yazılı ilim ve edebiyat eserlerinin engelliler için üretilmiş bir nüshası yoksa
hiçbir ticarî amaçgüdülmeksizin bir engellinin kullanımı için kendisi veya üçüncü bir kişi tek nüsha olarak
ya da engellilere yönelik hizmet veren eğitim kurumu, vakıf veya dernek gibi kuruluşlar tarafından ihtiyaç kadar kaset, CD, braill alfabesi ve benzeri formatlarda çoğaltılması veya ödünç verilmesi
bu Kanunda öngörülen izinler alınmadan gerçekleştirilebilir."Bu nüshalar hiçbir şekilde satılamaz, ticarete konu edilemez ve amacı dışında kullanılamaz ve kullandırılamaz.
Ayrıca bu nüshalar üzerinde hak sahipleri ile ilgili bilgilerin
bulundurulması ve çoğaltım amacının belirtilmesi zorunludur."
bu e-kitap Görme engelliler için düzenlenmiştir. Kitabı Tarayan ve Düzenleyen Arkadaşa
çok çok teşekkür ederiz. Kitap taramak gerçekten incelik ve beceri isteyen, zahmet verici bir iştir. Ne mutlu ki, bir görme
engellinin, düzgün taranmış ve hazırlanmış bir e-kitabı okuyabilmesinden duyduğu sevinci paylaşabilmek
tüm zahmete değer. Sizler de bu mutluluğu paylaşabilmek için bir kitabınızı tarayıp,
kitapsevenler@gmail.com
Adresine göndermeyi ve bu isimsiz kahramanlara katılmayı düşünebilirsiniz.

Bu Kitaplar size gelene kadar verilen emeğe ve kanunlara saygı göstererek lütfen bu açıklamaları silmeyiniz.
Siz de bir görme engelliye, okuyabileceği formatlarda, bir kitap armağan ediniz...
Teşekkürler.
Ne Mutlu Bilgi için, Bilgece yaşayanlara.
Tarayan: Süleyman Yüksel
www.suleymanyuksel.com
suleymanyuksel@suleymanyuksel.com
Richard Wesfall _ Modern Bilimin Oluşumu