

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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

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



GALILEO'DAN ÖNCE

Ortaçağ Avrupa'sında Modern Bilimin Doğuşu

JOHN FREELY

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>





John Freely, 1926'da New York, Brooklyn'de doğdu. II. Dünya Savaşı son iki yılına girerken okulu bırakarak ABD Deniz Kuvvetleri'ne katıldı. Daha sonra New York Üniversitesi'nde doktora-sını tamamlayan Freely, araştırmalarını ve kariyerini Oxford'da sürdürdü. Şimdilerde Boğaziçi Üniversitesi'nde fizik dersleri veriyor.

GALILEO'DAN ÖNCE

Ortaçağ Avrupa'sında
Modern Bilimin Doğuşu

Kolektif Kitap -52

Bilim Kitaplığı -5

*Galileo'dan Önce, Ortaçağ Avrupa'sında Modern
Bilimin Doğuşu*

Özgün Adı: *Before Galileo, The Birth of Modern Science in
Medieval Europe*

© John Freely, 2012

© Türkçesi: Muhtesim Güvenç, 2014

© Kolektif Kitap, 2014

ISBN: 978-605-5029-24-1

Yayına Hazırlayan: Ezgi Kardelen

Son Okuma: Murat Oğurlu

Sayfa Düzeni: Kolektif Tasarım

Kapak Resmi: *Flammarion Gravürü*, Anonim

Kapak Tasarımı: Deniz Akköl

1. Baskı, Eylül 2014, İstanbul

Sertifika No: 25574

Baskı ve Cilt: Berdan Matbaacılık

Güven Sanayi Sitesi C Blok No: 215-216

Topkapı, İstanbul | 0212 613 11 12

Sertifika No: 12491



Kolektif Kitap Bilişim ve Tasarım Ltd. Şti.

Caferağa Mah. Ressam Şeref Akdik Sok.

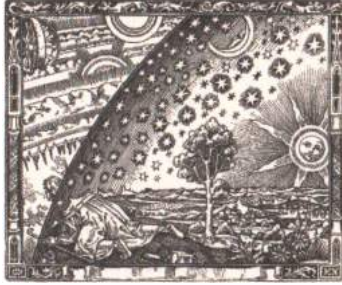
No: 10 Kadıköy, İstanbul

www.kolektifkitap.com | info@kolektifkitap.com

T: 0216 337 05 18 | F: 0216 337 03 18

Bu kitabın hakları Anatolia Telif Hakları Ajansı aracılığıyla
alınmıştır. Yayıncının izni olmaksızın elektronik ya da mekanik
herhangi bir yolla çoğaltılamaz ve iletilemez.

Tüm hakları saklıdır.



GALILEO'DAN ÖNCE

Ortaçağ Avrupa'sında
Modern Bilimin Doğuşu

JOHN FREELY

Türkçesi: Muhtesim Güvenç



İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	11
1 - Karanlık Çağ'daki Işık	17
2 - Avrupa'nın Eğitilmesi	47
3 - Arapların Görüşleri	67
4 - Rönesans Öncesi Rönesans	93
5 - Aristoteles'in Dönüştürülmesi	107
6 - Işığın Metafiziği	121
7 - DeneySEL Yöntem	139
8 - Hareket Bilimi	153
9 - Gökkuşağının Üzerinde	175
10 - Astronominin Doğuşu	193
11 - Göksel Kürelerin Devinimleri	217
12 - Yeni Astronomi	239
13 - Büyük Tartışma	261
14 - Devlerin Omzunda	287
Teşekkür	311
Kaynakça	313
Dizin	325



GİRİŞ

İlk kez fizik dersi vermeye başladığım zamanlardaki standart açıklamaya göre modern bilim, -akademik çevrelerin ve Kilise'nin kabul ettiği Aris-toteles ve Batlamyus'un yer-merkezli eski kozmolojisine karşı- Koper-nik'in Güneş-merkezli devrimci dünya görüşünün kabul görmesini sağ-lamak isteyen Galileo'nun gösterdiği kahramanca çabalarla başlamıştı. Bu mücadele Bilimsel Devrim'i ateşledi ve modern bilim çağının şafağın-da yeni Newton fiziği ve astronomisiyle zirveye ulaştı.

Bu anlatı Kopernik, Galileo ve Newton'un selefleri hakkında neredey-se hiçbir şey söylemez, fakat geçtiğimiz yıllarda ortaçağ Avrupa'sını araş-tıran tarihçiler Batı biliminin izlerini Kopernik, Galileo ve Newton'dan bin yıl öncesine kadar sürmeyi başardı. Gerçekte, bir dizi Avrupalı bilim insanı Bilimsel Devrim'in yolunu açmış ve çığır açıcı teorilerle keşiflerin temellerini atmıştı.

Galileo'dan Önce, bu tarihsel haksızlığı -ben henüz üniversitede fi-zik okurken bunun bir tarihsel haksızlık olduğunu düşünmeye başla-mıştım- gidermeyi amaçlıyor. Lisans araştırmalarımı New York, New Rochelle'de İrlanda Hristiyan Kardeşler cemaati tarafından kurulmuş Iona College'da, II. Dünya Savaşı sonrasında çıkarılan GI Bill Yasası [as-kerlerin toplumsal hayata uyum sağlamasıyla ilgili kanun] üzerine yap-mıştım. Kampüste ilk fark ettiğim şey, İrlanda Hristiyan Kardeşler'in altıncı yüzyılda yaşamış koruyucu azizi Aziz Columba'nın heykeliydi. Columba, İrlanda'yı terk etmeye zorlanmış ve İskoçya'nın batı kıyısın-

daki Iona Adası'nda bir manastır kurmuştu. Columba'nın öğrencileri de İngiltere'den başlayarak bütün Avrupa'da manastır okulları kurdular ve Karanlık Çağ'ı yaşayan Batı Avrupa'yı yeniden eğitmeye başladılar. Aynı şekilde, ben de New York'un varoşlarının da aydınlanmaya ihtiyacı olduğunu düşünen İrlanda Hıristiyan Kardeşler cemaatinin kurduğu okulda eğitim gördüm. Gerçekten de eğitime ihtiyacım vardı, çünkü pek çok sınıf arkadaşım gibi ben de ABD donanmasına katılmak üzere on yedi yaşında okuldan ayrılmak zorunda kalmıştım.

Iona'daki fizik öğretmenim Kardeş Thomas Bullen'dı. Bullen, fizik eğitimini 1948 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü alan P. M. S. Blackett'tan almıştı. Blackett'ın da nükleer fiziğin kurucusu sayılan ve 1908 Nobel Kimya Ödülü'ne layık görülen Lord Rutherford'dan Cambridge'te ders aldığını biliyordum. Rutherford'sa yine Cambridge'te, modern elektromanyetik kuramın babası James Clerk Maxwell'dan ders almıştı. Daha sonra, Math-Physics Genealogy [Matematikle Fiziğin Soyağacı] adlı internet sitesinin yardımıyla Kardeş Bullen, Blackett, Rutherford ve Maxwell'dan geriye doğru ilerleyerek Newton, Leibniz, Galileo ve Kopernik'e, İtalyan üniversitelerinde okumuş ilk Yunanlara, oradan da 1375 civarında Konstantinopolis Üniversitesi'nden mezun olduktan sonra Yunan öğretisini İtalya'ya taşıyarak Rönesans'ın doğuşuna yol açan George Gemistos Plethon'a kadar giden kesintisiz bir hat sayesinde akademik soyağacımın izini sürebildim. Bu izin kesintiye uğramaksızın eski çağlara kadar gitmesi benim için son derece ilginçti.

Bununla birlikte bu kitap üzerindeki en dolaysız etki, Oxford'daki All Souls College'da ortaçağ Avrupa'sı bilim tarihiyle ilgili öncü araştırmasıyla tanınan Alistair Cameron Crombie'den ders aldığım dönemde yaptığım doktora sonrası araştırmalarıma aittir. Daha sonra, bir yandan tarih ve astronomi dersleri aldığım Boğaziçi Üniversitesi'nde bir yandan da "Modern Bilimin Doğuşu: Doğu ve Batı" adlı bir ders vermeye başladım. Bu dersin içeriğinin büyük bir kısmı Crombie'den öğrendiklerime dayanıyordu. Fakat ortaçağ Avrupa bilimi hakkındaki bu derse çeşitli materyaller eklemeyi de sürdürdüm.

Crombie'den miras aldığım temel düşünce, Batı Avrupa biliminin Karanlık Çağ'dan başlayarak Kopernik, Galileo ve Newton dönemlerine doğru ilerlediğidir. Bizden sonraki tarihçiler de bu görüşü sorguladı-

lar. Thomas Kuhn, *Kopernik Devrimi* (1957) ve *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* (1962) adlı eserlerinde, Kopernik sonrası bilimin ortaçağ boyunca Batı Avrupa'da gelişen bilim geleneğinden kopmasının bir kanıtı olarak Güneş-merkezli teoride bir paradigma değişimi yaşandığını vurguladı. Kuhn kesinlikle haklıydı, fakat Crombie'nin 1952'de yayımlanan *Medieval and Early Modern Science* [Ortaçağ ve Erken Modern Dönem Bilimi] eserinde Kopernik'ten bahsederken söylediği gibi, "O, eski olgulara yeni bir yöntemle bakarak bilimde devrim yapan insanların en iyi örneğidir". Crombie, Kopernik'in ortaçağ Avrupası ve antik Yunan'daki seleflerinden miras aldığı teori ve bilgileri gün ışığına çıkarmaya devam ederken, ben de Müslüman ve Bizanslı bilim insanlarının bilime sundukları katkıları etraflıca ele alıyor ve onun bulgularına ekliyorum.

Galileo'dan Önce, Karanlık Çağ'ın başlangıcındaki Batı Avrupa'ya bir bakış atarak işe koyulur. Roma 410'da Vizigotlar tarafından yağmalanmış, Homeros'tan bu yana birikmiş bütün antik Yunan eserlerini barındıran devasa koleksiyonuyla İskenderiye Kütüphanesi yakılmış, Greko-Romen dünya da iyice bastıran ortaçağ karanlığı içinde yitip gitmiştir.

İskenderiye Kütüphanesi'nde, pre-Sokratik döneme ait eserlerden Helenistik dönemin büyük matematiksel fizikçileri ve astronomlarının kitaplarına kadar, antik Yunan biliminin bütün eserleri mevcuttu. Sokrates herhangi bir eser yazmamış, fakat Platon'u yetiştirmişti; Platon Aristoteles'i, Aristoteles Theophrastus'u, o da başkalarını eğitmişti. Klasik uygarlığın çöküşü, İskenderiye Kütüphanesi'nin yakılması ve dolayısıyla söz konusu bilim insanlarının tüm eserlerinin yanmasıyla birlikte bu öğretmen-öğrenci zinciri de kopmuş oldu.

Fakat antik Yunan bilim ve felsefesinin bazı klasikleri, İskenderiye'den çıkıp ortaçağ Bizans ve İslam dünyası aracılığıyla tekrar Avrupa'ya ulaştı. Özellikle İslam dünyasına aktarılan eserler Yunancadan Aramiceye, Farsçaya, Arapçaya ve en nihayetinde Latinceye tercüme edildi.

Söz konusu Latince tercümeler Batı Avrupa'ya ulaşmadan önce, klasik ilimlerden geriye kalan birkaç parça, giderek yalnızlaşan Romalı bilim insanları tarafından korunuyordu. Bunlar arasında en iyi bilinenler Boethius ve Cassiodorus'tur. Fakat klasik ilimlerin daha önemli kâhınları ilk İrlanda manastırlarına ulaşmayı başardı. Özellikle de Aziz

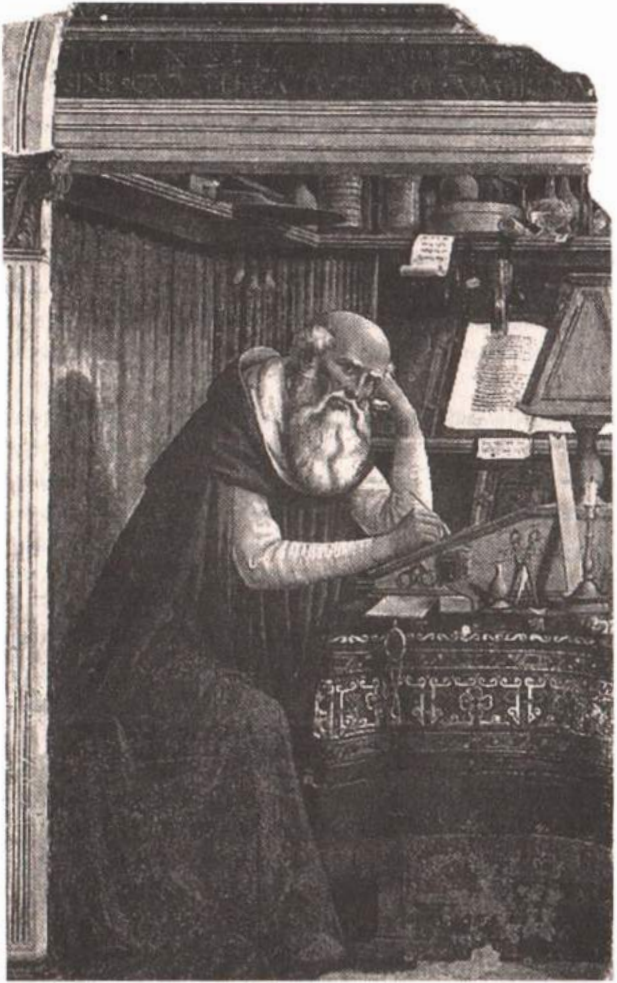
Columba'nın manastırlarına yerleşen Yunancaya haiz bir grup bilim insanı, onu da yanlarına katarak İona'yı aşılar ve Avrupa'yı yeniden eğitmeye, Karanlık Çağ'a aydınlık taşımaya başladılar. Bu eğitim, sonuçta Avrupalı bilim insanlarını Greko-Arap biliminin Latince tercümelerini anlayabilecek bir seviyeye getirdi. 12. ve 13. yüzyılda Avrupa'da üniversitelerin kurulmasıyla birlikte bu süreç daha da hızlandı.

Fakat ortaçağın ilk zamanlarında Avrupalı bilim insanları merak dürtüsüyle hareket edip içinde yaşadıkları dünyayı ve gökyüzünü gözlemlemek zorunda kaldılar; yani her şeye en baştan başladılar. Büyük oranda soyutluğa dayanan Yunan ve İslam biliminin aksine, Batı bilimi başından itibaren uygulamaya dayalı deneysel bir niteliğe sahipti. Bu durum Crombie'nin de belirttiği üzere, "bilimsel sistemdeki deney dayalı unsurlarla doğa felsefesinden çıkarılan farazi unsurlar arasındaki ilişkiyi en berrak şekilde kavrayan" Newton'un eserinde açıkça görülmektedir.

Uygulamaya dayalı ampirizmi, sekizinci yüzyıl başında çeşitli eserler üretmiş Muhterem Bede'de göreceğiz. Bede, "Britanya'nın böldüğü denizin kıyısında yaşayan bizler rüzgarın gelgiti nasıl hızlandırabileceğini veya geciktirebileceğini biliyoruz," der. Çocukluğumun ilk yıllarını İrlanda'da geçirdiğim için Bede'nin ne demek istediğini anlayabiliyorum. Dört yaşımdan yedi yaşıma kadar Dingle yarımadasının Kerry köyünde annemin ailesiyle yaşadım. Avrupa'nın en batı ucunda bulunan bu yarımada hayati belirleyen en önemli şey gelgitlerdi. İrlandaca konuşan ve okuryazarlığı olmayan balıkçı büyükbabam Tomas, Rüzgarların Tom'u olarak bilinirdi çünkü dünyayla ilgili engin bilgilerini dört rüzgardan edindiği söylenirdi. Tomas ne zaman kulübemizin yanı başında ağlarını hazırlasa ben de yanına giderdim. Deniz yükselip alçalırken patates büyüklüğündeki taşlar oradan oraya yuvarlanır, onların çıkardıkları gürleme sesleri kulübeye kadar ulaşırdı. Tomas işe koyulmadan önce rüzgarın yönünü tespit etmek için işaret parmağını ıslatıp havaya kaldırırdı. O benim ilk öğretmenimdi; belki de zaman ve gelgit gibi konular üzerine düşünmeye başlamama ve nihayetinde bu kitabı yazmama yol açan şey de onunla yaptığımız sohbetlerdi. Bir balıkçı, ayakkabı tamircisi ya da bir fizikçi, her zaman bir öğretmene ihtiyacınız vardır. *Galileo'dan Önce*, hilginin bir bireyden diğerine aktarılmasını anla-

GİRİŞ

tır. Batı Avrupa için konuşacak olursak, söz konusu bilgi aktarımı Galileo doğmadan bin yıl önce, Karanlık Çağ'da başladı.



*Aziz Jerome alışırken.
Domenico Ghirlandaio'nun izimi, 1480.*

KARANLIK ÇAĞ'DAKİ İŞİK

Aziz Jerome MS 412'de Lady Principia'ya gönderdiği mektupta, "Batı'dan bize dehşet verici bir söylenti ulaştı. Roma'nın kuşatıldığını, yurttaşların güvenliklerini ancak altın karşılığında sağlayabildiklerini, hat-ta tepeden tırnağa soyulup ellerinde hiçbir şey kalmayınca yeniden ta-ciz edildiklerini, dolayısıyla sadece zenginliklerinin değil hayatlarının da tehlike altında olduğunu duyduk," der. Aziz Jerome mektubuna şöy-le devam eder: "Senato başkanının sesi çıkmıyor ve konuşması hıçkırık-larla bölünüyor. Zamanında bütün dünyayı ele geçiren şehrin şimdi ken-disi ele geçirildi; üstelik kılıçtan önce açlığa yenik düştü ve sorumlula-rınsa yalnızca birkaçı tutuklandı."

Aziz Jerome, Alaric önderliğindeki barbar Vizigotların 24 Ağus-tos 410'da Roma'yı nasıl yağmaladıklarından dert yanıyordu. Fakat he-nüz en kötüsünü görmemişlerdi, zira 455'te Batı Roma imparatoru III. Valentinianus'a düzenlenen suikastın ardından Roma bir de barbar Van-dallar tarafından yağmalanacaktı. Vandallar üç gün boyunca şehri talan edecek ve şehre Alaric'ten çok daha fazla zarar verecekti. Kuzey Afrikalı papaz Vitalı Victor, gemiler dolusu esirin Sirenayka'ya götürülerek ora-daki köle pazarlarında satıldığını ve böylelikle Roma'nın neredeyse ta-mamen boşaldığını anlatır. Roma düşmemişti, fakat harabeye dönmüş ve birkaç hafta içinde şehirde neredeyse kimse kalmamıştı. Eğitim ku-rumları da dahil hiçbir devlet kurumu çalışmıyordu.

"Barbarların" saldırılarına yenik düşen, Hıristiyanlığın yükseli-şiyle birlikte eski tanrılarının ve öğretilerinin de bir hükmü kalmayan Greko-Romen dünyası ömrünün sonuna yaklaşmıştı. Klasik ilmin ışığı,

MÖ 331'de Büyük İskender tarafından kurulan ve bu tarihten itibaren antik Yunan'ın düşünce ve kültür merkezi Atina'nın yerini alan İskenderiye'de sönmek üzereydi.

MÖ 4. yüzyılın başlarında kurulan İskenderiye'deki kütüphane, Homeros'un eserinin orijinalinden tutun, Platon, Hipokrat, Aristoteles, Theophrastus, Demokritos, Epikür, Öklid, Aristarkus, Arşimet, Eratosthenes, Apollonius, Heron, Hipparkhos, Strabon, Batlamyus, Galenos, Dioskorides ve Diophantus'a kadar birçok ünlü ismin felsefi ve bilimsel çalışmalarını barındırıyor ve daha pek çok Yunanca esere ev sahipliği yapıyordu.

Hıristiyanlığı kabul eden imparator I. Theodosius'un 391 yılındaki fermanı, İskenderiye Kütüphanesi dahil olmak üzere imparatorluk sınırları içindeki bütün pagan tapınaklarının ve kurumlarının kapatılmasını emrediyordu. Kütüphanenin son sorumlusu İskenderiyeli Theon (335 civarı-405) bir matematikçiydi. Theon'un seçkin bir filozof ve matematikçi olan kızı Hypatia, Mart 415'te Peter adında bir yobaz önderliğindeki kalabalık bir papaz güruhu tarafından paramparça edildi. Kütüphane de aşağı yukarı aynı dönemde yok edildi; bir rivayete göre de fanatik Hıristiyanlar tarafından yakıldı. Her halükarda, 5. yüzyılın başlarına gelindiğinde kütüphane tarihe karışmış ve geriye tek bir metin bile kalmamıştı. Günümüzde varlığını sürdüren antik Yunan eserleri, kütüphanenin orijinal koleksiyonunun yalnızca çok küçük bir bölümüdür. Bir kısmı Yunanca aslından, diğerleri ise Arapça ve Latince tercümelerden oluşan bu eserler sonradan çoğaltılmış nüshalardır ve ortaçağ manastırları sayesinde günümüze kadar ulaşabilmiştir. İskenderiye Kütüphanesi'nin yakılması iki bin yıllık Yunan edebiyatı, tarihi ve biliminin de yok olması anlamına geliyordu; yangın kütüphaneyi küle çevirirken, "Karanlık Çağ" yavaş yavaş dünyanın üzerine çökmeye başlamıştı.

İskenderiye Kütüphanesi'nde bulunan en eski bilimsel eserler pre-Sokratik olarak adlandırılan bilgilere ait metinlerdi. Arkaik dönemin (MÖ 750 civarı-480) ikinci yarısı ve Klasik dönemin (MÖ 479-323) başlangıcında ortaya çıkan pre-Sokratik bilgilerin hepsi ya Anadolu'nun Ege sahillerinden ya da İtalya ve Sicilya'nın güneyindeki Yunan kolonilerindendi (Magna Graecia). İlk bilgilerin üçü de Miletli'ydi: Thales (MÖ 625 civarı-547), Anaksimandros (MÖ 610 civarı-545) ve Anaksi-

menes (MÖ 546 yılında etkin olduğu bilinmektedir). Aristoteles Yunan-
cada “doğa” anlamına gelen *physis* sözcüğünden yola çıkarak bu ilk bil-
ginleri *physikoi*, yani fizikçiler diye adlandırdı. Çünkü olguları doğaüstü
temellere dayanarak açıklayan daha önceki *theologoi*, yani teologların ak-
sine bu bilginler doğayı esas alan ilk kişilerdi. Miletli fizikçiler doğadaki
bütün maddelerin aslında temel bir maddenin (*arche*) farklı biçimleri ol-
duğuna ve biçimi değişse de bu temel maddenin varlığını sürdürdüğüne
inanıyordu. Thales bu temel maddenin (*arche*) su olduğunu söylerken,
Anaksimandros bunun *apeiron* olarak adlandırdığı tanımsız bir madde
olduğunu düşünüyordu. Buna karşın, Anaksimenes bu temel madde-
nin “hava” veya “ruh” anlamına gelen *pneuma* olduğunu savunuyordu.
Thales hiç kuşku duymaksızın suyu seçmişti; çünkü su normal sıcaklık-
ta sıvı, ısındığında buhar, donduğundaysa katı, yani buz halini alıyordu.
Aynı madde, fiziksel koşullara bağlı olarak farklı biçimlere bürünebili-
yordu. Bu savı sıklıkla kendi şahsımda düşünürüm, zira fiziksel koşullar
değişse de şimdiki ben, genç yaştaki benle aynı kişidir veya en azından
ben öyle olduğunu düşünüyorum. Fakat şimdiki beni on yedi yaşında-
ki benle karşılaşmaktan çekindiğimi de ifade etmeliyim; onu elbette ta-
nırım, fakat zamanın kendisini nasıl değiştirdiğini gördüğünde onun ne
düşüneceğini merak ediyorum.

Efesli Heraklitos (MÖ 500 civarında etkin olduğu bilinmektedir) do-
ğadaki ebedi gerçekliğin Varlık değil Oluş, yani sürekli değişim olduğu-
na inanıyordu. Bunu ünlü “*pantha rhei*” (her şey akar) vecizesiyle ifade
etmişti. Günümüze ulaşan metinlerinden birinde şöyle bir örnek veri-
yordu: “Aynı ırmakta iki kez yıkanılmaz,” çünkü arada geçen zamanda
hem ırmaktaki su akıp tazelenmiş hem de kişinin kendisi değişmiştir.

Miletli filozoflarla Heraklitos’un birbirine karşıt her iki yaklaşımı
da fizik derslerinde öğrettiğim fizik yasalarında mevcuttur. Miletlile-
rin yaklaşımı kütlenin korunumu gibi yasalarda kendini gösterir. Buna
göre, farklı bileşenler işleme tabi tutulduğunda, kimyasal reaksiyondan
önce ve sonra bileşenlerin her birinin kütlesi değişse de işlemdeki top-
lam kütle değişmez. Newton’un ikinci hareket yasası gibi niceliksel de-
ğişimlerin hızına odaklanan teorilerdeyse Heraklitos’un yaklaşımı geçerli-
dir. Newton’un ikinci hareket yasasına göre bir kütlenin ivmesi, yani hı-
zındaki değişim, cismin kütlesine uygulanan kuvvete göre değişir. Yani

cismin kütlesi arttıkça, o cismi ivmelendirmek için daha büyük bir kuvvete ihtiyaç duyulur.

Kendi adını taşıyan ünlü teoremiyle bilinen Pisagor (MÖ 580-500 civarı), “bir dik üçgende hipotenüsün uzunluğunun karesi, dik kenarların uzunluklarının karelerinin toplamına eşittir” bağıntısını elde ederek Yunan matematiğinin temellerini atmıştır. Müzik aletlerinin çıkardığı sesleri inceleyen ve müziksel armonideki sayısal ilişkileri keşfeden Pisagor ve takipçileri, ilk fizik deneyleri yapan bilim insanları olarak kabul edilirler. Pisagor ve öğrencileri bu keşiften yola çıkarak evrenin armoni ilkelelerine göre tasarlandığına ve müzik teorisinde olduğu gibi de sayılarla açıklanabileceğine inanmışlardı. Pisagorcular, gözlenen beş gezegenin – Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn – yanı sıra Güneş, Ay ve Dünya’dan oluşan bir kozmoloji formüle ettiler. Bu formülasyona göre söz konusu gök cisimleri, merkezden uzaklıklarına ters orantılı hızda Evrenin Merkezi etrafındaki bir yörüngede dönmektedir; merkeze en yakın olanlar ve daha hızlı hareket edenler tiz ses, daha uzak ve daha yavaş hareket edenlerse pes ses çıkarmaktadır. Kürelerin Müziği olarak ün kazanan bu önerme Kopernik, Kepler ve Shakespeare dönemlerine kadar da ilgi çekmiş ve rağbet görmüştür. Shakespeare’in *Venedik Taciri* adlı oyununda Lorenzo, Jessica’nın dikkatini gökkubbedeki armoniye çeker:

Otur Jessica. Bak gökyüzünün tavanı,
Pırıl pırıl parlayan altın sarısı desenlerle
Baştanbaşa nasıl bezenmiş.
Gördüğün küreler içinde en küçüğü bile,
Yörüngesinde dönen melekler gibi şarkı söyler,
Işıl ışıl gözleriyle koro halinde geçer hepsi.
Ölümsüz ruhlar duyabilir bu müziği,
Ama bir gün çürümeye mahkum olan
Bu kaba toprakı giysiye bürünmüş bizler duyamayız.¹

Heraklitos her şeyin akış halinde olduğunu ve hiçbir şeyin değişmez olmadığını düşünürken, Parmenides’e (MÖ 515 civarı-450) göre Varlık

1- *Venedik Taciri*, William Shakespeare, çev.: Bülent Bozkurt, Remzi Kitabevi, İstanbul 2000. - yhn

Bir'dir ve onda kesinlikle değişim yoktur. Evren yaratılmamış, ezeli, ebedi, yok edilemez, değişmez ve hareketsiz şeylerle dolu bir küredir (yani boşluğa yer yoktur) ve aksini gösteren bütün duyusal kanıtlar aldatıcıdır. Parmenides uzun şiirinden geriye kalan parçalardan birinde, "varlık var olandır, hiçlikse var olmayandır," diyerek aslında yaratılış veya yok oluşun imkansız olduğunu ileri sürer.

Parmenides'in bu değişmez kozmoloji görüşü antik çağdan Rönesans'a dek yankı bulmuştur, tıpkı Spenser'ın *The Faerie Queene*'nin [Kraliçe Peri] son kıtasında olduğu gibi:

Sonra doğanın söylediklerini düşündüm,
Artık değişimin olmayacağı zamanı,
Ne var ki her şeyin o muhkem değişmezliği
Sonsuzluğun sütunlarına zincirlenmiş
Bu, değişim ilkelerine bütünüyle zıt;
Zira her hareket, değişimi güçlendirir.

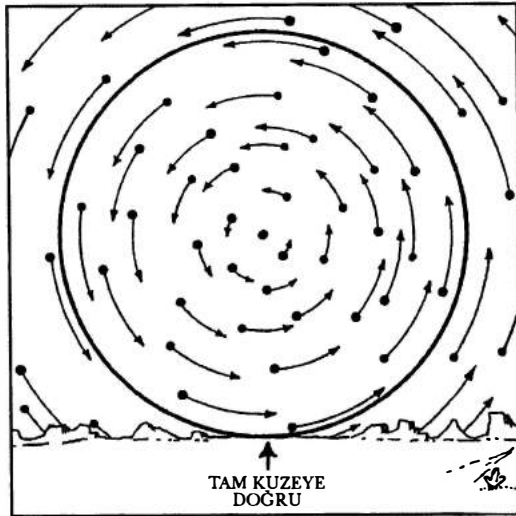
Leukippos'un (MÖ 4. yüzyıl başlarında etkin olduğu bilinmektedir) ve kendinden daha ünlü öğrencisi Demokritos'un (MÖ 470-404 civarları) atomik teorisi, Empedoklesçi görüşün çıkmazına bir çözüm getirmiştir. Onlara göre *arche* (temel madde), bütün fiziksel maddelerin bölünemeyen en küçük parçası olan atom formundadır. Atomlar sürekli hareket ettikleri boşlukta birbirleriyle çarpışıp farklı biçimlerde birleşerek doğada gözlenen sayısız formu oluşturur. Günümüze kadar ulaşan metinlerden birinde, "Hiçbir şey rastgele oluşmaz, her şey bir nedene ve zorunluluğa dayanır," diyen Leukippos, atom hareketinin kaotik olmadığını, doğanın değişmez yasalarına riayet ettiğini anlatmak ister. Atom teorisi Demokritos döneminde genel olarak kabul edilen bir görüş değildi; bunun en büyük nedeni hiçbir tesadüfe, tercihe veya özgür iradeye izin vermeyen determinist özelliğiydi.

Parmenides tarafından ortaya atılan temel sorulardan bazılarına Empedokles (MÖ 482 civarı-443) de değinmiştir. Empedokles duyuların güvenilirliğiyle ilgili ciddi bir problem olduğu konusunda Parmenides'le aynı fikirde olsa da, yalnızca duyularımız doğayla doğrudan temas kurduğundan, duyuların sağladığı bilgiyi dikkatli bir değerlendirme süre-

cinden geçirerek kullanabileceğimize inanıyordu. Tek bir *archeden* (temel madde) ziyade dört temel madde -toprak, su, hava ve ateş- olduğunu, bu maddelerinse Sevgi ve Mücadele olarak adlandırdığı güçlerin etkisiyle çeşitli şekillerde karışarak doğadaki maddeleri oluşturduğunu söyleyip değişim sorununa da bir çözüm getirmeye çalışıyordu.

Klazomenaili (bugünkü Urla) Anaksagoras (MÖ 500 civarı-428) eter olarak adlandırdığı başka bir elementin varlığını kabul etti. Ona göre eter sürekli dönüyor ve kendisiyle birlikte gökcisimlerini de taşıyordu. Anaksagoras ayrıca doğada *Nous* diye adlandırılan yönlendirici bir akıl veya ruh olduğuna da inanıyordu. Anaksagoras'a göre eğer *Nous* olmasaydı evrene düzen değil kaos hüküm sürerdi. Onun *Nous* ile anlatmak istediği şey, nasıl ki bizim kendi dünyamıza yön veren bir aklımız varsa, "Evrenin de bir Akli" olduğuydu.

Klasik dönemin başlangıcında (MÖ 479) Yunan dünyasının siyasi ve entelektüel merkezi haline gelen Atina'ya yerleşen Anaksagoras, İyonyalı fizikçilerin sonuncusuydu. O, Atina'da yaşayan ilk filozoftu ve Atinalı devlet adamı Perikles'in (MÖ 495 civarı-429) hem hocası hem de yakın arkadaşı oldu.



Gökyüzünün kuzeyindeki yıldızların gözlenen hareketi.

Perikles MÖ 431'de, Peloponez Savaşı'nın ilk yılında ölenleri anmak için verdiği ünlü cenaze töreni nutkunda yurttaşlara şunu hatırlatıyordu: Ölenler "dünyaya açık", özgür ve demokratik bir toplumu savunmak için savaşmışlardı ve bu toplum "düşünceye verdiği değer" sayesinde Atina'yı "Helen dünyasının okulu" haline getirmişti. "Ardımızda bıraktığımız imparatorluk nişaneleri ve abideleri gerçekten de pek yücedir," der Perikles, "Gelecekteki nesiller bize hayranlıkla bakacak, tıpkı şimdi ki neslin baktığı gibi".

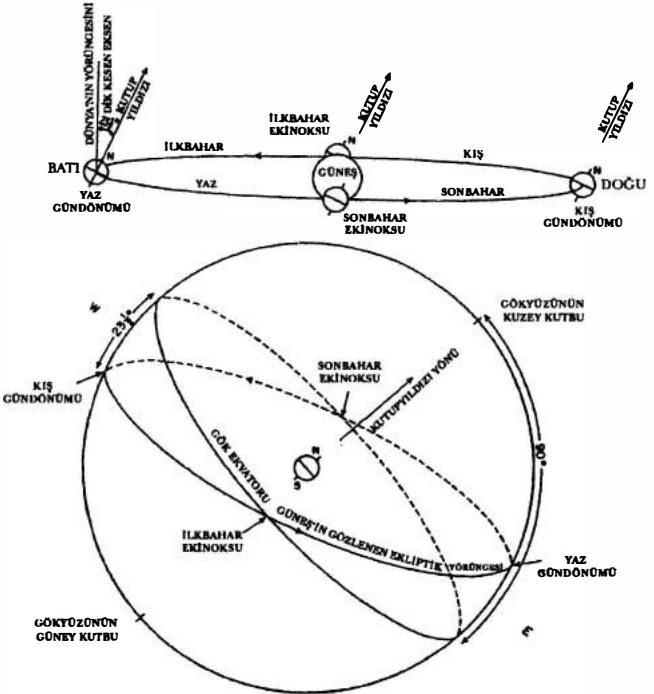
Atina okullarının en ünlüsü, Sokrates'in (MÖ 470 civarı-399) öğrencisi Platon (MÖ 428-347 civarları) tarafından MÖ 386'dan sonra kurulan Akademi'di. Sokrates Atina'nın pazaryeri Agora'da bilgece öğütler verirken, onunla sohbet eden en genç adamlardan birinin Platon olduğunu söylemeliyim. Akademi, Elefsis'e giden Kutsal Yol boyunca uzanan eski Atina surlarının Dipylon Kapısı'na bir Atina mili² uzaklıktaydı. Bugün alanın büyük kısmı kazılmış durumda. Atina'da yaşadığımız dönemde, AKADEME olarak adlandırılan otobüs güzergahını takip ederek Akademi'ye kadar yürüdüm. Burası bana Milton'ın *Paradise Regained* [Yeniden Kazanılan Cennet] eserinde, okulu tanımladığı şu mısraları anımsattı: "Akademinin zeytinliği, Platon'un inzivaya çekildiği, Atina kuşunun uzun yazı müjdelemek için şakıdığı yer."

Platon matematiğin diyalektik süreç için bir önkoşul olduğuna inanıyordu. Bu süreç Akademi'de eğitim gören geleceğin liderlerine, Platon'un *Devlet* eserinde tanımladığı ideal devleti yönetmek için gereken felsefi kavrayışı sağlayacaktı. Platon'un bilim üzerindeki en kalıcı etkisi, doğa bilimine bir geometri problemini ele alır gibi yaklaşılması gerektiğini tavsiye etmesi olmuştur. Söz konusu "doğanın geometrikleştirilmesi" yöntemi en başarılı biçimde, astronomi gibi idealize edilebilen disiplinlere uygulanır, bu sayede yasalar geometride olduğu kadar "kesin" bir şekilde formüle edilebilir. Platon *Devlet*'te Sokrates'in şöyle dediğini aktarır: "Geometriyi nasıl problemler aracılığıyla ele alıyorsak, astronomiye de aynı şekilde yaklaşalım, uzaydaki şeylere karışmayalım."

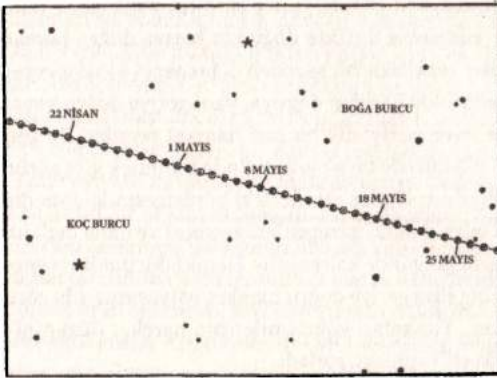
Yunan astronomisindeki temel sorun, gök cisimlerinin -yıldızlar, Güneş, Ay ve beş gezegen- hareketlerinin Dünya'dan gözlemlendiği şekilde

2- Atina mili, metrik sistemde yaklaşık 1,38 kilometreye tekabül eder. -yhn

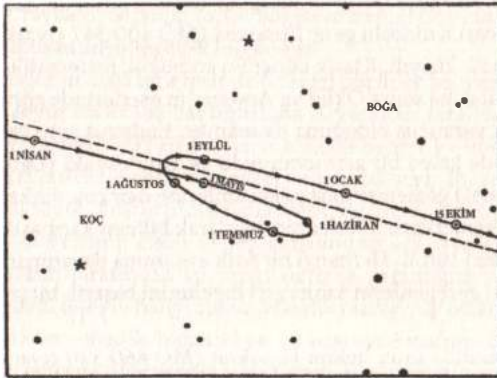
açıklanmasıydı. Gökcisimlerinin hepsinin, gökkutbu olarak adlandırılan bir noktanın etrafında her gün döndüğü gözlemleniyordu. Kopernik'in Güneş-merkezli teorisine göre, gökkutbu aslında Dünya'nın kuzey kutbunun yıldızlar arasındaki yansımasıdır ve gözlenen hareket Dünya'nın kendi eksenini etrafındaki dönüşünden kaynaklanır. Her ne kadar Güneş her gün doğudan doğup batıdan batıyorsa da, Güneş'in her gün batıdan yaklaşık 1° doğuya doğru kaydığı gözlemlenir; bu yüzden Zodyak bir yılda on iki burçtan geçer. Bu, Dünya'nın Güneş etrafındaki dönüşüyle meydana gelen zahiri bir harekettir. Yer-merkezli bir evren anlayışına sahip antik Yunanlar, bu durumu karmaşık matematik teorileriyle açıklıyordu.



Dünya'nın mevsimlerin oluşumuna neden olan eksen eğikliği.



Güneş'in Koç ve Boğa burçlarındaki gözlenen hareketi.



Mars'ın geri hareketini gösteren, Koç ve Boğa burçlarındaki gözlenen hareketi.

Güneş'in Zodyak'ta izlediği ekliptik yörünge, gök ekvatoruna $23,25^{\circ}$ lik bir açı oluşturur. Bu aslında Dünya'nın ekvatorunun yıldızlar arasında gözlenen izdüşümünden ibarettir. Söz konusu izdüşümü meydana getirense, Dünya'nın ekseninin ekliptik düzlemi dik kesen eksene göre eğimli olmasıdır. Mevsimler döngüsünün her yıl tekrarlanmasını sağlayan da bu eğikliklerdir.

Bütün gezegenler, gece boyunca ekliptik yörüngeye yakın yörünge-lerde, sabit yıldızlarla birlikte doğudan batıya doğru hareket eder. Fakat gezegenler genellikle bir geceden diğer geceye kadar geçen sürede de Zodyak'ın etrafında batıdan doğuya, yani geriye doğru yavaşça hareket eder. Her gezegen periyodik bir geri hareket sergiler. Bu geri hareketin izlediği yol, gökkürede tasvir edildiğinde bir ilmek gibi görünür. Bunun nedeni, Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinde dönerken daha yavaş hareket eden dıştaki gezegenleri geçmesi ve daha hızlı hareket eden iç gezegenlerin gerisinde kalmasıdır. Her iki durumda da gezegen yıldızlar arasında bir süre geriye doğru hareket ediyormuş gibi görünür. Bu gizemli hareket, Yunanları gök cisimlerinin hareket düzenini tespit edip bilimsel bir keşif yapmaya zorladı.

Öğrencilerini teşvik etmek isteyen Platon, "hangi varsayımların gezegenlerle ilgili bu olguyu (zahiri geri hareketler) tekbiçimli ve düzenli dairesel hareketlere göre açıklayabileceğini" sorar. Platon'un Akademi'deki çağdaşlarından Knidoslu genç Eudoxus (MÖ 400-347 civarları), bu soruna el atan ilk kişiydi. Klasik dönemin en büyük matematikçisi sayılan Eudoxus'un, daha sonra Öklid ve Arşimet'in eserlerinde görülecek bazı teoremlerin yaratıcısı olduğuna da inanılır. Eudoxus aynı zamanda döneminin önde gelen bir astronomuydu ve Knidos'taki (Datça'da bulunan antik kent) gözlemevinde gök cisimlerine dair çok dikkatli gözlemler yaparak eşmerkezli küreler teorisi olarak bilinen karmaşık bir mekanik model ileri sürdü. Herhangi bir fizik kuramına dayanmamasına rağmen bu teori gezegenlerin zahiri geri hareketini başarılı bir şekilde açıklıyordu.

Aynı dönemde ünlü hekim Hipokrat (MÖ 460-370 civarı) Kos adasında bir tıp okulu kurmuştu. Hipokrat'a ait eserlerle, yaklaşık MÖ 300'e kadarki dönemde takipçilerinin ortaya koyduğu eserlerden oluşan Hipokrat Külliyyatı, yaklaşık yetmiş eseri kapsar ve bir bilim olarak Yunan tıbbının başlangıcını oluşturur. Bu çalışmalar arasında tıbbın çeşitli kolları üzerine yazılmış eserlerin yanı sıra klinik kayıtları ve çeşitli tıp konularında halka açık yürütülen derslerin notları da yer alır. Tıbbi ahlak bilimi de denilen Deontoloji üzerine yazılmış eserlerden biri, doktorların günümüzde de sadık kalmaya yemin ettiği ünlü Hipokrat yeminini içermektedir. Hipokrat Külliyyatı arasındaki eserlerden biri de epilepsinin o

dönem kullanılan adı olan *Kutsal Hastalık*'tır. Epilepsi hastalığının tanrı-lar tarafından verildiğine inanıldığından kutsal hastalık deniyordu. Bu eserin yazarı, diğer hastalıklar gibi epilepsinin de doğal bir sebebi olduğunu ve bunu kutsal hastalık olarak adlandıranların aslında kendi cahil-liklerini örtmeye çalıştığını söyler. "Kutsal Hastalığın diğer hastalıklar-dan daha ilahi veya kutsal olduğuna inanmıyorum, aksine, kendine has özellikleri ve kesin bir sebebi olduğunu düşünüyorum. Fakat bu hasta-lık diğerlerinden tamamen farklı olduğundan, onu cehalet ve şaşkınlık-la karşılayanlar tarafından ilahi bir felaket olarak kabul edilmiştir," der.

Platon'un en ünlü öğrencisi, MÖ 335 yılında Atina'da Lise olarak ad-landırılan bir okul kuran Aristoteles'tir (MÖ 384-322). Bugünkü Yunan Parlamentosu'nun olduğu yerde kurulan Lise Akademî'ye rakip haline geldi. Aristoteles'in eserleri mantık, metafizik, retorik, teoloji, politika, iktisat, edebiyat, etik, psikoloji, fizik, mekanik, astronomi, meteoroloji, kozmoloji, biyoloji, botanik, tabiat bilgisi ve zooloji üzerine yazılmış me-tinlerden oluşan ansiklopedik bilgilerdir.

Aristoteles'in doğa felsefesindeki temel düşünce nedenselliklerdir. Her-hangi bir şeyin nedenine baktığımızda Aristoteles tarafından tanımla-nan şu dört nedeni ayırt etmeliyiz: maddesel neden, biçimsel neden, et-kin (hareket ettirici) neden ve ereksel neden. Bir şeyin maddesel nedeni, söz konusu şeyin oluşturulduğu maddeyi; biçimsel neden şekli, görün-tüsü veya tasarımını; etkin neden oluşumunu sağlayan araçları, yani maddenin kim tarafından ve hangi aletlerle yapıldığını ve son olarak ereksel neden, o şeyin hangi amaca yönelik olarak yapıldığını ifade eder.

İlk üç neden -maddi, biçimsel ve etkin neden- varlığın madde, biçim ve biçimin gerçeğe dönüşmesi olarak ayırt edebileceğimiz üç boyutuna denk düşer. Fakat bu, doğadaki olayların gidişatını belirlemez; örneğin bir palamut büyüdüğünde daima bir meşe olur, asla servi olmaz. Ereksel neden her maddenin özsel bir amacı olduğunu ifade eder. Dolayısıyla pa-lamutta bir amaç veya tasarım olmalıdır ki daima meşe ağacına dönüşe-cek şekilde gelişsin. Varlığın bu boyutu, bir nesneyi başka herhangi bir biçimde değil de belirli bir biçimde gelişmeye sevk eden amaç anlamına gelen *entelekheia* sözcüğüyle ifade edilir.

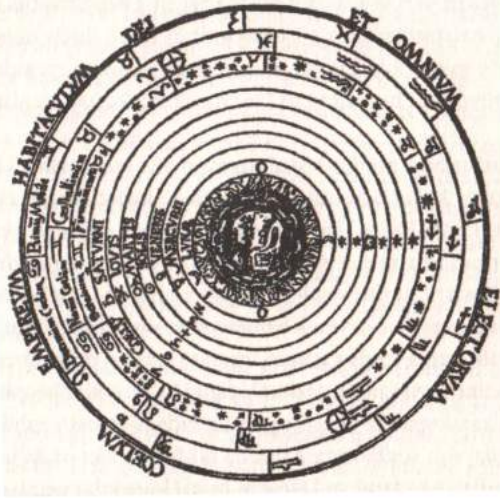
Aristoteles oluşturduğu kozmolojinin ana hatlarını kendinden önce-ki Yunan düşüncesinden miras almıştır. Bu düşüncede Ay'ın alt kısmın-

daki kusurlu ve geçici dünyevi bölgeyle Ay'ın üst kısmındaki mükemmel ve ebedi göksel bölge birbirinden ayrılıyordu. Aristoteles, Miletli fizikçilerden doğada tek bir temel madde olduğu görüşünü alıp, bunu Empedokles'in dört dünyevi element -toprak, su, hava ve ateş- düşüncesiyle birleştirmiş, ardından da bunlara göksel alanın temel elementi olarak Anaksagoras'ın eterini eklemiştir.

Aristoteles'in kozmolojisi dört elementi yoğunluklarına göre sıralar. Merkezde hareketsiz yerküre vardır, onun etrafındaysa eşmerkezli su kabuğu (okyanus), hava (atmosfer) ve ateş bulunur. Ateş kelimesiyle yalnızca alev değil, aynı zamanda yıldırım, gökkuşağı ve kuyruklu yıldız gibi dünya dışı olgular da kastedilir. Dünya elementlerinin doğal hareketi kendi doğal yerlerinde kalmaya yöneliktir. Eğer toprak yukarı doğru yükseltip serbest bırakılırsa hemen aşağı düşecektir; buna karşın sudaki hava ve havadaki ateş de yukarı çıkacaktır. Dünya'daki elementlerin bu doğrusal hareketi geçicidir, çünkü elementler doğal yerlerine ulaştığında bu hareketler de kesilir.

Aristoteles fırlatılan bir cismin, kendisini hareket ettiren kuvvetle teması kesildiği halde neden hareket etmeye devam ettiğini de açıklamaya çalışır. Bu durumu son derece zekice ama yanlış bir şekilde, antiperistasis olarak adlandırdığı varsayımsal bir olguyla açıklar. Buna göre, yer değiştiren cismin ön tarafındaki hava, cismin arka kısmında oluşan geçici kısmi boşluğa geçerek cismi ileri doğru iter. Bu üç yanlış kuram -düşen bir cismin hızının cismin ağırlığıyla orantılı olması, boşluğun imkansızlığı ve antiperistasis görüşü- ortaçağ Avrupa'sındaki bilginler tarafından geliştirilmiş ve Isaac Newton tarafından 1687'de formüle edilen hareket yasalarıyla zirveye ulaşan yeni devinim bilimi tarafından çürütülünceye kadar geçen bin yıldan uzun bir süre doğru kabul edildi.

Aristoteles'e göre göksel bölge Ay'da başlar; Ay'dan sonra Güneş, beş gezegen ve sabit yıldızlar sıralanır. Bunların tümü de kristal küreler içindedir ve sabit duran Dünya'nın etrafında döner. Gök cisimleri, mükemmel bir element olan eterden meydana gelmiştir. Sabit hızdaki eterin doğal hareketi daireseldir. Dolayısıyla gök cisimlerinin hareketleri, dünyevi cisimlerinin hareketlerinden farklı olarak değişmez ve sonsuzdur. Aristoteles, Eudoxus'un eşmerkezli küreler teorisinden yararlanarak kendi fiziksel evren modelini oluşturdu. Fakat bütün gök cisimlerinin hareket-



Petrus Apianus'un Cosmographia per Gemma Phrysius Restitua eserinden, Aristoteles'in Kozmolojisi'ni gösteren çizim, Antwerp, 1539.

tini birleştirmek için Eudoxus'un eşmerkezli teorisine bir dizi "etkisizleştirici küre" ekledi.

İsmi Heraklia'da [Karadeniz Ereğli] dünyaya gelmesinden alan Pontuslu Herakleitos (MÖ 390-339 civarı) Aristoteles'in çağdaşıydı ve Platon'un öğrencisi olarak çalışmalarını Akademi'de sürdürdü. Herakleitos'un kozmoloji modeli Platon ve Aristoteles'in modellerinden en az iki noktada ayrılıyordu. Bunun nedeni belki de Akademi'den ayrıldıktan sonra Pisagorcularla birlikte çeşitli araştırmalar yürütmüş olmasıydı. Farklılık teşkil eden birinci nokta evrenin büyüklüğüyle ilgiliydi. Herakleitos evrenin sınırsız olduğunu düşünüyordu. İkinci farklılık yıldızların gökkutbunun etrafındaki görünüşüyle ilgiliydi. Herakleitos bu görüntünün aslında Dünya'nın kendi eksenindeki dönüşünün yansıması olduğunu ileri sürdü. On dokuz yüzyıl sonra Kopernik tarafından yeniden canlandırılacak olan devrim niteliğindeki bu teori Yunanlar tarafından reddedildi, çünkü Aristoteles ve takipçilerinin yer merkezli evren modeline aykırıydı.

Aristoteles'in yerine Lise'nin başına geçen Theophrastus (MÖ 371-287 civarı), Aristoteles'in bütün eserlerinin bulunduğu muazzam kütüphaneyi de miras aldı. Lise'yi otuz yedi yıl yöneten, yeniden organize eden ve büyüten Theophrastus Lise'nin ikinci kurucusu olarak değerlendirilir.

Büyük çoğunluğu günümüze ulaşmayan 227 eser vermiş Theophrastus, Aristoteles kadar üretkendi. Günümüze kadar ulaşan *Peri phyton historia* [Bitkilerin Tarihi Üzerine] ve *Peri phyton aition* [Bitkilerin Nedenleri Üzerine] adlı iki eseriyle botaniğin babası unvanını elde ederken, *Peri lithon* [Taşlar Üzerine] jeoloji ve madenbilimin temelini oluşturdu. İnsan davranışlarını inceleyen *Kharakteres ethikoi* [İnsanların Karakterleri], dönemin Atina'sında yaşayan insan tiplerinin mükemmel bir tanımını sunar. Atina'da yaşarken gözlemlediğim kadarıyla, Theophrastus'un tanımladığı karakterlerin hepsine günümüzde hâlâ rastlanabilir.

MÖ 4. yüzyılın sonlarında Atina'da iki felsefe okulu daha kuruldu, fakat bu okullar Akademi ve Lise gibi resmi kurumlar değil, gevşek bir örgütlenme biçimi benimseyen grupların toplanıp felsefe tartıştıkları yerlerdi. Bu okullardan biri Sisamlı Epikür'ün (MÖ 341-270) kurduğu Bahçe, diğeryse Kıbrıslı Zenon'un (MÖ 335-263 civarları) kurduğu Poikile'dir. Her iki okul da kurucuları tarafından toplantı mekanı olarak kullanıldığı için onların isimleriyle ünlenmiştir. Hem Epikür hem de Zenon, kurdukları felsefi sistemleri üçe ayırdılar: etik, fizik ve mantık. Bu ayırıma göre fizik ve mantık, mutluluğu amaçlayan etiğe tabi olan disiplinlerdi.

Epikür fizik anlayışını atom kuramına dayandırmakla birlikte, bu kurama yeni bir yorum ekledi: Boşlukta hareket eden bir atom, takip ettiği yoldan her an "sapabilirdi". Bu yeni yorum, Epikürcüler gibi özgür iradeye inananların Leukippos ve Demokritos'a ait atom kuramını reddetmesine yol açan katı determinizmi saf dışı bıraktı. Stoacı olarak bilinen Zenon ve takipçileri atomu ve boşluğu reddediyorlardı, çünkü doğayı hem onun tüm özelliklerini -mekan, zaman ve madde- hem de fiziksel olguların ilerleyişini ve ardışıklığını kapsayan bir süreklilik olarak görüyorlardı. Evrenin yapısı konusunda birbirine karşıt bu iki düşünce okulu -Epikürcü atom teorisine karşı Stoacı süreklilik teorisi- ilk çağlardan günümüze kadar rekabet etmiştir, zira fiziksel gerçekliklere karşıt yönlerden bakarlar.

MÖ 323'te Büyük İskender'in ölümüyle başlayan Helenistik dönemin ilk zamanlarında Yunan fikir dünyasının merkezi Atina'dan İskenderiye'ye kaydı. İskender bu yeni şehri Nil'in Canopus kolu üzerinde kurmuştu. Şehir, İskender'in generallerinden I. Ptolemaios Soter (MÖ 305-281 arası hüküm sürmüştür) tarafından kurulan Ptolemaios Krallığı'nın başkenti oldu. Ptolemaios, Museum [Müze] adında bir araştırma merkezi kurarak şehrini büyük bir kültür merkezi haline getirmek istiyordu. Sanat tanrıçası Muses'e adadığından Museum adını verdiği araştırma merkezinde kurulan kütüphaneye, hem Ptolemaios hem de halefleri döneminde Homeros ve ondan sonra gelen bütün Yunan yazarlarının eserleri toplandı.

İskenderiye Müzesi ve ona bağlı Kütüphane, Atina'nın ünlü felsefe okulları, özellikle de Akademi ve Lise model alınarak yüksek araştırmaların yapıldığı bir okul olarak tasarlandı. Müze, Aristoteles ve Theophrastus'un Lise geleneğini sürdürürken bilime de ağırlık verdi. Müzenin bilimsel özelliği muhtemelen Lampsakoslu Straton'dan (MÖ 340-270 civarları) kaynaklanıyordu. Straton MÖ 300 yılı civarında, dönemin prensi II. Ptolemaios Filedelfos'un eğitmeni olarak İskenderiye'ye gitti ve Atina'ya dönüp Theophrastus'tan sonra Lise'nin başına geçene dek de orada kaldı. Prens, Straton'dan aldığı dersler sonucunda coğrafya ve zoolojiye büyük bir ilgi duydu ve bu ilgisi MÖ 283'te Kral olduğunda Müze'nin geliştirilmesinde kendini açıkça gösterdi.

Müze muhtemelen Phaleronlu Dimitrios'un (MÖ 350-285 civarları) katkılarıyla düzenlendi. Dimitrios MÖ 307'de Atina'dan sürülen ve I. Ptolemaios Soter tarafından İskenderiye'ye sığınmasına izin verilen eski Atina valisiydi. Lise'de Theophrastus'dan ders alan Dimitrios'un kütüphanenin ilk sorumlusu olduğu tahmin edilmektedir. Dimitrios bu görevi MÖ 284'e dek sürdürmüştür. II. Ptolemaios'un hüküm sürdüğü dönemde yaşayan Yahudi bilgin Aristeeas Judaeus'a göre, "mümkün olduğunca dünyadaki bütün kitapları toplaması için Dimitrios'a geniş bir bütçe tahsis edildi ve o da elinden geldiğince gerek satın alarak, gerekse kopyalayarak kralın isteğini gerçekleştirdi".

Bu uygulama II. Ptolemaios ve III. Ptolemaios Euergetes döneminde de (MÖ 247-221 yılları arasında hüküm sürmüştür) devam etti. Nakratisli Athenaios'un bildirdiğine göre, II. Ptolemaios, Aristoteles ve

Theophrastus'un kitaplarını satın alarak "güzel şehir İskenderiye'ye" götürdü.

III. Ptolemaïos dönemine gelindiğinde, Kütüphane'nin yarım milyon parşömen tomarından müteşekkil bir koleksiyona sahip olduğu tahmin ediliyor. III. Ptolemaïos, Serapis tapınağı Serapeum'un içinde kütüphaneye bağlı yeni bir birim oluşturdu. MS 4. yüzyılın Hristiyan bilginlerinden Salamisli Epiphanius, eserlerinde bu müstemilattan "birinci kütüphane ve Serapeum'da inşa edilen, ilkinin kızı olarak adlandırılan daha küçük başka bir kütüphane," diye bahseder.

Dimitrios'un yerine Efesli Zenodotos baş kütüphaneci olarak görevlendirildi. Zenodotos bu görevi MÖ 245'e kadar sürdürdü. Başyardımcısıysa Kireneli Kallimakhos'tu (MÖ 305-240 civarları). Kallimakhos o güne kadar görülmemiş bir şekilde, 120.000 eseri yazar adı ve konusuna göre tasnif etti. *Pinakes* [Listeler] olarak bilinen derlemesi, *Bütün Bilimlerin Önemli Şahsiyetleri ve Eserlerinin Listesi* adını taşıyordu ve içerdiği yüz yirmi binden fazla kitapla Homeros'un İlyada'sının beş katı uzunlukta idi.

Helenistik dönemin büyük bilginlerinin çoğunun Müze ve Kütüphane'yle ilişkisi vardı. MÖ 235 dolaylarında başkütüphaneci olarak atanan Eratosthenes (MÖ 276-194 civarları), Dünya'nın çevresini doğruya yakın bir şekilde hesaplamasıyla ünlüdür. 252.000 stadyum³ olarak yapılan bu hesaplama, günümüzde yapılan hesaplamalardan yaklaşık yüzde yirmi farklılık göstermektedir.

Eratosthenes'in Dünya'nın çevresini hesaplamak için kullandığı yöntem, hem İskenderiye'de hem de güneyde aynı meridyen üzerinde yer alan Asvan şehrinde yapılan eşzamanlı gözlemlere dayanır. Yapılan gözleme göre Asvan'da yaz ortasında güneş öğle vakti tam tepedeyken, İskenderiye'deyse güneş ışınları bir güneş saatinin üzerine bir dairenin beşte biri oranında eğik düşüyordu. Güneş'in, ışınları Asvan ve İskenderiye'ye paralel düşecek kadar uzakta olduğunu varsayan Eratosthenes, kuzey-güney hattındaki bu iki yer arasındaki mesafenin, Dünya'nın çevresinin ellide birine eşit olduğu sonucuna vardı. Dolay-

3- Antik Yunan'da kullanılan bir ölçü birimi. Birimin Yunan devletlerinde ve Mısır'daki karşılıkları birbirinden farklı olduğundan Eratosthenes'in hesaplamalarının günümüz ölçü birimlerinde ki karşılığı net değildir. -yhn

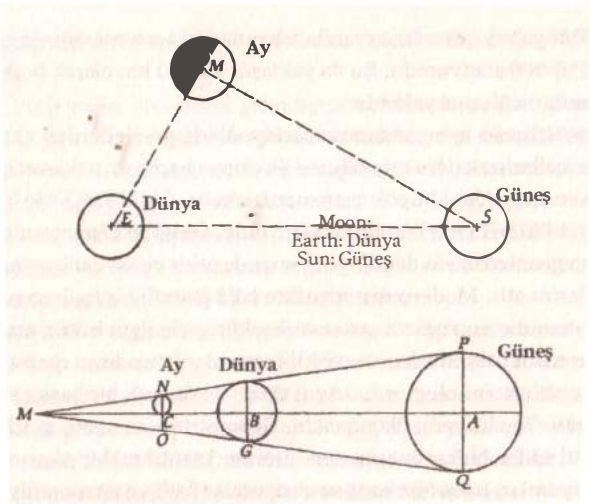
sıyla Dünya'nın çevresi, Asvan'la İskenderiye arası mesafenin elli katı, yani 250.000 stadyumdu. Bu da yaklaşık 40.000 km olarak hesaplanan günümüz ölçülerine yakındır.

Eratosthenes aynı zamanda meridyenlerle paralellerden oluşan bir sistem kullanarak dönemin bilinen ilk dünya haritasını çıkaran kişidir.

İskenderiye'deki büyük matematik okulu, Öklid (MÖ 295'te etkin olduğu bilinmektedir) tarafından kuruldu. Öklid'in *Elementler*'i sadece düzlem geometrisinin değil, aynı zamanda cebir ve sayılar kuramının da temellerini attı. Modern matematikte hâlâ önemli bir figür sayılan Öklid, Yunan matematiği ve matematiksel fiziğiyle ilgili bütün araştırmalar için model teşkil eden ve çeşitli teoremler barındıran mantıksal bir çerçeve ve sistem oluşturdu. Aynı düzeyde önemli bir başka konuyla *Elementler*'in aksiyomatik yapısıdır. Geometrinin tamamı, mutlak doğru kabul edilen birkaç önermeden türetilen mantıksal bir çıkarım olarak bu aksiyomları izler. Söz konusu aksiyomlar fizik ve astronomiye uygulandığı takdirde, bu durum Platon'un doğanın geometrikleştirilmesi olarak tarif ettiği işleme tekabül eder.

Doğanın geometrikleştirilmesinin mükemmel bir örneği, Sisamlı Aristarkus'un (MÖ 310 civarı-230) günümüze kadar ulaşan *Peri Megethon Kai Apostematon Heliou Kai Selenes* [Ay ve Güneş'in Büyüklükleri ve Uzaklıkları] eserinde görülmektedir. Bu eserde, Güneş'in çapıyla birlikte yıldızların ve Ay'ın büyüklükleri ve uzaklıkları, yapılan üç astronomik gözleme dayanan geometrik açıklamalarla hesaplanmıştır. Aristarkus Güneş'le Ay'ın aynı büyüklükte göründüğünü gözlemlemişti, dolayısıyla Güneş'le Ay'ın çaplarının, Dünya'ya uzaklıklarıyla orantılı olması gerektiği sonucuna vardı. İkincisi, Ay'ın Güneş'e olan uzaklığını -Ay yarım ay halindeyken Güneş'le Ay arasındaki açısal farkı- hesapladı ve ardından ay tutulması esnasında Dünya'nın Ay üzerine düşen gölgesinin genişliğini tahmin etti. Bu hesaplamalara göre, Aristarkus Güneş'in Dünya'ya uzaklığının Ay'a olan uzaklığının on dokuz katı olduğu, Güneş'in Dünya'dan yaklaşık 6,78 kat daha büyük olduğu ve Ay'ın da Dünya'nın üçte biri büyüklüğünde olduğu sonuçlarına vardı. Gözlemlerinin yetersizliği nedeniyle Aristarkus'un ulaştığı sonuçlar tamamen yanlıştı, fakat kullandığı geometrik yöntem doğrudur.

Arşimet'in ifadesine göre, Aristarkus Güneş'in evrenin merkezi ol-



Aristarkus'un Peri Megethon Kai Apostematon Heliou Kai Selenes [Ay ve Güneş'in Büyüklükleri ve Uzaklıkları] eserinde kullandığı geometrik açıklamalar.

duğunu, Dünya'nın ve diğer bütün gezegenlerin Güneş etrafında belirli bir yörüngede döndüğünü açıklayan teorisini içeren bir kitap daha yazmıştı. Aristarkus'un çağdaşı Assoslu Kleantes (MÖ 331-232 civarları), yazdığı bir kitapçıkta Güneş-merkezli teoriyi reddediyor, Aristarkus'u Dünya'nın yalnızca Güneş etrafında değil, aynı zamanda kendi eksenini etrafında da döndüğünü ileri sürdüğü için eleştiriyordu. Güneş-merkezli teori antik çağda kabul görmemişti, çünkü Aristoteles'in yer-merkezli modeline aykırıydı.

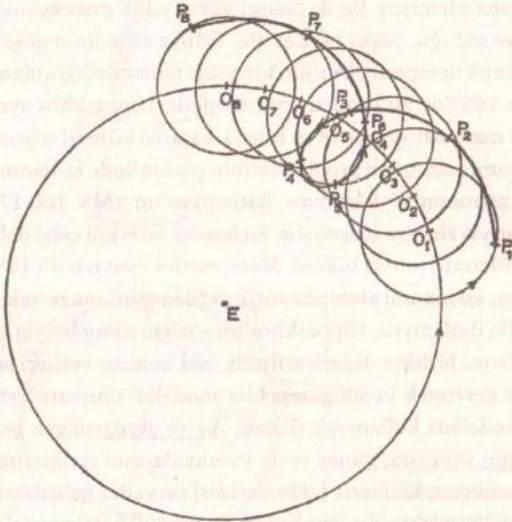
Yunan matematiği, Sicilya'nın Syracuse kentinde doğan Arşimet'in (MÖ 287 civarı-212) çalışmalarıyla gelişiminin zirvesine ulaştı. Arşimet'in hayatının bir bölümünü Mısır'da geçirdiği ve Erastosthenes'le mektuplaştığı tahmin edilmektedir. Muhtemelen İskenderiye'de Öklid'in haleflerinden de dersler almıştı; *Elementler*'den kesinlikle haberdardı ve kendi yazılarında bu eserden pek çok alıntı yaptığı görülmektedir.

Arşimet'in çağdaşlarından Pergeli Apollonius'un (MÖ 262-190 civarı) günümüze ulaşan tek bir eseri vardır: *Conics* [Konikler Üzerine]. Eserlerinin birçoğu, hatta son kitabı dahi kaybolmuştur. Konik kesitle-

rin ilk kapsamlı ve sistematik analizini içeren *Conics*, konikleri üç tür olarak ele alır: elips (özgün, oval bir daire), parabol ve hiperbol.

Apollonius aynı zamanda gezegenlerin zahiri geri hareketine açıklama getiren matematiksel teorileri formüle eden kişi olarak da bilinir. Bu teorilerden birine göre gezegen, dış çember [epicycle] olarak adlandırılan bir dairenin etrafında hareket eder, söz konusu çemberin merkezise yörünge olarak adlandırılan bir başka dairenin etrafında dönmektedir, hepsinin merkezinde de Dünya yer alır. İkinci bir teoriye göreyse, gezegenler dışmerkezli -merkezi Dünya'nınkiyle kesişmeyen- bir dairenin etrafında döner. Apollonius dış çember teorisiyle dışmerkezli daire teorisinin eşdeğer olduğunu, dolayısıyla gezegenlerin geri hareketini açıklamak için bu iki modelden herhangi birinin kullanılabileceğini gösterdi.

Helenistik dönemde büyük teorisyenlerin yanı sıra birçok yetenekli kaşif de ortaya çıktı. Söz konusu kaşiflerin çalışmaları sadece teknoloji ve uygulamalı bilimler alanında değil, aynı zamanda pnömatik bilimi ve



Apollonius'un gezegenlerin geri hareketini açıklamada kullandığı dış çember teorisi.

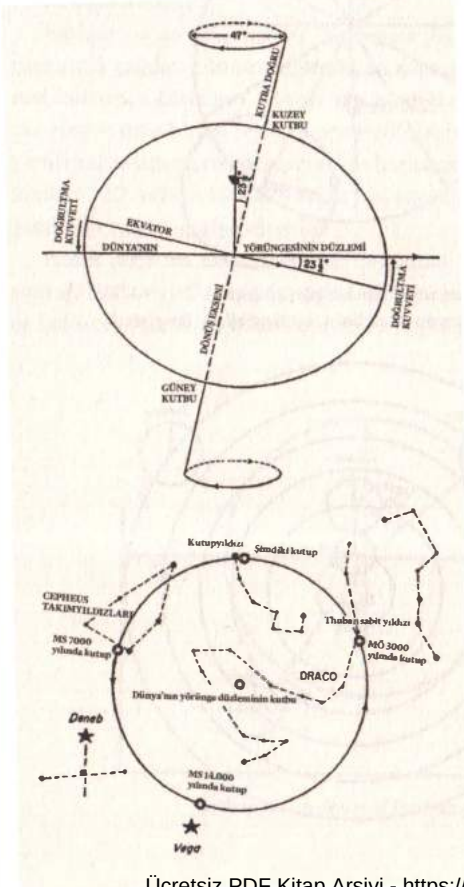
hatta atom teorisinin gelişiminde de son derece etkili oldu. Bunlardan en önemlileri İskenderiyeli Ktesibios (MÖ 270'te etkin olduğu bilinmektedir), Bizantiyonlu Filyon (MÖ 250'de etkin olduğu bilinmektedir) ve İskenderiyeli Heron'dur (MS 62'de etkin olduğu bilinmektedir).

Antik çağın açık farkla en büyük astronomu, MÖ 2. yüzyılın üçüncü çeyreğinde yetişmiş İznikli Hipparkhos'tur (MÖ 190-120 civarı). Hipparkhos, ekinoksların presesyonunu, yani gökkutbunun, yeryuvarının yörünge düzlemindeki bir daire içerisinde yavaş yavaş hareket ettiğini keşfetmesiyle ünlüdür. Dünya'nın presesyonu, ilkbahar ekinoksunun yeryuvarının yörünge düzlemi boyunca tedrici olarak ilerlemesiyle ortaya çıkar ve dolayısıyla yıldızların göksel boylamında sürekli bir değişime yol açar. Hipparkhos bunu, kendi hazırladığı yıldızlar listesiyle 128 yıl önce araştırmalar yapmış astronom Timocharis'in (MÖ 320 civarı-260) gözlemlerini karşılaştırarak keşfetmiştir. Farklılıkları titiz bir biçimde inceleyen Hipparkhos, Başak [Virgo] takımyıldızı içerisinde yer alan Spica yıldızının göksel boylamının bu zaman aralığında iki derece kaydığı sonucuna varmıştır. Bu da göksel yayın yıllık presesyonunun 45,2 açısal saniye olduğu, başka bir deyişle, Dünya ekseninin göksel kürede tam bir dairelik devinimi yirmi altı bin yılda tamamladığı anlamına gelir. Newton da 1687'de bu sonucu teyit etmiştir. Hipparkhos aynı zamanda ünlü bir matematikçiydi ve en büyük başarısı küresel trigonometriyi keşfedip, bunu astronomi problemlerinin çözümünde kullanmaktı.

Yunan astronomisi Klaudyos Batlamyus'un (MS 100-170 civarı) araştırmalarıyla zirveye ulaşmıştır. En önemli ve etkili eseri daha çok *Almagest* [El-Mecisti] adıyla bilinen *Mathematike Syntaxis*'dir [Matematik Sentezi]. Bu, astronomi alanında antik çağdan günümüze kalan en kapsamlı eserdir. Batlamyus, Hipparkhos'un gözlem sonuçlarıyla kendi gözlem sonuçlarını birlikte değerlendirmiş, söz konusu verileri sayısal parametrelere çevirerek kendi gezegenler modelini oluşturmuştur. Daha sonra bu modelleri kullanarak Güneş, Ay ve gezegenlerin gelecekteki konumlarının yanı sıra, güneş ve ay tutulmalarının tarihlerinin hesaplanmasını sağlayan Efemeris [*ephemerides*] cetvelini geliştirmiştir. Batlamyus, Apollonius'un dış çember ve dışmerkezli daireleriyle birlikte Hipparkhos'un küresel trigonometrisinden de yararlanarak kendi gezegenler modelini yaratmıştır. Batlamyus'un yaptığı en temel değişiklik,

her bir dış çemberin merkezinin, equant olarak adlandırılan bir noktaya göre sabit hızla hareket etmesidir. Batlamyus çizdiği evren modelinde, equantın dairesel yörüngenin merkezindeki yerini değiştirmiştir. Bu değişiklik daha sonraki dönemlerde tartışma konusu olmuştur.

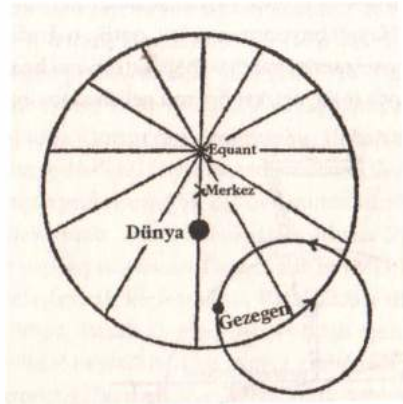
Rönesans'tan çok daha önce yaşamış olsa da Batlamyus tam bir Rönesans insanıydı. Hayatı boyunca astroloji, optik, coğrafya ve müzik teorileri üzerine bilimsel eserler yazdı ve hem astronomi hem de diğer alanlardaki çalışmalarıyla matematikte önemli gelişmelere imza attı. Bütün bu



*Dünya'nın dönme
eksenindeki yavaş
ve sürekli değişim,
ekinoksların presesyonu
olarak adlandırılır.*

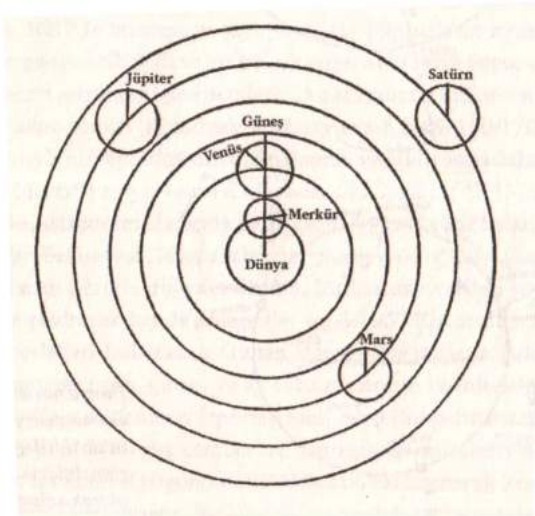
çalışmalar sonraki süreçte hem İslam dünyasında hem de Batı Avrupa'da bilimin gelişiminde önemli rol oynadı.

Batlamyus ışık üzerine kaleme aldığı *Optics* [Optik] eserinde, Öklid'in de bildiği yansıma yasasının doğru formülünü geliştirmiştir. Bu formü-



Batlamyus'un equant görüşü (üstte).

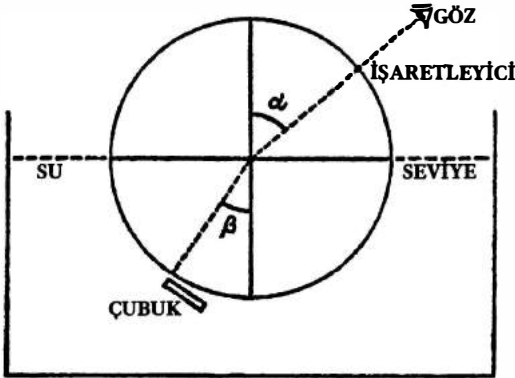
Batlamyus'un gezegen modelinin basitleştirilmiş bir çizimi.



le göre, bir aynanın üzerine gelen ışınlarla yansıyan ışınlar aynanın yüzeyiyle eşit açı oluşturur. Batlamyus yaptığı deneyler sonucunda, kırılma yasası için ampirik bir bağıntı geliştirmiştir: ışık bir ortamdan başka bir ortama geçtiğinde yön değiştirir. Batlamyus, ışık az yoğun bir ortamdan daha yoğun bir ortama, örneğin havadan suya veya cama geçtiğinde, kırılan ışının gelen ışına kıyasla yüzeyde daha küçük bir açı oluşturduğunu tespit etmiştir. Bu yasaları, daha sonra yansıma ve kırılmanın yarattığı görüntülerin konumunu, büyüklüğünü ve biçimini saptamada kullanmıştır.

Batlamyus'un *Geographike Hyphegesis* [Coğrafya] eseri, bu konu üzerine antik çağdan günümüze kalan en kapsamlı çalışmadır. Eserinin temel kusuru, Dünya'nın çevresi için verdiği değer, gerçek uzunluğun neredeyse üçte birine tekabül etmesidir. Ayrıca, o dönem bilinen dünyanın haritasını çizen Batlamyus'un haritasında, Avrasya kıtasının boy-lamları 120° yerine 180° 'dir. Fakat her şeye rağmen, bu eser antik çağda yazılmış en iyi coğrafya eseridir.

Antik çağın en ünlü tıp yazarı Bergamalı Galenos (MS 130-204'ten sonra), Batlamyus'un çağdaşıydı. Galenos'un önce Arapça'ya daha sonra Latinceye tercüme edilen eserleri 17. yüzyıla kadar insan anatomisi



Batlamyus'un deneysel kırılma gözlemi.

ve fizyolojisini açıklamada temel kaynak işlevi görmüş ve kendisine “hekimlerin babası” unvanını kazandırmıştır. Eserlerden birisi “*En iyi hekim aynı zamanda iyi bir filozoftur*” adını taşır. Platon, Aristoteles, Epikür ve başka filozofların eserlerini yorumladığı tıp eserlerinde, *Bilimsel Kanıt Üzerine* ve *Mantığa Giriş* eserlerinde felsefi yeteneğini açıkça belli eder. Galenos psikoloji üzerine de eserler yazdı, hatta Freud’dan on yedi yüz yıl önce rüyaların imgesel analizi’ni yaptı. Teşhis ettiği ruhsal rahatsızlıklardan biri de uykusuzluk hastalığının temel nedeni olarak gördüğü kara sevdaiydi. Galenos’a göre, “sevgilinin ismi anıldığında nabız hızlanıyorsa, bu kara sevdanın bir belirtisiydi”.

Galenos’un farmakolojik bilgilerinin kaynağı, özellikle de Claudius (MS 41-54 arasında hüküm sürmüştür) ve Neron (MS 54-68 arasında hüküm sürmüştür) dönemlerinde Roma ordusunda hekimlik yapan Anavarzal (bugünkü Adana sınırları içerisinde yer alır) Dioskorides’e (MS 50-70 yıllarında etkin olduğu bilinmektedir) dayanır. Dioskorides, birçoğu daha sonra yeniden keşfedilecek altı yüz kadar tıbbi bitki ve yaklaşık bin ilacın sistemli bir şekilde tanımlanması ve açıklanmasından oluşan *De Materia Medica* [Tıbbi Malzemeler] eseriyle farmakolojinin kurucusu olarak kabul edilmektedir. Dioskorides’in tanımladığı tıbbi bitkilerden biri de *De Materia medica*’nın 3. Kitap’ında açıkladığı kenevir bitkisiydi:

Kenevir: Oldukça dirençli iplerin dokunması için kullanılan yararlı bir bitkidir. Yaprakları dişbudak ağacının yapraklarına benzer fakat kötü kokar; içi boş, uzun bir gövdeye sahiptir ve yuvarlak, yenebilir meyveleri vardır. Bu meyveler belli miktarda yenirse cinsel arzuyu bastırır; yeşilken ezilerek kulak akıntılarından kaynaklı rahatsızlıklarda ağrı kesici olarak kullanılabilir. Yabani esrar otu, karaağacınkine benzer filizler verir fakat bu filizler daha koyu renkli ve daha küçüktür; bir cubit⁴ boyundadır; yaprakları daha yumuşak, pürtüklü ve koyudur. Kırmızımsı çiçekleri karanfil gibidir, tohumlarıyla kökleriye ebeğümecine benzer.

4- Antik çağda kullanılan bu ölçü birimi orta parmağın ucuyla dirsek arasındaki uzunluğa eşittir, yaklaşık 45 cm’ye tekabül eder. -yhn

Antik çağın son büyük matematikçisi İskenderiyeli Diophantus'tur (MS 250 civarında etkin olduğu bilinmektedir). Öklid'in yaptıkları geometri için neyse, cebir ve sayılar kuramı için Diophantus'un çalışmaları da aynı şeyi ifade eder. En önemli eseri *Arithmetica* [Aritmetik] olup, orijinal on üç kitaptan yalnızca altı tanesi günümüze ulaşabilmiştir. *Arithmetica*'dan Yunanca olarak günümüze ulaşan altı kitap 1621'de Latinceye tercüme edildi. Bu eserden ilham alan Fransız matematikçi Pierre Fermat, altı yıl sonra modern sayılar kuramını geliştirdi. Fermat, bir sayının karesini iki sayının kareleri toplamına bölme problemine (Pisagor teoremi) Diophantus'un getirdiği çözümü okuduktan sonra, elindeki *Aritmetica* nüshasının kenarına şöyle bir not düşer: "Bir küpü, iki küpe bölmek veya dördüncü kuvvetine bölmek ya da genel olarak ikiden fazla bir kuvvete sahip herhangi bir sayıyı, eşit değere sahip iki kuvvete bölmek imkansızdır." Problemin çözümüne ilişkin olarak, "gerçekten de bu denklemin müthiş bir ispatını buldum, ancak bunu buraya sığdırmam mümkün değil," diye de ekler. Fermat, "Fermat'ın son teoremi" olarak adlandırılan bu teoremin ispatını asla sunmadı. Sonunda Princeton Üniversitesi'nde çalışan İngiliz matematikçi Andrew Wiles 1994'te teoremi çözdü. Wiles bu çözümüyle, antik İskenderiye'de başlayan matematiksel gelişim zincirinin son halkası oldu. Diophantus'un teoremleri, Diofant denklemleri başlığı altında modern matematikte hâlâ okutulmaktadır. Diophantus'un geliştirdiği problemlerden biri şudur: Toplamı 20 olan ve karelerinin toplamı 208 olan iki sayıyı bulunuz. Problemin cevabı 8 ile 12'dir.

Yunan dünyasının son büyük doğa filozofu İskenderiyeli John Philoponus'tur (490 civarı-570) ve Aristoteles'in birçok teorisini eleştirmiştir. Aristoteles'in verili bir ortamda düşen bir cismin hızının, cismin ağırlığıyla doğru orantılı olduğunu iddia eden teorisini, "eğer ağırlıkları birbirinden çok farklı iki cisim aynı yükseklikten aşağı doğru bırakılırsa, cisimlerin hızının ağırlıklarıyla doğru orantılı olmadığı, düşme zamanlarındaki farkın çok az olduğu görülecektir" şeklinde bir gözlem yaparak çürüttü. Bin yıldan daha uzun bir süre sonra Galileo da Pisa Kulesi deneyinde aynı sonuca ulaşmıştır.

John Philoponus ayrıca Aristoteles'in fırlatılan bir cismin ön tarafındaki havanın cismin arka tarafına geçerek onu ileriye ittiğini ileri süren

antiperistasis teorisini de eleştirmiştir. Bu teorinin aksine, “cismi atan kişi tarafından cisme kinetik bir enerji uygulandığını ve bir ok veya bir taşın boşluğa atılması durumunda, atış yapan kişi dışında herhangi bir şeye gereksinim duyulmayacağını, cismin bu şartlarda çok daha kolay ilerleyebileceğini” iddia eder. Ortaçağ İslam dünyasında ve 14. yüzyıl Avrupa’sında yeniden canlanarak modern dinamiğin başlangıcını oluşturan ünlü “impetus teorisi” işte budur.

İskenderiye Kütüphanesi’nin yok edilmesinden sonra Yunanca felsefe ve bilim eserlerinin asıllarının çoğu kaybolurken, kurtarılabilen bazı nüshalar çeşitli yollarla ve çeviriler sayesinde Batı Avrupa’ya ulaştı.

Yunan biliminin bazı kalıntıları Batı Avrupa’da Roma döneminde de varlığını sürdürdü. Buna önyak olanlardan biri de, önce Atina’da çalışmalar yapıp sonrasında Rodos’a yerleşen Stoa Okulu’nun son orijinal düşünürü Posidonius’du (MÖ 135 civarı-51 yılları arasında etkin olduğu bilinmektedir). Rodos’ta çalışmalarını sürdürürken aralarında Cicero’nun da bulunduğu Romalı öğrencilerin dikkatini çeker ve en önemlisi de gerçekleştirdiği doğu seyahatleri sırasında, Pompei başta olmak üzere önde gelen Romalılar tarafından ziyaret edilir. MÖ 87’de Rodoslular adına Roma büyükelçiliği yapan Posidonius’un uzun seyahatleri, Atlantik okyanusundaki gelgitleri izlediği İspanya’daki Gadeira’ya (Cadiz) kadar uzanır.

Posidonius, gelgitleri tanımladığı *Okyanus Üzerine*’sinde, bu olguyu Güneş ve Ay’ın ortak hareketi olarak yorumladı. Hem kendi gözlemlerine hem de Eratosthenes ve Hipparkhos’un çalışmalarına dayanan bu eser yerkürenin tamamıyla ilgiliydi. Eratosthenes, Dünya’nın meridyonel çevresinin uzunluğunu 250.000 stadyum olarak hesaplamıştı fakat Posidonius onunla aynı fikirde değildi ve gerçek rakamın bundan yaklaşık üçte bir oranında daha az olduğunu, yani 180.000 stadyum olduğunu düşünüyordu. Batlamyus, MS 150 civarında yazdığı *Geographike Hyphegesis* eserinde daha düşük bir rakam ifade edecekti. 15. yüzyılda Kristof Kolomb, İberya’yla Hindistan arasındaki mesafeyi hesaplarken bu rakamı kullandı ve “eğer gemiyle batıdan sürekli doğuya giderseniz, 70.000 stadyum sonra Hindistan’a ulaşırsınız,” tespiti yaptı.

Posidonius aynı zamanda Platon’un *Timaus*’u ve Aristoteles’in *Meteorologica*’sı [Meteoroloji] üzerine yaptığı yorumlar da dahil olmak

üzere tarih, coğrafya ve etik felsefesiyle doğa felsefesi üzerine de kapsamlı eserler yazdı. Geriye kalan çeşitli parçalar dışında, eserlerinden hiçbirini sürdüremedi fakat yine de Posidonius'dan sonraki dönemlerde Roma dünyasının ve ortaçağ Avrupa'sının düşünce tarihine son derece önemli etkilerde bulundu.

Bir başka etkili isim, hem Roma hem de Atina'da öğrenim gören Marcus Terentius Varro'ydu (MÖ 116-27). Varro çok çeşitli konularda yetmiş beş eser yazdı fakat bu eserlerin neredeyse hepsi kayboldu. En önemli eseri *Disciplinarum libri IX* [Disiplin], daha sonraki dönemlerde yazılan bütün Latince ansiklopedilere kaynak teşkil etti. Eserde ele alınıp tanımlanan dokuz bilim dalı, Varro'nun Roma eğitim müfredatı için gerekli gördüğü alanlardı: gramer, retorik, mantık, aritmetik, geometri, astronomi, müzik teorisi, tıp ve mimarlık. Daha sonraki yazarlar, son ikisi dışındakileri temel bilimler olarak tanımladı. Söz konusu bilim dalları, Avrupa'da ortaçağ okullarının müfredatında yer alan üç ilim [trivium] (gramer, retorik, mantık) ve dört ilim [quadrivium] (aritmetik, geometri, astronomi, müzik teorisi) olarak adlandırılan temel dersler haline geldi.

Varro'nun çağdaşlarından biri de Romalı şair Lukretius'tu (MÖ 94-50 civarları) ve o da Posidonius'tan etkilenmişti. Lukretius, altı kitapta toplanan *De rerum natura* [Şeylerin Doğası] adlı didaktik şiir kitabıyla tanınır. Eser, atom teorisi ve Epikür'ün öğretilerinin yanı sıra Aristoteles'in *Meteorologica'si* üzerine Posidonius'un yaptığı yorumlara da dayanır. *De rerum natura'nın* ikinci cildi atom teorisinin kinetiğiyle ilgilidir. Bu teoriye göre, atomların rastgele hareket etmesi ve çarpışması sonucunda doğada hem farklı nesneler hem de nesneleri oluşturan sınıflar ve ayrımlar ortaya çıkar. Lukretius, atomların neden çarpıştığını ortaya koyarken "atomlar belirsiz zamanlarda ve mekanlarda, izledikleri yoldan çok küçük miktarlarda saparlar, öyle ki bu sapmalar, doğrultudaki değişiklikler olarak değerlendirilebilir," diyerek Epikür'ü teyit eder. Bu görüşün daha sonraki yorumlarına bakılırsa, atom teorisi determinist olmaktan çıkmıştı, zira "sapma" eylemi, atomların hareketlerini öngörülemez kılıyordu. Atom teorisi bu haliyle Hristiyanlar tarafından daha kabul edilebilir hale geldi, çünkü insan eylemlerinde özgür irade olasılığına yer açılmıştı. *De rerum natura*, ortaçağ Avrupa'sında popüler bir eser haline gel-

di ve nihayetinde on yedinci yüzyılda atom teorisinin yeniden canlandırılmasına yol açtı.

En önemli Latince ansiklopedi yazarı Büyük Plinius'tur (23 civarı-79). Aynı zamanda bilimin sevilmesine katkıda bulunan filozof Plinius, Como'da doğdu ve muhtemelen Roma'da eğitim aldı. Büyük Plinius, MS 79'da Vezüv volkanının patlamasının mağdurlarının tahliye edilmesi için gönderilen Roma birliğine komuta ederken, dumandan boğularak hayatını kaybetti. Günümüze kadar ulaşan tek eseri *Naturalis Historia*'dır [Doğa Tarihi]. Tarihçi Edward Gibbon söz konusu eseri, yazarın "insanlığın keşiflerini, eserlerini ve hatalarını kaleme aldığı" mükemmel bir kayıt olarak tanımlar. Büyük Plinius önsözde, "yaklaşık 2000 cilt eseri inceleyerek 100 yazara ait 20.000 önemli olguyu 36 cilt halinde derledik," demiştir. Büyük Plinius'un yeğeni ve evlatlığı Genç Plinius, *Naturalis Historia*'yı şöyle tanımlıyordu: "kapsamlı, bilgi dolu ve çeşitlilik bakımından doğa kadar zengin." *Naturalis Historia*, ortaçağ Avrupa'sında geniş kitleler tarafından biliniyordu. Tutarsız niteliğine ve düşük seviyesine rağmen, döneminin mevcut bilimsel bilgilerinin büyük kısmını içeriyordu.

MS 1. yüzyılda yaşamış Romalı Stoacı yazar Genç Seneca genellikle diyalogları, mektupları ve trajedileriyle bilinse de, bilim tarihiyle de ilgileniyordu ve bu konuda *Naturales Quaestiones* [Doğa İncelemeleri] adlı bir eser yazdı. Bu eserde esas olarak fizik, meteoroloji ve astronomi bilimleri inceleniyordu ve temel kaynakları Aristoteles'le Theophrastus'tu. Antik Yunanların "yıldızları saydığı, her birine isim verdiği" günlerden bu yana astronomi hakkındaki genel bilgilerin seviyesinin ne kadar düştüğünü belirten Genç Seneca, "şu anda gökyüzünü neredeyse hiç bilmeyen ve ay tutulmasının neden yaşandığını anlamayan birçok millet olduğuna" dikkat çeker. Fakat "asırlar boyunca yapılacak araştırmaların, doğanın gizli kalmış gizemlerini su yüzüne çıkaracağı günlerin de geleceği" konusunda umutlu olduğunu da belirtir.

Hippolu Aziz Augustinus (354-430) İnanç, Umut ve Sevgi Üzerine alt başlığıyla yayımlanan *Enchiridion* [El Kitabı] eserinde, "Hristiyanların gökte ve yerde, görünen ve görünmeyen ne varsa hepsinin yaratılış sebebinin Yaratıcı'nın, yani tek gerçek Tanrı'nın ihsanı olduğuna ve varlığı O'nun varlığından kaynaklanmayan hiçbir şeyin mevcut olmadığına

inanmaları yeterlidir,” der. Tıpkı bu açıklamada olduğu gibi, ortaçağ başlarındaki Hristiyan bilginler bilimsel araştırmanın gereksiz olduğuna, çünkü bir insanın ruhunu koruması için Tanrı'ya inanmasının yeterli olduğuna inanıyordu.

Yunan filozof Plotinus'un (205-270) Mısır'da doğduğuna inanılır. İskenderiye'de öğrenim gören Plotinus kırk yaşındayken Roma'ya gider. Platon, Pisagor, Aristoteles ve Stoacı öğretilerin bir sentezini oluşturan ve neo-Platonculuk [Yeni Platonculuk] olarak adlandırılacak felsefi akımın temellerini atan eserleri, kozmoloji ve fizik dahil olmak üzere çok çeşitli felsefe konularını kapsar. Bu eserler, Greko-Romen dünyadan başlayarak antik çağ ve ortaçağda son derece etkili oldular.

Plotinus'un en çok bilinen öğrencisi, aslen Suriyeli olan Porfiryus'tu (232/3-305 civarı). Porfiryus önce Atina'da öğrenim gördü, ardından da Plotinus'un öğrencisi olmak için Roma'ya gitti. Sayısız ve çok çeşitli eserleri arasında Plotinus'un bir biyografisi; felsefe, bilim, din ve filoloji üzerine yapılmış araştırmalar; ayrıca Platon, Aristoteles ve Theophrastus'un eserleri üzerine yorumlar da yer alır. Porfiryus özgün bir filozof sayılmasa da, Batı Avrupa ortaçağ bilginleri için erken Yunan düşünceleri konusunda önemli bir bilgi kaynağı oldu.

4. yüzyılda yetişmiş Romalı yazar Calcidius, Platon'un *Timaeus* eserini tercüme etmesiyle ve bu eser üzerine yazdığı yorumuyla ünlüdür. Söz konusu tercüme ve yorum, erken ortaçağ dönemi boyunca Avrupa'da Platon'un kozmolojisi hakkında mevcut tek bilgi kaynağıydı. Calcidius, Aristoteles'in fikirlerinden de etkilenmişti ve bunları, biraz değiştirilmiş haliyle de olsa, ortaçağ Avrupa'sına aktardı. Aristotelesçi bilimin varlığını sürdürebilmiş iki önemli düşüncesi; dört element görüşü ve dünyevi bölgelerle göksel bölgeler arasındaki ikilik fikrini de kapsayan eşmerkezli kürelere dayalı astronomi teorisiydi. Herakleitos'un astronomi teorilerine de atıfta bulunan Calcidius bu konuda yalnız değildi; Romalı neo-Platoncu Macrobius ve Martianus Capella da Herakleitos'tan bahsediyordu.

Güney Afrika kökenli olduğu tahmin edilen Macrobius 5. yüzyıl başlarında yetişmiş bir bilginidir. Günümüze ulaşan en önemli eseri *Commentarii* [Tefsirler], Cicero'nun *Somnium Scipionis* [Scipio'nun Rüyası] üzerine yazılmış bir yorumdur. Macrobius bu eserinde neo-Platoncu

felsefe üzerine bir inceleme ortaya koymak için hem Cicero'dan hem de Platon'un *Timaeus*'u üzerine yazılmış –günümüze ulaşmayan– bir yorumdan alıntılar yapmıştır. William H. Stahl, *Commentarii*'yi, “neo-Platonculuk üzerine ortaçağda mevcut en tatmin edici ve en çok okunan eser” olarak tanımlar. Macrobius, Herakleitos'un teorilerinin yanı sıra Pisagorcuların sayı mistisizminden de söz eder ve bazı Platoncuların, gezegenler arası mesafelerin armonik-ilişkiler yaratan bir nitelikte olduğunu düşündüklerini, yani ünlü “Kürelerin Armonisi”ne inandıklarını belirtir.

Martianus Capella (365 civarı-440) Kartaca'da doğdu ve bilindiği kadarıyla lise öğretmenini veya hatipti. Capella, *De nuptiis Philologiae et Mercurii* [Merkür'le Filolojinin Evliliği] adlı alegorik eserin de yazarıydı. Eserde yedi nedime, yedi serbest sanatın her biri için birer özet sunar. Bu eserin 9. Kitap'ı astronomiye giriş niteliğindedir ve Capella bu kitapta Merkür'le Venüs'ün Güneş etrafında belirli bir yörüngede döndüğünü anlatır. Fakat bu teoriyi, muhtemelen yanlışlıkla, Herakleitos'a dayandırır. Eser, Avrupa'da ortaçağ başlarında o kadar rağbet gördü ki, üzerine birçok yorum kitabı yazıldı.

Dolayısıyla, klasik bilginin ışığı zayıf da olsa Karanlık Çağ'ın erken dönemlerinde hâlâ görünür vaziyetteydi. Varlığını sürdüren eserlerin hepsi de İskenderiye Kütüphanesi'nden kurtulabilmiş kitaplardı. Fakat erken ortaçağ döneminin zayıf bilgi seviyesine rağmen, entelektüel yenden doğuş yolunda ilk adımlar atıldı. Başlangıçta ilerleme son derece yavaştı, çünkü Batı Avrupa'nın elinde klasik bilgiden çok az bir parça vardı ve toplumun büyük çoğunluğu okuma yazma bilmiyordu. Fakat göreceğimiz üzere, zamanla manastır hareketi sadece okuma yazma oranını artırmakla kalmadı, aynı zamanda Avrupa'nın ilk bilginlerini de ortaya çıkardı. Bu bilginler, antik Greko-Romen kültürün eski merkezlerinden daha uzakta başlayan bir süreç olarak, modern bilimin ortaya çıkışının temellerini atacaktı.

AVRUPA'NIN EĞİTİLMESİ

6. yüzyılın başlarına gelindiğinde, Batı Avrupa'daki Roma uygarlığı fiilen sona ermişti; klasik öğretinin bazı kalıntıları birkaç manastırda, çoğunlukla da Aziz Benedikt'in (ö. 550 civarı) Roma'nın güneyinde kurduğu Monte Cassino manastırında az sayıda bilgin tarafından korunuyordu. Fakat ileride göreceğimiz üzere, bu zayıf bilgi kırıntılarından Roma İmparatorluğu'nun batıdaki en uç noktasında entelektüel bir yeniden doğuş başladı. Klasik öğretinin bir kıvılcımı Karanlık Çağ'da canlı kalmış ve bu kıvılcım, saçtığı ışık sayesinde, Avrupa'nın yeniden eğitimi ni başlatmıştır.

Antik Yunan bilgilerinin erken ortaçağ Avrupa'sına aktarılmasında rol oynayan en önemli şahsiyet Anicius Manlius Severinus Boethius'tur (480 civarı-525). Aristokrat bir Romalı ailenin çocuğu olarak dünyaya gelen Boethius, Ostrogot kralı Büyük Teoderik'in hizmetinde yüksek görevler alır ve sonrasında da aynı kral tarafından hapsedilerek idam edilir. En bilinen eseri, hapis hane dayken yazdığı *Felsefenin Tesellisi*'dir. Bu kitabı ilk olarak Maryland, Annapolis St. John's College'ın Great Books Program'ına katıldığım da okudum. Kitapların listesini bana II. Dünya Savaşı'nın son yılında askeri gemiyle Pasifik'i geçerken Katolik bir papaz vermişti. Yirminci doğum günüm den bir ay önce ABD donanmasından atıldıktan sonraki bir yıl boyunca listedeki bütün eserleri okudum. Belki de ertesi yıl Ioana Kolej'de eğitimimi sürdürmek için beni teşvik eden şey, Roma biliminin son büyük eseri *Felsefenin Tesellisi* olmuşt u.

Boethius'un diğer eserleri iki grup altında toplanır: Aristoteles'in mantık eserlerinin Yunancadan Latinceye tercümeleri ve mantık, teoloji, müzik, geometri ve aritmetik üzerine yazdığı kendi eserleri. Boethius'un eserleri Aristoteles mantığının temel öğelerinin ve temel aritmetik bilgilerinin ortaçağ Avrupa'sına aktarımında etkili olmuştur.

Boethius'un antik Yunanların entelektüel başarılarını Latinceye aktarmakla ilgili büyük bir planı vardı. Yorumlarından birinde, "Aristoteles ve Platon'un olabilecek en çok sayıdaki eserini gücüm yettiğince nakledeceğim ve üzerine yorum yapacağım; onların felsefelerinin aslında uzlaştığını göstermeye çalışacağım," diye yazmıştır. Boethius bu planını aritmetik, geometri, astronomi ve müzik teorisinden oluşan dört yüksek bilimi incelediği *De arithmetica* [Aritmetik] adlı el kitabının önsözünde dile getirmiştir. Boethius'un günümüze kadar ulaşan eserleri arasında, Aristoteles'in en az beş mantık eserinin Latince tercümeleri ve/veya bu eserler üzerine yorumlarının yanı sıra Öklid'e ait *Elementler* ve Porfiryus'a ait *Introduction to Aristotle's Logic*'in [Aristoteles Mantığına Giriş] Latince tercümeleri de yer alır.

Cassiodorus (490 civarı-580), Ostrogotlar döneminde yüksek makamlarda görev yapmış bir başka Romalıydı. *Institutiones Divinarum et Saecularium Litterarum* [İlahi ve İnsani Metinlere Giriş] eserinde, Monte Cassino'daki manastırın keşişlerine, kütüphanelerindeki klasik bilgileri kültürel bir miras olarak sadakatle kopyalamayı emreder. Korunması gerektiğini düşündüğü önemli bilimsel eserlerin listesini çıkarır, böylelikle Aristotelesçi bilim sınıflandırmasını hem açıklar hem de nakleder. Bu sınıflandırmaya göre felsefe teorik ve pratik olmak üzere iki alana ayrılır. Teorik alanlar metafizik, fizik ve matematik, matematik de aritmetik, müzik, geometri ve astronomi alt dallarından oluşmaktadır. Buna karşın pratik alan etik, ekonomi ve politikayı kapsar. Kitapta matematikle ilgili bölümler daha kısa, daha basit ve çoğunlukla tanımlardan oluşmaktadır. Kitabın tıp üzerine bir bölümünde, Cassiodorus tıbbi bitkilerin kullanımı üzerine tavsiyelerde bulunur ve keşişleri Hipokrat, Galenos ve Dioskorides'in eserlerini okumaya teşvik eder.

Dolayısıyla bitkilerin yapısını öğrenin ve çeşitli türlerin nasıl birleştirilebileceğini özenle ve sebatla araştırın... Eğer Yunanca oku-

yamıyorsanız, her şeyden önce Dioskorides'in *Herbarium*'unu mutlaka okuyun. Dioskorides bitkileri mükemmel bir şekilde tanımlamış ve tanzim etmiştir. Ardından, Hipokrat ve Galenos'un eserlerinin tercümelerini, özellikle de *Therapeutics* [Sağaltım Bilimi] adlı eseri okuyun... ve Hipokrat'ın *De Herbis et Curis* [Bitkiler ve Tedavi Üzerine] eserini ve tıp sanatı üzerine Tanrı'nın yardımıyla kütüphanemizde sizin için bulduğum diğer kitapları okuyun.

Vizigot bir papaz olan Sevilleli İsidore (560 civarı-636), ulaşabildiği bütün Romalı yazarlardan bilgi topladıktan sonra Avrupa'nın *Etymologiae* [Etimoloji] adındaki ilk ansiklopedisini yazmıştır. Bilimle ilgili bölümler matematik, astronomi, insan anatomisi, zooloji, coğrafya, meteoroloji, jeoloji, madenbilim, botanik ve tarım konularını içerir. İsidore, *De rerum natura* [Şeylerin Doğası Üzerine] adlı bir kitap daha yazdı. Kitap, ismini Lukretius'un atom teorisi üzerine yazdığı didaktik şiirden alıyor-



Boethius, Felsefenin Tesellisi adlı eserden öğrencelerine ders anlatıyor, 1385.

du. İsidore'nin eserlerinde özgün hiçbir şey yoktur, fakat yaşadığı döneme ait bilimsel ve diğer genel bilgilerin özenle hazırlanmış özetlerini içerir. Bilimsellik düzeyi hayli düşük olsa da, bu eser astronomiden tıbbı kadar her türden bilgiyi içerdiğinden, erken ortaçağ Avrupa'sında oldukça rağbet gören bir başvuru kaynağı haline gelmiştir.

Yunan coğrafyacı Strabon (MÖ 63-MS 25 civarı), Ptolemaios döneminin sonundan başlayarak Roma'nın imparatorluk döneminin ilk elli yılında yaşadı. Amasya'da doğan Strabon ilk önce Nysa'da (günümüzde Aydın ili sınırları içerisinde yer alan antik kent), ardından İskenderiye'de, son olarak da Roma'da öğrenim gördü. İskenderiye'de uzun süre yaşayan Strabon, burada Eratosthenes ve başka Yunan coğrafyacıların eserlerini inceledi. İlk zamanlarda yazdığı tarih kitabı kaybolmuştur, fakat on yedi kitaptan oluşan *Geographika* [Coğrafya] adlı daha önemli eseri günümüze kadar ulaşmıştır. Strabon coğrafyada Eratosthenes'in geleneğini sürdürdü, fakat ona "karadaki ve denizdeki şeyler, hayvanlar, bitkiler, meyveler ve çeşitli bölgelerde görülebilecek her şey" hakkında bazı ansiklopedik bilgiler ekledi.

MS 1. yüzyılın başlarındaki Britanya'yı anlatan Strabon, Britanları İrlanda ve Avrupa'da yaşayan Keltlerle karşılaştırır: "Britanlar Keltlerden daha uzundur, onlar kadar sarışın olmasalar da vücutları daha gevşek bir yapıya sahiptir... Alışkanlıkları kısmen Kelt alışkanlıklarına benzerdir fakat onlardan daha geri ve daha barbardırlar; öyle ki bol miktarda süt olmasına rağmen peynir yapmazlar ve bahçecilik veya diğer tarım uğraşlarıyla ilgili hiçbir deneyimleri yoktur."

İerne olarak adlandırdığı İrlanda'yı da şöyle tanımlıyor: "Bu ada hakkında söyleyebileceğim tek şey, İrlandalıların Britanlardan daha vahşi olduğudur, çünkü hem insan eti hem de bitki yerler. Hatta babaları öldüğü zaman bunu iyi bir şey sayar ve onu bir an önce yiyip bitirmek isterler. Ayrıca sadece başka kadınlarla değil, kendi anneleri ve kız kardeşleriyle de cinsel ilişkiye girerler." Bu alıntıyı İrlanda'daki akrabalarım ve arkadaşlarıma göstermeye çekinsem de, İrlandalıların mizah anlayışını düşününce bunu komik bulacaklarımdan eminim.

Strabon, Britanlar ve İrlandalılar hakkında doğrudan herhangi bir bilgi sahibi olmadığını kabul etmesine rağmen, bilinen dünyanın en uç noktasındaki halkları barbar veya efsanevi olarak tanımlamaktan zevk

alıyor. Fakat yalnızca eğitimsiz oldukları için bile, antik Yunan standartlarında bu topluluklar medenileşememiş halklar olarak görülürdü. Bu durum, ancak Hristiyanlığın Britanya adalarına gelişi, okuryazar bir elit takımı ve okullar, kütüphaneler ve kitap basımları yoluyla eğitim-öğretimi devamlı kılacak manastırlar yaratmasıyla değişecekti.

İrlanda'nın ilk manastırları muhtemelen 5. ve 6. yüzyıllardaki Anglo-sakson ve Cermen istilalarından kaçan Britanyalı keşişler tarafından kuruldu. İrlanda ve Britanya'ya Yunan dünyasından da az sayıda keşiş geldi. Dilleriyle birlikte Avrupa'nın başka hiçbir yerinde bulunmayan bazı metinleri de getiren söz konusu keşişler muhtemelen birkaç manastır da kurdular.

Aziz Columba (521-597) İrlanda'da bugün Donegal olarak adlandırılan köyde doğdu. Dokuz rehineli pagan Kral Niall'ın (368 civarı-395 yılları arasında hüküm sürmüştür) soyundan geldiği iddia edilen O'Neil adlı önemli bir aileye mensuptur. Dokuz rehinenin arasında, İrlanda'nın beş vilayetinden -Ulster, Connacht, Leinster, Munster ve Meath- birer kişi ve İskoçya, Saksonlar, Britonlar ve Frenklerden de birer kişi vardı. Soyağacına göre Columba, Kral Niall'ın torununun oğluydu. Ben de babamın ailesinin -söylentiye göre üzerinde İrlanda krallarının taç giydiği Stone of Doon'un koruyucu ailesidir- Niall'ın soyundan geldiğini öğrendim. Bu iddia günümüz İrlanda nüfusunun önemli bir bölümü tarafından ileri sürülebilir.

Columba, İrlanda'daki Derry ve Durrow şehirlerinde manastırlar kurdu ve ardından 561'de Cul Dreimhne Muharebesi'nde alınan yenilgiden sonra on iki arkadaşıyla birlikte İskoçya'ya sürgüne gönderildi. Columba'ya, İskoçya'nın batı kıyılarındaki İona adasında toprak verildi. Columba'nın faaliyetleri sonucunda burası Piktleri Hristiyanlaştırma merkezi haline geldi.

Columba'nın genç çağdaşlarından Aziz Columbanus (540 civarı-615) Ulster'in Bangor kasabasından bir keşişti ve bir grup arkadaşıyla İrlanda'yı terk ederek Galya'ya göç etti ve orada Vosges'de yer alan Luxeuil merkezde olacak şekilde bir dizi manastır kurdu. Kurduğu son manastır, kıta üzerindeki en büyük İrlanda manastırı haline gelecek olan Lombardiya'daki Bobbio manastırıydı.

Aziz Benedikt Biscop (628 civarı-690), Northumbria'ya bağlı Tyne'da

yer alan Wearmouth ve Jarrow'daki manastırların kurucu başpapazıydı ve manastırların inşası için malzemeleri ve ustaları, kütüphaneler için de kitapları getirmek üzere beş kez Roma'ya gidip geldi. Wearmouth kütüphanesi ortaçağ Avrupa'sında ünlü bir kütüphane haline geldi. Buradaki en değerli kitap, Aziz Jerome tarafından Latinceye tercüme edilen erken İncil elyazması *Codex Amiatinus*'tu.

Benedikt, Roma'ya yaptığı üçüncü seyahatinden Tarsuslu Diodorus'la (602-690) birlikte döndü. Tarsuslu Diodorus önce Antakya ve İstanbul'da öğrenim görmüş, sonrasında Roma'daki bir manastıra girek 668'de Papa Vitalianus (657-672 arası papalık yapmıştır) tarafından Canterbury başpiskoposu olarak atanmıştı. Benedikt yanında Afrikalı papaz Hadrian'ı da getirmişti. Hadrian daha önce iki kez Canterbury başpiskoposu olmayı reddetmiş, Yunanca konuşan Tunuslu bir berberiydi.

Diodorus ve Hadrian, Canterbury'de Anglosakson ilminin altın çağı olarak adlandırılan bir dönemi başlatacak bir manastır kurdular. Muhterem Bede'ye göre, Diodorus ve Hadrian "birçok öğrencinin ilgisini çekti ve söz konusu öğrencilerin beyinlerini her gün erdemli bilginin damlalarıyla doldurdu. Öğrencilere Kitab-ı Mukaddes'in yanı sıra şiir, astronomi ve kilise takvimiyle hesap yapmayı öğretti... İngilizler Britanya'ya yerleştiğinden beri böylesine mutlu bir dönem yaşamadı."

Diodorus'la Hadrian, Yunanca ve Latincenin yanı sıra aritmetik ve fen bilimleri dersleri de verdiler. Bede kendi zamanında, yani sekizinci yüzyılda Diodorus ve Hadrian'ın Yunanca ve Latinceyi anadilleri kadar akıcı konuşabilen öğrencileri olduğunu söyler. Wearmouth ve Jarrowlu öğrenciler, İngiltere'nin çeşitli yerlerinde kurulan Benedikten manastırlarında başrahip oldular ve Canterbury'de öğrendiklerini yaymaya devam ettiler.

Aziz Benedikt tarafından oluşturulan Benedikt Kuralları, keşişlerin yaşamının her boyutunu düzenler ve uyanık oldukları zamanlarda hayatlarını ibadet, meditasyon ve kol emeği sarf ederek geçirmelerini emreder. İbadetlerde İncil ve diğer dua kitapları okunurdu. Bu da çoğu henüz çocuk yaşta manastıra girmiş keşişlerin okuma yazma öğrenmesinin zorunlu olduğunu gösterir. Manastırların birçoğunda hem kütüphane hem de keşişlerin ihtiyaç duyduğu kitapların katipler tarafından yazıldığı bir yazı odası da bulunuyordu.

Muhterem Bede (674-735) 731'de yazdığı bir eserde, yedi yaşında Wearmouth'da Benedikt Biscop'a emanet edildiğini ve hayatının geri kalanını burada ve Yarrow'da öğrenim görerek ve öğreterek geçirdiğini anlatır. Bede elyazmalarında Yarrow'daki zamanını şöyle tarif eder: "O zamandan itibaren bütün vaktimi manastırda geçirmek suretiyle, kendimi tamamen dini ibadetlere adadım. Kilisedeki disipline riayet edip sürekli kilise müziği dinlerken, öğrenmekten, öğretmekten ve yazmaktan hep büyük zevk aldım."

Pek çok çağdaşı gibi Bede de basit bir keşiş olarak adlandıramayacağımız bir şahsiyettir. Eserlerinden *In epistulas septem catholicas*'daki [Yedi Katolik Mektubu Üzerine Yorum] bir bölümden anlaşıldığı kadarıyla Bede evliydi. Şöyle diyordu: "Karım yüzünden ibadetlerimi sık sık ihmal ediyorum, demek ki evlilikle ilgili yükümlülükler ibadetleri engeller." Benzer bir ifadeyi *In evangelium Lucae* [Luke Üzerine Yorum] eserinde de dile getirir: "Eskiden eşim fazlasıyla şehvetli arzulara sahipti, şimdiyse yüce kutsallığa ve gerçek bir İsa sevgisine sahip."

Bede'nin en bilinen eseri, 731'de tamamlanan *Historia ecclesiastica gentis Anglorum*'tur [İngiliz Halkının Dini Tarihi]. Eser, Jül Sezar'ın Britanya'yı Roma İmparatorluğu'na kattığı MÖ 55'le eserin tamamlandığı tarihe kadar olan dönemi kapsar. Bede, Roma egemenliğindeki Britanya'da Hristiyanlığın kısa bir tarihini verdikten sonra, Canterburyli Aziz Augustinus'un Anglosaksonların dinini değiştirme misyonunu anlatır. Augustinus 595'te Roma'daki bir Benedikten manastırın başrahibiyken, Papa Büyük Gregorius Kent Krallığı'nın hükümdarı pagan Anglosakson Aethelbert'ü dininden döndürmesi için onu Britanya'ya gönderir. Augustinus ve arkadaşları 597'de Kent'e ulaşır ve ardından Aethelbert'ün Canterbury'deki başkentine giderek kralı ve halkın büyük kısmını Hristiyanlaştırır. Augustinus, Canterbury'nin ilk başpiskoposu olarak atanır ve 604'te öldükten hemen sonra aziz olarak kutsanır.

Bede Hristiyanlığın Britanya'daki gelişimini anlatmaya devam eder. Whitbyli Synod döneminde, 664'te Anglosakson papazlar Roma Kilisesi'ne bağlılıklarını bildirip Katolik dünyasının gelişimine ve Britanya'nın Avrupa kıtasına bağlanmasına yol açtığında Hristiyanlığın gelişimi doruğa ulaşır. Bede, Northumbria kralı Edwin'in Hristiyanlaşmasına büyük önem verir, çünkü kral ve diğer Anglosakson krallar Hristiyanlığı

kabul eder etmez İrlanda ve Benedikten manastırlarını ve okullarını desteklemeye başladılar.

Bede'nin *Historia ecclesiastica*'sında azizlerden geriye kalan eşyaların sunduğu mucizevi tedavilerden söz edilir. Anlatılardan biri de felçli bir papazın Aziz Cuthbert'ün mezarında iyileşmesiyle ilgilidir:

Papaz, din adamının mezarının üzerine kapanarak uhrevi bir samimiyetle dua etti ve onun aracılığıyla Tanrı'nın kendisine merhamet etmesini diledi. Ve burada dua ederken... (daha sonra anlattığı üzere) büyük bir elin keder içindeki kafasına dokunduğunu hissetti. Temasın şiddetli ağrılar çeken bedenin tümüne yavaşça yayılmasıyla birlikte, ağrılar aşağıya doğru çekilerek ayaklarına indi ve daha sonra yavaş yavaş kaybolarak, yerini sıhhatli bir bedene bıraktı.

Bede manastır okullarındaki meslek kurslarında öğretilmek üzere *opera didascalica* [Didaktik Eserler] olarak adlandırılan birkaç ders kitabı da hazırladı: *notae* [yazma dersi], *grammar* [edebiyat ilmi] ve *computus* [zaman hesaplama sanatı ve ilmi]. *Computus* öncelikle manastır topluluğunun günlük, haftalık ve yıllık faaliyetleriyle festivallerini düzenlemek için gerekliydi; daha sonra çiftçiler, denizciler, coğrafyacılara, hekimlere, tarihçilere, diğer ilim insanlarına, tüccarlara ve zanaatkarların ihtiyaçları için de kullanıldı. Örneğin paskalyanın tarihinin belirlenmesi paskalya *Computus*'unun konusuydu. İyice geliştiği dönemde *Computus*, matematiğin dört yüksek ilminin (aritmetik, geometri, astronomi ve müzik kuramı) içeriğini de kapsamaya başladı. Bede'nin *Computus* metinleri, kural ve formüllerle ilgili açıklamaları içeren kuramsal bir bölüm; ay ve güneş tutulmalarını, depremleri, diğer doğal afetleri ve insanlık felaketlerini liste halinde veren dünya tarihi vakanüvisinden oluşan bir nesnel olaylar bölümü ve çeşitli takvimler, kronolojik cetveller ve zaman hesaplamasıyla ilgili formülleri içeren ekler bölümünden oluşmaktadır.

Bilimsel eserleri arasında, 703'te yayımlanmış ve paskalya *computus*'unun ilkelerine giriş niteliği taşıyan *De temporibus* [Zaman Üzerine] adlı bir metin ve dünya tarihinin bir kronolojisi de yer alır. Muhtemelen Bede'nin 725'te yayımlanan *De temporum ratione* [Zaman Hesabı



Muhterem Bede; bir ortaçağ metninden .

Üzerine] eseri, *De temporibus*'un on kat genişletilmiş bir yeniden yazımıdır. Önceki eserinden bahsederken, “Eserimi bazı kardeşlerime gösterip açıkladığımda, eserin, özellikle de en çok faydalı olacağı düşünülen pas-kalya hesaplamasının arzu ettiklerinden daha kısa olduğunu söylediler, dolayısıyla beni zamanın yapısı, seyri ve sonuyla ilgili biraz daha fazla yazmaya ikna ettiler,” der.

De temporum ratione geleneksel yer-merkezli evren düşüncesini savunarak Dünya'nın küre şeklinde oluşunun günlerin uzunluğunu nasıl etkilediğini, hilalin seher vaktindeki görünüşünün nasıl Güneş ve Ay'ın hareketine bağlı olduğunu ve belirli bir yerdeki gelgitlerin Ay'ın evreleriyle nasıl ilişkili olduğunu açıklar. Bede, eserinde ilkbahar gelgitlerini ve on beş günde bir meydana gelen hafif gelgitleri ele alır ve gelgitlerin Güneş ve Ay'ın hareketlerine bağlı olarak on dokuz yıllık bir döngü içerisinde gerçekleştiğini ileri sürer. Ayrıca Bede liman oluşumunun ardındaki önemli ilkeyi açıklayan ilk kişidir. Bu prensibe göre, Northumbria gibi kıyı bölgelerde denizdeki kabarmalar ve çekilmelerinin zamanı, söz konusu yerlerin görelî konumuna bağlıdır. Bede bu konuda şöyle yazar:

Bizimle aynı kıyıda fakat daha kuzeyde yaşayanlar gelgitlerin çekilme ve kabarmalarını bizden önce görür. Ay her zaman ve her yerde, kati surette uyduğu bağlantı yasasına göre hareket eder.

Bede astronomi hesaplamalarıyla ilgili bu eserlerin yanı sıra büyük ölçüde Sevilalı İsidore'ye ait *Etymologiae* ve Plinius'a ait *Naturalis Historia* eserlerine dayanarak *De natura rerum* adlı bir eser daha yazdı. Bu iki eseri kaynak almasına rağmen, *De natura rerum* onlardan daha üstündür, çünkü İsidore'nin *Naturalis Historia*'yı gözden geçirme şansı olmamışken, Bede her iki eseri de inceleyebilmişti. Ayrıca Bede her iki ilim insanından da daha eleştirel bir yaklaşım sergilemişti.

De natura rerum, Bede'nin kozmolojiyle ilgili görüşlerini anlatır. Bede, Dünya'nın merkezde olduğu yer bölgesinin, göksel bölgeye ait iç içe geçmiş kürelerle çevrili olduğunu ileri süren Aristoteles modelini esas alır. İsidore Dünya'nın tekerlek şeklinde olduğunu düşünse de, Bede'ye göre Dünya ortada tropik bir bölge, onun altında ve üstündeki ılıman bölgeler, son olarak da yalnızca kuzeydekinde yaşanabilen iki kutup bölgesi olmak üzere beş bölgeden oluşan hareketsiz bir küredir. Yer bölgesi etrafı su, hava ve ateşle çevrili bir kara parçasından oluşur. Dünya'nın etrafındaysa iç içe geçmiş yedi göksel bölge bulunur: hava, eter, Olympus, ateşli bölge, gökcisimlerine ev sahipliği yapan gökkubbe, meleklerin cenneti ve hepsinin üzerinde Teslis'in cenneti. Plinius'u kaynak olarak kullanan Bede, Ay'ın, Güneş'in, yıldızların ve gezegenlerin

gözlenen günlük ve yıllık hareketleriyle ilgili ayrıntılı bilgi verir. Söz konusu hareketlerin göksel küre içinde, bir dış çemberler düzeninde gerçekleştiğini ileri sürer. Ayrıca, Ay'ın evreleri ve hem güneş hem de ay tutulmalarıyla ilgili de aydınlatıcı bilgiler sunar.

Paskalyanın tarihinin belirlenmesi, Whitby Sinodu'nda [Ruhani Meclis] çözölen sorunlardan biridir. Sinodda alınan karara göre İngiliz kilisesi paskalyayı bahar ekinoksunu müteakip ilk dolunaydan sonraki ilk Pazar günü kutlayan Roma'yı esas alacaktı. Buradaki sorun, sırasıyla ekinoksun ve dolunayın zamanlarını belirleyen Güneş ve Ay döngülerini kullanarak bu tarihleri önceden hesaplamaktır.

Bede bu sorunu bilimsel bir yöntemle çözdü. *De tempore rationum* paskalya *computus* üzerine odaklandığı için, Bede paskalyanın ve ilgili dolunay tarihinin belirlenmesi, Ay ve Güneş'in Zodyak takımıyıldızındaki ilerleyişinin belirlenmesi ve takvimle ilgili diğer hesaplamalar için gereken bilgileri vermişti. Ayrıca yaratılıştan bugüne Dünya'nın ömrünü yeniden hesaplayan Bede, Dünya'nın Hristiyanlık döneminden 3952 yıl önce kurulduğunu ileri sürdü.

İki dolunay arasında 29 veya 30 gün vardır ve bir güneş yılında bir ay ortalama 29,5 gündür; bu da birbirini izleyen iki bahar ekinoksu arasındaki zamana tekaböl eder. Bu bağlamda, on iki kameri ay hesabına göre bir yıl yaklaşık 354 günken, güneş yılına göre 365,25 gündür. Atinalı astronom Meton MÖ 425 civarında, on dokuz güneş yılının yaklaşık olarak 235 kameri aya eşit olduğunu hesaplamış ve günümüzde Metonik Çevrim olarak bilinen sistemi ileri sürmüştü. Bu sisteme göre, on dokuz yıllık bir dönem 12 aylı 12 yıla, 13 aylı 7 yıla, yani toplamda 235 aya eşittir. Metonik Çevrim, 525 yılında Papa I. İoannes tarafından paskalyanın tarihini hesaplamak üzere görevlendirilen keşiş Dionysius Exiguus tarafından kullanılmıştır. Dionysius, çevrimi geriye doğru işleterek Diriliş ve *Incarnationis dominicae tempus* [Tecessüd] tarihlerini belirlemiştir. Tecessüd tarihi daha sonra Hristiyan takviminin başlangıç noktasını oluşturmuş ve o tarihten sonraki olaylar artık *annus Domini* (AD) yani Miladi Yıl veya Milattan Sonra olarak tarihlenmeye başlamıştır. Dionysius MS 532-626 arasındaki dönemi kapsayan doksan beş yıllık (veya beş Metonik Çevrim yılı) bir paskalya takvimi çıkararak Papa'nın verdiği görevi yedi yılda tamamlamıştır. Bede bu sistemi, ortaçağ Avrupa'sında

yaygın olarak kullanılan *Historia ecclesiastica*'daki [Hıristiyanlık Tarihi] olayların tarihini belirlemede kullandı ve bu eser Hıristiyanlık döneminde olayların MS olarak belirlenmesinde yardımcı oldu. Papalık, I. Otto'nun Kutsal Roma İmparatorluğu'nun başına geçtiği 962 yılına kadar bu sistemi kabul etmedi. BC [MÖ] ibaresinin kökeniyse 1627 yılına dayanır. Cizvit papaz Dionisius Petavius, Hıristiyanlıktan önceki tarihlerin *ante Christum* olarak işaretlenmesini önerir. Bu ibare İngilizcede BC, yani "before Christ" [İsa'dan önce] halini alır.

Bede'nin bilimsel çalışmaları kendi dönemine göre olağanüstü başarılıydı ve sonraki yüzyıllarda tarih, kozmoloji, kronoloji, astronomi, fen bilimleri, matematik ve takvim konusunda Avrupa için başlıca bilgi kaynağı haline geldi. Bir ilim adamı olarak ünlenmesi, 19. yüzyılda İsviçreli bir keşişin şöyle yazmasına yol açmıştır: "Âlemlere nizam veren, yaradılışın dördüncü gününde Güneş'in doğudan doğmasına sebep olan Tanrı, bütün dünyayı aydınlatmak üzere yeni bir Güneş'in, yani Bede'nin batıdan doğmasına sebep oldu."

Ölümünden sonra Bede'nin öğretileri, öğrencisi ve müridi York Başpiskoposu Egbert tarafından sürdürüldü. Egbert'in York'ta kurduğu katedral okulu, Wearmouth ve Jarrow'da bulunan ve sadece din alanında değil aynı zamanda edebiyat ve bilimde üç ilim ve dört ilim adlarıyla bilinen yedi beşeri ilimde eğitim ve öğretimiyle de ünlü manastırlara rakip oldu. Kütüphanesi İngiltere'nin en iyi kütüphanesi olarak itibar gördü. Daha sonraki nesiller Bede'nin York okulunda oluşturduğu geleneği sürdürerek buranın Avrupa'nın en saygın kurumlarından biri haline gelmesini sağladılar.

York okulunun ilk dönemlerindeki en seçkin öğrenci, Egbert'in genç bir delikanlıyken okula kaydettiği Alcuin'di (735 civarı-804). Alcuin 750'li yılların ortalarında Egbert yönetimindeki okulda öğretmenliğe başlamasının ardından 778'de başöğretmen ve kütüphane sorumlusu oldu. 781'de, York'un başpiskoposluk statüsünün ve arkadaşı Eanbald'un başpiskopos olarak seçilmesinin resmen onaylanması için Papa'ya başvurmak üzere Roma'ya gönderildi. Dönüş yolunda Parma'ya uğradı ve "Frenklerin Kralı" Şarلمان ile bir araya geldi. Karolenj İmparatorluğu olarak bilinen ve günümüz Almanya'sının bir kısmını, Fransa, Belçika ve Hollanda'nınsa büyük kısımlarını kapsayan

bölgeyi miras alan Şarlman, sonrasında daha fazla Almanya toprağını, İsviçre'nin tamamını, Avusturya'nın bir kısmını ve İtalya'nın da yarısını ele geçirmişti. Şarlman, Alcuin'i saraya davet ederek din ve eğitim konularında kendisine başdanışmanlık yapmasını istedi. Alcuin çok sevdiği York okulunu bırakmaya istekli olmasa da teklifi kabul etti. Sonraki yıllarda yazdığına göre Tanrı'nın, kendisini Şarlman'ın hizmetine çağırıldığını hissetmişti.

Alcuin 782 yılında Pytell, Sigewulf ve Joseph adında üç yardımcısını da yanına alarak Aachen'a vardı. Merovenj krallarının ve saray çocuklarının eğitimi, özellikle de sarayın usul ve geleneklerinin öğretilmesi için kurduğu Saray Okulu'na müdür olarak atandı. Şarlman, Alcuin'den saray okulu müfredatına din ve yedi beşeri ilmi de ekleyerek hem kendi çocuklarının hem de diğer saray üyelerinin çocuklarının eğitimini geliştirmesini istedi. Alcuin'in öğrencileri arasında Şarlman'ın kendisi ve Karolenj kraliyet ailesinin bazı üyelerinin yanı sıra saraya eğitim için gönderilmiş gençler ve saray şapelinin papazları da bulunuyordu.

Alcuin, Saray Okulu için standart bir müfredat hazırlayıp ders kitapları ve el kitapları yazdı, böylelikle antik dönemde kullanılan üç bilim ve dört bilimden oluşan sistemi kurdu. Ayrıca takvimi anlamaya, özellikle de paskalyanın tarihini hesaplamaya yetecek düzeyde matematik ve astronomi de dahil olmak üzere *Computus*'un bazı disiplinlerini de müfredata ekledi. Alcuin'e atfedilen ders kitaplarından biri *Propositiones ad acuendos juvenes* [Gençleri Geliştirme Problemleri] adını taşır. Bu kitap elli den fazla matematik problemi içerir. Bu problemlerden biri de nehirден karşıya geçmekle ilgili dört ünlü bilmecedir. Bu bilmece, 17. yüzyılın bazı ünlü matematikçileri tarafından yeniden gündeme getirilerek modern matematiğin kombinasyonlar olarak adlandırılan dalının oluşmasına yol açtı. Alcuin'in sorduğu nehirden karşıya geçme problemlerinden biri ve çözümü, Problem 18'de verilmiştir:

Problem: Adam bir kurdu, bir keçi ve bir baş lahanayı nehirden karşı kıyıya geçirmek zorundadır. Sahip olduğu kayık her seferinde bunlardan yalnızca birini taşıyabilmektedir. Adam hepsini sağlam bir şekilde karşı kıyıya ulaştırmalıdır. Bunu nasıl başarabilir?

Cevap: Keçiye alıp karşıya geçerim, geride kurt ile lahanalar kalır. Daha sonra geri döner, kurdu alır ve karşıya geçiririm. Dönüşte keçiye geri getirir, sonra lahanayı alır karşıya geçiririm. Kayıkla bu kez boş döner, keçiye tekrar alır karşıya geçiririm. Bu şekilde en az emek ve zaman harcayarak her şeyi sağ salım karşıya geçirmiş olurum.

Şarlman 789'da bir ferman yayınlayarak ülkesinde manastır ve katedral okullarının kuruluşunu ilan etti: "Çocukların okumayı öğrenebileceği okullar kurun. İlahileri, nota ve rakamları, dini şarkıları, takvimi, grameri, ayrıca her manastır ve başpiskoposluktaki Katolik kitaplarını özenle düzeltin, çünkü Tanrı'ya usulünce dua etmek isteyen bazı insanlar hatalı kitaplar yüzünden yanlış dua edebilirler."

Manastır ve katedral okullarındaki öğrenciler sadece papazlardan ibaret değildi; aynı zamanda yatılı olmayan öğrencilerle din adamı olmayanlar da bulunuyordu. Bu da Şarlman'ın halkı arasında Latince okur-yazarlığın artmasına yol açtı. Alcuin bütün bu okulların organizasyonunun yanı sıra yedi beşeri ilime dayanan müfredatı ve ders kitaplarını idare etmekten de sorumluydu. Saray Okulu'ndaki öğrencilerin birçoğu daha sonra piskopos ve başrahip oldular; böylelikle başta manastır ve katedral okullarını yöneten veya buralarda ders verenler olmak üzere, ruhban sınıfının eğitim seviyesini yükselttiler.

Şarlman'ın manastır ve katedral okulları kurması, ruhban sınıfında yapmak istediği reform bakımından temel bir öneme sahipti; ruhban sınıfının bilgi ve kültür seviyesiyle ahlakiniteliği gelişerek halkının din ve eğitim seviyesini yükseltmek için Şarlman'ın hazırladığı programları uygulayabilecekti. Ayrıca Şarlman bütün kilise ve manastırlarda bir Vulgata İncili bulunması gerektiğine ve Aziz Jerome 405 yılında tercüme tamamladığından bu yana metinde biriken yazım hatalarının düzeltilmesi gerektiğine inanıyordu. Şarlman düzeltme görevini Alcuin'e verdi, o da Vulgata İncili'nin düzeltilmiş halini 801'de Şarlman'a teslim etti. Alcuin bu projeyi yürütürken küçük harflerle yazılan ve Karolenj harfleri olarak adlandırılan yeni bir el yazısı icat etti. Sözcükler arasında boşluk bırakılan ve daha fazla noktalama işareti kullanılan bu el yazısı ortaçağda kullanılan alfabeden daha okunaklıydı. Düzeltilmiş Vulgata İncili hazırlan-

dıktan sonra, rahipler öğretilerini ve vaazlarını İncil'in gerçekte bildirdiklerine dayandırarak gerçekleştirebildiler.

İspanyol Vizigotu Theodulf (755 civarı-821) 766'dan başlayarak Orléans başpiskoposu olarak atandığı 790'a kadar Şarlman'ın sarayında bulunmuş bir bilgindi. Theodulf 786'da Roma'yı ziyaret ettiğinde, eğitim merkezlerinden son derece etkilendi ve Şarlman'ın hakimiyetindeki bölgelerde bulunan piskopos ve başpiskoposlara mektuplar gönderip kamu okulları açmalarını tavsiye etti. Orléans'a piskopos olarak atanıldığında da ilk iş olarak kendi yönetiminde fakat manastırdan bağımsız kamu okulları kurmaya başladı. Eğitimde hem pagan kaynakların hem de yedi beşeri ilmin önemini vurguladı. Özellikle Virgil ve Ovid hayranı Theodulf erkek-kadın, zengin-fakir, din adamı ya da değil herkesin eğitim hakkına sahip olduğuna inanıyordu. Kamu eğitiminde bir öncüydü ve manastır alanlarının dışında veya kilise yakınında kamu okulları inşa edilmesinden sorumluydu.

Şarlman'ın eğitim reformları Karolenj Rönesansı olarak bilinen kültürel ve entelektüel bir yeniden doğuşu meydana getirdi. Etkileri sanat, mimari, müzik, edebiyat, hem dini hem de seküler ilimlerde görülebilen bu Rönesans, Avrupa'da bilimin ortaya çıkışı için zemin hazırladı.

Alcuin 790'da İngiltere'ye döndü ve din işlerinde yeniden Şarlman'ın danışmanlığına getirildiği 792'nin ortalarına kadar da orada kaldı. 794'deki Frankfurt Konsili'nde kafır olarak suçlanan Urgelli Felix'in görüşlerine karşı Ortodoks doktrini savundu. Alcuin saraydaki görevlerinden 796'da emekli oldu, Tours'daki Aziz Martin Manastırı'na başkeşiş olarak atandı ve Şarlman'ın birinci Kutsal Roma İmparatoru olarak taç giymesinden dört yıl sonra, 804'te öldü.

Karolenj Rönesansı, Şarlman'ın 814'te ölümünden sonra yerine geçen oğlu Dindar Ludwig (814-840 arası hüküm sürmüştür) ve torunu Dazlak Karl (843-877 arası hüküm sürmüştür) dönemlerinde de devam etti. Karl 845 dolaylarında sarayına İrlandalı bilgin Johannes Scottus Eriugena'yı (815-877 civarları) getirerek Saray Okulu'na müdür olarak atadı ("Scottus", "İrlandalı" veya "Galli" sözcüklerinin Latincedeki karşılığıdır). Johannes'in hayatının geri kalanını Fransa'da geçirdiği tahmin edilmektedir. Johannes ve Karl'ın bazı karakteristik özelliklerini Malmesburyli Williams'ın anekdotlarından öğrenebiliyoruz. Johan-

nes ve Karl birlikte kahvaltı ederken kral şaka yollu "*Quid distat inter sot-tum et Scottum?*" (Bir sarhoşla bir İrlandalı'yı birbirinden ayıran nedir?) diye sorar. Johannes'in cevabı, "*Mensa tantum*" (Yalnızca bir masa) olur.

"Latin etkisindeki Batı dünyasında 9. yüzyılın en yetenekli bilgini" olarak adlandırılan Johannes, muhtemelen İrlanda manastırlarında öğrendiği ve akıcı bir şekilde konuştuğu Yunancayı Karolenj sarayında çok yararlı bir biçimde kullandı. Mesela, Bizans İmparatoru III. Mikhail'in Karl'a gönderdiği eski kilise yazılarını Latinceye çevirdi. Bu çevirilerden biri de 5. yüzyılda yaşamış Areopagite lakaplı Dionysius (Aziz Paul'un Atina'daki Aereopagus Tepesinde Bilinmeyen Tanrı üzerine verdiği vaazı dinleyen Aziz Dionysius'un Aereopagite'yle karıştırılmaması için bu lakap takılmıştır) olarak bilinen Suriyeli bir rahibin eseri idi. Hem yukarıda sayılan kaynakları hem de aralarında Aziz Augustinius da bulunduğu başka kaynakları kullanan Johannes, *Periphyseon* [Evrenin Bölünmesi] adlı eserini yazdı. Eser, "her şeyin Tanrı'dan geldiği ve yine O'na döneceği kozmik bir sürecin varlığını savunan neo-Platoncu görüşe dayanan... fazlasıyla neo-Platoncu bir sistem" olarak tanımlanır. Daha sonra dine aykırı olarak damgalanan *Periphyseon*, Johannes'in çağdaşlarını pek etkilemediyse de, ortaçağın ilerleyen dönemlerinde önemli tartışmalara yol açtı.

Asırlarca bulunamayan *Periphyseon*, nihayet Oxford'da bulundu ve 1671'de basıldı. Eser yeniden ilgi görmeye başladı ve en azından 19. yüzyıl boyunca da etkisini sürdürdü. Schopenhauer, Eriugena'dan çağdaş felsefenin selefi olarak bahseder ve çağdaş bir bilgin de *Periphyseon'u* Hegel'in *Tinin Görüngübilimi*'nin bir prototipi olarak tanımlar.

Johannes, Martianus Capella'nın *De nuptiis Philologiae et Mercurii* eseri üzerine de bir yorum yazdı. Söz konusu eser, yedi beşeri ilmi tek bir ders kitabında topladığı için manastır ve katedral okullarında yaygın olarak kullanılıyordu. Johannes'in yorumu öğrencileri tarafından da kullanıldı ve böylelikle Johannes hem öğrencileri hem de *Periphyseon* aracılığıyla batı düşüncesi üzerinde sürekli bir etkiye sahip olmuş oldu.

Karolenj eğitim reformları yeni Avrupa biliminin ilk önemli şahsiyetini yarattı: sonrasında papalık görevine getirilerek Papa II. Silvester (999-1003 arası papalık yapmıştır) adını alacak Aurillaclı Gerbert (945 civarı-1003).

Gerbert, Fransa'nın güneybatısındaki Aurillac veya yakınlarında, mütevazı koşullarda dünyaya geldi ve ilk eğitimini de bölgede bulunan Aziz Géraud adlı bir Benedikten manastırında aldı. Gerbert'in parlak zekası Barselona kontu Borel'in dikkatini çeker ve 967'de manastırdan kendi himayesine alır. Çalışmalarını Borel'in himayesi altında Barselona'da sürdüren Gerbert, Kont tarafından Vic piskoposu Atto'nun vesayetine verilir. Matematik üzerine odaklanan Gerbert muhtemelen Boethius, Cassiodorus ve Martianus Capella gibi geç Roma dönemi bilgilerinin eserlerini inceler. Matematik kapsamında biraz aritmetik, geometri (ispatlar olmadan), astronomi ve Pisagor'un sayı kuramını öğrenir. Ayrıca eski Romalı araştırmacıların ölçme kurallarının yanı sıra özel bir abaküs yardımıyla hesap yapmayı da öğrenir.

Gerbert Barselona'dayken bazı İslami eserleri de incelemiş gibi görünür, fakat muhtemelen söz konusu eserlerin Latince tercümelerini okumuştur. Gerbert'in yazıları arasında Mayıs 984'te Barselonalı Lupitus'a yazdığı bir mektup da mevcuttur. Mektubunda Lupitus'dan, muhtemelen Arapça yazılmış bir astroloji kitabı üzerine yapılan bir yorumun tercümesini ister.

Gerbert, *De astrolabia* [Usturlap Üzerine] başlıklı eseriyle ünlüdür. Ayrıca bir başka eserinin bir bölümü de *De utilitatibus astrolabi* [Usturlabın Faydaları] adını taşır. Her ikisi de Arapların Gerbert üzerindeki etkisini gösterir. Gök cisimlerinin konumlarını ve hareketlerini belirleyip hesaplamaya yarayan usturlap, antik Yunanlar -hatta muhtemelen Hipparkhos- tarafından keşfedilmişti ve İslam dünyası astronomları tarafından da yaygın olarak kullanılıyordu. *De utilitatibus astrolabi*'ye göre usturlap "ister kış olsun ister yaz, günün vakitlerini tereddüde yer vermeyecek kadar kesin bir biçimde tespit etmede kullanılabilir. Yine de günlük ibadet vakitlerini tespit etmek için kullanılmaya daha uygundur, çünkü genel kullanım için çok da gerekli olmayan bilgiler verir. En ufak bir hatayı bile kabul etmeyecek adil bir yargıcın denetimindeki vakitte Tanrı'ya hürmetlerin en büyüğü sunulurken, her şeyin oldukça uyumlu bir biçimde Tanrı'ya hizmet etmesi ne kadar da mutluluk verici ve münasiptir."

Gerbert'e ait olduğu kanıtlanan eserler arasında matematik üzerine araştırmalar da mevcuttur. Bunlardan biri de Çin'den İslam dünyasına

geçtiğine inanılan bir hesaplama aleti olan abaküs üzerine yazılmış bir incelemedir. Gerbert'in Hint-Arap rakam sistemini kullandığı da görülmektedir. Daha sonra uyarlanacak olan bu rakamlar bugün Batı'da kullanılan sayı sisteminin temelini oluşturmuştur. Yani görünüşe göre Gerbert, Batı Avrupa'da ortaya çıkmaya başlayan yeni bilimi geliştirirken Greko-İslam bilim mirasından faydalanan ilk Avrupalı bilginlerdendir.

Gerbert 970'te Borel ve Atto'nun eşliğinde Roma'ya gitmiş ve Papa XIII. İoannes'e takdim edilmiştir. Papa da o dönem Roma'da ikamet eden Kutsal Roma İmparatoru Otto'nun (962-973 arası hüküm sürmüştür) huzuruna çıkarır. Gerbert görevlendirilmek üzere Otto tarafından Reims başpiskoposu Adalboro'ya gönderilir ve şehirdeki katedral okulunun müdürü olarak görevlendirilir. Gerbert okulu o kadar başarılı bir şekilde yeniden teşkilatlandırır ki, okula imparatorluğun her tarafından öğrenci akmaya başlar. Öğrencileri arasında geleceğin Fransa kralı II. Robert ve Gerbert'in biyografisini yazacak Saint-Remyli Richer da vardır. Öğrenimlerini tamamladıktan sonra Gerbert'in öğrencilerinin, Kuzey Avrupa'daki sekiz ayrı katedral okuluna ders vermeye gittikleri bilinmektedir. Bu okullarda, Gerbert'in İspanya'daki İslami kaynaklardan öğrendiği matematik ve astronomi derslerine özellikle ağırlık verilir.

Gerbert'in kendisi de Reims'te matematiksel dört ilim dersleri verdi. Richer, Gerbert'in müzik kuramı derslerinde Pisagorcuların armoninin sayısal kurallarını göstermek için kullandıkları tek telli bir alet olan ses ölçeri kullandığını söyler. Ayrıca Gerbert'in astronomi derslerinde kendi tasarlayıp inşa ettiği üç mekanik maket kullandığını da belirtir. Birincisi ağaçtan yapılmış at derisiyle kaplı büyük bir gökküresiydi. Kürenin üzerinde ufuk, gök ekvatoru, tutulum çemberi ve farklı renklere boyanmış takımyıldızlarının olduğu bir harita yer alıyordu. İkincisiyse bir gökeviydi. Ortasında Dünya'nın yer aldığı gökevinin içerisinde ufku, gök ekvatorunu ve tutulum çemberini simgeleyecek şekilde birbiriyle kesişen üç metal halkadan oluşmuş bir sistem yer alıyordu. Tutulum çemberi üzerine de Güneş, Ay ve görünen beş yıldız temsilen beş küçük top yerleştirilmişti. Gerbert temsili gökcisimlerinin her birini, tellerden yaptığı yaratıcı bir sistem sayesinde ayrı ayrı hareket ettirebiliyordu. Üçüncüsü de iki metal halka aracılığıyla gök ekvatoruna ve tutulum çemberine göre konumlandırılmış, başlıca takımyıldızlarının tellerden yapıl-

mış temsilcilerini barındıran bir gözlemleme tüpüydü. Sistem öyle tasarlanmıştı ki, “birine bir takımyıldız gösterseniz, konuyla ilgili hiç bilgisi olmasa bile, diğer takımyıldızların konumlarını yardım almaksızın belirleyebilecektir”.

Gerbert, görünüşe göre 12. yüzyılın ilk yarısında Malmesburyli William’ın başlattığı bir efsaneye istinaden büyücü olarak ünlenir. William, Gerbert’in manastırdan gizlice çıkarak Suriye’deki Müslümanlardan astroloji ve büyücülük öğrenmeye gittiğini, “kuşların ötüşünün ve uçuşunun anlamlarını okumayı öğrendiğini, cehennemden hayaletleri çağırdığını ve insanları meraklandıran zararlı veya yararlı ne varsa öğrendiğini” söyler.

Gerbert daha sonra I. Otto’nun oğlu ve halefi II. Otto’nun (973-983 arası hüküm sürmüştür) da gözdesi olur. 983’te Lombardiya’daki Bobbio manastırına başkeşiş olarak atanır, fakat bir yıl sonra Reims’e geri döner. Aynı yıl II. Otto’nun ölümü üzerine Almanya tahtına getirilen oğlu üç yaşındaki III. Otto’nun (983-1002 arası hüküm sürmüştür) hem arkadaşı hem de hocası olur. III. Otto’nun annesi, Bizans prensesi Theophanu, 991’de ölünceye dek hükümdar vekili olur. Ölünce yerine Otto’nun büyük annesi Adelaide ve Mainz başpiskoposu Willigis geçer. Otto 994’teki on dördüncü doğum gününden itibaren tahtı kendisi idare etmeye başlar ve iki yıl sonra da yanına iki başdanışmanı Praglı piskopos Adalbert ve Aurillaclı Gerbert’i alarak Kutsal Roma İmparatorluğu tacını giyer.

998’de Ravenna piskoposu ve ertesi yıl, Otto’nun da etkisiyle II. Silvester adıyla papalığa getirilen Gerbert, bu göreve getirilen ilk Fransızdı. Gerbert, genç Otto’yu Büyük Konstantin’in Greko-Romen imparatorluğunu Roma’da yeniden inşa etme vizyonunu benimsemesi için teşvik ediyordu. Papalığa getirildiğinde de Büyük Konstantin’in başkenti Konstantinopolis’e taşıdığı dönemde papalık yapan I. Silvester’a öykünerek, onun ismini aldı. Böylelikle Otto da doğudaki ve batıdaki imparatorlukları kadim başkent Roma’da birleştirmek gibi büyük bir görevi yerine getirmek için Konstantin’in halefi olarak görülebilirdi.

Otto 1002’de, yirmi iki yaşındayken muhtemelen sıtmadan öldü ve ertesi yıl da Gerbert hayatını kaybetti. Böylece doğudaki Yunanlarla batıdaki Latinleri birleştirme hayali de Hristiyanlığın ilk milenyumunun sonunda sona erdi. Fakat İrlanda manastırlarındaki bilginlerin çabala-

GALİLEO'DAN ÖNCE

rıyla başlayan, Gerbert'le Aziz Petrus'un tahtına dek ulaşp Karolenj Rönesansı'nı yaratarak Avrupa'yı eğiten ve Avrupa biliminin doğuşuna yol açacak olan yeni bir çağın şafağı sökmek üzereydi. Fakat yeni bilim antik Yunan dönemindekinden farklıydı; Muhterem Bede gibi ortaçağ keşifleri sayesinde sadece felsefe ve matematiğe değil, aynı zamanda hem yaşadığımız dünyanın hem de göklerin gözlemine dayanıyordu.

İslam dünyasında ise bilim en parlak dönemini yaşıyordu ve Yunan dünyasının mevcut bilimsel eserlerinin büyük çoğunluğunu özümseyerek, kendi özgün eserlerini üretme noktasına gelmişti; Muhammed'in Kutsal Savaşı'yla başlayan medeniyetler çatışmasında, İslam kültürü bir süreliğine Hristiyan Batı'ya egemenlik kurdu. Fakat Batı kültürünün manastırlarda yeniden canlanmasıyla, özellikle de Avrupa ilminin Greko-İslam bilimini ve felsefesini özümseme gücüne erişecek kadar ilerlemesiyle birlikte bu durum değişti.

ARAPLARIN GÖRÜŞLERİ

Yunan felsefi ve bilimsel eserlerinin büyük çoğunluğu, Abbasi halifesi Mansur'un Bağdat'ı yeni başkent ilan ettiği 762'nin ardından Süryanice konuşan Helenleşmiş Mezopotamyalı Hıristiyanlar aracılığıyla İslam dünyasına geçti.

Bağdat, Mansur (754-775 arası hüküm sürmüştür) ve sonrasındaki kuşakların, özellikle de Mehdi (775-785 arası hüküm sürmüştür), Harun Reşid (786-809 arası hüküm sürmüştür) ve Memun (813-833 arası hüküm sürmüştür) yönetiminde büyük bir kültür merkezi haline geldi. Tarihçi El-Mesûdî'ye (ö. 956) göre Mansur "Aristoteles'in mantık ve diğer konulardaki eserlerini, ayrıca klasik Yunanca, Bizans Yunancası, Pehlevi, Farsça ve Süryaniceden eski kitaplar da dahil olmak üzere çeşitli yabancı dillerden Arapçaya kitap tercüme ettiren ilk halifeydi". Söz konusu tercüme hareketi Abbasi döneminde Bağdat'ta kurulan ünlü Beyt'ül Hikmet (Bilgi Evi) kütüphanesinde yapıldı.

Bu tercüme hareketinin arkasında bazı teşvik edici nedenler yatıyordu. Öncelikle Mansur ve halefleri Yunan bilim ve felsefesini benimseyerek halifeliklerinin kültürel seviyesini yükseltmek istiyordu. Bir başka neden de Abbasi İmparatorluğu'nun idaresinde ihtiyaç duyulan katiplerin eğitimi idi. Bu durum İbn Kuteybe'nin (ö. 889) eserlerinde açıkça görülmektedir. *Edeb-ül Katib* [Kâtiplerin Eğitimi] eserinde, devlet katiplerinin öğrenmesi gereken aritmetik, geometri ve astronomi gibi derslerin yanı sıra, bu katiplerin edinmesi gereken meteoroloji ve inşaat mühendisliği gibi pratik becerileri de tek tek anlatmaktadır. Bu alanlarda eğitim

verilmesine olanak sağlayacak ders kitaplarının hazırlanması için de Yunan eserlerinin Arapçaya tercüme edilmesi gerekiyordu.

Mehdi, Aristoteles'in Yunancadan Süryaniceye tercüme edilmiş *Topica*'nın [Konular] Süryaniceden Arapçaya çevrilmesi talimatını verdi. Eser daha sonra Yunancadan Arapçaya çevrildi. *Topica*, Müslüman bilginlerle diğer inançlara mensup bilginler arasındaki tartışmalarda ve inanmayanlara İslam'ı tebliğ etmede önemli bir yer tutan sistemli tartışma sanatını öğretiyordu. Kaldı ki, İslamlaştırma Abbasiler için bir devlet politikası haline gelecekti. Aristoteles'in *Fizik*'i Harun Reşid döneminde Arapçaya tercüme edilen ilk eserdir. Bu eserin tercih edilmesinin en önemli nedeni, Müslümanlarla o dönem felsefede daha fazla bilgi sahibi olan Hristiyanlar arasında kozmoloji konusunda yürütülen teolojik münakaşalarda bu eserden yararlanılmasıdır.

Tercüme hareketi hem Doğu'da hem de Müslüman İspanya'da 11. yüzyıl ortalarına kadar sürdü. Bu döneme gelindiğinde Yunan bilim ve felsefesiyle ilgili önemli eserlerin büyük çoğunluğunun Arapça tercümelerinin yanı sıra, söz konusu eserlerle ilgili yorumlar da yazıldı ve ayrıca arada geçen zamanda Müslüman bilginler tarafından orijinal eserler de ortaya kondu. Dolayısıyla Arapça yazan bilginler, çevre kültürlerle irtibat kurarak bilim ve felsefede öncülüğü ele geçiririp Yunanlardan öğrendiklerini özümseyerek yaptıkları katkılarla İslam rönesansını başlattılar. Söz konusu rönesansın yarattıklarını daha sonra Batı Avrupa devralacaktı.

İlk binyılın sonu ve ikinci binyılın başında İslam bilimi zirve dönemini yaşarken, sadece Yunanlardan aldıklarını değil aynı zamanda kendi bilginlerinin ürettiklerini de Batı'ya aktararak, Batı Avrupa'da ortaya çıkan yeni bilimi beslemeye başladı; böylelikle ünlü Medeniyetler Çatışması kültürlerin yakınlaşmasına dönüştü. İslam biliminin Batı üzerindeki etkisi çok büyüktü, zira Latin bilginler Greko-İslam mirasını devralınca Batı Avrupa biliminin gelişimi de hız kazandı.

Büyük İslam bilginlerinin ilki Harezmi (828'de etkin olduğu bilinmektedir) kısaca *Cebir* olarak adlandırılan *Kitab-ül Cebr vel-Mukabele*'siyle [Cebir ve Denklem Hesabı Üzerine Özet Kitap] ünlüdür, zira Avrupalılar matematiğin bir dalı olan cebiri bu eserden öğrenmiştir. Yazar eserin önsözünde, "Halife Memun cebir üzerine özet niteliğinde bir eser yazmam için beni teşvik etti ve bu eseri veraset, miras, paylaşım, hukuk

davaları ve ticaretle, insanların karşılıklı münasebetlerinde, yahut keşif, kanal kazma ve geometrik hesaplamalar gibi hassas ve önemli meselelerle sınırlandırdı,” der.

Harezmi'nin matematik üzerine bir diğer çalışmasıysa, Arapça orijinali kaybolmuş fakat Latince tercümesinin tek bir nüshası günümüze ulaşmış *De numero Indorum* [Hindu Hesaplama Sanatı Üzerine] eseridir. Muhtemelen Hintli matematikçi Brahmagupta'nın (628'de etkin olduğu bilinmektedir) eserlerinin Arapça tercümesine dayanan eser, günümüz Batı dünyasında kullanılan sayıların temelini oluşturan Hindu rakamlarını anlatır. Bu yeni işaretlerin Harezmi'ye ait olduğu bilineğeldiğinden, Harezmi (Latince Al Khwarizmi) sözcüğü değişime veya bozulmaya uğrayarak “algorism” veya “algorithm” [algoritma] sözcüğüne dönüşmüştür. Günümüzde, bir matematik problemini genellikle bir işlemin birden fazla kez yapılmasını kapsayan sonlu sayıda adımla çözme sürecine algoritma denir.

Harezmi aynı zamanda günümüze kadar ulaşan en eski İslam astronomi kitabı *Zic el-Sindhind* [Hint Astronomi Cetvelleri Kitabı] eserinin de sahibidir. Eser, dış çember kuramı da dahil olmak üzere erken dönem Hint ve Yunan astronomisinin öğelerinden yararlanılarak gezegenlerle ilgili hazırlanmış cetvellerden oluşmaktadır. Harezmi ve Fazıl bin Nevbaht, İslam dünyasının ilk gözlemevini kuranlar olarak bilinirler. Söz konusu gözlemevi, Memun'un tahtta olduğu dönemde, 828 yılı dolaylarında Bağdat'ta kuruldu. Ayrıca coğrafya üzerine İslam dünyasının ilk kapsamlı eserini yazan da Harezmi'dir. Eserinde, Batlamyus'un konuyla ilgili çalışmasının büyük kısmını yeniden düzenlemiş ve yeni haritalar çizmiştir.

Öklid'in *Elementler*'i ilk olarak Harun Reşid döneminde matematikçi Haccâc bin Yûsuf bin Matar (786 civarı-833 arası etkin olduğu bilinmektedir) tarafından tercüme edildi. Daha sonra Haccâc *Elementler*'in daha gelişmiş ve kısaltılmış bir versiyonunu Halife Memun'a ders kitabı olarak okutulmak üzere hazırladı.

Eserleri Arapçaya tercüme edilen ve hem özetler hem de yorumlar şeklinde neşredilen Batlamyus, İslam dünyasında astronominin de haki mi oldu. *El-Mecistî* [Almagest] eserinin ilk Arapça tercümesi Haccâc bin Yûsuf tarafından 9. yüzyılın ilk yarısında yapıldı. Batlamyus astronomi-

sinin en yaygın detaylı özeti Ferganî'ye (ö. 861) aittir. Ferganî daha erken dönem İslam astronomlarının ulaştığı sonuçları kullanarak *El-Mecistî*'de düzeltmeler yaptı. Habeş el-Hâsib (ö. 870 civarında) bir dizi astronomi cetveli hazırlayarak Batlamyus'un çalışmalarında yer almayan sinüs, kosinüs ve tanjantın trigonometrik fonksiyonlarını açıkladı.

İslam bilimi, filozof ve bilim insanlarını da içine alan tercüme hareketiyle birlikte hızla gelişti. İslam felsefesinin Latince Alkindes olarak adlandırılan ve batıda "Arapların Filozofu" olarak bilinen Ya'kub bin İshak el-Kindî (795 civarı-866) ile başladığı bilinmektedir. El-Kindî günümüz Irak topraklarındaki Küfe'de yaşayan zengin bir Arap ailesinin çocuğuydu. Eğitimi için Küfe'den ayrılarak Bağdat'a gitti. Bağdat'ta Beyt'ül Hikmet'te çalışmalarda bulundu ve hem Memun hem de haleflerinin himayesini kazandı.

Kendisi mütercim olmamakla birlikte tercüme hareketinden faydalanarak ilk İslam filozofu/bilgini unvanını kazandı ve İslam'da Aristotelesçi hareketin kurucusu oldu. El-Kindî oldukça bilgiliydi; coğrafya, siyaset, felsefe, kozmoloji, fizik, matematik, meteoroloji, müzik, optik, teoloji, simya ve astroloji üzerine eserler yazdı. Pisagorcu geleneği sürdürerek İslam dünyasının ilk müzik teorisyeni oldu. Optik üzerine yaptığı araştırmalarında, ışığın yayılımı ve gölgelerin oluşumu konusunda İskenderiyeli Theon'dan, ışığın salınımı ve iletimi hakkındaysa Öklid'in teorisinden yararlanmıştı. El-Kindî'nin görsel algı konusundaki görüşleri Aristoteles'ten farklıydı; ışığın yansıması üzerine yaptığı çalışmalarla Rönesans'ta gelişecek olan perspektif kanunlarının temelini attı. El-Kindî, doğa bilimleri üzerine yaptığı araştırmalar sayesinde rasyonel düşüncenin değerini anladı ve sonuç olarak köktendinci Müslüman din adamlarının hışmına uğrayan ilk İslam filozofu olarak tarihteki yerini aldı.

Latince Johannitius olarak bilinen Huneyn bin İshak (808-873) Irak'ın güneyindeki Hire kasabasında Nasturi bir eczacının çocuğu olarak dünyaya geldi. Halife Memun ve haleflerinin şahsi doktorluğunu yapan Nasturi hekim Yuhannâ bin Mâseveyh'den eğitim almak üzere Bağdat'a gitti. Daha sonra tamamen Bağdat'a yerleşerek, aralarında oğlu İshak bin Huneyn ve yeğeni Hubeyş'in de bulunduğu öğrencileriyle birlikte Yunancadan Süryanice ve Arapçaya tercümeler yaptı. Hipokrat ve

Galenos'un tıp eserlerini, Öklid'in *Elementler*'ini ve Dioskorides'in İslam dünyası eczacılığının temelini oluşturan eseri *De Materia medica*'yı tercüme ettiler. Aristoteles'in *Fizik* kitabının İshak bin Huneyn tarafından yapılmış ve günümüze dek ulaşabilmiş tercümesi, eserin Arapçaya yapılan son ve en iyi tercümesidir. Ayrıca İshak, Batlamyus'un *El-Mecisti* eserini tercüme ederken babası Huneyn de *Tetrabiblos*'u [Dört Kitap] gözden geçiriyordu. Huneyn, Galenos'un eserlerinin daha önce Yuhannâ bin Bıtrık (ö. 820) tarafından yapılmış tercümelerini de yeniden düzenledi. Platon'un *Devlet*, *Timaeus* ve *Kanunlar*'ının özetinden oluşan bu çalışmalar, Platon'un diyaloglarının Arapçaya yapılan ilk tercümeleriydi.

Olağanüstü bir hekim olan Huneyn, tıp üzerine iki kitap yazdı. Her ikisinin Arapçası da günümüze ulaşabilmiş bu eserlerden biri tıp tarihi, diğeriye Galenos ve diğer Yunan yazarların eserlerine dayanarak yazılmış *Besinlerin Özellikleri Üzerine* adlı bir araştırmaydı. Ayrıca felsefe, astronomi, matematik, optik, oftalmoloji [göz hastalıkları bilimi], meteoroloji, simya ve büyü üzerine de eserler yazan Huneyn, İslam bilim dünyasının ilk teknik lügatini oluşturan bilgin olarak da bilinir.

Sabit bin Kurra (836 civarı-901), Mezopotamya'daki Harran kentinde doğdu. Harran Güneş, Ay ve beş gezegene tapmayı esas alan eski Sebe dininin merkeziydi. Helenistik dönemin edebi kültürünün korunduğu Harran'da, Sabit bin Kurra gibi eğitilmiş Sebeliler, Yunancanın yanı sıra Süryanice ve Arapçayı da akıcı bir şekilde konuşturlardı.

Sabit hem Süryaniceden hem de Yunancadan Arapçaya tercümeler yaptı. Tercüme ettiği eserler arasında Öklid'in *Elementler* ve Batlamyus'un *El-Mecisti*'sinin genişletilmiş versiyonları da yer alıyordu. Sabit'in halleri, Arşimet ve Pergeli Apollonius'un eserlerinin yanı sıra başka pek çok eseri de Arapçaya tercüme ettiler. Sabit ayrıca fizik, astronomi, astroloji, dinamik, mekanik, optik ve matematik üzerine de eserler yazdı. Aristoteles'in *Fizik*'i üzerine bir yorum yazmanın yanı sıra İslam astrolojisinin ideolojik temellerini atan *Yıldızların Yapısı ve Etkisi* adlı orijinal bir eser de yazdı. Sabit'in bir diğer kapsamlı çalışması da güneş saatinin yapımı ve işleyişi üzerinedir.

Tercüme hareketinin bir başka önde gelen şahsiyeti, 913'te ölünceye dek Bağdat'ta yaşamış, Yunanca bilen Lübnanlı hekim, bilim insanı ve mütercim Kusta bin Luka'dır. Kusta bin Luka, Aristarkus, He-

ron ve Diophantus'un eserlerini tercüme etmiş, Öklid'in *Elementler* ve Diophantus'un *De Materia medica'sı* üzerine yorumlar yazmıştır. Ayrıca tıp, astronomi, ölçümbilim ve optik üzerine araştırmalar da yürütmüştür. Yazdığı tıp eserleri arasında cinsel hijyen hakkında bir araştırmayla hacıların sağlığı üzerine bir kitap da bulunur.

Astronomi, İslam dünyasındaki bilimler arasında her zaman önemli bir konumdaydı ve Arap astronomlar, kendi alanlarının yararlılığı ve kutsallığını överken ağdalı konuşmalar yaparlardı. Muhammed bin Cabir el-Battani (858-929), *Zic el-Şabi* [Yıldız Bilimi Üzerine] eserine Kur'an'da astronomi bilimini öven bir ayetten alıntı yaparak başlar. "Güneş'i bir ışık, Ay'ı bir nur yapan, yılların sayısını ve (vakitlerin) hesabını bilmeniz için Ay'ı belli menzillere göre düzenleyen O'dur."

Latincece Albategnius olarak bilinen El-Battani, Harranlı Sebelilerden olup Suriye'nin Rakka kentinde özel bir gözlemevi kurdu. Latinceye *De scientia stellarum* olarak tercüme edilen *Zic el-Şabi*, 18. yüzyıla kadar Avrupa'da kullanıldı. El-Battani, *Zic el-Şabi*'nin önsözünde tıpkı Batlamyus'un Hipparkhos ve takipçilerinin modelini geliştirmesi gibi, kendisinin de astronomi üzerine yazılmış eski eserlerde tespit ettiği hatalar sayesinde Batlamyus modelini yeni teoriler ve gözlemler kullanarak geliştirdiğini yazar. Batlamyus, gerçekte 72 yılda 1° olan presesyon oranını 100 yılda 1° olarak hesaplarken, El-Battani bu oranı 66 yılda 1° olarak hesaplamıştır. El-Battani'nin eserleri Latinceye tercüme edildi ve 17. yüzyıla gelene dek astronomlar tarafından kullanıldı.

Batı'da, özellikle de Kepler örneğinde görüldüğü üzere, birçok Arap astronom aynı zamanda astrolojiyle de ilgileniyordu. Astrolojiye karşı çıkan ilk Arap filozofu Batı'da Alfarabius olarak bilinen ve Öklid'in *Elementler*'iyle Batlamyus'un *El-Mecisti* eserleri üzerine yorum yazan ve Farabi adıyla bilinen Ebu Nasr Muhammed bin Muhammed bin Tahran bin Uzlug'dur (870 civarı-950).

13. yüzyılın ünlü Fars şairi Sadi-i Şirazi de astrolojiye karşı çıkanlar arasındaydı. Kıssalarından biri, bir astroloğun aniden evine gitmesi ve evde karısını bir yabancıyla yatakta yakalamasını anlatır. Astrolog, gördüğü manzara karşısında öfkelenirken, yabancı onunla şöyle alay eder: "Senin evine kimin gelip gittiğini bilemiyorsan, gökkubbe hakkında ne bilebilirsin ki?"

İslam tıbbının ilk büyük yazarı, Latince Rhazes olarak bilinen İran'ın Rey kentinde doğmuş El-Razi'dir (865-930 civarı). El-Razi hem Doğu'da hem de Arapların Galenos'u olarak tanındığı Batı'da ünlü bir hekim olarak biliniyordu. Rey'de eğitim ve araştırmalarını sürdüren El-Razi, hastanenin başhekimliğine atandı. Sonrasında Bağdat hastanesinin başına getirildi ve burada uzaklardan gelen öğrencilerine tıp dersleri verdi. El-Razi'nin 232 eser yazmış olduğu söylene de, felsefi olanlar da dahil çalışmalarının büyük çoğunluğu kaybolmuştur. Günümüze kadar ulaşan en önemli tıp eseri, Latinceye *Continens* olarak tercüme edilmiş *El-Havi*'dir. Eser, aynı zamanda tıp alanında yazılmış en uzun Arapça çalışmadır. Çiçek hastalığı ve kızamık üzerine yazdığı eser (Latince *De peste* olarak bilinir) İngilizceye ve diğer batı dillerine tercüme edildi ve 15. yüzyıla 19. yüzyıl arasında kırk baskı yaptı.

İbn Sina (980-1037) günümüzde Özbekistan sınırları içinde bulunan Buhara kenti yakınlarında doğdu ve orada eğitim gördükten sonra İran'ın Rey şehrine, ardından da Hamedan şehrine yerleşti ve burada öldü. 270 eser yazdığı bilinmektedir; en bilinen eserleri *Tıp Kanunu* ve *Şifa Kitabı*'dır. Bu eserler aynı zamanda mantık, etik, matematik, fizik, optik, kimya, biyoloji, botanik, jeoloji, madenbilim, meteoroloji ve sis-moloji üzerine bölümler de içermektedir. İbn Sina bilimlerin sınıflandırması üzerine de çalışmalar yapmış ve felsefeyi "bilimlerin kraliçesi" olarak adlandırmıştır. El-Razi'nin eserleri gibi İbn Sina'nın eserleri de Latinceye tercüme edildi ve 17. yüzyıla kadar Avrupa'nın tıp okullarında temel ders kitapları olarak kullanıldı. *Tıp Kanunu*, kanser tedavisi, çevre etkisi, spor yapmanın faydaları ve psikoterapinin gerekliliği gibi kendi zamanının çok ilerisindeki konuları ele alır. Ayrıca bu eser, karşılıksız sevgiden kaynaklı baş ağrısı örneğinde olduğu gibi duygusal ve fiziksel durumların birbiriyle bağlantılı olduğunu savunur.

İbn Sina, John Philoponus'un impetus teorisini yeniden canlandıran ilk Müslüman bilim insanıydı. İbn Sina bu kuramdan yararlanarak, fırlatılan bir cismin fırlatıldıktan sonra neden ilerlemeye devam ettiğini açıklamaya çalışmış ve "tıpkı ateşin suya ısı vermesi gibi", hareketin kaynağı tarafından fırlatılan cisme aktarılan bu itme kuvvetini "kasri meyil" (güdülenmiş kuvvet) olarak tanımlamıştır.

İbn Sina hem İslam dünyasında hem de Hekimlerin Prensi Avicen-

na olarak tanındığı Latin Avrupa'da bilimin gelişiminde büyük bir etkiye sahip oldu. Platon ve Aristoteles'in kavramlarını yan yana getiren fikirleri, yeni Avrupa biliminin Greko-Arap kaynaklar sayesinde yaratıldığı dönemde, yani 13. yüzyılda hakim olan Batı düşünce tarzı üzerinde büyük bir etkiye sahip oldu.

İslam bilim dünyasında eski Yunanların çalışmalarının ilerisine geçen orijinal bir çalışma olup olmadığı sorulduğunda, ben özellikle Batı'da Alhazen olarak bilinen İbn Heysem'den (965-1041 civarları) bahsedirim. İbn Heysem Irak'ın Basra kentinde doğdu; burada matematik ve bilim üzerine çalışmalar yaptıktan sonra Fatımi halifesi El-Hakim döneminde Mısır'a gitti. Burada El-Ezher Camisi yakınlarında ikamet etti ve bir yandan eğitim verirken, diğer yandan da Öklid'in *Elementler*'iyle Batlamyus'un *El-Mecisti*'sinin nüshalarını yazdı. Her iki eser de yaptığı araştırmalarda kendisine yardımcı oldu.

İbn Heysem'in başyapıtı *Kitab-ül-Menazır* [Optik Kitabı] başlığını taşır. Eser, İslam dünyası biliminin ürettiği en önemli ve en etkili eser olarak değerlendirilmekle kalmayıp, antik Yunanların ışık biliminde yarattığı gelişmelerin de ötesine geçer. *Kitab-ül-Menazır*, 12. yüzyılda veya 13. yüzyılın başlarında *Perspectiva* başlığıyla Latinceye tercüme edildi. *Perspectiva*, 17. yüzyıla kadar Avrupa'daki araştırma ve yorumların konusu oldu ve Latin Avrupa'da optikle ilgili araştırmaları teşvik etti.

Kitab-ül-Menazır'ın yedinci ve sonuncu bölümü mercek bilimine ayrılmıştır. Mercek bilimi Batlamyus'un da üzerine araştırmalar yaptığı ışık kırılmasını ele alır. İbn Heysem, Batlamyus'un ışık kırılmasını ölçmek için kullandığı aletin ayrıntılı bir tanımını verir. Batlamyus bu aleti hava-su, hava-cam ve su-cam karışımlarının olduğu düz ve küresel yüzeylerde ışığın kırılımını ölçmek için kullanıyordu. İbn Heysem'in kuramıysa yeni bir yöntem öneriyordu: birine paralel, diğerine dikey olmak üzere, iki ayrı cisme ışık geldiğinde birinci cisimdeki ışığın hızı kırılmada değişirken ikincisinde sabit kalır. Paralelkenar Yöntemi olarak adlandırılan bu yaklaşım 13. yüzyıldan bu yana çok sayıda Avrupalı fizikçi tarafından hem ışık hem de hareket alanında kullanılmıştır. İbn Heysem'in eserlerinden biri de fotoğrafçılığın ortaya çıkışına yol açan ve fotoğraf makinesinin atası olarak görülen kamera obskurayı açıklar.

Aurillaclı Gerbert, Müslüman astronomların Yunanlardan miras aldığı -muhtemelen Hipparkhos tarafından icat edilmiş- usturlap, temel astronomi cihazları ve hesap makineleri gibi bütün önemli aletler üzerine eser yazmış ilk Batılı bilgin olarak bilinir.

Gerbert'in izinden giden ilk Avrupalı, hem usturlap üzerine hem de İslam dünyası tarafından yaygın şekilde kullanılan iki astronomi aleti, yani güneş saati ve kadran üzerine eser yazan Alman rahip Hermann Von Reichenau'dur (1013-1054). Güneş saati, bir enlemdeki zamanı belirlemek üzere tasarlanmış taşınabilir bir alettir. Kadran ise bir yandan Güneş'in yüksekliğini ölçerken bir yandan da enlemi ve zamanı bildirir. Bu aletler, *De mensura astrolabii* [Usturlabın Ölçümleri] ve *De utilitatibus astrolabii* [Usturlabın Yararları] adlı eserlerde açıklanır. Bu eserlerin Hermann'a ait olduğu kabul edilse de, ikinci eserin ilk bölümü Aurillaclı Gerbert'e ait olabilir. İslam kaynaklarından alındıktan sonra her üç alet de Latin Avrupa'da yaygın şekilde kullanıldı.

Usturlap kullandığı bilinen ilk Batı Avrupalı, 1091 yılında İngiltere'ye yerleşmiş Alman papaz Malvernli Walcher'dir. Walcher İtalya'da seyahat ederken 30 Ekim 1091 günü gerçekleşen ay tutulmasını gözlemlemişti ve İngiltere'ye döndükten sonra Malvern'de bir papaz arkadaşı tarafından kaydedilen tutulma zamanının kendi gözleminden oldukça farklı olduğunu gördü. Ertesi yıl Malvern'de 18 Ekim tutulmasını izlerken, Ay'ın gökkubbedeki konumunu doğru belirlemek için kendi usturlabını kullandı. Bu usturlapta yıldızların Arapça isimleri kullanılıyordu. İlk gözlemlerinden yararlanarak 1036'dan 1111'e kadar yeniayların zamanını bildiren bir dizi cetvel hazırlayan Walcher, bunların astrolojide kullanılmasının son derece önemli olduğunu düşünüyordu. Bu cetvellerdeki gök koordinatları Romalıların elverişsiz yöntemlerine dayanıyordu, fakat Walcher 1120'de yazdığı eserinde, Arap astronomların Yunanlardan miras aldığı açisal derece, dakika ve saniyelerden oluşan bir sistem kullandı. Walcher'in bu sistemi, İspanyol Yahudi Petrus Alfonsi tarafından yayımlanmış bir eserden aldığı tahmin edilmektedir.

Greko-İslam biliminin Arapçadan Latinceye tercüme yapan önemli mütercimlerinden ilki Afrikalı Konstantin'dir (1065-1085 arası etkin olduğu bilinmektedir). Konstantin, Kuzey Afrika'nın Kartaca bölgesinden Müslüman bir tüccardı. İtalya'nın güneyinde yer alan Salerno'daki Lom-

bard sarayını ziyaretinde, tıp üzerine yazılmış Latince bir eserin bulunmadığını öğrendi. Kuzey Afrika'ya geri dönen Konstantin, üç yıl tıp üzerine eğitim alıp, araştırmalar yaptı ve muhtemelen 1065'te, Arapça yazılmış birçok tıp eserini de yanına alarak Salerno'ya tekrar geldi. Birkaç yıl sonra da Hristiyan oldu ve Monte Cassino'daki Benedikten manastırında keşişlik yapmaya başladı. Burada ünlü başkeşiş Desiderius'un - daha sonra Papa III. Victor olarak papalığa seçilecekti- hamiliğinde günlerini Arapça tıp metinlerinden Latinceye tercümeler veya derlemeler yaparak geçirdi. Konstantin'in, Hipokrat ve Galenos'un eserlerinin yanı sıra Arap yazar Ali bin Abbas'ın (925 civarı-994) *Kitab el-Maliki* [Kraliyet Kitabı] eserini *Pentegne* ismiyle Latinceye çevirdiği bilinmektedir. *Pentegne* tercümesi, *theorica* [Teori] ve *practica* [Pratik] başlıklı iki bölümden oluşur.

Konstantin'in tercümeleri, 11. yüzyılın ortalarında kurulan Avrupa'nın ilk tıp okulu olan Salerno tıp okulunda okutuldu. Bu eserler, *Ars medicine* [Tıp İlmî] veya *Articella* adıyla müfredata kondu ve 16. yüzyılın sonuna kadar Avrupa tıp eğitiminin büyük bölümü için temel teşkil etti. Konstantin tıbbın doğa felsefesinin bir dalı olarak okutulması gerektiğini sıklıkla vurguluyordu ve *Pentegne*'nin *theorica* bölümü, böyle bütünlüklü bir eğitim için bir temel sunuyordu.

1096'da başlayan I. Haçlı Seferi sırasında Urfa, Antakya ve Kudüs'te Haçlı devletleri kurulmasıyla birlikte, İslam kültürünün kapısı Batı Avrupa'ya açıldı. Kültürler arası temasın ilk örneklerin biri, Antakyalı Stefan'ın 12. yüzyılın ilk yarısında yayımladığı bir tercümedir. Ferraralı Matthew'ya göre aslında Pisalı Stefan, daha sonra Roma Katolik Başpapası olan amcasının yanına, Antakya'ya yerleşmişti.

Stefan Antakya'da Arapça öğrendi ve Ali bin Abbas'ın *Kitab el-Maliki* eserini *Regalis dispositio* başlığıyla Latinceye tercüme etti. Eserin tercümesi 1127'de tamamlandı. Stefan, Afrikalı Konstantin'in tercümesinin eksik ve tahrif edilmiş olduğunu, bu yüzden eseri yeniden tercüme ettiğini söyler; ayrıca eserin ikinci bölümüne bir önsöz de ekler. Bu önsözde, sözcüklerin Arapça, Latince ve Yunancasını üç sütun halinde verir, böylelikle okurlarının Diskorides'e ait *De Materia medica*'da geçen Arapça terimleri anlamasına yardımcı olur. Eserinde, Latince terimleri anlamakta güçlük çekenlerin, "Sicilya ve Salerno'da hem Yunanca hem de Arap-

ça bilen ve konu üzerine çalışan öğrenciler bulunduğu için”, buralardaki uzmanlara başvurmalarını tavsiye eder.

Arap biliminin Avrupa’ya aktarımının başlangıç döneminde rol oynayan başlıca şahsiyet Bathlı Adelard’dır (1116-1142 arası etkin olduğu bilinmektedir). Adelard, yeğenine hitaben yazdığı *Questiones naturales*’in [Doğaya İlişkin Sorular] girişinde, “yurtdışında uzun süre devam eden eğitim hayatından ve araştırmalarından” bahseder. Önce Fransa’nın Tours şehrinde eğitim gördüğünü, sonrasında da Laon’da ders verdiğini anlatır. Ardından Salerno, Sicilya, Tarsus, Antakya ve muhtemelen İspanya’ya giderek yaklaşık yedi yılını yurtdışında geçirir.

Harezmi’nin astronomi cetvellerini Endülüslü astronom Mesleme el-Mecriti’nin (ö.1071) gözden geçirilmiş nüshasından tercüme eden Adelard, Arapçayı muhtemelen İspanya’da öğrenmişti. Gök ile ilgili bilgiler içeren 37 giriş bölümünden ve 116 listeden oluşan bu cetveller, trigonometrik sinüs fonksiyonunun Latincedeki ilk cetvelleri de dahil olmak üzere Greko-Arap-Hint astronomisi ve matematiğinin ilk bilgilerini Hristiyan Avrupa’ya taşımıştır.

Muhtemelen, Harezmi’nin çağdaş Batı dünyasında kullanılan rakamların temelini oluşturan Hint-Arap sayılarını anlattığı bir diğer eseri *De numero Indorum*’un [Hindu Hesaplama Sanatı Üzerine] ilk Latince tercümesini de Adelard yapmıştır. Çok büyük önem taşıyan 0 (sıfır) da dahil olmak üzere, bu rakamlar muhtemelen İskenderiye’deki Yunan kaynaklarından Hindistan’a geçip, ardından Arap dünyasında biraz daha geliştikten sonra geç ortaçağ Avrupa’sına ulaşarak günümüzdeki biçimini almıştır. Söz konusu rakamlar, kullanışsız Roma rakamlarının yerini almış ve Batı Avrupa’da matematik biliminin gelişiminde teşvik edici bir rol oynamıştır.

Adelard, muhtemelen Öklid’in *Elementler*’inin tam tercümesini yapan ilk kişiydi. Üç ayrı versiyon halinde yaptığı tercümelerin ikincisi oldukça yaygın hale geldi ve Öklid’in ortaçağ Avrupa matematiğine hakim olacağı dönemin başlamasını sağladı. *Elementler*’in İngilizce ilk eksiksiz baskısı Robert Recorde’nin *The Pathway to Knowledge* [Bilgiye Giden Yol] adlı tercümesiyle 1551’de yayımlandı. Recorde, kitabını okuyacak “eğitimsiz” insanların matematik becerilerinin Öklid’in aksiyomlarını anlamaya yetmeyeceğini fark ederek şöyle der: “Çünkü İngilizcede bugüne

kadar bundan daha tuhaf bir konu üzerine yazılmış bir metin yoktur.” İlk düzgün tercüme, daha sonra Londra Belediye Başkanlığı yapacak Sir Henry Billingsley tarafından yapılan ve 1570’te yayımlanan tercümeydi. Tercümeyle John Dee’nin “Fruitfull Praeface” [Yararlı Bir Önsöz] başlığıyla bir önsöz de eklenmişti. John Dee “hem günümüzdeki hem de geçmişteki ünlü ve önemli matematikçilerin eserlerinden toplanmış çeşitli eklemeleri, yorumları, kısaltmaları ve keşifleri” içeren bir kitabın da yazarıdır.

Adelard, *Questiones naturalis*’i, “incelediği Arapça eserlerden elde ettiği yeni bulguları” açıklamak için yazdığını söyler. 76 kitaptan oluşan *Questiones*, 1-6, bitkiler; 7-14, kuşlar; 5-16, genel olarak insanlar; 17-32, psikoloji; 33-47, insan vücudu; 48-76 da meteoroloji ve astronomi üzerine olacak şekilde bölümlenmiştir. Olguları doğaüstü değil doğal sebepler üzerinden açıklamaya çalışır ki daha sonraki Avrupalı yazarlar da bu yolu izleyecektir.

Eserde yer alan hayli ilginç bir bölümde, yeğeni Adelard’a “evrendeki bütün eylemlerin Tanrı’dan kaynaklandığını kabul etmek daha doğru değil mi?” diye sorar. Adelard şöyle yanıt verir: “Ben Tanrı’ya gölge düşürmüyorum. Her şey O’ndan gelir ve her şeyin sebebi O’dur. Fakat [doğa] karmakarışık ve sistemsiz değildir ve insanların bilgisi geliştikçe doğaya kulak verilmelidir. Sadece doğal sebeplerle açıklanamayan konular Tanrı’ya atfedilmelidir.”

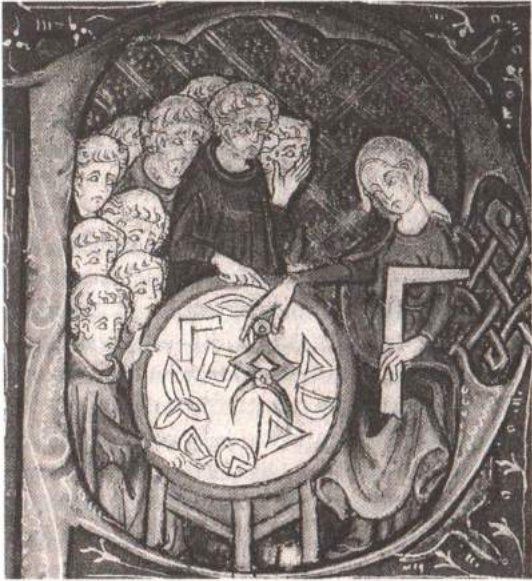
Yayımlandıktan sonra ortaçağ boyunca rağbet gören *Questiones naturalis*’in 1500’den önce üç ayrı versiyonu, bir de İbranice tercümesi bulunuyordu. Adelard ayrıca trigonometriden astrolojiye, Platon felsefesinden doğanla avlanmaya kadar pek çok konu üzerine eserler yazdı. En son eseri usturlap hakkındaydı ve bu kez Arapların astronomiyle ilgili görüşlerini açıklıyordu. Adelard bu eserde, usturlabın çalışma prensibini ve gökle ilgili ölçümlerde nasıl kullanılabileceğini anlatıyor, bunu yaparken de çok sayıda Arapça terim kullanıyor ve kendine ait diğer eserlerinden, özellikle de Öklid’in *Elementler*’inin ve Harezmi’nin cetvellerinin tercümelerinden alıntılar yapıyordu.

Reconquista’nın ilk büyük zaferiyle, yani Kastilya ve León kralı VI. Alfonso’nun 1085’te Endülüs’ü yeniden fethedip Toledo’yu Mağriplilerden almasıyla birlikte şehir Arapçadan yapılan tercümelerin merkezi oldu.

İber Yarımadası'ndaki Müslüman fetihleri Mağrip'in Müslüman Arap lideri Musa bin Nusayr, Cebelitarık Boğazı'na Tarık bin Ziyad komutasında bir ordu göndererek 711'in ilkbahar aylarında İber Yarımadası'na geçince başlamıştı. O zamanlar İber Yarımadası Kral Rodrigo yönetimindeki Vizigotların elindeydi. Rodrigo, Tarık bin Ziyad tarafından yenilgiye uğratılıp öldürüldükten sonra Córdoba da, Vizigotlar'ın başkenti Toledo da fethedilmiş oldu.

Musa da daha büyük bir orduyla Boğaz'ı geçerek Sevilla'yı ve başka şehirlerle kaleleri fethettikten sonra Toledo'da Tarık bin Ziyad'la buluştu. Emevi halifesi tarafından Şam'a geri çağırılan Musa'nın yerine oğlu Abdülaziz geçti. Abdülaziz, valiliğinin ilk üç yılında (712-715) hükümranlıktan daha da genişleterek Arap Endülüsü olarak adlandırılacak İber Yarımadası'nın büyük çoğunluğunu ele geçirdi.

İlk Abbasi Halifesi Ebu-l Abbas Seffah (749-754 arası hüküm sür-



Öğrencilerine geometri dersi veren bir kadın temsili; Öklid'in Elementler'inin Adelard tarafından yapılmış Arapça tercümesinden.

müştür) Emevi ailesinin tamamını kılıçtan geçirerek iktidarını pekiştirmek istedi. Fakat genç prenslerden Abdurrahman, Mağrip'e kaçmayı başardı; daha sonra İspanya'ya geçerek 756'da Córdoba'da Endülüs Emevi Devleti'nin kuruluşunu ilan etti ve *Emir* unvanını aldı. Bu tarih, 1031'e kadar Endülüs'ü yönetecek Emevi hanedanının İspanya'daki başlangıcıydı. I. Abdurrahman (756-788 arası hüküm sürdü) Córdoba'yı başkent olarak belirledi ve 784-786 arasında Kurtuba Camisi'ni inşa ettirdi. Cami daha sonra halefleri tarafından restore edilip genişletilecekti. II. Abdurrahman (822-852 arası hüküm sürmüştür) kitap satın alması için Doğu'ya bir görevli göndererek Endülüs'te bilimin gelişimini başlattı. Mağripli vakanüvisler, bu kitaplar arasında astronomi cetvellerinin yanı sıra astronomi, felsefe, tıp ve müzik hakkında da eserler bulunduğunu söyler.

Endülüs'teki Emevi hanedanı, III. Abdurrahman (912-961 arası hüküm sürmüştür) döneminde en parlak zamanına ulaştı. III. Abdurrahman'ın 929'da halifelik unvanını alması, Endülüs'ün doğudaki Abbasi halifeliğinden ayrıldığını ifade ediyordu. Bu aynı zamanda, Arap vakanüvislerin "Endülüs'ün Gelini" olarak adlandırdığı Müslüman Córdoba'nın altın çağının da başlangıcıydı. Altın Çağ, Abdurrahman'ın oğlu ve halefi II. Hakem (961-976 arası hüküm sürmüştür) ve vezir Mansur tarafından idare edilen torunu II. Hişam (976-1009 arası hüküm sürmüştür) zamanında da devam etti.

II. Hakem, Bağdat ve Kahire'deki kütüphanelere rakip olarak Córdoba'da İslam dünyasının en büyük kütüphanesini inşa ettirdi. Başkentte kurduğu yirmi yedi bağımsız okulla birlikte bu kütüphane Córdoba'ya ilim açısından Avrupa'ya yayılacak büyük bir itibar kazandırdı ve Hristiyanlarla Müslümanların yanı sıra İslam hakimiyeti altındaki Seferad Yahudisi öğrencilerle âlimlerin de yoğun ilgisini çekti.

Arap felsefesi, Córdoba'nın seçkin ve hukukçu bir ailesinden gelen İbn Rüşt'le (Latince Averroës) (1126-1198) zirveye ulaştı.

İbn Rüşt ilahiyat, hukuk, tıp ve felsefe üzerine çalışmalar yaptı. Felsefe incelemeleri içerisinde Aristoteles'in eserleri, özellikle de fizik ve doğa bilimleri üzerine yazılmış eserler önemli yer tuttu.

İbn Rüşt'ün felsefi eserleri iki grupta değerlendirilebilir: Aristoteles üzerine yazdığı yorumlar ve kendi felsefi eserleri. İbn Rüşt'e göre

Aristoteles'in felsefesi söylenebilecek son sözdü; insan zihninin gerçeği algılayabileceği son noktaydı. 13. yüzyılın başlarına gelindiğinde İbn Rüşd, Aristoteles'in en önemli şarihi (yorumcusu) olarak görülüyordu ve eserleri İbraniceye çevrilmişti. Yüzyılın sonuna gelindiğindeyse, Aristoteles üzerine yazdığı yorumların neredeyse yarısı Arapçadan Latinceye tercüme edilmişti ve dolayısıyla Batı'da da artık Şarih olarak tanınıyordu.

İbn Rüşd'ün yaradılış kavramını yorumlayışında sadece insan değil Tanrı bile özgür iradede yoksundur. Ona göre dünya, birtakım zaruri ve hiyerarşik nedenler bütünü tarafından yaratılmıştı; bu nedenlerden en önemlisi Tanrı'ydı, daha alt seviyelerdeyse gökküreleri hareket ettiren çeşitli Akıllar yer alıyordu. İbn Rüşd, Aristoteles'in Dünya merkezli kürelerden oluşan gezegen modelini kabul edip Batlamyus'un dışmerkez ve dış çember teorisini reddetti. Aristoteles'in *Metafizik*'i üzerine yazdığı yorumunda astronomiyle ilgili araştırmalarından da bahseden İbn Rüşd, Batlamyus'un genel kabul gören teorisinin gerçekte hiçbir temeli olmayan matematiksel bir kurgu olduğunu belirtir.

İbn Rüşd ayrıca gözdeki en hassas ögenin göz merceği değil retina olduğunu da keşfetti. Bu görüş, anatomist Felix Platter (1536-1614) tarafından yeniden gündeme getirilinceye dek, uzun bir süreliğine unutulmaktı.

Mansur'un 1002'de ölmesinin ardından birkaç kişi halifelik iddiasında bulundu ama nihayetinde 1031'de halifelik tamamen ortadan kalktı. Bunu takip eden altmış yıllık dönem içerisinde Endülüs küçük devletlerden oluşan bir mozaığe dönüştü. Bu durum da Kuzey İspanya'daki Hristiyan krallıkların güneye doğru genişlemesine olanak sağladı. Müslüman İspanya'nın son kalıntısı da Nasr hanedanı yönetimindeki Granada Krallığıydı. 1492'de Katolik Kral Aragonlu II. Fernando'yla eşi Kastilyalı İsabella, Granada'yı ele geçirerek kalan Mağriplileri ve Yahudileri sürünce bu son kalıntı da ortadan kalkmış oldu.

Domingo Gundisalvo (1110-1190 civarları) adlı mütercimnin ithaflarından anlaşıldığı kadarıyla, İspanya'daki tercüme hareketine Toledo başpiskoposu Raymond (1125-1151 arası görev yapmıştır) ön ayak olmuştur.

Segovia başpiskoposu Gundisalvo, Arap felsefesinden bazı tercü-

meler ve uyarlamalar yapmıştır ve aralarında El-Kindî, İbn Rüşd ve İbn Sina'nın eserlerinin yanı sıra Yahudi hekim İshak bin Süleyman el-İsrâîlî'nin bir eseri de bulunur. Gundisalvo'nun kendisine atfedilen tercümeleri Arapçaya hakim başka insanlarla birlikte yapmış olması mümkündür, fakat birlikte çalıştığı mütercimnin ismi yalnızca İbn Sina'nın *De anima*'sının tercümesinde verilmiştir.

Gundisalvo ayrıca tercüme ettiği kitaplara ve Latin kaynaklara dayanarak beş felsefi eser yazmıştır. Aristoteles'le Arap filozofların sistemlerini harmanlayarak yazdığı, bilimlerin tasnifini konu alan eseri *De divisione philosophiae* [Felsefenin Dalları], geleneksel üç yüksek ilim-dört yüksek ilim sınıflandırmasının üzerine çıkmış, sonrasında da Batı Avrupa'nın sınıflandırma yaklaşımını etkilemiştir.

Dillerinde hem Arapça ve Latince hem de İbranice öğeler olan Sefarad Yahudileri tercüme hareketinde önemli bir rol oynadı. Yaptıkları tercümelerin yanı sıra bazıları orijinal eserler de yazdılar. Bunlardan en önemlisi Latince Savasorda olarak bilinen matematikçi, astronom ve filozof Abraham bar Hiyya Ha-Nasi'dir. Savasorda 1070'te Barselona'da doğmuş, 1136 veya 1145'te Provence'da ölmüştür.

Savasorda'nın en önemli eseri, uygulamalı aritmetik üzerine yazdığı *Hibbur ha-Meshihah ve-ha-Tishboret* [Ölçüm ve Hesaplama Üzerine Tezler] başlıklı İbranice çalışmasıdır. Eseri, 1145 yılında Tivolili Plato'yla birlikte *Liber embadorum* adıyla Latinceye tercüme etmiştir. Bu, Arap cebiri ve trigonometrisi üzerine yazılıp Latin Avrupa'da basılan ilk eserlerden biridir. Eserin bir başka özelliği ise standart ikinci dereceden denklem çözümünü Batılılara sunan ilk çalışma olmasıdır. Öklid'in, Yunancası tamamen kaybolan ve yalnızca Arapçasının bir bölümü hayatta kalan *Peri diaipseon biblion'u* [Sayıların Bölünmesi] inceleyen ilk eser de budur. Savasorda'nın *Encyclopedia'sı* [Ansiklopedi] pratik hesaplama ve ticaret aritmetiğinin bir özetinin yanı sıra sayılar teorisiyle geometrik tanımlamaları da içerir. Bu eser de "muhtemelen Batı Avrupa'da algoritma üzerine yazılmış ilk eser" olarak tanımlanır.

Greko-Arap biliminin Latinceye tercüme edilmesinde rol oynayan diğer şahsiyetler arasında açık arayla en üretkeni, etkisi yüzyıllarca süren Cremonalı Gerard'dır (1114-1187). Gerard'ın yaşamı hakkında sahip olunmuş az sayıda bilgi de ölümünden sonra yazılmış kısa bir biyografi ve

methiye sayesinde elde edilmiştir. Bu yazıya göre Gerard Toledo'ya gitmeden önce eğitimini Latin okullarında tamamlamıştır. Yani Toledo'ya muhtemelen en geç 1144'te, yani otuz yaşındayken gitmiştir. Biyografide Gerard'ı Toledo'ya çeken unsurun, Batlamyus'un henüz Latinceye tercüme edilmemiş *El-Mecisti* eserine duyduğu sevgi olduğu ve "hemen hemen her alanda çok sayıda Arapça eser olduğunu fark edip... bu kitapları tercüme etmek için Arapça öğrendiği" anlatılır.

Gerard Aristoteles, Arşimet, Batlamyus ve Galenos'un Arapçaya tercüme edilmiş eserlerinin yanı sıra Sabit bin Kurra, El-Kindî, Harezmi, El-Razi, İbn Sina ve İbn Heysem'in eserlerini de tercüme etmiştir. Bu tercümeler arasında tıp üzerine yirmi bir; geometri, matematik, optik, ağırlıklar ve dinamik üzerine on yedi; felsefe ve mantık üzerine on dört; astronomi ve astroloji üzerine on iki; simya, kehanet, falcılık (coğrafi özelliklerden geleceği öngörme) üzerine yedi eser bulunur.

Arap biliminin büyük kısmı Gerard aracılığıyla Batı'ya geçer. Gerard'ın tercümeleri Avrupa biliminin gelişimi üzerinde, özellikle de tıp alanında muazzam bir etki yarattı. Latin Avrupa'nın öğrencileri, ortaçağ İslam dünyasının daha ileri tıp araştırmalarından, özellikle de İbn Sina'nın eserlerinden yararlanmaya başladı. İbn Sina'nın *Tıp Kanunu*, özellikle de sağaltım sanatının pratik yönüyle ilgili verdiği ansiklopedik bilgiler, 20. yüzyılın başlarına kadar kendi alanının en iyi çalışmasıdır. En azından farmakoepidemioloji profesörü John Urquhart böyle iddia eder. 2006'da *British Medical Journal*'da yayımlanan makalede "1900'de tek başınıza bir adada kalmış olsaydınız ve pratik bir tıp rehberine ihtiyacınız olsaydı yanınızda hangi kitabı bulundurmak isterdiniz? Benim tercihim İbn Sina olurdu," der.

Gerard'ın astronomi, fizik ve matematik tercümeleri de Batı dünyasında çok etkili oldu. Özellikle Arşimet ve Öklid'in eserleri, Latin Avrupa'da hakim olan felsefi ve teolojik yaklaşımdan ziyade, doğa bilimlerine karşı bilimsel bir yaklaşım sergilediğinden, söz konusu eserlerin tercümeleri büyük bir etki yarattı. Gerard'ın *El-Mecisti* tercümesi özellikle önemliydi; tarihçi Charles Homer Haskins, bu eser sayesinde "Yunan astronomisinin tamamının Batı Avrupa'ya ulaştığını" bildirir.

Adelard'ın çağdaşı İngiliz bilgin Chesterly Robert, Toledo başta olmak üzere Güney Fransa ve İspanya'da yaşayan mütercimlerle işbirliği için

de çalıştı. Robert'ın tek başına yaptığı tercümeler arasında Harezmi'nin *Cebir*'i (Segovia, 1145), usturlap hakkında bir araştırma (Londra, 1147), Londra boylamları için hazırlanmış bir dizi astronomik cetvel (1149-1150) ve hem Londra'nın meridyenlerinin hem de Harezmi'nin cetvellerinin Adelard tarafından yapılmış tercümesinin yeniden düzenlenmesini içeren bir çalışma bulunur. Usturlap ve astronomik cetveller üzerine yaptığı incelemeler, o dönem İngiltere'de hem gözleme dayalı hem de kuamsal astronomi üzerine araştırmalar yapıldığını gösterir.

Robert'ın Harezmi'nin eserini yeniden düzenlediği çalışmalardan birinin taslağı günümüze ulaşmıştır; bu metin İngiltere'de bulunan Hereford'un boylamı için 1178 yılında hazırlanmış astronomik cetvelleri de içerir. Bu cetvellerin, 1170-1180 arasındaki on yıllık süreçte astronomi ve astroloji üzerine bazı eserler yazmış Herefordlu Roger tarafından hazırlandığı düşünülmektedir. Bu eserlerden biri olan *Liber de divisione astronomiae* [Astronominin Dallarına Üzerine], geleneksel olarak İslami eserlerin başlangıcında yer alan "Bismillahirrahmanirrahim" sözüyle başlar. Bu da müellifi bilinmemesine rağmen, eserin Arapçadan tercüme edildiğini gösterir. Fakat Hereford için hazırlanan astronomik cetveller ve usturlap, Roger'ın kendisinin de astronomiyle ilgilendiğini gösterir. Yani Roger, Latin Avrupa'nın bilinen ilk astronomudur.

12. yüzyılın bir başka İngiliz bilgini Sareshelli Alfred, yaptığı tercümelerden birini Heredfordlu Roger'a ithaf eder. Alfred, Aristoteles'in bazı eserlerini ve söz konusu eserler üzerine yazılan yorumları, ayrıca İbn Sina'nın *Kitabu's Şifa*'sının jeoloji ve simyayla ilgili bölümlerini Arapçadan tercüme ederek *De mineralibus* [Madenler Üzerine] başlığıyla yayımlamıştır. Alfred'in Arapçayı İspanya'da öğrendiği ve muhtemelen İbn Sina'nın eserini de burada tercüme ettiği anlaşılmaktadır. Alfred'in Yunan kaynaklarını kullandığını, özellikle doğa felsefesini ve metafiziğini İngiltere'ye taşıdığını, Aristoteles'in kuramları üzerine yazdığı eserlerinde görebiliriz.

12. yüzyılda Yunan, Latin ve Arap kültürü arasındaki en önemli bağlantı İtalya'nın güneyindeki Norman bölgesiyle Sicilya'ydı (İki Sicilya Krallığı). Sicilyalı I. Ruger 1091'de Palermo'yu fethettiğinde kent iki asırdır İslam hakimiyeti altındaydı. Ruger Müslümanları serfleştirdi, yalnızca başkent Palermo'da yaşayanları ve özellikle de en yeteneklilere

ri devlet işlerinde görevlendirdi. Dolayısıyla Norman sarayında Yunanca, Latince ve Arapça dillerinin hepsi konuşulmaya ve kraliyet fermanlarıyla kayıtlarında kullanılmaya başladı. Oğlu II. Rugerri döneminde (1130-1154 arası hüküm sürmüştür) Palermo hem Hristiyanlar hem de Müslümanlar için Córdoba ve Toledo'dan sonra üçüncü bir kültür merkezi haline geldi. Sicilya Sarayı, II. Rugerri ve ondan sonraki hükümdarlar döneminde de Yunanca ve Arapçadan Latinceye yapılan tercümelere destek vermeye devam etti.

II. Rugerri özellikle coğrafyayla ilgileniyordu, fakat Yunanca ve Arapça yazılmış mevcut coğrafya eserlerini yeterli görmüyordu. Bu yüzden de, o dönemler Cueta'da yaşayan seçkin Müslüman coğrafyacı El-İdrisi'ye bir mektup yazarak Palermo'ya davet etti. Mektubunda şöyle diyordu: "Eğer Müslümanlar arasında yaşarsan, kralları seni öldürmek için tuzak kurar; ama benim yanımda güvende olursun." El-İdrisi daveti kabul ederek Palermo'ya yerleşti ve 1154'te Rugerri'nun ölümüne dek de orada yaşadı. Rugerri öldükten sonra Cueta'ya geri döndü ve ömrünün geri kalanını orada geçirdi.

Rugerri Yunan ve Arap kaynaklardan, özellikle de Batlamyus'un *Geographike Hyphegesis* [Coğrafya] eserinden ve seyyahlarla elçilerden toplanan bilgiler ışığında, gümüşten büyük bir kabartma dünya haritası yapması için El-İdrisi'yi görevlendirdi. Harita uzun süreden beri kayıp, fakat El-İdrisi'nin günümüze kadar ulaşabilmiş coğrafi eseri *Kitab-ı Nüzhet el-Müştâkfi İhtirâk el-Âfâk*'ta [Dünyanın Aşılmış Ufuklarında Zevkli Bir Gezinti] yer alan bölgesel haritaların çiziminde muhtemelen bu harita esas alınmıştır. Eser fiziki ve tanımlayıcı coğrafyayı ele almakla kalmaz, Akdeniz ve Ortadoğu bölgelerinin siyasi, ekonomik ve toplumsal koşulları hakkında da bilgi verir. Yani tam bir ortaçağ dünyası ansiklopedisi niteliğindedir. El-İdrisi'nin eseri birkaç yüzyıl boyunca Avrupa'da ders kitabı olarak okutuldu. Eser üzerinde ilki 1592'de olmak üzere birkaç kez kısaltmalar yapıldı. Eserin Latincesi 1619'da Paris'te yayımlanırken, Fransızcaya *Géographie d'Edrisi* başlığıyla 1830-1840 arasında iki cilt olarak tercüme edildi.

Hohenstauffen hanedanına mensup, Kutsal Roma imparatoru ve İki Sicilya Kralı II. Friedrich (1211-1250 arası hüküm sürmüştür), İmparator Friedrich Barbarossa ve Norman Kralı II. Rugerri'nun torunudur.

Yaşadığı dönemde *stupor mundi*, yani “dünyanın şaheseri” olarak bilinen II. Friedrich, yedi yaşından on iki yaşına kadar Palermo’da Arapça ve Sicilyaca konuşarak büyüdü, bu süre içinde Latince ve Yunancayı da öğrendi. 1211 yılında imparator olduğunda on dört yaşındaydı; “Vaftizli Sultanlar” lakabıyla bilinen Norman selefleri gibi o da doğu hükümdarları tarzında harem kurdu.

Friedrich bilim ve matematikle son derece ilgiliydi ve görkemli sarayına birçok bilgin davet etti. Bunlardan en önemlileri, “filozoflarım” olarak adlandırdığı Palermolu John, Antakyalı Theodorus ve Michael Scot’tu. Friedrich bu filozofların bilimsel çalışmalarını ve tercümelerini gerçekleştirebilmeleri için gereken mali desteği sağladı. Tercüme-ler arasında Aristoteles’in fizik ve mantık üzerine yazdığı eserler de bulunuyordu; bu tercümelerden bazıları Kral tarafından 1232’de Bologna Üniversitesi’ne hediye edildi. Friedrich hediyenin yanında gönderdiği mektupta, çocukluğundan beri öğrenmeye ne kadar düşkün olduğunu, “düzenli bir şekilde tasnif edilmiş, dolaplar dolusu” kitabın bulunduğu kütüphanesinde devlet işlerinden sıyrılıp kitap okumaya hâlâ nasıl zaman ayırdığını anlattı.

Friedrich’in bilgeliği, doğanla avlanma üzerine yazdığı *De arte venandi cum avibus* [Kuşlarla Avlanma Sanatı] eserinde açıkça görülmektedir. Bu eser ornitoloji [kuşbilim] üzerine bilimsel bir araştırma niteliği taşımanın yanı sıra doğanla avlanmayı bir spordan çok sanat olarak ele alan, ayrıntılı biçimde resimlenmiş bir rehberdir de. Friedrich bu eserini, Aristoteles’in 12. yüzyıl başlarında Michael Scot tarafından tercüme edilen *Historia animalium* kitabına borçlu olduğunu bildirir. Fakat söz konusu esere bazı açılardan eleştirel yaklaşır. Rehberinin önsözünde şöyle der: “Biz, uygun olduğunda, Aristoteles’i takip ediyoruz, fakat birçok durumda, özellikle de bazı kuşların doğasıyla ilgili konularda Aristoteles’in gerçeklikten saptığı görülüyor. Bu nedenle filozofların prensini her zaman takip etmiyoruz. Sonuçta o, doğanla avlanma deneyimini ya nadiren yaşamış ya da hiçbir zaman yaşamamış olabilir, fakat biz bu sanatı severek uyguluyoruz.” Galileo’nun ileri sürdüğü temel iddialardan birine göre bu rehber Avrupa’da Aristoteles’i eleştiren ilk eserdir.

Friedrich’in mektuplaştığı kişilerden biri de ünlü matematikçi Leo-

nardo Fibonacci'dir (1170 civarı-1240 sonrası). Fibonacci 1225 dolaylarında Pisa'da Friedrich'le tanıştırmış ve hemen dikkatini çekmiştir. Fibonacci daha yeni tamamlamış olduğu, sayıların karelerini ele alan *Liber quadratorum* adlı eserini Friedrich'e ithaf etti. Kitabında şöyle di-yordu: "Pisa yargıcından duyduğum kadarıyla, zaman zaman geometri ve aritmetik hakkındaki ince akıl yürütmeleri dinlemekten keyif alı-yormuşsunuz."

Fibonacci 1170'te Pisa'da doğdu. Hesaplamalar üzerine yazdığı *Liber abbaci* adlı ünlü eserinin önsözünde hayatıyla ilgili de bilgiler verir. Pisa Cumhuriyeti'nin bakanlarından olan babası, 1192 civarında Cezayir'in Bugia (günümüzdeki adı Bejaia'dır) kentindeki Pisa ticaret kolonisinin başına yönetici olarak atanır. Babası onu da Bugia'ya götürür ve hesaplama alanında eğitim görmesini sağlar. Fibonacci burada Hint-Arap sayıları olarak bilinen "yeni Hindu rakamlarını" kullanmayı öğrenir ve daha sonra *Liber abbaci* kitabıyla bunları Avrupa'ya tanıtır. Babası tarafından Provence, Sicilya, Mısır, Suriye ve İstanbul'a seyahatlere gönderilen Fibonacci, Latin, Yunan ve Arap matematikçilerle tanışma olanağına erişir. 1200 civarında Pisa'ya geri döner ve hayatının geri kalanını matematik üzerine eserler yazmakla geçirerek ortaçağın en büyük matematikçisi haline gelir.

Günümüze kadar gelen eserleri şunlardır: 1202'de yayımlanan ve 1228 yılında yeniden düzenlenen *Liber abbaci*, uygulamalı geometri üzerine yazdığı *Practica geometriae* (1220/1221), İmparator'un Pisa'yı ziyareti esnasında Palermolu John tarafından Fibonacci'ye iletilmesi istenen matematik sorularına cevaben yazıp II. Friedrich'e gönderdiği *Flos* (1225), saray "filozoflarından" Antakyalı Theodorus'a gönderdiği tarih-siz bir mektup ve *Liber quadratorum* (1225). Fibonacci, *Liber quadrato-rum* adlı eserinde meşhur tavşan problemini anlatır: "Dört yanı duvarlarla çevrili bir yere bir çift tavşan konmuştur. Her çift tavşanın bir ay içinde yeni bir çift tavşan yavruladığı, her yeni çiftin de erginleşmesi için bir ay gerektiği ve tavşanların ölmediği varsayılırsa, bir yılda bu dört duvar arasında kaç çift tavşan olur?" Onun bu probleme getirdiği çözüm, Fibonacci sayı dizisi olarak ünlünen teoremi doğurur. Bu dizideki her sayı kendinden önce gelen iki sayının toplamından oluşur:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 ...

Bu sayı dizisi, matematikçileri hâlâ büyüleyen bir matematik harikasıdır. Yunan, Roma, Hint ve Arap kaynaklardan yararlanan Fibonacci, bu eserlerin sentezini yapıp üzerine de kendi yaratıcı düşüncelerini ekleyerek Avrupa'nın yeni matematiğinin doğuşuna yol açtı.

Genellikle filozof olarak anılan Theodorus Antakya'da doğdu. Katip, büyükelçi, astrolog ve Yunancayla Arapçadan Latinceye tercümeler yapan bir mütercim olarak Friedrich'in hizmetinde çalıştı. Aynı zamanda İmparator'un tatlıcısı olarak da görev yaptı. Çalışmalarından biri, doğanla avlanma üzerine yazılmış Arapça bir eserin tercümesidir. 1250'de ölünceye dek Friedrich'in hizmetinde kaldı. Friedrich, Theodorus'un ailesine "merhum filozof Theodorus'un yaşadığı süre boyunca aldığı" miktar kadar bağışta bulundu.

Theodorus'dan önce sarayın astroloğu muhtemelen Michael Scot'tu. Scot 12. yüzyılın son yıllarında büyük ihtimalle İskoçya'da doğdu. Üniversitedeki çalışmalarıyla ilgili herhangi bir şey bilinmese de Paris'ten bahsettiği için orada öğrenim görmüş ve ders vermiş olabileceği düşünülür. Ayrıca 1220-1221 arasında Bologna'da öğrenim gördü, dersler verdi ve tıbbi araştırmalarda bulundu. Toledo'da Arapça ve biraz da İbranice öğrenmiş olmalı ki, 1217'de Hristiyanlığa geçmiş bir Yahudi olan Abuteus Levita'nın da yardımıyla El-Bitrûcî'nin *Kitabü'l Hey'e* [Astronomi Kitabı] adlı eserini Latinceye tercüme etti. 1220'ye gelindiğinde, Aristoteles'in *Fizik*, *Gökyüzü Üzerine* ve *Ruh Üzerine*'siyle birlikte, İbn Rüşd'ün yorumlarının Latince tercümelerini de tamamlamıştı. Söz konusu eserler, Latince standart kaynaklar haline geldi. 1224'te keşiş olan Scot, Papa III. Honorius tarafından İrlanda kenti Cashel'e başpiskopos olarak atandı ve İngiltere'den maaş bağlandı. Fakat Scot İrlandaca bilmediği gerekçesiyle orada başpiskoposluk yapmayı reddetti. Bunun üzerine İngiltere ve İskoçya'dan ödenecek daha yüksek bir maaş karşılığında Canterbury başpiskoposluğuna atandı.

Fibonacci 1228'de *Liber abbaci*'nin gözden geçirilmiş halini, o dönem saray astroloğu ve mütercimi olarak II. Friedrich'in hizmetinde çalışmakta olan Scot'a gönderdi. Tercümeleri bir yana, Scot'ın en önemli çalışması bilimlere giriş niteliği taşıyan kapsamlı bir kitaptı ve bu bilimlerin arasında simya da vardı. Tarihçi Lynn Thorndike'a göre Scot'ın simya hakkında ayrı bir tez yazmış olması da muhtemeldi. Thorndike, Scot'ın

bakırı altına dönüştürmede kullandığı yöntem hakkında sarf ettiği şu sözlerden alıntı yapar:

“Kanlı canlı bir adamın kanıyla kırmızı bir baykuşun kanı, fırınlanmış safran, Roma kezzabı, iyice dövülmüş reçine, doğal şap, Roma şapı, şekerli şap, Castile şapı, kırmızı tartar, markazit, kırmızı ve tuzlu Tunus altın şapını alın.” Tüm bu maddeleri havanda iyice dövün ve elekten geçirin. *Taxo* adlı hayvanın sidiğiyle veya yabancı salatalığın suyuyla terbiye edin. Ortaya çıkan malzeme-yi kurutun ve tekrar havanda dövün, ardından içinde bakır olan kaba koyun.

Scot ayrıca *Introduction to Astrology* [Astrolojiye Giriş] adlı, birçok ciltten oluşan İngilizce bir eser de yazdı. Scot bütün hekimlerin mutlaka astrolojiyi incelemesi ve bilmesi gerektiğini düşünüyordu. Bu eser gelecekte haber almak, gelecekteki olaylara yön vermek için ölümlerle haberleşmek ya da ruh çağırmak (nekromansi), büyücülük ve gece karanlığında yapılan kara büyü de dahil olmak üzere, astrolojinin ve kehanetin bütün boyutlarını inceler.

Friedrich, Scot’a bir dizi sıradışı soru yöneltti ve Scot da bu soruları *Libers particularis*’e bir ek halinde dahil etti. Friedrich’in nekromansiye duyduğu ilgi, Scot’a sorduğu sorulardan birinde açıkça görülür: “Öbür dünyaya göçmüş bir adamın ruhu nasıl olur da geçmişte bir hiçmiş gibi ya da -ister kurtulmuş ister kaybolmuş olsun- geride bıraktığı hiçbir şey umurunda değilmiş gibi, ilk aşk veya hatta nefretin uyarısıyla geri dönermez?” Scot buna karşılık gururla, “öbür dünyaya giden bir ruhun bir başka ruhtan haberdar olup olmadığına, bizim dünyamızla iletişim kurup kuramayacağına, kendini gösterip göstermeyeceğine ve cehennem acılarının ne kadar olduğuna” cevap verebileceğini söyler.

Bütün bunlar, ölümünden sonra büyücü olarak ünlenmesine neden olurken bilim insanı ve mütercim kimliğine de gölge düşürdü. Roger Bacon, Scot’ı bir yandan “madde, hareket ve takımyıldızların yörüngesi üzerine incelemeler yapan önemli bir araştırmacı” olarak nitelerken, öte yandan “bilimden anlamayan, yabancı dil, hatta Latince bile bilmeyen” mütercimler arasında onun adını da sayar ve ona atfedilen tercümelerin

çoğunun aslında Andrew adlı bir Yahudi tarafından yapıldığını söyler. Scot, Aristoteles'in yalnızca üç eserini tercüme etmişti; yine de Bacon, Aristoteles'in doğa felsefesinin Latin Avrupa'ya Scot tarafından aktarıldığını belirterek hakkını teslim eder.

Aurillaclı Gerbert'in yanı sıra Scot'ın da kara büyü ve sihirbazlık bilgisi karşılığında ruhunu şeytana sattığı söylenirdi. Dante, "Cehennem" şiirinin yirminci kantosunda, Scot'ın diğer falcılarla birlikte cehennem sekizinci dairesinin dördüncü çukurunda olacağını belirtir:

Sen de bilirsin, baştan sona okudun kitabı.
Michele Scotto, yanındaki sıskanın adı,
Büyü işlerinin bilirdi girdisini çıktısını.

Avrupa bilimi manastırların sınırlarını hızla aşarak dış dünyaya yayıldı, Bizans ve İslam kültürleriyle etkileşime girdi, büyük İskenderiye Kütüphanesi'nin felsefe ve matematik eserlerinin de ötesine geçerek yeni dünyalar keşfetti. Bunun da ötesinde, ilim artık manastırlarla sınırlı değildi, zira Latin Avrupa'daki bilgi seviyesi artmıştı. Artık Cremonalı Gerard ve Bathlı Adelard gibi şahsiyetler Greko-İslam biliminin yeni kaynaklarından, örneğin ışık bilimiyle ilgili Yunan dünyasında yazılmış eserlerin çok ötesine geçen İbn Heysem'in eserlerinden yararlanıyordu. Yüksek öğrenim kurumlarının temelleri Salerno'daki tıp okulunun kuruluşuyla atıldı. Okulun müfredatı Yunan ve İslam tıbbını esas alarak hazırlandı.

Bütün bu gelişmeler büyük ölçüde, Hıristiyanlığın ilk milenyumunun sonu, ikincinin başında Batı Avrupa'da hem ticaret hem de refahın artmasına yol açan siyasi istikrar sayesinde yaşandı. Su çarkının geliştirilip yaygınca kullanılması ve münavebeli tarımın ortaya çıkması sayesinde daha fazla verim alınmaya başladı. Böylece bir nüfus patlaması yaşandı; öyle ki tahminlere göre, 1000-1200 arasında Batı Avrupa'nın nüfusu dört kat arttı. Kent nüfusunda daha da yüksek bir artış meydana geldi; böylelikle ekonomik koşullar iyileşti, entelektüel alışveriş arttı ve Batı Avrupa'nın ilk üniversitelerinin de arasında bulunduğu okullar ortaya çıktı. Karanlık Çağ mutlak surette sona erdi; modern Avrupa kendi bilimiyle birlikte doğmuş oldu.

ARAPLARIN GÖRÜŞLERİ

Michael Scot'ın, 1236'da Friedrich'in hizmetindeyken Almanya'da öldüğü tahmin edilmektedir. O tarihte Batı Avrupalıların elinde Greko-İslam bilimine ait hemen hemen bütün eserlerin Arapçadan Latinceye aktarılmış tercümeleri mevcuttu. Dolayısıyla, eserlerin doğrudan Yunancadan Latinceye tercüme edilmesinin zemini artık hazırды.

RÖNESANS ÖNCESİ RÖNESANS

12. yüzyıla gelindiğinde Batı Avrupa kültürü artık Greko-Arap bilim eserleriyle yetinemeyecek seviyeye ulaşmıştı. Batı Avrupalılar, klasik ve Helenistik dönemin filozofları ve bilginleriyle –özellikle Aristoteles– Öklid, Arşimet ve Batlamyus gibi büyük matematiksel fizikçi ve astronomların görüşlerini daha derinlemesine araştırmak için tercümeleri artık doğrudan Yunancadan yapmaya başladı ve bu tercümeler de Avrupalıların Aristotelesçiliği daha iyi kavramasına ve matematiği bilimde daha esaslı kullanmasına olanak sağladı.

6. yüzyılda İtalya’da Yunancadan Latinceye birkaç tercüme yapılmıştı. Bunlardan en önemlileri, Aristoteles’e ait bazı mantık eserlerinin Boethius tarafından yapılan tercümeleriydi. Bunların dışında, Grek Doğuyla Latin Batı arasında ilk kültürel etkileşimlerin, özellikle Norman Sicilya’da ve İtalya’nın bazı şehir devletlerine ticari imtiyazlar sağlanan Konstantinopolis’te başladığı 12. yüzyıla kadar Yunancadan Latinceye herhangi bir tercüme yapılmadı.

Söz konusu kültürel etkileşimin ilk önemli örneği, Kutsal Roma İmparatoru Lothar’ın, önce Havelberg piskoposluğu daha sonra da Ravena başpiskoposluğu yapmış Anselm başkanlığındaki bir heyeti, 1136’da Roma Katolik Kilisesi’yle Yunan Ortodoks Kilisesi arasındaki teolojik farklılıkları tartışmak üzere, Bizans İmparatoru II. Yannis Komnenos’un tahtta olduğu dönemde Konstantinopolis’e göndermesiydi. Anselm Konstantinopolis’te, beraberindeki heyetle birlikte Altın Boynuz olarak adlandırılan Haliç’teki Pissa (bugünkü Kağıthane) semtinde, Nikome-

dia (bugünkü İzmit) başpiskoposu Niketas başkanlığındaki Yunan papazlarla teolojik tartışmalar yapmak üzere bir araya geldi. Anselm şöyle diyordu: “Latince ve Yunanca bilen birçok Latin vardı. Aralarında özellikle üç kişi dil konusunda yetenekliydi: Venedikli James, Pisalı Burgundio ve her iki dildeki bilgisiyle hem Yunanlar hem de Latinler arasında ünlü olan Mosè del Brolo. Mosè her iki taraf için de tercüman olarak seçildi.”

Bu bilginlerden Venedikli James, Latinceye Venedik Yunan Topluluğu üyesi anlamına gelen “Iacobus Veneticus Grecus” olarak biliniyordu. Her halükarda, Mont Saint-Michel’de başkeşişlik yapan Robertus De Monte’nin 1128 yılı için tuttuğu kayıtlarda belirtildiği üzere Mosè hem Yunancayı hem de Latinceyi çok iyi biliyordu. Kayıtlarda şöyle yazılıydı: “Venedikli rahip James, Aristoteles’in *Topica* [Konular] *Birinci Çözümlemeler*, *İkinci Çözümlemeler* ve *Sofistlerin Çürütmeleri Üzerine* adlı kitaplarını, eski tercümeleri mevcut olsa da, Yunancadan Latinceye yeniden tercüme etti ve bu eserler üzerine yorumlar yazdı.”

James 12. yüzyılda Aristoteles’in eserlerini Latin Avrupa’ya nakleden ilk Avrupalı bilgindi. Robertus De Monte’nin ifade ettiği eserlerin yanı sıra Aristoteles’in *Fizik*, *Ruh Üzerine* ve *Metafizik* eserlerini Yunancadan Latinceye tercüme eden ilk kişiydi. *Sofistlerin Çürütmeleri Üzerine* adlı eser üzerine yazdığı yorum, James’in İstanbul’daki Bizans bilim dünyasının bu konu hakkındaki bilgilerinin farkında olduğunu gösteriyor. Bu yorum, hem Aristoteles hem de diğer Yunan yazarların eserleri konusunda rakipsiz bir çalışmaydı. James’in tercümeleri 16. yüzyıla kadar Avrupa’daki Aristotelesçi çalışmaların çoğu için temel kaynak oldu.

Pisalı Burgundio, sıklıkla Konstantinopolis’e ve Yunan eserler açısından zengin bir başka şehre, yani Sicilya’ya seyahat ediyordu. Burgundio’nun tercümeleri arasında Hipokrat’ın *Aphorisms*’ı [Aforizmalar], Galenos’un on eseri ve Aristoteles’in *Meteorologica*’sı [Meteoroloji] da vardı.

1136’daki teolojik tartışmanın tercümanı olduğu belirtilen Mosè del Brolo, Konstantinopolis’te Venediklilerin yaşadığı bir semtte oturuyordu. Mektuplarından birinde, bilinmeyen elyazmalarını Latinceye tercüme etmek için Yunanca öğrendiğini yazmıştır. Ayrıca elyazmalarını toplamak için yıllar harcadığını, toplamda 1350 gram altın ödediğini, fakat

1130'da meydana gelen bir yangında elyazmalarının hepsinin yok olduğunu belirtmiştir.

Yunancadan Latinceye tercümeler, II. Rugerro'nun oğlu ve halefi I. William (1154-1166 arasında hüküm sürmüştür) döneminde de devam etti. I. William da babası gibi bilginin hamiliğini sürdürdü. Tahtta olduğu dönemdeki en önemli mütercimler Enrico Aristippo ve Palermolu Eugene'di. Her ikisi de William'a methiyeler düzerek, onu sarayının kapısını dünyanın önemli bilginlerine açan filozof-kral olarak övüyorlardı. 1156'da Katanya başpiskoposluğuna getirilen Aristippo dört yıl sonra da Sicilya Krallığı'nın bütün yönetiminden sorumlu şansölye oldu. Aristippo aynı zamanda Platon'un iki diyalogu *Menoe* ve *Phaedo*'yla Aristoteles'in dördüncü kitabı *Meteorologica*'yı Yunancadan tercüme eden ilk kişiydi ve çevirileri Rönesans'ın ilk yıllarına kadar kullanılmaya devam edecekti. İmparator I. Manuel Komnenos, Konstantinopolis'teki sarayına elçi olarak gönderilen Aristippo'ya Kral William'a hediye olarak takdim edilmek üzere Batlamyus'un *El-Mecisti*'nin güzel bir elyazmasını verdi. Bu eserin Yunancadan Latinceye ilk tercümesi, 1160'ta adı bilinmeyen misafir bir bilgin tarafından Palermo'da yapıldı. Söz konusu bilginin Yunancadan Latinceye tercüme ettiği eserler arasında Öklid'in *Optica* ve *Catoptrica*, Proklos'un *De motu* ve İskenderiyeli Heron'un *Pneumatica* eserleri de yer alır.

Bu eserleri tercüme eden isimsiz bilgin tercüme yaparken, "Yunanca ve Arapçayı en iyi bilen, Latinceye de yabancı olmayan" Palermolu Eugene'den büyük yardım aldığını söyler. Günümüze kadar ulaşan şiirlerinden anlaşıldığı kadarıyla, kraliyet yönetiminde Arapça Emir unvanını alan Eugene, muhtemelen bir Yunandı.

Belçika'da yaşayan Dominiken keşişi Moerbekeli William (d. 1220-1235 civarı-ö. 1286'dan önce), Yunancadan Latinceye tercüme yapan ortaçağ mütercimleri arasında en üretkeniydi. Moerbekeli William'ın 1260'ta dönemin Bizans başkenti İznik'i ziyaret ettiği bilinmektedir. William Yunanca elyazmalarına muhtemelen Bizanslar ertesi yıl Konstantinopolis'i Latinlerden geri alınca ulaşabildi. William, Yunan ve Latin kiliselerini birleştirmek amacıyla kurulan İkinci Lyon Konsili'ne (Mayıs-Haziran 1274) katıldı ve papalık mensuplarından oluşan bir topluluk önünde Bizans papazlarıyla birlikte *Credo*'yu Latincesinden okudu.

Thomas Aquinas'ın Moerbekeli William'a Aristoteles'in eserlerini doğrudan Yunancadan çevirmesini tavsiye ettiği söylenir. William da "zorlu bir çalışma olmasına ve içeriğinin yoruculuğuna rağmen, Latin bilgin ve öğrencilerin yeni bir esere kavuşmasını sağlamak amacıyla" bu görevi üstlendiğini söyler.

Moerbekeli William'ın Yunancadan yaptığı tercümeler arasında Aristoteles'in eserleri, bunlar üzerine yazılmış yorumlarla Arşimet, Proklos, İskenderiyeli Heron, Batlamyus ve Galenos'un eserleri de yer alır. William'ın eserinin popülerliği, çevirilerinin günümüze dek ulaşabilen kopyalarının çokluğundan anlaşılabilir; bunlar arasında 13. ve 15. yüzyıllara ait elyazmalarıyla, daha sonra ortaya çıkan basılı nüshalar ve 14. yüzyıldan 20. yüzyıla kadar uzanan süreçte ortaya çıkmış İngilizce, Fransızca, İspanyolca ve hatta modern Yunanca tercümeler de bulunur. Yaptığı tercümeler bazı eserlerin orijinal metinlerinin daha iyi tanınmasına yol açarken, birkaç durumda da -Heron'un *Catoprica*'sında olduğu gibi- orijinali kaybolan metinler için tek kaynak oldu.

Moerbekeli William'ın kendine ait tek eseri kehanet üzerine yazdığı *Geomantia* adlı kitaptır. Günümüze kadar gelen bazı Latince elyazmalarından ve 1347'de yapılan Fransızca bir tercümeden anlaşıldığına göre, eser büyük ilgi görmüştür. Polonyalı bilgin Witelo, *Perspectiva*'nın Moerbekeli William'a ithafta bulunduğu bölümünde onu, ilahi güçlerin insanlar üzerindeki etkisini araştıran "okült" eserinden dolayı metheder.

Antik Yunan elyazmalarını aramak için Konstantinopolis'i ziyaret eden Batılı bilginlerden bir diğeri de Abanolu Peter'di (1250-1313 civarı). Abanolu Peter Konstantinopolis'te Aristoteles, Dioskorides ve Galenos'un eserlerinin yanı sıra daha pek çok eser keşfetti. Yunancadan çevirdiği eserler arasında Aristoteles'in *Problemata*'sı -söz konusu eserin ilk Latince tercümesidir-, Dioskorides'in *De materia medica*'sı ve Galenos'a ait altı eser bulunur.

Peter'in kendisine ait eserlerden en ünlüsü, 1303'te Paris Üniversitesi'nde ders verdiği sırada tamamladığı *Conciliator differentia cum philosophum et praecipue medicorum* adlı eseridir. Peter bu devasa eserinde, kendisinden önce gelen tıp yazarlarıyla filozofların çelişkili görüşlerini uzlaştırmaya çalışır. Eser, Peter ve meslektaşlarının on yıl boyunca üzerine tartıştıkları iki yüzden fazla soru veya "anlaşmazlığı" konu alır.

Örneğin birinci ve on sekizinci sorular, Aristoteles'in ileri sürdüğü üzere insanın sinir sisteminin merkezinde kalbin mi, yoksa Peter'in iddia ettiği gibi beynin mi olduğuyla ilgilidir. Peter'in ilk soruyla ilgili olarak, "vücudun düzenleyici gücünün beyinde" olduğu, on sekizinci soruyla ilgili olarak da, "beynin his ve duyguların merkezi" olduğu sonucuna varır. Altmış yedinci soruda, "ekvatorun aşağısında yaşam mümkün müdür?" sorusuna cevap aranır. Öyle anlaşıyor ki ünlü Uzak Doğu yolculuğunun tamamlayan Marco Polo'yla 1295'te Konstantinopolis'te tanıştığında bu soru Peter'in zihnini kurcalamaya başlamıştı.

Peter'in iyi bilinen bir başka eseriye, astronomi ve astrolojide çelişen doktrinleri konu alan *Lucidator dubitabilium astronomiae* adlı kitaptır. Kitabında, Aristoteles'in evren modelinde ortaya koyduğu gibi gök-kürenin en dışında yer alan yıldızların sabit olmadığını, aksine uzayda serbestçe hareket ettiklerini ileri sürer. Bu yepyeni bir görüştür ve daha sonraki süreçte modern kozmolojinin bir parçası haline gelir. Bu eserdeki bazı bölümlerde ruh ve aklın gökcisimleriyle ilişkili olduğu görüşünü savunan Peter, bir gökcismini şöyle tanımlar: "sürekli ve bozulmaz, sonsuz bir yaşam sürer ve asla yaşlanmaz".

Astroloji ve büyüculük üzerine yazdığı eserler, Peter'a sihirbaz unvanını kazandırdı. Fransız kütüphaneci ve bilgin Gabriel Naude, 1625'te Peter için şöyle yazar: "çağının dehası ve mucizesi olarak ortaya çıkan bu adam... yaşadığı dönemin en büyük sihirbazıydı ve cam bir kürede esir tuttuğu yedi ruh arkadaşından yedi temel bilimi öğrendi." Naude, Peter'ın "gençliğinde sahip olduğu boş merakı daha sonra terk ederek kendini tamamen felsefe, tıp ve astrolojiye adanmış" söyler.

12. yüzyılın sonuna gelindiğinde gerek Arapçadan Latinceye tercüme edilen Greko-İslam eserlerinin, gerekse de doğrudan Yunancadan tercüme edilen eserlerin yoğun artışından güç alan Avrupa bilimi yükselişe geçmişti. Salerno'daki tıp okulunun açılışı ve İbn Sina'nın eserleri, Herefordlu Roger'ın matematik ve gözlemsel astronomi üzerine yazdığı eserler, fizik ve tanımlayıcı coğrafya alanlarında El-İdrîsî'nin eserleriyle hız kazanan araştırmaların başlaması, Fibonacci'nin Hint-Arap rakamlarını öğrenip sayı kuramı üzerine araştırmalar yapması ve II. Friedrich'in doğanla avlanma üzerine yazdığı eserinde Aristoteles'e karşı gösterdiği eleştirel yaklaşım bu yükselişi kanıtlayan gelişmelerdir.

13. yüzyılın ilk çeyreğine gelindiğinde, Aristoteles'in hemen hemen bütün bilimsel eserleri Yunanca ve Arapçadan Latinceye tercüme edilmişti. Bununla birlikte, İbn Rüşd'ün Aristoteles'in eserlerine ilişkin yorumları da ayrı şekilde Latinceye tercüme edilmişti. Tercümeler arasında hem Yunan hem de İslam bilginlerinin optik, yansıma, geometri, astronomi, astroloji, zooloji, botanik, tıp, eczacılık, psikoloji ve mekanik alanındaki eserleri de yer alıyordu. Bu bilgi kütüğü, 12. yüzyılın sonlarıyla 13. yüzyılın başlarında kurulmaya başlanan ve ortaçağın başlarında kurulmuş manastırlarla katedral okullarının yerini alan ilk üniversitelerin müfredatının bir parçası haline geldi.

Bütün bu gelişmeler, 12. Yüzyıl Rönesansı olarak adlandırılan bir kültürel uyanışa yol açtı. Bu uyanış hakkındaki araştırmalara öncülük eden Charles Homer Haskins şöyle yazar:

12. yüzyılın uyanışı, Karolenj Rönesansı'ndan farklı olarak herhangi bir sarayın veya hanedanın ürünü değildir ve İtalyan Rönesansı'ndan farklı olarak, varlığını tek bir ülkeye de borçlu değildir... 12. Yüzyıl Rönesansı, üç yüz yıl sonraki İtalyan Rönesansı gibi varlığını iki kaynaktan alır. Her ikisi de kısmen Latin Batı'daki mevcut bilgi ve fikirlere, kısmen de Doğu'dan alınmış yeni bilgilerin akışına dayanır. Fakat 15. yüzyıldaki Rönesans esasen edebiyatla ilgiliyken, 12. Yüzyıl Rönesansı daha çok felsefe ve bilim alanıyla ilgiliydi.

12. yüzyıl okullarındaki doğa felsefesi eğitimi temelde Platon'un *Timaeus* adlı eserine dayanıyordu. Eser, 12. yüzyıla kadar Platon'un Batı Avrupa'daki tek mevcut eseri idi. O da Chalcidius tarafından 4. yüzyılda tercüme edilen ilk elli üç bölümden ve Chalcidius'un yorumlarından oluşuyordu. Mütercim ve bilgin Benjamin Jowett bu nadide eserle ilgili şöyle yazar: "Platon'un bütün eserleri arasında çağdaş okuyucular için en anlaşılabilir ve en sıkıcı olanı *Timaeus*'tur, fakat antik çağın ve ortaçağın düşünce dünyası üzerinde en büyük etkiyi yaratmış olan da bu eserdir."

Platon'un bilimle ilgili fikirleri esasen *Timaeus*'ta yer alır. Platon, eserin ana karakteri *Timaeus*'un ağzından "okumakta olduğumuz inandırıcı

cı kıssalar eşliğinde”, kozmoloji ve kozmogoniyle ilgili kapsamlı bilgi verir. Timaeus, zaten var olan özelliiksiz maddelere ideal formları kalıp olarak kullanarak şekil veren, evrene düzen vermek içinse kaotik hareketi yöneten ve *demiourgos* (sanatçı) olarak adlandırılan ilahi bir yaratıcıdan söz eder. Fakat tarihçi William Guthrie, *demiourgos* “tek ve mutlak irade değildir; onun iradesine itaat eden, fakat bir dereceye kadar da ona kafa tutan bir madde daha olması gerekir. Yoksa tam anlamıyla iyi olsa, daha mükemmel bir dünya yaratırdı,” der.

Timaeus’a göre evrendeki her şey dört elementten oluşuyordu: toprak, su, hava ve ateş. Bütün bunların her biri, görünmeyecek kadar küçük parçacıklardan ibaretti. Her bir elementin parçacıkları belirli bir geometrik şekle sahipti ve karşılıklı olarak birbirlerine dönüşebilmekteydi; kütleleri, merkezdeki toprağı çevreleyen su, hava ve ateşten oluşan eşmerkezli kürelerden ibaretti. Ateş küresi Ay’dan sabit yıldızlara kadar uzanıyor ve içerisinde Güneş, Ay ve gezegenlerin kürelerini barındırıyordu. Bütün bu küreler ateşten yapılmıştı.

Platon kozmogoni teorisini insanlığın varoluşuyla ilişkilendiriyordu. Timaeus oldukça aydınlatıcı bir bölümde, sayı ve zaman algımızın göklerle ilgili gözlemlerimizden geldiğini anlatır: “Gün ve gecenin, ay ve yılların, ekinoks ve gündönümünün dönemlerini görme yeteneğimiz sayıları keşfetmemize yol açar, zaman düşüncesini yaratır ve evrenin yapısını araştırmamız için bir kapı açar. Bu araştırmalar bize felsefeyi getirir. Felsefeyse Tanrı’nın fani ırka verdiği, değeri şimdiye dek aşılammış ve gelecekte de aşılamayacak bir hediyedir.”

Ortaçağ bilginleri, Platon’un *Timaeus*’da açıkladığı kozmoloji kuramıyla Yaradılış kitabındaki yaratılış rivayetini uzlaştırma göreviyle karşı karşıya kaldılar. O dönemde Kilise bilim konusunda tek otorite olduğu ve pagan fikirler Kilise liderleri tarafından pek de hoş karşılanmadığı için, bu görevin tehlikeli olduğu açıktı. 12. yüzyılın ortalarında yetişmiş bilgin Chartresli Thierry, bu göreve hayranlık duyulacak bir özgüvenle eğildi.

Brittany’de doğan Thierry’nin, 1119 ile 1126 yılları arasında Charters’da şansölyelik yapan kardeşi Bernard’la birlikte, 1121 civarında Chartres’daki kadetralde eğitim verdiği tahmin edilmektedir. Thierry’nin 1127’de Chartres yakınlarındaki Dreux’da başdiyakozluk yaptığı ve

1134'ten önce de Paris'te ders verdiği bilinmektedir. Daha sonra bir süreligine Charters'a geri döndü ve "Notre-Dame (Chartres) şansölyesi ve başdiyakozu" oldu. Dönemin ilimlerinin özetini içeren iki büyük ciltlik *Eptatheuchon* [Yedi Temel Bilim Kitabı] eserini burada yazdı. Thierry, bu eseriyle üç yüksek ilimle dört yüksek ilmi birleştirerek, "ulu âlimler sınıfı üyelerinin sayısını artırmaya" çalıştı. Yaklaşık 1155'te emekli oldu ve bir Sistersiyen manastırına çekilip, orada öldü ve defnedildi.

Akademisyen Nikolaus Haring'a göre Thierry, "*rota*, yani sıfır mefhumunu Avrupa matematiğine kazandıran kişi" olarak bilinir. Bu, inanılmaz önemli bir olguydu, çünkü Hint-Arap rakam sisteminin Batı'ya geçen biçimine sıfırın eklenmesi Avrupa matematiğinin, özellikle de sayı kuramı konusunda hızla ilerlemesine yol açtı ve böylelikle Latin matematikçiler Arap ve Yunan seleflerini kısa sürede geride bıraktılar.

Thierry'nin en çok bilinen eseri, Yaradılış'ın giriş bölümü üzerine yapılan bir yorum olan *Hexaameron*'dur. Eserinde, Platon'un *Timaeus*'undan, Stoacıların fikirleri ve Augustine'le Aristoteles'in görüşlerinden yararlanarak yaratılışın altı gününü mantıksal olarak açıklamaya çalışır. Thierry'e göre zaman, Tanrı'nın dört elementi -toprak, su, hava ve ateş-yaratmasıyla başladı ve bu dört element, sahip oldukları içkin özellikler ve doğa yasaları aracılığıyla göklerin birbirini izleyen ilk altı devrinde aşamalı olarak maddi evreni oluşturdu. Thierry'nin kozmoloji (evrenbilim) ve kozmogoni (evrenin yaratılışı) kuramları, Aristoteles'in teslisteki üç kişi ve madde ile tanımladığı dört nedenin teleolojik yorumuna dayanır. Tanrı (Baba) etkin neden, Oğul biçimsel neden, Kutsal Ruh ereksel neden ve dört element de maddesel nedendir. Thierry'e göre Yaratıcı, her maddeye biçim ve düzen vermek üzere dünyanın ruhu olarak adlandırdığı ilahi bir güçle zamanın geçişi, mevsimlerin birbirini izlemesi ve yaratma sürecini düzenlemek için "yaratıcı sebepleri" üretir. Thierry, bu düzenli yaratım eyleminin Yaratıcı'nın bilgeliğinden kaynaklandığını ve yalnızca ilahi merhamet ve sevgisinin sonucu olduğunu söyler.

Chartres'daki birkaç meslektaş, özellikle de Conchesli William (1090 civarı-1154'ten sonra) ve Bernardus Silvestris (1085 civarı-1178) Thierry'nin Platoncu anlayışından bir hayli etkilendiler. Her iki bilgin de ortaçağ Avrupa bilimine ilginç katkılarda bulundu.

Conchesli William 1145 civarında, gelecekte kral olacak II. Henri'nin

eğitmenliğine getirildi. William, Platon'un *Timaeus*'u ve diğer kaynakları temel alan *De philosophia mundi* adlı eserine muhtemelen o tarihten önce başlamıştı. William bu eserinde Platon'un görüşleriyle Lukretius'un kileri birleştirerek bir tür atomculuk anlayışı benimsiyordu. Tanrı'nın evreninin doğa kanunlarına uygun hareket ettiğini, filozofun görevininse bu kanunları anlamaya çalışmak olduğunu ifade ediyordu. Son çare olarak ilahi müdahaleye başvuranları cahillikle eleştirirken, doğaya rasyonel bir açıklama getirmeye çalışanları da kafirlikle suçluyordu.

Bernardus Silvestris en çok Chartresli Thierry'e ithafen yazdığı *Cosmographica* eseriyle bilinir. Altı günlük yaratılış sürecini tasvir eden ve sırasıyla düzyazı ve dizelerden oluşan şiirsel bir kozmogoni olan eser, Bernardus Silvestris tarafından 1147'de Papa III. Eugenius'a sunuldu.

Kendilerinden önceki bilginlerin sahip olduğu bilgileri özgürce ve rasyonel bir biçimde kullanan Bernard ve diğer bilginler, bilginin gelişim sürecine inanıyorlardı. Bir açıklamasında söylediği gibi: "Biz devlerin omuzlarında duran cüceler gibiyiz, dolayısıyla görüşümüz daha keskin ve boyumuz daha uzun olduğu için değil, onların dev cüsselerinden istifade ederek daha yükseğe çıkabildiğimiz için onların gördüğünden daha fazlasını ve daha ilerisini görebiliyoruz." Bu sözler beş asır sonra Newton tarafından yeniden dillendirilecekti.

12. yüzyılın başlarındaki entelektüel yeniden doğuşun bir başka göstergesi de aritmetik ve astronomik hesaplamalarla ilgili o dönemde veya kısa bir süre önce üretilen elyazmalarının çokluğudur. Aritmetik hakkındaki elyazmaları çoğunlukla abaküs üzerine incelemelerdi ve Aurillaclı Gerbert'in geleneği sürdürülmüştü. Astronomiyle ilgili eserlerin büyük çoğunluğu, Bede'nin ve kısmen de Sevilalı İsidore'nin eserlerinin nüshaları ve alıntılarından, bazen de yeni derlemelerden oluşuyordu.

12. yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde, Chartres'daki ve başka yerlerdeki katedral okulları, yerlerini Avrupa'da kurulmaya başlayan yeni üniversitelere bırakmıştı. Hem bilginin yeniden doğuşu ve yayılması hem de yüksek öğrenim görmek isteyenlerin sayısındaki büyük artış, üniversitelerin kuruluşunda önemli etkenlerdi. Haskins'in 1923'te yazılmış öncü niteliğindeki eseri *The Rise of Universities*'de [Üniversitelerin Doğuşu] dediği gibi:

Bu yeni bilgi, katedral ve manastır okullarının sınırlarını yıktı ve bilgi temelli yeni meslekler yarattı; Chaucer'ın Oxford Katibi gibi istekli gençlerin dağları ve denizleri aşarak gelmelerini sağladı. Bu gençler “memnuniyetle öğrenim gördüler ve öğrendiklerini memnuniyetle öğrettiler”, ayrıca edindikleri bu bilgilerle Paris ve Bologna'da akademik kurumları yarattılar. Söz konusu kurumlar, bize ilk ve en iyi üniversite tanımını verdi: öğretmen ve araştırmacılardan oluşan bir cemiyet.

Haskins'in ifade ettiği öğretmen ve araştırmacılardan oluşan cemiyet *universitas societas magistrorum discipulorumque* olarak bilinirdi ve “university” [üniversite] sözcüğünün de kökenidir. Cemiyet, usta zanaatkarların hakim olduğu ve bütün faaliyetleri üyelerin karşılıklı çıkarını esas alan bir tüzükle yürütülen marangoz loncaları gibi ortaçağ loncalarıyla aynı biçimde örgütlendi. Üniversiteler genellikle imparatorların, kralların, papaların ve başpiskoposların himayesindeyken aynı zamanda özyönetime sahip, yerel yargı ve vergi kurumlarından aşamalı olarak bağımsızlaşan kurumlardı. Üniversiteler söz konusu hamilik sayesinde kendi standartlarını ve işleyiş esaslarını da belirleme fırsatına sahip oldular.

Üniversitelerin ilki olan Salerno Tıp Okulu, yeni yüksek öğrenim kurumlarının hepsinden çok farklı bir gelişim sürecine sahipti. Yunan tıbbı İtalya'nın güneyinde hiçbir zaman tamamen kaybolmamıştı. 10. yüzyıl gibi erken bir tarihte bile Galenos ve başka antik tıp bilginlerinin Latince eserlerine rastlanabiliyordu; Salerno da bir şifa merkezi olarak o dönemde kurulmuştu. Afrikalı Konstantin'in *Ars medicine* veya *Articella* adıyla yaptığı müfredat tercümelerinin giriş kısmında görüldüğü kadarıyla, 11. yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde Salerno'daki tıp okulu muntazam bir eğitim kurumuna dönüşmüştü. 12. yüzyıla gelindiğindeyse Salerno kendi tıp literatürünü yaratmıştı. Bu literatür genelde Latinceydi, fakat Latince olmayan kitaplar da mevcuttu, zira Pisalı Stephen 1127'de şöyle yazar: “Tıp öğrencilerinin bulunduğu Sicilya ve Salerno'da hem Yunanca hem de Arapça bilen kişiler vardır.”

Diğer yüksek öğrenim kurumları arasındaki en erken üniversite, 1088'de kurulan Bologna Üniversitesi'ydi. Bologna Üniversitesi'ni Paris (1150 civarı), Oxford (1167), Salerno (1173, tıp okulunun yeni-

den kuruluşu), Palenzia (1178 civarı), Reggio (1188), Vicenza (1204), Cambridge (1209), Salamanca (1218) ve Padova (1222) takip etti. Adı geçen on üniversitenin yanı sıra, 13. yüzyılda on üniversite daha kuruldu. 14. yüzyılda yirmi beş üniversite daha kurulurken, 15. yüzyılda otuz beş yeni üniversite öğretime başladı. Dolayısıyla 1500'e gelindiğinde Avrupa'daki üniversite sayısı sekseni bulmuştu. Bu da, Batı'da ilk olarak 12. yüzyılda Greko-Arap dünyasından edinilen bilgilerle başlayan ve üniversitelerin kurulmasıyla devam eden muazzam entelektüel canlanmanın açık bir göstergesiydi.

Örneğin, Avrupa'nın en büyük ve en saygın üniversitesi olan Paris Üniversitesi'nde -zirve yaptığı dönemde yirmi beş binden fazla öğrenciye sahipti- en büyüğü bir temel bilimler fakültesi olmak üzere, hukuk, tıp ve teoloji fakültelerinden oluşan toplam dört fakülte vardı. Öğrenciler, gramer okulunda Latince öğrenmiş olarak on dört yaşındayken üniversiteye kaydolar, bir öğretmen denetiminde üç veya dört yıl eğitim gördükten sonra lisans derecesi almak için bir sınava tabi tutulurdu. Sınavı geçerse lisans derecesini alırdı. Bu diploma sayesinde öğrenci bir yandan öğrenimine devam ederken, diğer yandan bir öğretmen denetiminde dersler de verebiliyordu. Öğrenci, gerekli dersleri takip ederken aynı zamanda yüksek lisans sınavına da girebiliyordu. Eğer sınavı geçerse, temel bilimler fakültesinin tam üyeliğine hak kazanıyor ve temel bilimler müfredatındaki herhangi bir dersi öğretme hakkını da elde ediyordu. Öğrenci o zaman, yüksek lisans için bir fakülteye kaydolabiliyor, aynı zamanda lisans düzeyinde dersler de verebiliyordu. Lisansüstü programlar hem uzun hem de zahmetliydi. Birinin hukuk, tıp veya teoloji konularında doktora sınavına girebilmesi için beşle on beş yıl arası eğitim alması gerekiyordu.

Üç ilim alanında müfredat zaman içinde değişti; gramerin önemi azaltıldı ve mantık derslerine daha fazla ağırlık verildi. Diğer yandan, dört yüksek ilim arasında da astronomi daha fazla önem kazandı; özellikle de zaman hesaplamaları ve takvimsel problemlerle bunların astrolojiye uygulanması üzerinde daha çok duruldu. Temel bilimler müfredatı, yüksek lisans programlarının ileri konuları olarak öğretilen hukuk, tıp ve teolojinin yanı sıra ahlak felsefesi, zihin felsefesi ve metafizik dersleri de dahil edilerek genişletildi. Dersler konulardan ziyade ders kitapları esas alın-

arak veriliyordu. Derste öğretilen metinler Yunanca ve Arapça eserlerin Latince tercümeleriydi ve özellikle derslerde okutulmak üzere yazılmış yeni kitaplardı. 13. yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde Aristoteles'in etkisi o kadar artmıştı ki, Aristotelesçi doğa felsefesini iyice kavrayabilmeleri için bütün lisansüstü öğrencilerinin Aristoteles'in metafizik, kozmoloji, fizik, meteoroloji, psikoloji ve doğa tarihi üzerine yazdığı eserleri ve bu eserler üzerine yazılmış yorumları okuması gerekiyordu.

Bologna, Avrupa'nın güneyinde daha sonra kurulan üniversitelere, Paris ve Oxford ise kıtanın kuzeyindeki üniversitelere prototip oldular. Bologna hukuk ve tıp alanında meşhurken, Paris mantık ve teoloji, Oxford da felsefe ve doğa bilimlerinde ünlüydü. Tıp eğitimi Hipokrat ve Galenos'un öğretilerine; astronomi ve astroloji eğitimleri ağırlıklı olarak Batlamyus'a; mantık, felsefe ve bilim eğitimleri de Aristoteles'in eserleriyle bu eserler üzerine yazılmış yorumlara dayanıyordu. Başlangıçta eserlerin Arapçadan tercümeleri kullanılırken, sonraki süreçte doğrudan Yunancadan yapılan tercümeler esas alındı.

Bu süreçte Avrupa bilginleri, Greko-Arap öğretileri özümseyip uyarlayarak yeni bir doğa felsefesi yarattılar. Bu yeni felsefe Aristotelesçiliğe dayansa da Aristoteles'in başlangıçtaki bazı doktrinleriyle farklılıklar da barındırıyordu.

Bu durum, Abanolu Peter'in eserlerinden açıkça anlaşılabilir. Peter, başta Aristoteles olmak üzere kendisinden önceki bilginlerin birbirleriyle çelişen teorilerini uzlaştırmaya çalışır. Peter'in en devrimci savı, yıldızların sabit cisimler değil serbestçe hareket eden gökcisimleri olduğudur. 17. yüzyılda yeniden gündeme gelen bu fikir durağan, sınırlı ve yer-merkezli Aristotelesçi evren öğretisinin sınırlarının aşılmasında ilk adım oldu ve yaşadığımız dönemin modern astrofizik öğretisi dinamik ve genişleyen evren teorisine zemin hazırladı.

Peter'in, Paris Üniversitesi'ndeki meslektaşlarıyla "on yıl boyunca" bu konular üzerine tartıştıklarını söylemesi ilginçtir. Bu da yeni üniversitelerden çok çeşitli ve farklı birikimler edinen çok sayıda bilginin bir araya gelerek tıpkı Platon'un Akademi'si, Aristoteles'in Lise'si ve İskenderiye Müzesi'yle Kütüphanesi'nde olduğu gibi fikir alışverişinde bulunduklarını gösterir.

Ayrıca Latin Batı'yla Yunan Doğu arasında yeniden ilişki kurul-

RÖNESANS ÖNCESİ RÖNESANS

masından sonra Peter'ın antik elyazmalarını araştırmak için Konstantinopolis'e gitmesi ve orada Marco Polo'yla görüşerek Çin'e yaptığı seyahatle ilgili bilgi alması oldukça anlamlıdır. Aşağı yukarı aynı dönemlerde Fibonacci de Konstantinopolis'teydi ve öğrendiğimiz kadarıyla orada Latin, Yunan ve Arap matematikçilerle de görüştü. Ve bu irtibatlardan biri sayesinde Hint-Arap sayı sistemini Batı Avrupa'ya taşıdı.

Latin Avrupa'nın ufku, hem entelektüel hem de coğrafi açıdan genişliyor, modern Avrupa'nın ve modern bilimin doğuşu için zemin hazırlıyordu. Bu doğuşun meyveleri daha sonra bütün dünyaya yayılacaktı.

ARİSTOTELES'İN DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Avrupa'nın yeni üniversitelerindeki müfredat büyük ölçüde Aristoteles'in eserlerine dayanıyordu. Aristoteles'in fikirleriyle pek çok konuda Katolik dogmalarına ters düşüyordu. Bu da Abanolu Peter'in yaptığı gibi farklı görüşleri uzlaştırma girişimlerine yol açtı.

Aristoteles'in düşüncelerini Roma Katolik dogmalarıyla uzlaştırma sorunu 13. yüzyıl boyunca yaşanan felsefi tartışmalarda büyük yer kapladı. Bu tartışmalara büyük ölçüde yön veren iki bilgin, Albertus Magnus ve kendinden daha ünlü öğrencisi Thomas Aquinas'tı. Çağdaşlarından birinin dediği gibi: "Bu dönemde hem yaşamıyla hem de düşünceleriyle ünlü olan pek çok başka bilgin de vardı kuşkusuz. Fakat bu ikisi [Albertus Magnus ve Thomas Aquinas] hepsinin ötesine geçerek en üst sırada yer almayı hak etmiştir."

Albertus Magnus (1200 civarı-1280) Bavyera'da soylu bir asker ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. Padova Üniversitesi'nde temel bilimler eğitimi aldığı sırada hocası Saksonyalı Jordanus tarafından Dominiken tarikatına alındı. Daha sonra Almanya'da teoloji dersleri aldı ve öğretmenlik yaptı. 1241'de Paris Üniversitesi'ne giderek yedi yıl teoloji dersleri verdikten sonra da bir okul açması için Köln'e gönderildi. Öğrencileri arasında, İtalya'dan gelerek Paris ya da Köln'de öğrenim gören Thomas Aquinas da vardı. Albertus Magnus 1253'te Alman Dominikenlerin dini liderliğine atandı ve 1260'ta Regensburg piskoposu olarak görevlendirildi. Buradaki görevine iki yıl sonra başladı ve hayatının

geri kalan kısmını vaaz ve ders vererek geçirdi. 1274'te düzenlenen İkinci Lyon Konsili'nde yer alan Albertus Magnus, üç yıl sonra Paris'e gitti. Paris'te Papa XXI. İoannes'i Aristoteles'in doktrinlerini yargılamaktan vazgeçmesi için ikna etmeye çalıştı. Yargılanan fikirler arasında öğrencisi Thomas Aquinas'ın, özellikle Tanrı'nın mutlak gücü hususunda ki bazı görüşleri de bulunuyordu. İlahiyatçılara bakılırsa, Thomas Aquinas Tanrı'nın gücünün sınırlı olduğuna inanıyordu.

Anlaşıldığı kadarıyla Albertus Magnus, Aristoteles'in eserleri üzerine ilk olarak, ders vermeye gittiği Paris'te çalışmaya başladı. Aristoteles'in bilinen ve ona mal edilen eserlerin özetlerinden oluşan muazzam çalışmasını da muhtemelen o zaman yazmaya başladı. Bu yapıtlar, Albertus Magnus'un kırk ciltten oluşan eleştirel eserlerinin on yedisini teşkil eder. Albertus Magnus bu görevi, tarikat üyelerinin Aristoteles'in fizik doktrinlerini Latince olarak açıklamak istemesi üzerine üstlendi. Aristoteles'in *Fizik* eseri üzerine yazdığı yorumun önsözünde söylediği üzere amacı, "Latinlerin felsefenin bütün boyutlarını kavramasını sağlamaktır."

Albertus Magnus tarikat kardeşlerinin isteğinin ötesine geçerek sadece doğa bilimlerini açıklamakla kalmayıp aynı zamanda matematik, mantık, metafizik, etik ve politika üzerine de açıklamalar yaptı. Ayrıca yorumlarına, Greko-Arap bilimi ve felsefesinden öğrendiklerini de ekledi. Derlemesi, aynı zamanda Platon'un öğretisi hakkındaki bilgilerini ve neo-Platoncu birkaç eser üzerine yaptığı yorumları da içeriyordu. Platoncu ve Pisagorcu kozmolojiyi ve bu iki bakış açısının doğa felsefesi hakkındaki görüşlerini reddederken, Aristotelesçi sistemi açıkça kabul eder. Bununla birlikte Aristoteles'le veya Aristotelesçilerle aynı fikirde olmadığında da bunu belirtmekten asla geri durmaz. Aristoteles'in yanılmaz olduğunu savunan bazı çağdaşlarının aksine Albertus Magnus şöyle der: "Aristoteles'in Tanrı olduğuna inananlar, onun hatasız olduğuna inanabilir. Fakat onun bir insan olduğunu düşünüyorsanız, tıpkı bizim gibi onun da hata yapabileceğine inanmalısınız." Örneğin Albertus Magnus, *Summa theologia* [Teoloji Üzerine Tezler] eserinde Aristoteles'in hatalarını sıralar. Yine *Meteora* [Meteorlar] eserinde, bir konuyla ilgili olarak "Aristoteles gerçekleri veya deneylerin kanıtlarını değil, kendisinden önce gelen bilginlerin görüşlerini anlatıyor olmalı," der.

Albertus Magnus'a göre ses iki cismin çarpışmasıyla meydana gelen titreşimin küresel yayılımı sonucunda oluşur. Güneş ışınlarının nasıl ısı etkisi yarattığını anlamak için basit deneyler yapar. Örneğin siyah bir nesnenin aynadan daha fazla ısındığını gösterir ve ışınların kırılmasının gökkuşağının meydana gelişinde oynadığı rolü doğru bir biçimde yorumlar. Bu konuyla ilgili Aristoteles'in "Ay'ın oluşturduğu gökkuşağı ancak elli yılda iki kez görülür," açıklamasını yanlışlar ve "ben kendi gözlerimle bir yıl içinde iki kez gördüm," der.

Albertus Magnus, araştırmaları ve eserleriyle Aristoteles'in yeniden keşfedilmesinde ve onun doğa felsefesinin Hıristiyan Batı'ya benimsetilmesinde hayati bir rol oynadı. Hıristiyan dünyasının Aristoteles'i kabul etmesindeki en temel sorun inançla akıl arasındaki çatışmaydı; özellikle de Aristoteles felsefesinin, evrenin ebediliğini savunan determinist yorumu (İbn Rüşt yorumu) Hıristiyanlıkla çelişiyordu. Albertus Magnus bu çelişkiyi çözmek için Aristoteles'i mutlak otoriteden ziyade bir rehber olarak görmek ve vahiylerle ya da gözlemlerle çeliştiği noktalarda onun yanlış olduğunu kabul etmek gerektiğini savundu. Doğa felsefesiyle teolojinin aslında aynı şeyi farklı yollardan söylediğini iddia ediyordu, dolayısıyla her birine özgü bir alan ve metodoloji belirleyerek akılla vahiy arasında herhangi bir çelişkiye mahal vermemeye çalıştı.

İlahiyatçıların Aristoteles'e getirdiği eleştirilerden biri, onun sisteminin Tanrı'nın gücünü sınırladığıydı. Halbuki ilahiyatçılara göre Tanrı her şeye kadirdi ve örneğin birçok evren yaratmış olabilirdi. Aristoteles'in yolundan giden Albertus Magnus da "birkaç dünyanın varlığının mümkün olmadığı" sonucuna vardı ve yalnızca doğada gerçekleşmesi imkansız olanı göz önünde bulundurduğunu ekledi: "Tanrı'nın mutlak gücü sayesinde yapabilecekleriyle doğada yapılabilecekler arasında büyük fark vardır." Albertus Magnus'a göre doğa bilimi Tanrı'nın kudretiyle veya yapabilecekleriyle değil, ne yaptığıyla ilişkilendirilmeliydi, zira dünya yaratıldıktan sonra "doğanın içkin nedenlerine göre" işlerdi.

Felsefi anlamda daha katıksız Aristotelesçiler olan Albert Magnus ve Thomas Aquinas, daha çok Platoncu görüşü benimseyen Oxford'daki ünlü çağdaşları Robert Grosseteste ve Roger Bacon'dan ayrılıyordu. Grosseteste ve Bacon doğa bilimi kanunlarının temelde matematiksel olduğuna inanırken, Albertus Magnus'a göre matematik soyut bir bilim-

di ve bu soyut bilimin uygulama alanları, “hareket halindeki ve oldukça ayrıntılı” mevcut doğayı inceleyen bilimler tarafından değerlendirilmeliydi.

Albertus Magnus hareket ve çekimle ilgili esasen Aristotelesçi görüşlere sahiptir. Atış hareketini ele alırken *impetus* (itme kuvveti) kavramını kullanır, fakat Aristoteles’in yaptığı gibi itici gücün hareket eden cismin içinde olduğunu düşünmektên ziyade, bu gücü çevreden gelen enerji olarak değerlendirir. Albertus Magnus düşen bir cismin hızını açıklarken de Aristotelesçi kuramı takip ederek, düşen cismin yere yaklaştıkça hızının arttığını çünkü söz konusu cismin bir an önce doğal yerine ulaşma arzusu taşıdığını ileri sürer.

Albertus Magnus ayrıca Samanyolu’nun çok sayıda yıldızdan oluştuğunu ve Ay’daki karanlık bölgelerin Dünya’nın gölgesi olmayıp, zeminin kendi yapısından kaynaklandığını ileri sürer. Bu görüşler, sonraki yıllarda Galileo’nun teleskopla yaptığı gözlemlerle doğrulandı. Albertus Magnus kuyruklu yıldızlar hakkında ileri sürülen teorileri doğrulamak veya reddetmek için basit gözlemlerden yararlanır ve kuyruklu yıldızların Dünya’nın atmosferi içinde hareket eden gök cisimleri olduğu sonucuna varır. Gelgitler hususunda da kendinden önceki düşünürlerin izinden giderek gelgitlerin Ay’ın hareketinden kaynaklandığını savunur ve Batlamyus’un gezegensel hareket teorisini destekler. Ekinoksların presasyonu olayından haberdar olmakla birlikte, hatalı bir biçimde bu olguyu Hipparkhos’un değil Aristoteles’in keşfettiğini iddia eder.

Albertus Magnus’un en özgün katkıları botanik ve yaşam bilimleri alanında. Bu konudaki eseri keskin gözlemleri ve sınıflandırmadaki yeteneği sayesinde diğer çalışmalardan ayrılır. Albertus Magnus teoriyle deneysel gözlemi birlikte kullanan ilk Latin bilgindi. Bunu, Aristoteles’e atfedilen *De Plantis* [Bitkiler Üzerine] - 16. yüzyıla kadar Latin Avrupa’da botanikle ilgili temel kaynaktı- üzerine yazdığı ansiklopedik bir yorum niteliğindeki kitabı *De vegetabilibus et plantis*’de [Canlılar ve Bitkiler Üzerine] açıkça görmek mümkündür. Albertus Magnus, bildiği yerli bitkilerle ilgili olarak şöyle yazar: “Bu altıncı kitapta, felsefe yapmaktan ziyade öğrencilerin merakını gidereceğiz... Bazı şeylerin doğası üzerine uslamlama yapılamaz. Kesin sonuç veren tek şey deneydir.” Albertus Magnus bu sözleriyle, bazı bitkiler üzerine kendi yaptığı göz-

lemeleri ve Aristoteles'in teoloji teorisini kullanarak söz konusu bitkiler hakkında vardığı sonuçları karşılaştırmaktadır.

Bilim tarihçisi A. C. Crombie, Albertus Magnus'un *De vegetabilibus*'unda geçen "arasözlerin", "Aristoteles ve Theophrastus'tan Cesalpino ve Jung'a kadar pek çok bilginden daha üstün bir morfoloji ve ekoloji anlayışı sergilediğine" dikkat çeker.

Albertus Magnus, Theophrastus'un *De Causis Plantarum* [Bitkiler Üzerine İnceleme] eserindeki temel sınıflandırma şemasının ana hatlarını benimsedi. Theophrastus'un eserinde bitkiler şöyle sınıflandırılmıştı: Ağaçlar, ağaçsılar, odunsu bitkiler ve otlar. Bu sınıflar da kendi içinde daha ince sınıflandırmalara tabi tutulur: ıslah edilmiş bitkiler ile yaban bitkileri, çiçekli ile çiçeksiz, meyve veren ile vermeyen, yaprak diken ile dökme-yen gibi.

İlyonyalı ilk doğa filozoflarından beri yeni türlerin ortaya çıkışı daima tartışma konusu olmuştur. Anaksimandros bütün canlıların sudan meydana geldiğini, insanınsa balıktan oluştuğunu düşünüyordu. Diğer antik bilginlerin çoğu yeni türlerin ortaya çıkışını açıklarken var olan soy-ların dönüşümünden çok bu türleri meydana getiren ortak bir kayna-ğa -örneğin toprak- atıfta bulunuyordu. Albertus Magnus, yaşayan tür-lerin değişebilir olduğuna inanan Theophrastus'la aynı fikirdeydi. Theophrastus, bir bitkiyi başka bir bitkiye dönüştürmek için beş yöntem ol-duğunu söylüyordu; söz ettiği yöntemler arasında aşılama, yabani bitki-lerin ehlileştirilmesi ve kültür bitkilerinin yabanileşmesi de vardı.

Albertus Magnus'un *De animalibus* [Hayvanlar Üzerine] eseri, ken-disinin ve ortaçağdaki diğer doğa filozoflarının, gözlem yaparken ve fark-lı açıklamalar oluştururken Aristoteles'in ve diğer Yunan bilginlerin ter-cüme edilmiş eserlerinden ve bunlar üzerine yazılmış yorumlardan nasıl istifade ettiklerinin güzel bir örneğidir. Yirmialtı ciltlik *De animalibus*'un ilk on dokuz kitabı, Aristoteles'in *Historia Animalium* [Hayvanların Ta-rihi], *De Partibus Animalium* [Hayvanların Kısımları Üzerine] ve *De Ge-neratione Animalium* [Hayvanların Üremesi Üzerine] üzerine yazdığı yorumlardan oluşur. Albertus Magnus, Aristoteles'in eserlerini inceler-ken Michael Scot'un tercümelerinden yararlanmıştı. Yorumlarını ya-zarken de İbn Sina'nın söz konusu eserler üzerine yazdığı yorumlardan, yine İbn Sina'nın Galenos'un izinden giderek yazdığı *Tıp Kanunu*'ndan

ve Galenos'un bazı eserlerinin Latince tercümelerinden istifade etmiştir. *De animalibus*'un son yedi kitabı, Albertus Magnus'un biyolojiyle ilgili orijinal görüşlerinin yanı sıra belirli hayvanlarla ilgili tanımlamalardan oluşur. Söz konusu tanımlamaları kısmen Cantimpreli Thomas'ın *De rerum natura* [Şeylerin Doğası Üzerine] (1228-1244 civarları) eserinden almıştır.

Cantimpreli Thomas'ın söz konusu eseri ringa balıkçılığı, fok balıkları, deniz aygırları ve balinaların avlanması üzerine bir tanım bölümüyle, efsanevi hayvanlar üzerine bir bölümden oluşur. Bu eser, tarım ve doğa üzerine 13. yüzyılda ve 14. yüzyılın ilk yarısında yazılmış bir dizi ansiklopediden biridir. Diğer çalışmalar, hayvan yetiştiriciliği üzerine Henleyli Walter ve Peter Crescenti tarafından yazılmış eserler, tarım üzerine Albert'in *De vegetalibus* [Canlılar Üzerine] ve Beauvaisli Vincent'in *Speculum Doctrinale* [Dogmatik Ayna] adlı araştırmaları, botanik ve zooloji üzerine İngiliz Bartholomew'un *De proprietatibus rerum* [Şeylerin Doğası Üzerine] adlı eserinden ibarettir. *De proprietatibus rerum* muhtemelen Shakespeare'in doğa tarihine de kaynaklık etmiştir. Söz konusu ansiklopediler, doğaya karşı gösterilen güçlü ilginin aynı zamanda sanat, mimari, kitaplar, bitkiler, resimler, mozaikler ve kabartmaların yanı sıra kralların, prenseslerin, hatta kentlerin sahip olduğu canlı hayvan koleksiyonları ve hayvanat bahçelerine de gösterildiğini kanıtlar. Bunlar basit hobiler veya seçkin uğraşlardan daha ziyade doğaya duyulan ilginin geç ortaçağ döneminde Batı Avrupa'da yeniden yükselişinin sonucuydu. Bu da 17. yüzyılda yaşam bilimlerinin yeniden doğuşuna yol açtı.

Albertus Magnus'un embriyoloji konusunda yaptığı araştırmalar, Aristoteles'in *De Generatione Animalium* üzerine yazdığı yorumdan oluşan *De animalibus* başlıklı eserinde arasözler olarak açıklanmaktadır. Albertus Magnus bu eserin 5. Kitap'ında kendi gözlemlerine dayanarak bir kelebeğin veya güvenin yaşam hikayesini çarpıcı bir biçimde anlatır.

Albertus Magnus, Aristoteles'in haberdar olmadığı çok sayıda kuzey hayvanıyla ilgili mükemmel bilgiler de verdi. Örneğin sincapların renk değişikliği gösterdiğini, söz gelimi Almanya'da kırmızıyken, Rusya'da gri olduklarını; ayrıca soğuk iklimlerdeki küçük kargaların, doğanların ve kuzgunların renklerinin daha açık olduğunu anlattı.

Albertus Magnus'un jeolojiyle ilgili görüşleri çoğunlukla Aristoteles'in *Meteorologica*'sına, ayrıca Aristoteles'e atfedilen *De elementis* [Elementler] kitabıyla, İbn Sina'nın *De mineralibus* eserine dayanır fakat Albertus Magnus bütün bu görüşleri uyarlayarak ve üzerlerine kendi gözlemlerini de ekleyerek tutarlı bir teori oluşturur. İbn Sina'nın fosillerle ilgili izahatlarını daha da geliştirerek, *De mineralibus et rebus metallica* [Madenler ve Metal Nesneler Üzerine] eserinde konuya yeni açıklamalar getirir: "Taşların hem dışı hem de iç kısmının hayvanların izini taşıdığını görüp de hayrete düşmeyecek insan yoktur. Taşlar dışarıdan hayvanların şekline benzer; taş kırılıp içine bakıldığında hayvanların iç kısımları ortaya çıkar. İbn Sina bize bu olgunun sebebinin, hayvanların tamamen taşla, özellikle de tuz taşına dönüşebilmesi olduğunu göstermiştir." Kilise'nin dogmalarıyla çeliştiği görülen herhangi bir şey olmadığından bu eser Kilise için herhangi bir sorun teşkil etmedi.

Albertus Magnus aynı zamanda simyayla da ilgileniyordu ve bir dizi kimyasal deney yaparak yaklaşık yüz mineralin özelliklerinin bir listesini çıkardı. Maddenin yapısıyla ilgili teorisinde elementlerin birleşik hâlde bulunduğu fikrine dayanan Albertus Magnus, arsenik elementini saf hâle getirebilen ilk kişi olarak da bilinir.

Her ne kadar bilimsel düşünme konusunda son derece modern olsa da, Albertus Magnus büyü, kehanet ve astroloji gibi konularla ilgili görüşlerinde hâlâ bir ortaçağlıydı. *Summa theologiae* [Nihai Teoloji] eserinde büyü'nün şeytanlardan geldiğine inandığını belirtir. "Çünkü azizler açıkça böyle söylüyor, ayrıca herkesin ortak görüşü de bu yönde. Nekromansinin Venüs'ün simgesi, halkaları ve aynalarıyla ve şeytanların mühürleriyle ilgilenen kısmında böyle öğretilir." Albertus Magnus hemen bütün bilimsel eserlerinde astrolojiden bahseder ve bu gibi gök olaylarının yol açtığı etkileri gezegenlerin kavuşumları olarak açıklar. "Büyük kazalar ve büyük mucizelerin oluşmasını, elementlerin ve dünyanın durumunda genel bir değişiklik yaşanmasını" da söz konusu olgulara bağlar.

Öğrencilerinden biri olan Strazburglu Ulrich Engelbert, Albertus Magnus'u şöyle tanımlar: "Her bilime dahil olmuş öyle ilahi bir insan ki rahatlıkla zamanımızın harikası ve mucizesi diyebiliriz." Thomas Aquinas da Albertus Magnus'dan hayranlıkla söz eder ve "bu kadar kendini

adamış ve dindar bir insanın bilimde olağanüstü başarılar elde etmesine şaşkırmamak gerek,” der. Albertus Magnus, Papa XI. Pius tarafından 16 Aralık 1931’de aziz ilan edildi; on yıl sonra da Papa XII. Pius tarafından, “kendini doğa bilimlerine adanmış kişilerin koruyucu azizi” ilan edildi.

Thomas Aquinas (1225 civarı-1274) İtalya’nın güneyinde Monte Cassino yakınlarında dünyaya geldi. Babası, II. Friedrich’in papalığa karşı yürüttüğü savaşta Friedrich’in ordusunda yer aldı. Eğitimine Monte Cassino’nun Benedikten manastırında başladı, sonra da yeni kurulan Napoli Üniversitesi’ne girdi. Orada Aristoteles’in eserleriyle tanıştı. Dominikenlere katıldıktan sonra eğitimini sürdürmesi için önce Köln’e ardından Paris’e gönderildi. Paris’teki öğretmenleri arasında Albertus Magnus da vardı. Albertus Magnus’tan dersler alan Thomas, Latinceye tercüme edilmiş Yunanca ve Arapça eserler başta olmak üzere, döneminin güncel bilgilerini kısa sürede iyice öğrendi.

1256-1259 ve 1269-1272 yılları arasında Paris Üniversitesi’nde profesörlük yapan Thomas Aquinas, iki dönem arasındaki yıllardaysa IV. Alexander, IV. Urbanus ve IV. Clemens’in papalık saraylarında görev yaptı. Paris’teki ikinci profesörlük döneminin ardından bir Dominiken Okulu kurmak üzere Napoli’ye döndü. 1273’te ölmeden birkaç ay önce-sine kadar da okulu yönetti. Papa XXI. İoannes tarafından 18 Temmuz 1323’te aziz ilan edildi, ardından Roma Katolik Kilisesi tarafından Katolik Kilisesi’nin öğretilerini temsile en layık öğretmen olduğu söylendi. Thomas Aquinas’ın Thomizm olarak bilinen felsefi sistemi Katolik üniversitelerde hâlâ öğretilmektedir. Ben de bir lisans öğrencisiyken New York Eyaleti, New Rochelle şehrinde bulunan Iona Koleji’de Thomizm dersi almıştım.

Thomas Aquinas, Albertus Magnus’un Aristoteles felsefesini özümseme ve bu felsefeyi kendi yorumladığı şekliyle Roma Katolik Kilisesi’nin dogmalarına uyarlama misyonunu sürdürdü. Pagan ve Hristiyan düşüncelerden oluşturduğu sentezi, öldüğü dönemde hâlâ üzerinde çalışmaya devam ettiği *Summa theologica*’sında anlatır. Bu eserde yanıtını bulmaya çalıştığı sorulardan biri, mutlak surette doğru olması gereken hipotezlerle –örneğin fizik veya metafizik hipotezleri–, yalnızca gözlemlenen olaylara uyarlanabilen hipotezler –mesela matematiksel hipotezler– arasındaki farktır. Metafizik hipotezlerin bir örneği, gökcisimlerinin

Dünya'nın etrafında sabit bir hızla dönen bir dizi eşmerkezli küre içeri-
sine gömülü olduğunu ileri süren Aristotelesçi görüştür. Öte taraftan
Batlamyus'un Güneş, Ay ve gezegenlerin gözlenen hareketlerine göre
tasarladığı, dışmerkezli daireler ve dış çemberlerden oluşan teorisi ma-
tematiksel bir hipotezdir.

Kopernik, Kepler ve Newton'un da ispatladığı üzere her iki hipotezin
de yanlış olduğu ortaya çıktı. Fakat Thomas Aquinas, gökcisimleri ile il-
gili Aristotelesçi hipotezin mutlak surette doğru olması gerektiğini, çün-
kü "göklerin hareketlerinin daima sabit bir hızda devam ettiğini göste-
ren yeterince kanıt olduğunu" düşünüyordu. Ayrıca Thomas Aquinas'a
göre Batlamyus'un çemberler ve dış çemberlerden oluşan matematiksel
hipotezi "yeterli bir kanıt değildi, çünkü başka bir hipotez de bu hareket-
lere açıklama getirebilirdi".

Tıpkı Albertus Magnus gibi Thomas Aquinas da teolojiyle doğa bili-
mi arasındaki çatışmayı çözmeye ve vahiyle akıl arasında gerçek bir çe-
lişki olmadığını göstermeye çalıştı. Doğa felsefesinin Hristiyan inancıyla
karşıtlık içerisinde olduğunu ileri sürenlere karşı çıkan Thomas Aqu-
inas, *Faith, Reason, and Theology* [İnanç, Akıl ve Teoloji] eserinde şöyle
der: "İnsan aklının doğal ışığı inancın getirdiği vahiyleri açıklamaya yet-
mese de inancın bize ilahi olarak öğrettiği şeyler, doğadan öğrendikleri-
mizle karşıtlık içinde olamaz. İkisinden biri yanlış olmalıdır ve her ikisi-
ni de Tanrı'dan aldığımız için hatamızın nedeni Tanrı olmuş olur, fakat
bu imkansızdır."

Thomas Aquinas, Aristoteles'in görüşlerini Katolik dogmaya uyar-
lama konusunda karşılaştığı sorunları şu iki kitabında ele alıyordu: *De
aeternitate mundi, contra murmurantes* [Dünyanın Sonsuzluğu Üzerine]
ve *De unitate intellectus, contra Averroistas* [İbn Rüşdçülere karşı Aklın
Birliği Üzerine]. İlk kitapta, ilahi vahyin bildirdiğine göre dünyanın her-
hangi bir zaman diliminde bir anda yaratıldığını, fakat felsefenin buna
bir çözüm getiremeyeceğini, çünkü hiçlikten yaratılış sorusunun do-
ğal yollarla ispatlanamayacağını, yalnızca inanca bağlı olduğunu söyler.
İkinci kitaptaysa Aquinas, Paris Üniversitesi'nde monofizizm -insan ru-
hunun tek bir bireyle sınırlı olmadığını, aynı zamanda bütün insanlığın
paylaştığı ortak bir ruh olduğunu, kişi öldükten sonra ortak ruhun ya-
şamaya devam ettiğini ileri süren bir görüş- üzerine dersler veren Bra-

bantlı Siger tarafından yeniden gündeme getirilen İbn Rüşdçü anlayışa karşı çıkar.

Thomas Aquinas, *De unitate intellectus*'u yayımladıktan sonra Brabantlı Siger görüşlerini Katolik öğretiye uygun düşecek şekilde değiştirdi. Siger kendi görüşlerinin zorunlu felsefi sonuçlar olduğunda ısrarcı olsa da, Katolik görüşlerle çeliştikleri için Kilise dogmasının daha üstün olduğunu bildirdi. Siger bu konuda şöyle yazar: "İnsan, aklın ötesindeki şeyleri araştırmaya veya akla karşıt savları çürütmeye çalışmamalıdır. Fakat ne kadar büyük olsalar da, filozoflar da bazı konularda yanılabilir, bu yüzden insan çürütemeyeceği felsefi savlara dayanarak Katolik inancını inkar etmemelidir."

Siger'in çevresindekilerden Dacialı Boethius (1270'te etkin olduğu bilinmektedir) *De aeternitate mundi* [Dünyanın Sonsuzluğu Üzerine] eserinde, yaratılış fikrini reddederek Aristoteles'in başlangıcı olmayan evren görüşünü savundu. Böylelikle bir Hıristiyan olarak, yaratılış fikrini bir inanç meselesi olarak gördüğünü belli etti. Bununla birlikte Siger, filozofların rasyonel açıklaması olan konuları sorgulamakla yükümlü olduğunu savunuyordu. Siger şöyle der: "Hangi sorunun akılla tartışılabileceğine karar verecek olan filozoftur, çünkü rasyonel tezlerle tartışılabilecek her soru kısmen varlığın alanına girer. Fakat filozof bütün varlıkları -doğal, matematiksel ve ilahi- araştırır. Dolayısıyla hangi sorunun akılla tartışılabileceğine karar verecek olan filozoftur."

Her ne kadar yeni üniversitelerde öğretilen tıp dışındaki çoğu dersin temeli Aristoteles'in eserlerine dayansa da doğa felsefesiyle ilgili bazı fikirlerine, özellikle de İbn Rüşd yorumlarına Katolik ilahiyatçılar şiddetle karşı çıktı. Aristoteles'e getirilen itirazlardan biri, Tanrı'nın yaratma filini inkar eden evrenin sonsuz oluşu görüşüdür. Bir diğer nokta da sebep ve sonuç doktrindeki determinizmdir. Bu görüş de ilahi bir müdahaleye veya diğer mucizelere herhangi bir yer bırakmamaktadır. Bir başka itiraz da, Aristoteles'in doğa felsefesinin panteist oluşu ve Tanrı'yı doğayla özdeşleştirmesiydi. Bu da Aristotelesçiliğe İbn Sina tarafından getirilen neo-Platoncu yorumundan çıkarılan bir sonuçtu.

Bu yüzden, 1210'da Paris'te toplanan piskoposlar konsili Aristoteles'in doğa felsefesinin üniversitelerin temel bilimler fakültelerinde okutulmasını yasakladı. Yasak, 1231'de Papa IX. Gregorius tarafından yenilen-

di. Papa bir kararname yayınlayarak Aristoteles'in doğa felsefesiyle ilgili eserlerinin "inceleninceye ve bütün sapkın düşüncelerden arıtılınca" dek Paris Üniversitesi'nde okutulmamasını emretti. Anlaşıldığı kadarıyla yasak uygulanmadı, uygulanmış olsa bile yürürlükte olduğu süre yarım asrı geçmedi. 1255'te Paris Üniversitesi'nde kullanılan metinler arasında Aristoteles'in tüm eserleri bulunuyordu.

Bu ihtilaf 1270'te yeniden gündeme geldi. Paris piskoposu Etienne Tempier, Aristoteles'in felsefesinden veya İbn Rüşd'ün Aristoteles yorumlarından çıkarılan on üç savı mahkum etti. Bu durum "ikili doğruluk" kavramının ortaya çıkmasına yol açtı. Buna göre, bir fikir fizik ve metafizikte aklen doğruyken, buna karşıt bir görüş de teoloji ve inanç alanında doğru olabilir. Papa XXI. İoannes, ilahiyatçıların da görüşünü almasının ardından 1277'de bir ferman yayınlayarak Tempier'ninkiler de dahil toplam 219 savı mahkum etti ve bu yanlış doktrinlerden tek bir tanesini dahi kabul eden aforozetmekle tehdit etti. Aynı yıl Canterbury başpiskoposu Robert Kilwardby tarafından benzer bir yasaklama kararı daha alındı. Robert Kilwardby'in çıkardığı ferman, halefi John Pecham tarafından 1284'te yenilendi. Determinist olmaları itibarıyla Tanrı'nın gücünü sınırladıkları öne sürülen bir dizi savın hatalı olduğu ilan edildi.

Paris piskoposunun 1270'te İbn Rüşd'ü doktrinlerine getirdiği yasak muhtemelen Thomas Aquinas'ın bazı öğretilerine, özellikle de dünyanın yaratılışının yalnızca akılla açıklanamayacağı fikrine de getirildi. Thomas Aquinas'ın ortaya attığı görüşler aslında Aristotelesçi felsefeyi Hristiyan teolojisine uyarlama sorununa getirdiği çözümlerdi. Thomas Aquinas'ın bu hususta kat ettiği mesafe, İncil'in Göğe Yükseliş bölümündeki açıklamaların Aristotelesçi evrenle uyumlu olduğunu gösterme girişiminde kendini gösterir. Thomas Aquinas, Efesliler 4:10'da yer alan, İsa "her şeyi doldurmak üzere bütün göklerin çok üstüne çıktı" açıklamasını Aristoteles'in felsefesiyle ve eşmerkezli kristal küreler modeliyle uzlaştırmada sorunlar yaşadı.

Aynı şekilde Aristoteles'in dünyayla ilgili modelini Katolik inanca uyarlama çabaları da çeşitli sorunlarla karşılaştı. 13. yüzyıldaki yasaklamalara rağmen Aristoteles'in eserleri gerek Paris'te gerekse diğer üniversitelerde müfredata hakim olmaya devam etti. 1341'de Paris Üniversitesi'nde kabul edilen bir düzenlemeye göre, beşeri bilimlerde ders verecek



*Aziz Albertus Magnus'un bir portresi.
Resim: Tommaso da Modena (Üstte).*



*Aziz Thomas Aquinas'ın bir portresi.
Resim: Fra Angelico.*

bütün yeni öğretmenlerin “inanca aykırı olanlar dışında, Aristoteles sistemini, yorumcusu İbn Rüşt’ün ve adı geçen bütün yorumcuların öğretilerini öğretmeye” yemin etmeleri şart koşuldu. O döneme kadar Aristoteles felsefesi Avrupa’daki bütün üniversitelerde tıp, hukuk ve teoloji konusunda lisans ve lisansüstü programların başlıca kaynağıydı, ayrıca felsefi tartışmalar ve bilimsel araştırmalar için de temel oluştuyordu. Bu gelişme Aristoteles’in Hristiyanlaştırılması şeklinde kavramsallaştırılabilecek sürecin doruk noktasıydı. Tarihçi David Lindberg, bu gelişmeyi inançla akıl arasındaki sorunu çözmeye çalışan Thomas Aquinas’ın çabalarına bağlar.

Thomas Aquinas’ın bu soruna getirdiği çözüm buydu. Her iki öğretiye de yer açarak Hristiyan teolojisiyle Aristotelesçi felsefeyi ustalıkla birleştirdi ve “Hristiyan Aristotelesçiliği” olarak adlandırabileceğimiz yeni bir sentez yarattı. Süreç içerisinde Thomas Aquinas’ın, vahyin öğretileriyle çatıştığı görülen Aristotelesçi öğretileri Hristiyanlaştırması ve hatalı olduğu noktada Aristoteles’i düzeltmesi gerekmişti; aynı zamanda Aristotelesçi metafiziği ve doğa felsefesini Hristiyan teolojisine dahil ederek Hristiyanlığı “Aristotelesçileştirdi”. Thomizm uzun vadede Katolik Kilisesi’nin resmi ideolojisi haline geldi; kısa vadedeyse Thomas Aquinas, tutucu ilahiyatçılar tarafından tehlikeli bir radikal olarak görüldü.

Albertus Magnus ve Thomas Aquinas, Aristoteles’i Hristiyanlaştırdı; dolayısıyla Aristotelesçilik, durağan ve yer-merkezli kozmolojisiyle birlikte 17. yüzyıla kadar Batı Avrupa’nın hakim görüşü oldu. On yedinci yüzyılda ise Kopernik, Galileo, Kepler ve Newton’un eserleriyle birlikte Aristotelesçiliğin hakimiyeti de ortadan kalktı.

Fakat Aristotelesçilik Batı Avrupa’da yüksek eğitimin ve bilimsel araştırmanın temeli olmaya devam etti. Batı Avrupa’da 13. yüzyıl başlarında gözlem ve deneye dayanan yeni bir doğa felsefesi ve bilimsel yöntem geliştiren bilginler, adeta bıçak sırtında yürüdüklerinden Kilise’nin dogmasıyla çatışmaktan kaçınıyor ve düşüncelerinin kaynağını hâlâ Aristoteles’in eserlerine dayandırıyorlardı.

IŞIĞIN METAFİZİĞİ

Avrupa'nın yeni doğa felsefesi Paris ve Oxford üniversitelerinde doğdu. Bu üniversitelerde çeşitli öğrenci birliklerinin yarattığı entelektüel mayalanma, devrimsel fikirlerin ortaya çıkmasına yol açtı. Gördüğümüz üzere, Kilise zaman zaman söz konusu fikirler üzerinde baskı uyguladıysa da bu hiçbir zaman uzun sürmedi. Batı Avrupa'nın entelektüel yeniden doğuşu artık önlenemez bir yükselişe geçmişti, fakat Katolik dogmayla karşı karşıya gelmemek için isyancılar bile kaynak olarak hâlâ Aristoteles'in fikirlerini kullanıyordu. Lisans eğitimimde öğrendiğim Thomist felsefede de durum böyleydi.

Yeni doğa felsefesi teori ve deneyin yanı sıra matematiğe de dayanıyordu. Fakat bu aşamada Avrupa'daki bilim insanlarının elindeki araçlar, Batlamyus'un astronomiyle ilgili gözlemleri için usturlabı, ışık konusundaki araştırmaları için de basit optik araçları kullandığı Helenistik dönemdekiyle aşağı yukarı aynıydı; dolayısıyla deneyleri optikle sınırlı kalıyordu. Bütün bunlara rağmen ışıkla ilgili araştırmalarını akustığı de kapsayacak şekilde genişleten dönemin bilim insanları, bazı bakımlardan Yunan ve Arap seleflerini aşarak 17. yüzyılda çağdaş optik biliminin doğuşu için zemin hazırladılar. Ayrıca merceklerdeki ışık kırılımı konusunda da seleflerini geçerek teleskop ve mikroskobun keşfedilmesine yol açtılar.

Avrupa'nın yeni doğa felsefesinin doğuşundaki en etkili şahsiyetlerden biri Robert Grosseteste'dir (1175 civarı-1253). Grosseteste'in yaşam öyküsünü kaleme alan A. C. Crombie, onu "ortaçağ Oxford'unda bilimsel düşünce geleneğinin ve bazı bakımlardan çağdaş İngiliz düşünce ge-

leneğinin gerçek kurucusu” olarak nitelendirir.

İngiltere'nin Suffolk Kontluğu'nun Stradbroke kasabasında mütevazı bir ailede dünyaya gelen Grosseteste, Lincoln'deki katedral okulunda, sonra da Oxford Üniversitesi'nde eğitim aldı. Gallerli Gerald'ın, Grosseteste'in, “temel bilimler alanında bilgili ve edebiyat konusunda yetkin olduğunu”, dolayısıyla biraz eğitim gördükten sonra hukuk ve tıp alanlarında da başarılı olacağını ileri sürdüğü 1198'e kadar, Hereford piskoposu William de Vere'nin hanesinde yaşadı.

Gerald'ın bu yorumu, Grosseteste'in ilk eseri *De artibus liberalibus* [Temel Bilimler Üzerine] sayesinde ispatlanacaktır. Grosseteste eserin girişinde, yedi temel ilmin insanı hatalarından nasıl arındırdığını ve beyne nasıl yön verdiğini anlatır. Müzik tedavisi özellikle ilginçtir çünkü armoni kurallarının sadece insan sesine ve müzik enstrümanlarına değil, aynı zamanda gök cisimlerinin hareketine, dört elementten meydana gelen cisimlere ve insandaki bedenle ruh arasındaki armonik ilişkiye de uygulanabileceğini düşünüyordu. Grosseteste ayrıca konuyla ilgili olarak *De generatione sonorum* [Sesin Oluşumu Üzerine] adlı bir eser yazmıştır. Eserde, ses veren bir cisimden yayılan titreşimin kulağın diyaframına ulaşmasıyla sesin meydana geldiğini ve kulaktaki hareketin duymaya neden olduğunu açıklar.

Grosseteste daha sonra muhtemelen 1209'a kadar Oxford Üniversitesi Edebiyat Fakültesi'nde ders verdi. 1209'da kentte baş gösteren şiddetli öğrenci ayaklanmaları nedeniyle üniversitedeki öğretmenler ve bilginler beş yıl boyunca dağıldı. Bu beş yıllık süreçte Grosseteste muhtemelen Paris Üniversitesi'nde teoloji alanında yüksek lisans yaptı. 1209-1214 arasında Oxford Üniversitesi'ne *magister scholarum*, yani rektör olarak atandı. Muhtemelen bu göreve getirilen ya ilk ya da ilk birkaç kişiden biriydi. Yunanca öğrenmeye başladığı dönemde teoloji konusunda dersler de verdi. İlk Fransisken rahipleri 1224'te Oxford'a geldiğinde, Grosseteste söz konusu rahiplerin okutmanı tayin edildi ve rahiplerin ilgisini matematik ve doğa biliminin yanı sıra İncil ve dil derslerine yönlendirdi. Son olarak 1235'te Lincoln piskoposu olarak atandığında üniversiteden ayrıldı. Yetki alanı Oxford'u ve okullarını kapsıyordu. Piskoposluk yaptığı dönemde, 1245'te Birinci Lyon Konsili'ne katıldı. Buckinghamshire'ın Buckden köyünde 9 Aralık 1253'te öldü ve Lincoln'daki katedrale defnedildi.

Grosseteste'in eserleri, Oxford rektörüken yazdıkları ve Lincoln piskoposu olduğu dönemdekiler olmak üzere ikiye ayrılır. İlk dönemdeki eserleri Aristoteles ve İncil üzerine yaptığı yorumlardan ve bağımsız incelemelerinden oluşur. İkinci dönemki eserleri ise genel olarak Yunanca'dan yapılan tercümelerden müteşekkildir: Aristoteles'in *Nikomakhos'a Etik* ve *Gökyüzü Üzerine* ile *Gökyüzü Üzerine* Simplicius tarafından yazılmış yorum ve bazı teoloji eserleri. Tercümelerde kendisine yardımcı olmaları için Yunanca bilen âlimleri Lincoln'e getirtti. Zebur'un İbraniceden tercüme edilmesini sağladı; ayrıca anlaşıldığı kadarıyla biraz İbranice de öğrenmişti.

Grosseteste'in Aristoteles'in *İkincil Çözümlemeler* ve *Fizik* eserleri üzerine yazdıkları söz konusu eserlerin ilk ve en etkili yorumları arasında yer alır. Bu iki yorum, Grosseteste'in bilim ve bilimsel yöntem üzerine düşüncelerini de ortaya koyar. Grosseteste söz konusu teori ve yöntemi, astronomi üzerine yazdığı altı eser ve takvim reformu üzerine yazdığı bir eserin yanı sıra *De generatione stellarum* [Yıldızların Oluşumu Üzerine], *De generatione sonorum* [Sesin Oluşumu Üzerine], *De impressionibus elementorum* [Elementlerin Etkisi Üzerine], *De cometis* [Kuyruklu yıldızlar Üzerine], *De calore solis* [Güneşin Isısı Üzerine], *De colore* [Renkler Üzerine], *De iride* [Gökkuşağı Üzerine] ve gelgit olgusunun Ay'dan kaynaklandığını ileri sürdüğü *De accessu et recessu maris* [Gelgitler ve Gelgitlerin Hareketleri Üzerine] eserlerinde de uygulamıştır.

Grosseteste, Aristoteles'in bilim metodolojisini kullanan ilk Avrupalı ortaçağ bilginidir. Grosseteste'in metodolojisi iki aşamadan oluşur. Bu aşamalardan ilki tümevarımla tümdengelim birleşimidir. Grosseteste tümevarımı çözüm, tümdengelim de bileşim olarak adlandırır. İkinci aşama, Grosseteste'nin doğrulama ve yanlışlama olarak adlandırdığı, doğru nedeni diğer muhtemel nedenlerden ayırmak için gerekli süreçtir. Grosseteste doğrulama ve yanlışlamayı, fiziksel gerçekliğin doğasıyla ilgili iki varsayıma dayanarak kullanır. Bunlardan ilki doğanın tekbiçimliliği ilkesidir. Bu konuda görüşünü paylaştığı Aristoteles'ten şu alıntıyı yapar: "Aynı sebep, koşulların aynı kalması kaydıyla aynı sonuçtan başka bir şey doğurmaz." İkincisi tutumluluk ilkesidir. Bu ilkeye göre, en iyi açıklama en basit, yani diğer koşullar eşit olduğunda en az varsayımla yapılandır. Bu konuda yine Aristoteles'ten bir alıntı yapar: Doğal et-

menlerden kaynağını alan güç, düz bir çizgide hareket eder, “çünkü doğa mümkün olan en kısa yolu kullanır”. Grosseteste’in bu varsayımlardan yola çıkan yöntemi, “deneyim ve akılla” ulaşılan nedenleri birbirinden ayırt eder ve olgusal kanıtlara veya deneyimle doğrulanmış bir teoriye ters düşen kuramları reddeder. Bu fikirler, hem Galileo ve Newton hem de sonraki bilginler tarafından kullanılan ve modern bilimin temellerini oluşturan bilimsel yöntemi meydana getirdi.

Grosseteste genel olarak optikte, özellikle de düz ve kavisli aynalarda ışığın yansıması ve hem merceklerde hem de su dolu cam kürelerde ışığın kırılması üzerine deneyler yaptı. Kırılma üzerine yaptığı deneyler, Grosseteste’in renkleri anlamasına ve Newton’un, 18. yüzyılın başlarında yayımlanan *Optiks* [Optik] eserinde açıkladığı bazı keşifleri yapmasına olanak sağladı.

Grosseteste, metodolojisinde aynı zamanda Aristoteles’in bazı bilimlerini başka bilimlerin alt disiplini olarak tanımlama yöntemini de kullandı. Aristoteles, örneğin astronomi ve optik bilimlerini geometrinin, müziği de aritmetiğin yan dalları olarak sınıflandırmıştı. Aristoteles’in eserleriyle ilgili yazdığı yorumlardan birinde Grosseteste şöyle yazar: “İki bilimden biri ötekinin yan dalıysa, ana bilim bir olgunun *propter quid*’ini [olgunun nedenini] verirken, yan dal *quia*’yı [gözlemlenen olguyu] verir.”

Grosseteste’e göre matematik olmaksızın fizik dünyasını anlamak mümkün değildir; bu düşüncesi benim Grosseteste’i ilk modern fizikçi olarak görmemi sağlar. Her ne kadar matematik soyut sayılarla ilgili bir bilim olsa da, matematiksel varlıklar aslında fiziksel şeylerin niceliksel özellikleridir; Grosseteste’nin de dediği gibi, “niceliksel düzen bütün matematiksel bilimlerde...ve doğa bilimlerinde ortaktır.” Matematiğin kullanımı, niceliksel sonuçlar verebilecek ölçümlerin yapılmasını sağladı, fakat bu ölçümlerde hata yapmak kaçınılmazdı. Dolayısıyla bunu önlemek için bütün insan ölçümleri standartlaştı. Geometri, optik bilimindeki olguların, örneğin ışığın yansımasının tanımlanabilmesi için “olgunun nedenini” sunsa da, etkin nedeni ve diğer nedenleri açıklayamaz. Dolayısıyla optik olguların tam bir açıklamasını yapabilmek için sadece geometriye ihtiyaç duyulmaz, aynı zamanda ışığın, aynadan geliş açısıyla la yansıma açısının birbirine eşit olacak şekilde yansımasını sağlayacak

olan fiziksel yapısının da bilinmesi gerekir. Yani matematik yalnızca biçimsel nedeni verir; maddesel ve etkin nedenleri anlamamızı sağlayan sa fizik bilimleridir. Dolayısıyla “bir aynaya düşen ışınla yansıyan ışının açılarının eşit olmasının nedeni geometriden alınan bir orta terim değil, geometrinin yapısıdır.”

Grosseteste esas olarak her ne kadar Aristotelesçi fikirlere sahip olsa da, bazı görüşleri oldukça farklıydı. Örneğin Aristoteles bütün gök cisimlerinin en saf madde olan eterden oluştuğunu savunurken, Grosseteste yıldızların dört yer elementinden oluştuğunu düşünüyordu. Aynı şekilde Aristoteles uzayın sınırsız olduğunu ve boşluğun imkansız olduğunu ileri sürerken, Grosseteste boşluk ve sonsuz uzay gibi matematiksel kavramların anlamını açıklamaya çalışıyordu. Grosseteste, uzayın yalnızca “matematikçilerin düşüncelerindeki” halinin sınırsız olabileceğini, çünkü tasavvur edilen uzayla gerçek uzayın aynı olmadığını ileri sürer.

Grosseteste matematik ve ölçmenin doğal olguları tanımlamada araç olarak nasıl kullanıldığını açıklar. Aristoteles’in “önce ve sonraya kıyasla gerçekleşen hareket sayısı” şeklindeki zaman tanımını yorumlayan Grosseteste, bu tanım sayesinde yerel hareket oranlarının ve diğer değişimlerin uzunlukları ölçerek karşılaştırılabileceğini ileri sürer.

Grosseteste matematiksel fizikçilerin geleneksel ölçü birimlerini, örneğin uzunluğu ölçmek için parmak, karış ve gez gibi birimleri, zaman birimi olarak da “göklerin bir döngüsünü” kullanması gerektiğini söyler. Grosseteste burada Platon’un “doğanın geometrikleştirilmesi” kavramını yeniden gündeme getirir, fakat kavramı doğanın öznel boyutlarını ve sonsuz olmayan, zaman içinde değişen yönlerini bile niceleyecek şekilde genişletir. Crombie’nin dikkat çektiği üzere bu durum “özellikle 17. yüzyıldan itibaren modern matematiksel fiziğin temelini oluşturan metodolojik bir ilkenin habercisiydi ... Bu ilkenin bilim dilinde tanımlanabilmesi için ‘özel’ algıların matematiksel işleme uygun kavramlarla değiştirilmesi gerekir.”

Grosseteste optik biliminin fiziksel dünyayı anlamak için anahtar rol oynadığına inanır. Bu inancı, kendi ürettiği neo-Platoncu bir kavram olan “Işığın Metafiziği”nden kaynaklanır. Bu konuda Aziz Augustinus’un görüşlerini savunan Grosseteste, fiziksel ışığın ruhsal ışığa benzediğini ileri sürer; ruhsal ışık sayesinde beyin, Grosseteste’in doğanın düzeni için

zorunlu ilkeler olduğunu düşündüğü ideal formlarla ilgili gerçek bilgiyi alır.

Grosseteste, bir şeyin tam bir kesinlikle bilinebilmesi için, o kavramın Tanrı'nın zihnindeki ebedi formla örtüşmesi gerektiğine inanır. Aristoteles'in eserleri üzerine yazdığı yorumlarından birinde Aristoteles'den şu alıntıyı yapar: "Aynı anda hem olgunun bilgisini hem de söz konusu olgunun nedeninin bilgisini oluşturan bilim daha kesin ve önceliklidir."

Grosseteste'e göre Tanrı başlangıçta temel maddi form olarak ışığı yarattı. Işık her yöne doğru kendi kendine sınırsızca çoğalır ve genişlemesiyle birlikte, genişlememiş maddeyi uzamsal boyutların içine yerleşmeye zorlar. Grosseteste ışığı hareketin etkin nedeni olarak, yaratılan evrenin makro kozmosuna düzen ve anlaşılabilirlik kazandıran koordine edici bir ilke olarak ve insan mikro kozmosunda ruh, beden ve bedensel du-yular arasındaki etkileşimi yöneten temel unsur olarak görür.

Grosseteste'in optik teorisine göre ışık bir dizi dalga ve titreşimin yayılması yoluyla düz bir çizgide ilerler ve doğrusal hareketi nedeniyle de geometrik olarak tanımlanabilir. Bu teori, Grosseteste'in Aristoteles'in *İkincil Çözümlemeler*'i üzerine yazdığı yorumda ileri sürdüğü akustik teorisine benzer. Grosseteste şöyle der: "Ses veren bir cisme çarpıldığında ve titreşim meydana geldiğinde, cismin çevresinde de benzer bir titreşim ve benzer bir hareket meydana gelmek zorundadır; bu titreşim ve hareket doğrusal çizgiler boyunca her yöne yayılır."

Grosseteste, türlerin yayılması olarak adlandırdığı bu teorinin ışık, ses, ısı ve mekanik hareket, hatta astrolojik etki konusunda, herhangi bir dalganın yayılmasını açıklamak için kullanılabileceğini düşünüyordu. Dolayısıyla ışık bilimi, doğanın anlaşılması bakımından hayati önem taşıyordu. Ayrıca sadece gözlenen değil, aynı zamanda ilahi olarak da kastettiği ışığın, Tanrı tarafından evrenin yaratılmasında kullanıldığına inanıyordu.

Grosseteste optik bilimini üçe ayırdı: görüntü, aynalar (katoptrik veya yansıma bilimi) ve mercekler (dioptrik veya kırılma bilimi). Grosseteste üçüncü grup üzerinde daha çok durur ve mercekleri, "bugüne kadar dokunulmamış ve bilinmeyen bir alan" olarak tanımlar. Grosseteste'in kırılma hakkında ileri sürdüğü uygulamalar 17. yüzyılda teleskop

ve mikroskobun keşfiyle gerçeklik kazanmıştır. Grosseteste şöyle yazar: “Optiğin bu bölümü, iyi anlaşıldığı takdirde çok uzak mesafelerdeki şeylerin görüntüsünün nasıl yakınlaştırılabileceğini... ve uzak mesafedeki küçük şeyleri nasıl istediğimiz boyutta görebileceğimizi öğretir. Dolayısıyla çok uzak mesafelerden küçücük harfleri bile okumamız mümkün olabilir, veya kumları, tahıl tanelerini, tohumları ve küçücük nesneleri sayabiliriz.”

Grosseteste’in Öklid ve Batlamyus’un optik eserlerinden de öğrendiği gibi bu büyütmenin nedeni şuydu: “Bir şeyin gözlenen büyüklüğü, konumu ve düzeni, söz konusu şeyin görüntülediği açının büyüklüğüne ve ışınların konum ve düzenine bağlıdır. Bir şeyin görünmemesinin nedeni uzaklığı değil, görüş açısının darlığıdır.” Dolayısıyla “geometrik nedenlerden açıkça anlaşılmaktadır ki belirli bir mesafedeki ve büyüklükteki bir nesne, gözle görülebilen belli bir mesafeye yerleştirilmiş belli bir büyüklük ve şekle sahip şeffaf bir araç yoluyla yerine, büyüklüğüne ve konumuna bağlı olarak görülecektir.”

Grosseteste ışığın “yakma camı” [büyüteç] veya küresel mercek yoluyla odaklanmasını açıklamaya çalışırken, ışık kırılması konusunda nicel bir teori geliştirdi. Grosseteste’in kanununa göre, yoğun bir ortamdan az yoğun ortama geçtiğinde kırılan ışın, gelen ışınla giriş noktasındaki yüzeye dik düzlem arasındaki açıyı ikiye böler. Fakat bu teori yanlıştı.

Yapılan bir deney, Grosseteste’e kırılma kanunun yanlış olduğunu gösterdi, fakat anlaşıldığı kadarıyla Grosseteste ileri sürdüğü kanunu asla deneye tabi tutmadı. Halbuki eğer bir teori gözlemle çelişiyorsa, söz konusu teorinin terk edilmesi gerektiği, bizzat kendisi tarafından savunulan bilimsel yöntemin temel doktrinlerinden biriydi. Crombie bu ilginç davranışı şöyle açıklar:

Grosseteste aslında bir deneyseleiden ziyade bir metodologdu. *Lüksün* [gözlenen ışığın özü] bu ilkeye göre davrandığına ve kırılmayla yansıma arasında sözüm ona bir benzerlik bulunduğuna inanan Grosseteste, problemi doğru anlayabilmek için belki de bu ilkeye aşırı derecede saplanıp kalmıştı.

Bütün bunlara rağmen Grosseteste’in kendi bilimsel yöntemini düzgün-

ce uyguladığı, *De iride* eserinde açıkça görülmektedir. Söz konusu eserinde Grosseteste, gökkuşağının ışığın yansımasından ziyade kırılmasından kaynaklandığını ileri sürdüğü için Aristotelesçi teoriden ayrılır. Bazı bilimlerin, diğer bilimlerin yan dalı olduğu düşüncesini kullanan Grosseteste'in söz konusu eserinde yazdığı üzere: "Örneğin, optik geometrinin yan dalıdır, içbükey ıslak bir bulutta kırılan güneş ışınlarıyla ilgili bilimse optiğin alt dalıdır." Her ne kadar gökkuşağı teorisi yanlış olsa da, problemi ortaya koyuş biçimi sayesinde kendinden sonra gelen bilim insanları söz konusu teori üzerinde araştırmalar yapıp eleştirilerde bulunarak gerçek çözüme ulaşabilmişlerdir.

Grosseteste fiziksel güçlerde meydana gelen ve ışık ışınlarının geometrik özelliklerine dayanan niceliksel farklılıklardan doğan niteliksel farklılıkları açıklamanın mümkün olduğunu savundu. Dolayısıyla ısının ve ışığın yoğunluğunun, ışınların konsantrasyonuna bağlı olduğunu savundu; ısının kendisini de, ısınımın yol açtığı hareket yüzünden moleküler parçaların dağılması olarak açıklamaya çalıştı. Grosseteste rengin "ışığın saydam bir ortama girmesiyle" oluştuğunu ve renk spektrumunun üç faktörün -ortamın maddi cisimlerden arınmışlığı, ışığın parlaklığı ve ışınların sayısı- "yoğunluğundaki artış ve düşüş" sonucunda meydana geldiğini belirtti. Grosseteste sonuç olarak şöyle der: "Doğa bilimi ve optiğin prensiplerini iyi bilenler için, rengin özü ve belirtilen şekilde yayılması yalnızca akıl yoluyla değil aynı zamanda deneyle de ispatlanmaktadır... Bilginler kazanacakları beceri sayesinde istedikleri rengi istedikleri şekilde gösterebilirler."

Grosseteste'in felsefi ve bilimsel eserlerinde onun bir Hıristiyan pis-koposu olduğunu gösteren pek az şey vardır, fakat Tanrı'nın yaratıcılığı inancıyla çeliştiği için, *De finitate motus et temporis* [Hareket ve Zamanın Sınırlılığı Üzerine] eserinde, evrenin ebedi olduğunu iddia eden Aristotelesçi görüşe karşı çıkar. Grosseteste'in Hıristiyanlığa olan inancı *De ordine emamandi causatorum a Deo*'da da [Tanrı'nın Yarattığı Şeylerin Ortaya Çıkmasının Düzeni Üzerine] açıkça görülmektedir. Grosseteste söz konusu eserinde, insanların İncil'deki yaratılış rivayetlerini sorgulamasını arzu ettiğini belirtir.

Grosseteste optik konusundaki eserlerinin yanı sıra astronomi üzerine de bir dizi eser yazdı. Bunlardan en önemlisi *De sphaera*'dır. [Gökküre

Üzerine]. Grosseteste eserinde hem Aristotelesçi hem de Batlamyusçu astronomi teorilerini ele alır. Ayrıca takvim reformu üzerine kaleme aldığı dört ciltlik eserinde de Aristoteles ve Batlamyus'un astronomilerinden söz eder. Gezegenlerin yörüngesini hesaplamak için Batlamyus'un dışmerkezli daireler ve dış çemberlerden oluşan sistemini kullansa da, "Aristoteles'e göre söz konusu gök hareketleri ancak hayali olarak mümkünken doğada ise mümkün değildir, çünkü dokuz kürenin tamamı eş-merkezlidir," diyordu.

Takvim reformu üzerine yazdığı eserler, uzun süredir kullanılan sistemin -bu sisteme göre on dokuz güneş yılı 235 kameri aya tekabül eder- yanlış olduğunu gösteren gözlemine dayanır. Takvim, Ay'ın dolunay evresinde olması gerektiğini söylerken, gerçekte bu hesabın hiçbir zaman tutturulamamış olması sistemin yanlış olduğunu kanıtlıyordu; bu yüzden paskalyanın zamanı da yanlış hesaplanıyordu. Bu yanlışlığın sebebi güneş yılının 365,25 gün olarak alınıp, ay döngüsünün de on dokuz güneş yılına eşit olduğunun varsayılmasıydı.

Grosseteste sorunu çözmek için takvim reformuyla ilgili üç aşamalı bir plan yaptı. Birinci aşama güneş yılının doğru hesaplanmasıydı. Hipparkhos, Batlamyus, Sabit bin Kurra ve El-Battani tarafından yapılan benzer hesaplama sistemlerinden haberdardı. Yaptığı incelemeler ve araştırmalar sonucunda, El-Battani tarafından bulunan değerlerin "günümüzdeki gündönümlerinin gözlemlenmesi sonucunda elde edilen hesaplamalara en yakın değerler" olduğu kanaatine ulaştı.

İkinci aşamagüneş yılıyla, süresi 29,5 günden biraz fazla olan kameri ay arasındaki ilişkiyi bulmaktı. Grosseteste takvim reformu üzerine yazdığı ilk eseri *Canon in kalendarium*'da [Takvimin Esasları], yetmiş altı yılı her biri on dokuz yıldan oluşan dört döneme ayırarak yeni-ay cetvelleri oluşturdu. *Compotus correctorius* [Düzeltilme Hesaplamaları] adlı üçüncü eserinde, bu yöntemdeki hatayı hesaplayarak 12 kameri ay ve yaklaşık 354 günden oluşan İslami takvimi kullanıp yeni ve daha doğru bir döngü önerdi. İslami takvime göre toplamda 10.631 günden, yani otuz yıldan oluşan bu döngü, kameri ayların 29,5 günde kendini tekrar ettiği en kısa dönemdir. Grosseteste ay döngülerini doğru hesaplamak için söz konusu İslami takvimle Hristiyan güneş takvimini birleştirecek bir yöntem geliştirdi.

Grosseteste'in takvim reformunun üçüncü aşamasıysa, bu yeni yöntemi kullanarak paskalya zamanını doğru olarak hesaplamaktı. *Computus correctorius*'unda, güneş yılı doğru bir biçimde hesaplanmadan bile "belirli araçlarla yapılan veya astronomi cetvelleriyle doğrulanan bazı gözlemler sayesinde" paskalya tarihinin bağlı olduğu ilkbahar ekinoksunun doğru hesaplanabileceğini yazar.

On Prognostication [Kehanet Üzerine] eserinde, gelgit teorisinin yanı sıra astrolojik etkileri de ele alır, fakat daha sonra astrolojiyi bir sahtekarlık ve şeytan aldatmacası olarak adlandırarak mahkum eder.

Grosseteste'in en ünlü talebesi Roger Bacon'dır (1220 civarı-1292). Bacon Oxford'da okurken doğa felsefesine ve matematiğe ilgi duydu. 1240 dolaylarında Oxford ya da Paris'te yüksek lisans yaptıktan sonra Paris Üniversitesi'nde Aristoteles'in çeşitli eserleri üzerine dersler verdi. 1247 civarında Oxford'a geri döndü ve orada Grosseteste'le tanışarak onun camiasına katıldı. Camia üyeleri arasında Grosseteste'in yakın arkadaşı ve Oxford'da daha sonra onun yerine dersler veren Adam Marsh da bulunuyordu. Bacon kendi entelektüel gelişimini anlatırken Grosseteste ve Marsh'tan da bahseder.

Her şeyin nedenini bulmak, hem insanı hem de ilahi olguları açıklamak için matematiğin gücünü nasıl kullanacağını bilen Lincoln piskoposu Robert ve kardeş Adam Marsh gibi pek çok ünlü şahsiyet vardır. Bu olguların kanıtları söz konusu büyük insanların eserlerinde, örneğin [elementlerin] etkileri, gökkuşağı, kuyruklu yıldızlar, dünyadaki yerlerin araştırılması ve gökcisimleri gibi hem teolojinin hem de doğa felsefesinin alanına giren çalışmalar da görülebilir.

Görünüşe göre 1257 civarında Fransisken rahibi olan Bacon, önceden izin almaksızın eser yayımlanamayacağını bildiren emirden dolayı bazı muhtemel zorluklar yaşadı. Her halükarda, Papa IV. Clemens 22 Haziran 1266'da yayınladığı bir papalık fermanıyla Bacon'dan felsefi eserlerinin bir nüshasını göndermesini istedi. Fermana sadece kitabını göndermesi istenmiyor, aynı zamanda şöyle bir talimat da veriliyordu: "Büyük önem taşıdığını söylediğiniz bu meselelere hangi çözümlerin uygu-

lanması gerektiğini gecikmeksizin ve elinizden geldiğince gizli tutarak bildiriniz.”

Bacon nihayetinde Clemens'e *Opus maius* [Büyük Eser], *Opus minus* [Küçük Eser] ve *Opus tertium* [Üçüncü Eser] adlarını taşıyan üç eserinin yanı sıra bir de Kilise'de eğitim reformu öneren bir mektup gönderdi. Bacon iki tür deneyimin varlığını savunuyordu; ilki mistik ilham yoluyla, diğeryse araçların yardımıyla desteklenip matematik sayesinde kuvvetlenen duyular yoluyla ediniliyordu. Önerdiği eğitim programında diller, matematik, optik, deneysel bilim ve simyanın yanı sıra metafizik ve ahlak felsefesi de yer alıyordu. Bunlar teolojinin rehberliğinde okutulacak, doğanın anlaşılmasını ve bu yolla Yaratıcı'nın öğrenilmesini sağlayacaktı.

Bacon sonraki birkaç yıl içerisinde *Communia naturalium* [Doğanın Genel İlkeleri], *Communia mathematica* [Matematığın Genel İlkeleri] ve *Compendium studii philosophie* [Kısa ve Öz Felsefe Eğitimi] olmak üzere üç eser daha yazdı. Sonuncu eserinde Fransisken ve Dominiken eğitim sistemlerini ve uygulamalarını kıyasıya eleştirdi. Muhtemelen sapkın olduğu iddia edilen İbn Rüşdçü görüşlerin yasak oluşu nedeniyle, Fransiskenler tarafından 1277 ile 1279 arasında bir dönem Paris'te mahkum edilerek hapse atıldı. Hayatının *Compendium studii theologii* [Kısa ve Öz Teoloji Eğitimi] adlı son eserini yazdığı 1292'ye kadarki dönemiyle ilgili ise herhangi bir bilgi mevcut değildir.

Bacon, Grosseteste'in "Işığın Metafiziği" ve "türlerin yayılması" kavramlarını büyük ölçüde benimseyip hocasının matematiği, özellikle de geometriyi önemsemesini dikkate aldı. *Opus maius*'ta, "geometrinin gücü olmaksızın dünyadaki şeylerin etkin ve yaratıcı nedenleri bilinemez" diyen Bacon, ayrıca "her çoğalma, ya çizgilere ya açılara ya da rakamlara göre meydana gelir," diye ekler.

Bacon optikle ilgili olarak Grosseteste'in görüşlerini -örneğin ışığın dalga teorisi- tekrar eder ve onları kısmen geliştirir. Bacon ışığın bir noktadan başka bir noktaya boşluk aracılığıyla değil, kesintisiz bir ortam yoluyla yayılabildiğini savunur.

Grosseteste'in izinden giderek "türlerin yayılması" olgusunun, hem ışık hem de ses için, bir ortamda yayılan bir dizi dalga sayesinde meydana geldiğini savunan Bacon, *Opus maius*'ta şöyle der:

Sesin meydana gelişi şöyle bir yol izler: Bir nesneye gelen darbe sonucunda, darbe alan kısmın doğal konumu değişir, her yöne doğru yayılan titreşimle birlikte ses dalgasında zaman zaman azalma meydana gelir. Ses dalgasındaki azalma hareketi dairenin merkezinden kaynaklandığı ve ilk sesle ilk titreşim burada meydana geldiği için, havanın ikinci kısmında ikinci bir sesle birlikte ikinci bir titreşim, üçüncü kısımda üçüncü bir sesle birlikte üçüncü bir titreşim meydana gelir ve bu böyle devam eder.

Bacon ses, ışık ve kokunun yayılması arasındaki farkı şöyle ortaya koyar:

Sesin meydana gelmesinde birbirini izleyen üç aşamalı bir süreç varken, bu süreçlerin hiçbiri ışık için geçerli değildir... Fakat her ikisinin yayılması ardışık olup zaman gerektirmektedir. Kokudaki yayılma ışıktakinden oldukça farklı olsa da, her iki tür de yayılmak için zamana ihtiyaç duyar, ancak kokuda biraz buharlaşma söz konusudur. Söz konusu buhar aslında türlerin ardından havaya yayılarak duylara ulaşan ve benzer biçimde üretilen bir cisimdir... Fakat görüntüde yalnızca ardışık bir yayılma ortaya çıkar.

Bacon ışığın sestten çok daha hızlı yayıldığını gösteren bir gözlemini şöyle açıklar:

Işık, ses ve kokunun yayılması arasındaki fark başka bir şekilde ortaya konabilir, zira ışık havada diğer ikisinden daha hızlı ilerler. Görüş açısındaki belirli bir mesafede biri çekiçle veya başka bir araçla herhangi bir şeye vurduğunda, önce darbeyi görür sesi ise daha sonra duyarız. İlk darbenin sesi gelinceye dek ikinci darbeyi bile görürüz. Aynı şey yıldırım için de geçerlidir. Yıldırımın önce görür, sesini ise daha sonra duyarız.

Bacon görme konusunu ele alırken Grosseteste'in ilerisine geçerek bu konuya özel bir ihtimam gösterdi, çünkü "görme yoluyla göklerdeki ve yerdeki her şey hakkında deneysel bilgileri araştırıp öğrenebiliyoruz," diyordu. Ortaçağ Latin yazarları arasında göz ve optik sinirlerle ilgili

en iyi açıklamayı Bacon getirmiştir. *Opus maius* için insan gözünün görsel bir şemasını hazırlayan Bacon şöyle der: “Bütün bu konuları mümkün olduğunca aydınlatacak bir şekil çizeceğim fakat tam bir açıklama yapmak için, göz şeklinde ve yukarıda belirtilen niteliklere sahip bir cisim gerekir. Deney yapmak isteyen olursa bir öküz, domuz veya başka bir hayvanın gözünü kullanabilir.” Crombie, Bacon’ın eserinden bahsederken bu konuyla ilgili şöyle yazmıştır: “Bacon’ın görme konusundaki açıklaması ortaçağda yapılmış en önemli açıklamalardan biridir ve bu görüş 17. yüzyıl araştırmaları için bir hareket noktası olmuştur.” Crombie bu görüş üzerine Bacon’dan alıntı yapmaya devam ederek, onun açıklamalarını şöyle nitelendirir: “deneysel yöntemin kurucularından biri, bu yöntemin ideallerini oldukça münasip bir biçimde ifade ediyor.”

Bacon, görme konusunda merceğin yardımcı bir araç olarak kullanılabileceğini öneren Grosseteste’e katılıyordu. Merceklerin kullanımı kısa süre içinde gözlük camlarının keşfedilmesine yol açacaktı. Bacon görüntüleme optiğiyle ilgili ayrıntılı bir çalışma yaptı ve gözle bağlantılı olarak tümsek ve içbükey silindirik yüzeylerin özelliklerini sınıflandıran sekiz kuralı formüle etti. Bacon konuyla ilgili olarak *Opus maius*’ta şöyle yazar:

Eğer harflere veya başka küçük nesnelere, üzerine konan yarımküre şeklindeki kristal, cam veya başka bir şeffaf cisimle bakılırsa ve söz konusu kürenin dışbükey kısmı göz tarafına gelecek şekilde tutulursa harfler daha iyi biçimde ve daha iri görünecektir... Bu nedenle, bu araç yaşlı ve gözü zayıf insanlar için yararlıdır, çünkü harfler küçük olsa bile yeterince büyütüldükleri takdirde onları kolaylıkla görmelerini sağlar.

Bacon’ın bilimsel yöntemi *Opus maius*’un “De scientia experimentalı” [Bilimsel Bilgi Üzerine] başlıklı altıncı bölümünde açıkça ifade edilmektedir. Bu aynı zamanda Grosseteste’in görüşünü de yansıtmaktadır.

Şimdi deneysel bilimin ilkelerini açıklamak istiyorum, çünkü deney olmadan hiçbir şey yeterince iyi bilinemez. Zira bilgiyi elde etmenin iki yolu vardır: Uslamlama ve deney. Uslamlama bir sonuç çıkarır ve bu sonucu kabul etmemizi sağlar, fakat aklımız bu so-

nucu deneyimlerin dünyasında keşfetmedikçe, ne sonuç aklımızın güvenilebileceği kadar kesin hale gelir ne de akıldaki şüpheler yok olur.

•

Bacon daha sonra deneysel bilimin “üç büyük niteliğini” yazdı. İlk olarak, deneysel bilim “bütün bilimlerin mükemmel sonuçlarını deney yoluyla araştırır”. İkincisi, deney mevcut bilimlere yeni bilgiler katar; üçüncü olarak da yeni bilim alanları yaratır. Yenialanlar, teleskopun bulunmasıyla astronomide, mikroskopun bulunmasıyla tıp ve biyolojide meydana gelen yeni konuları içeriyordu. Her iki aletin keşfine zemin hazırlayan Bacon, *Epistola de secretis operibus artis et naturae et de nullitate magiae* [Doğanın ve İlmin Gizli Güçleri ve Büyünün Geçersizliği Üzerine Bir Mektup] eserinde bilimin teknolojiye uygulanmasından söz ediyordu. Eser aynı zamanda kendi gücüyle çalışan gemiler, otomobiller, uçaklar ve denizaltıları gibi müthiş makineleri de anlatıyordu:

Deniz seyahatleri için küreksiz makineler inşa edilebilir, dolayısıyla en büyük gemiler, çok fazla insan taşımak zorunda kalmadan tek bir adamın idaresiyle büyük nehirler veya denizler üzerinde hızla yol alabilir. Aynı şekilde, hayvanlar olmadan da hareket edebilen inanılmaz hızlı arabalar yapılabilir... Benzer biçimde, uçan makineler de yapılabilir; makinenin ortasına oturacak bir adam, yapay kanatların bağlı olduğu bir motoru çevirmek suretiyle makinenin tıpkı kuşlar gibi kanat çırparak uçuşmasını sağlayabilir... Ayrıca denizlerde ve nehirlerde yürümek, hatta tehlikesiz bir biçimde dibe dalmak için de bir makine üretilir.

Matematiğin bilimdeki hayati önemini vurgulayan Bacon şöyle der: “Matematik olmaksızın bilim anlaşılamaz.” Ayrıca, “matematikte yalnızca, zorunlu bir nedene dayandırılarak yapılan tatmin edici açıklamalar bulunur... Bu nedenle, eğer diğer bilimlerde de kuşku barındırmayan bir kesinliğe ve hatasız bir gerçeğe ulaşmak istiyorsak, bilgilerimizin temellerini matematiğe dayandırmak zorundayız,” der. Bacon, Grosseteste ve Adam Marsh’ın da bu yöntemi izlediğini söyler ve “matematiğin gücünü farklı bilimlere uygulayarak ayrıntılı incelemeler yapacak her-

hangi biri, bu bilimlerdeki olağanüstü şeylerin matematik olmaksızın görülemeyeceğini anlayacaktır,” der.

“Bu dünyaya ait şeylerin” bilinmesini sağlamak için matematiğin kullanılmasıyla ilgili olarak Bacon bir astronomi örneği verir: “Astronomi gökteki her şeyin niceliğini ve niceliğe indirgenen şeyleri dikkate alır.” Bacon, “bunlara uygun araçlar, cetveller ve ilkeler kullanılarak” gökcisimlerinin hareketlerinin hesaplanabileceğini ve söz konusu gökcisimleriyle ilgili öngörülerin temellerini oluşturacak birtakım prensiplere ulaşılabileceğini iddia eder. Bacon takvim reformu programını yürütürken Grosseteste’in *Compotus* adlı eserinden de yararlanmış, dolayısıyla hem Aristoteles’in eşmerkezli göksel kürelerinden oluşan modelini hem de Batlamyus’un dışmerkezli daireler ve dış çemberlerden oluşan matematiksel yöntemini kullanmıştır.

Bacon bilimsel yöntemini gökkuşağıyla ilgili araştırmalarında da uyguladı. Konuyla ilgili araştırmasına başlarken öncelikle, camlarda renklerin dağılımı, bitkiler üzerine düşen çiğ, püskürtülen su, su dolu bir cam bardakta kırılan ışık, kumaştan geçerek kırılan ışık veya kirpiklerin kısmen kapatılmasıyla kırılan ışık gibi gökkuşağına benzer olguları inceledi. Bu incelemeleri yaptıktan sonra gökkuşağını inceleyen Bacon, gökkuşağının daima havanın bulutlu veya sisli olduğu zamanlarda ortaya çıktığını, yayın her zaman Güneş’e zıt yönde olduğunu, yayın merkezinin gözlemci ve Güneş’le aynı hat üzerinde olduğunu ve gökkuşağının yüksekliğiyle Güneş arasında kesin bir ilişki olduğunu gözlemledi. Gökkuşağına dair usturlap kullanarak yaptığı bir gözlemi aktarırken Bacon şöyle der: “Ufuk seviyesinin üzerinden Güneş’in ve gökkuşağının yüksekliğini ölçen bir gözlemci, gökkuşağının ufku üzerindeki en yüksek noktasının 42° olduğunu görecektir; bu, gökkuşağının azami yüksekliğidir... Ve gökkuşağı bu azami yüksekliğe, güneş tam da ufuktayken yani gündeğümü ve günbatımındayken ulaşır.”

Grosseteste’in gökkuşağı teorisi Bacon tarafından daha da geliştirildi. Bacon, her ne kadar ışık kırılmasının sürecin bir parçası olduğunu reddetmekte yanılmış olsa da, bu olgunun yağmur damlalarının hareketine bağlı olduğunu fark etmişti. Gökkuşağının renklerini açıklamada da yanılan Bacon, bu renklerin gerçek değil yanıltıcı olduğunu düşünüyordu. Konuyla ilgili şu sonuca vardı: “yay ancak yağmur damlalarından göze

yansıyan ışıkla meydana gelmiş olabilir; zira ortaya çıkan renkler hayal ürünü ve göz aldatmacasıdır... Göz bir konumdayken, geliş ve yansıma açıları eşit olduğundan her bir damladan göze aynı anda birer yansıma gelir.”

Her ne kadar Bacon'ın gökkuşağı teorisi yanlış olsa da Grosseteste'in izinden gidip onun gözlemlerini ve yöntemini geliştirmesi, daha sonraki yıllarda olguya doğru bir açıklama getirilmesi için zemin hazırlamıştır. Gökkuşağıyla ilgili doğru açıklamayı *Optiks*'te Newton yaptı. Newton gökkuşağını güneş ışınlarının yansıması, kırılması ve kırmızıdan mora kadar uzayan bir tayftan oluşan renklere dağılması veya ayrılması olarak açıkladı.

Bacon'ın bir dizi açıklamasından okültizme meyilli olduğunu anlarız. Örneğin, “gizli deneyimler sayesinde ömrün uzatılabileceği, belirli deneylerle de kanıtlanmıştır,” diye bir ifadesi vardır. Uzun ömürlü olabilmek için yaptığı önerilerden biri de uçan ejderha etinden özel olarak hazırlanmış yemeği yemektir. Bacon uçan ejderha etinin aynı zamanda “bilgine ilham verdiğini” veya “herhangi bir hile yapacağından şüphe duymadığı, güvenilirliği kanıtlanmış insanların” kendisine böyle söylediğini ileri sürer. Bu tür açıklamalar, ölümünden sonra karanlık ilimleri şeytandan öğrenmiş bir büyücü veya falcı olarak kötü bir ün kazanmasına neden olur.

Fakat bu durum, Bacon ve Grosseteste'in çağdaş bilimin gelişimine yol açan deneysel yöntemin kurucuları arasında yer aldığı gerçeğini gölgelememelidir. Bacon'ın *Opus maius*'ta bahsettiği yöntem, Papa IV. Clemens'e hitaben yazdığı bilimsel araştırmalarıyla ilgili savunmasıydı. Bu savunma, Bacon ve Grosseteste'in açmış olduğu yolda ilerleyen bilginler tarafından yanıtlanacaktı.

Grosseteste ve takipçilerinin seleflerini aşarak kaydettiği önemli gelişmeler Crombie tarafından kısa ve öz olarak şöyle dile getirilir: “Grosseteste ve 13. ve 14. yüzyıllardaki takipçilerinin çağdaş deneysel bilimi yaratırken kullandığı stratejik hareketler, uygulamalı bilimlerin deneysel geleneğiyle 12. yüzyıl felsefesini birleştirecekti.” Her ne kadar Grosseteste'in kendisi kuramlarını doğrulamak için deneye bağımlı kalmasa da, takipçilerinin çoğu deneyle doğrulama uygulamasına sadık kaldı. Crombie'nin belirttiği üzere:

İŞIĞIN METAFİZİĞİ

Sonraki nesil, örneğin Roger Bacon, Maricourtlu Peter ve daha sonraki süreçte Freiburglu Theodoric gibi doğa filozofları, deneysel araştırmanın gerçekten ayrıntılı ve mükemmel parçalarını oluştururken bu prensibi temel aldı.

Dolayısıyla uslamlama bu konuları ispatlamaz, bazı araçlardan yararlanarak büyük çapta deneyler yapmak gerekir. Bu yüzden herhangi bir tartışma bu konularda yeterli bir açıklama sunmaz, zira konunun tamamı deneye bağlıdır. Bu nedenle, bu konuda gerçeğin tamamını kavradığımı düşünmüyorum, çünkü gerekli deneylerin tamamını henüz yapmış değilim... Dolayısıyla kanıt sunma görevini devralmış olsam da bunu yapabilmem şu an için imkansızdır, fakat konuyu bilimsel çalışmanın bir savunması gibi ele alacağım.

DENEYSEL YÖNTEM

Robert Grosseteste ve Roger Bacon'ın deneysel yöntemini kabul eden ilk bilginlerden biri de Peter Peregrinus'tu (Maricourtlu Peter). Peregrinus hakkındaki bilgilere hem kendi eserlerinden hem de onu "*magiser Petrus... dominus experimentorum*" [üstat Peter... deneyin efendisi] olarak adlandıran Bacon'ın referanslarından ulaşılmıştır. Bacon 1267'de yazdığı *Opus tertium*'da [Üçüncü Eser] Peter'ın deneysel yöntemiyle ilgili şöyle bir açıklamada bulunur:

Ve bu bilim doğal ve yapay şeyleri kanıtlarken ne salt kuramsal bilimler gibi tartışmaya dayanır, ne de pratiğe dayalı bilimler gibi zayıf ve kusurlu deneyimlerden yararlanır; daha ziyade hakiki disiplinin mükemmel deney yöntemini kullanır. Dolayısıyla bu bilim kendinden önceki tüm bilimlerden üstündür ve tüm kuramsal tartışmaların sonudur... Bu bilimde başarısı takdir edilebilecek tek bir adam [Peter] tanıyorum.

Peter'ın bilimin pratik uygulamasıyla ilgili faaliyetlerini anlatan Bacon sözlerine şöyle devam eder:

Peter doğa bilimleri, tıp, kimya ve hem gökteki hem de yerdeki şeylerle ilgili gerçek bilgiyi deney yoluyla elde eder. Sıradan insanlar, yaşlı kadınlar, askerler ve çiftçilerce bilinmesi gereken konulardaki cehaletinden mahcubiyet duyar. Bu yüzden, metal ve ma-

den işi yapanların faaliyetlerine yakından bakar; savaşla ilgili her şeyi, silah yapımını ve avcılığı öğrenir; tarım ve çiftçilik işlerini yakından inceler... Üç yıldır, belirli bir mesafeden tutuşmaya neden olacak bir ayna üzerinde çalışıyor. Konuyla ilgili bazı kitaplar yazılmış olsa da Latinler bu konuyu çözememiş ya da çözmek için herhangi bir girişimde bulunmamıştır.

Peter Peregrinus'un günümüze ulaşan tek eseri manyetizma üzerine yazdığı *De magnete*'dir. Bu eser aslında bir mektup olarak kaleme alınmıştı: *Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaucourt, militem, de magnete* [Maricourtlu Peter Peregrinus'un Manyetizma Üzerine Foucaucourtlu Sygerus'a Yazdığı Mektup]. Peter mektubunu şöyle sonlandırıyor: "Mektup, Lucera kuşatması için kurulmuş kampta 1269 yılının 8 Ağustos'unda tamamlandı." Bu ifade, Peter'in o dönemde Sicilya Kralı Anjoulu Charles'ın ordusunda yer aldığını gösteriyor. Kral'ın ordusu o sırada İtalya'nın güneyindeki Lucera'yı kuşatmıştı.

Peter'in *De magnete*'nin 1. Kitap'ında açıkladığı niyetler ve hedefler, Peter'in manyetizmayla ilgili araştırmalarında Robert Grosseteste ve Roger Bacon'ın izinden gittiğini gösterir:

Sevgili arkadaşım, bu konuyu araştıran kişinin doğayı anlaması ve gök hareketlerini bilmesi gerektiğinin farkında olmalısın. Araştırmacı ellerini kullanırken de çok dikkatli olmalıdır ki, bu taşı (yani mıknatıs taşı) işleyerek mükemmel sonuçlar elde edebilsin. Eğer bir dikkatsizlik yaparsa kısa süre içerisinde hatasını telafi edebilir, fakat doğa felsefesi ve matematik bilgisiyle böyle bir telafi mümkün olmayacaktır. Bilinmeyen bir alanda araştırma yapmak için elle yapılan üretime ihtiyacımız var, zira elle üretim olmaksızın hiçbir şeyi tam olarak başaramayız. Ancak mantık kurallarına bağlı şeyler de vardır ve bunları elimiz aracılığıyla araştıramayız.

De magnete iki bölümden oluşur. Birinci bölüm Peter'in manyetizmayla ilgili araştırması sırasında yaptığı deneyin notlarından oluşurken, ikinci bölüm araştırmalarının sonucunda ürettiği araçlarla ilgili bilgi verir. Peter 1. Kitap'ın ilk bölümünde eserini özetledikten sonra şöyle yazar: "Bu

kısa mektupta bu taşın özellikleriyle ilgili herhangi bir bilgi vermeyeceğiz, çünkü burada yalnızca fiziksel araçların nasıl üretileceğini gösteren bilgiler verilecektir.”

Peter 1. Kitap’a, bir mıknatıs taşının bilhassa demiri çekme özelliği sayesinde nasıl ayırt edileceğini açıklamakla başlar. Küre şeklindeki mıknatıs taşını –bu taş daha sonra *terrella* adını alacaktır– inceleyen Peter, gösterge olarak demir bir iğneden yararlanır. İğneyi kürenin çeşitli noktalarına yerleştirerek manyetik gücün yönünü bulur ve bunu küre üzerinde işaretler. Peter yaptığı deneyle ilgili olarak şunları kaydeder: “Bir iğneyi ya da iğne gibi ince, uzun bir demir çubuğu taşın üzerine yerleştirin, taşı tam ortadan ikiye bölecek şekilde bu demire paralel bir çizgi çekin. Daha sonra iğneyi veya demir çubuğu taşın üzerinde başka bir konuma yerleştirin ve bu konuma göre de aynı şekilde işaretleyin.”

Bu şekilde çizilen manyetik güç çizgileri, tıpkı yerkürenin veya gök-kürenin meridyen çizgileri gibi kürenin iki kutbunda birleşen meridyenlere benzer bir şekil alacaktır. Kutuplar, iğnenin küreye en güçlü şekilde yapıştığı veya kısa bir iğnenin dik durduğu noktaların işaretlenmesiyle de bulunabilir.

Peter aynı zamanda bir mıknatıs taşının kuzey ve güney kutuplarını birbirinden ayırt etmek için de deney yapar. Su dolu bir teknenin içerisine yerleştirilen yüzer bir cismin üstüne mıknatıs taşı konursa, “tıpkı bir gemici gibi taş da önce serbestçe döner, sonra da her bir noktası göklerdeki karşılığına denk gelecek şekilde konumlanır”. Yani mıknatısın kuzey kutbu göksel kuzey kutbuna doğru, güney kutbuysa göksel güney kutbuna doğru döner. Temel fizik derslerini alırken benim de yaptığım bu deney dünyanın her yerinde ilköğretim düzeyindeki derslerde uygulanır.

Farklı deneyler yapmak için başka bir mıknatıstan yararlanan Peter ikinci mıknatısı yüzer mıknatısa yaklaştırdığında, yüzer mıknatısın güney kutbunun daima diğer mıknatısın kuzey kutbuna doğru yaklaştığını, kuzey kutbununsa güney kutbuna doğru çekildiğini keşfeder. Ayrıca mıknatısların eş kutuplarını birbirine yaklaştırdığında “elindeki taşın yüzen taşı kendinden uzaklaştırdığını” da gözlemler.

Peter aynı zamanda mıknatısın dikkörtgen bir demire temas ettirilmesi durumunda, demirin mıknatısın kutuplarının tersi yönünde mıknatıslanacağını keşfetti. Fakat mıknatıslanan demir parçasının kutup-

larının manyetik niteliği, bir başka mıknatıs taşının “etkisiyle” tersine çevrilebilirdi. Peter, “bunun nedeni, kullanılan son mıknatıs taşının öncekinin yarattığı etkiyi bozması ve değiştirmesidir,” der.

Peter bir mıknatıs taşının her biri kuzey ve güney kutuplarına sahip iki veya daha çok parçaya bölünmesi halinde, bu parçaların tekrar aynı düzen içerisinde birleşeceğini ve daha önce sahip olduğu kutupsal özelliklere sahip tek bir mıknatıs haline geleceğini keşfetti. İlköğretim bilim derslerinde hâlâ yapılan bu deneyin sonucunda Peter şöyle bir sonuca vardı: “Etkin bir madde, etkilenen maddeyi yalnızca kendine katmaya çalışmakla kalmaz, aynı zamanda onunla birleşmeye de çalışır.”

Peter, “mıknatısın sahip olduğu doğal yetiyi nereden aldığını” belirlemek için sarf ettiği çabalardan bahseder. Peter’a göre söz konusu özellik sadece yerkürenin kuzey kutbundaki mıknatıs taşı yataklarından gelmez, çünkü mıknatıs taşı dünyanın pek çok yerinde bulunmaktadır. Ayrıca mıknatıslar hem kuzeyi hem de güneyi gösterdiğinden Peter, “taşın kutuplarındaki kuvvetin sadece kuzeyden değil, aynı zamanda güneyden de geldiğini varsaymakta haklıyız,” der. Daha da ötesi, mıknatısın kuzey kutbu tam olarak Kutupyıldızı’yla aynı hizayı göstermeyip Dünya’nın meridyenlerinin buluşma noktasını işaret etmektedir. Peter Kutupyıldızı’nın kuzey gökkutbuyla tam olarak çakışmadığını, küçük bir daire içinde kutbun etrafında döndüğünü de biliyordu. Fakat gökkutbunun tutulum çemberine dik doğrultudaki bir dairede yavaş yavaş yalpalamasına yol açan ekinoksların presesyonu olgusunu bilmiyordu. Ayrıca Dünya’nın kendisi de kuzey ve güney manyetik kutupları coğrafi kutuplarına yakın olan devasa bir mıknatıstır. Bunun farkında olmayan ve küre şeklindeki bir mıknatısın her bir noktasının, gücünü söz konusu noktanın göksel küredeki karşılığından aldığına inanan Peter şu sonuca vardı: “Bu olgular açıkça gösteriyor ki mıknatısın kutupları, gücünü göklerdeki kutuplardan alır.” Bu iddianın kanıtı olarak Peter, küre biçimindeki bir mıknatısın, halkalı usturlap gibi hareket edecek şekilde iki keskin mille sabitlenmesi durumunda göklerin hareketine uyumlu biçimde döneceğini öne sürüyordu.

Peter gök cisimlerinin azimutunu ölçmek için tasarladığı usturlap ve mıknatısın birleşiminden oluşan iki alet tarif eder. Bu aletlerden birinde yüzer mıknatıs kullanılırken, diğerindeyse mıknatıs iki metal mil ara-

sına sabitleniyordu. Dolayısıyla her iki durumda da mıknatıslar gökci-simleriyle uyumlu olacak şekilde dönebiliyordu. Peter'a göre, azimut bu iki alet sayesinde ölçülünce, zaman da artık bilinebilecek ve boylamlar-la enlemler de bilindikten sonra insanlar karada ve denizde kolaylıkla se-yahat edebilecekti. Bu, bir gök seyahat aracının keşfi için yapılan ilk gi-rişimdi; fakat Dünya'nın manyetik ve coğrafi kutuplarının aynı olduğu şeklindeki yanlış sava dayanıyordu.

Ayrıca sürekli çalışan bir makine üretmek isteyen Peter, bu amaçla bir cihaz icat etti. Bu cihazın, bir tekerin etrafına takılan küçük demir mıknatısların üzerine sabit bir mıknatıs yerleştirilmesi sayesinde "sü-rekli olarak ve durmaksızın hareket edeceğini" söylüyordu. Fakat ma-kine sürekli olarak hareket etmeyince, Peter sonsuz enerji kaynağı ya-ratmanın imkansızlığına inanmak yerine, durumu kendi beceriksizliği-ne bağladı. Bu, sürekli çalışan bir makine yaratmak üzere gerçekleştirilen pek çok girişiminin ilkiydi ve nihayetinde fiziğin en genel prensip-lerinden biri olan enerji korunumu kanunun bulunmasına yol açacaktı. Bu kanuna göre bir makinenin sürekli çalışması sürtünme, hava direnci ve diğer faktörlerden dolayı imkansızdır.

De magnete'nin günümüze kadar gelen en az otuz bir nüshası geç or-taçağ döneminde bu eserin oldukça rağbet gördüğünü ortaya koyar. Manyetizma üzerine 1600'e kadar bu kapsamda başka bir çalışma ya-pılmamıştı. 1600'de William Gilbert aynı başlığı taşıyan kendi eserini yayımladı ve eserinde Peter Peregrinus'a borçlu olduğunu bildirerek Peregrinus'un bütün açıklamalarını kendi tezlerine dahil etti.

Yeni Avrupa biliminin bir başka öncüsü Jordanus Nemorarius (1220 civarında etkin olduğu bilinmektedir), Grosseteste'le aynı dönemde ya-şamıştı. Jordanus Nemorarius'un hayatıyla ilgili hemen hiçbir şey bilin-mese de Richard de Fournival'ın kütüphanesinin 1246-1260 arasında hazırlanan *Biblionomia* adlı katalogunda adı geçer. Söz konusu katalog-da kendisine on iki eser atfedilmektedir.

Jordanus Nemorarius'un ortaçağ "ağırlıklar bilimine" (*scientia de ponderibus*) en büyük katkısı, günümüzde "statik" olarak bilinen den-ge halindeki kuvvetler alanındadır. Jordanus Nemorarius'un bilim dün-yasına kazandırdığı kavramlardan biri "konumsal ağırlık"tır (*gravitas se-cundum situm*). Nemorarius bu kavramı, "belirli bir konumda, bir cis-

min basınç uyguladığı düzlem daha az eğimliyse cismin ağırlığı konumsal olarak daha fazladır” ve “belirli bir mesafede eğim daha fazlaysa daha küçük düşey bileşen söz konusu olur” ifadeleriyle açıklar. Örnek olarak eğimli bir düzleme yerleştirilmiş bir blok düşünülebilir. Düzlemin eğim açısı küçüldükçe, cismin gözlenen ağırlığı, yani yüzeye uyguladığı kuvvet artacaktır. Bu tanımlama ağırlığı iki ayrı bileşen olarak ele alır; biri düzleme dik, yani gözlenen ağırlık veya “konumsal ağırlık”, diğeriye yüzeye paralel ağırlık.

Jordanus Nemorarius konumsal ağırlık kavramını statikteki en temel problemde, yani kaldıraç dengesi deneyinde de uyguladı. Bu deney, kaldıraçın her iki tarafına iki ağırlık asılmasıyla gerçekleştirilir. Jordanus Nemorarius’un deneyi, “eğer eşit kolların dengesini sağlayan kaldıraç yatay konumdaysa ve her iki uçta da eşit ağırlıklar asılıysa, söz konusu kaldıraçın yatay konumunun bozulmayacağını ve yatay konumdan çıkarıldığı takdirde, kaldıraçın ters döneceğini” gösterdi. Nemorarius ayrıca “farklı uzunluklardaki kollara sahip olan dengenin ucuna eşit ağırlıklar asılırsa, uzun kolun bulunduğu taraf aşağı inecektir,” sonucuna vardı. Jordanus Nemorarius bu sayede –bu örnekte cismin ağırlığının kaldıraç koluyla, yani kaldıraçtan ağırlığın hareket çizgisine kadar olan dikey mesafeyle çarpımını ifade eden– konumsal ağırlık kavramına ulaşır. Günümüzde bu olgu, kuvvet momenti veya tork olarak bilinir ve eğer iki kuvvet momenti eşit ve karşılıklıysa, bir dengeyi çevirmede ortaya çıkan etkinliğin ölçümünü ifade eder.

Jordanus Nemorarius günümüzde başlangıç düzeyi fizik derslerinde hâlâ öğretilmekte olan kaldıraç yasasını açıklamıştır. Yaptığı deneye göre, eğer bir kaldıraçın iki koluna karşılıklı asılan iki nesnenin ağırlıkları asılı bulundukları kaldıraç kollarının uzunluğuyla ters orantılıysa nesneler birbirlerini dengeleyecektir. Jordanus Nemorarius burada “iş” kavramını kullanır. İş, bir cismin ağırlığıyla cismin aldığı mesafenin çarpımına eşittir. Böylelikle bu temel kavram fizik alanında ilk kez net bir biçimde tanımlanmıştır. Jordanus Nemorarius aynı zamanda “edimsiz hız” kavramını da bilim dünyasına kazandırmıştır. Dengedeki bir sistemde gerçek bir hareket olmadığından, meydana gelen son derece küçük hareket edimsiz hız olarak adlandırılmıştır. Örneğin bir kaldıraç üzerinde iki nesne dengede duruyorsa, bir ağırlığın kaldırılmasında gerçekleşen po-

zitif iş, diğer nesnenin aşağıya inmesinde gerçekleşen negatif işe eşittir; bu da sistemin dengede olduğu sonucunu verir. Jordanus Nemorarius bu kuramını bugün “Jordanus Aksiyomları” olarak bilinen aksiyomları kullanarak kanıtlar. Buna göre, belirli bir ağırlığı belirli bir yüksekliğe kaldırabilen itme kuvveti, k 'yi herhangi bir sayı olarak kabul edecek olursak, $1/k$ ile söz konusu yüksekliğin çarpımına eşit bir ağırlıktan k kez daha ağır bir ağırlığı kaldırabilir.

Söz konusu kavramlar farklı eğimlere sahip eğik düzlemler üzerine yerleştirilen birbirine bağlı iki ağırlığın dengesi üzerine yapılan deneyde de uygulandı. Bu durumu kaldıraç yasasının bir genellemesi olarak kabul eden Jordanus Nemorarius, ispatını ABC üçgeniyle sembolize eder. BC üçgenin tabanını oluştururken, A dik açıyı oluşturur. A açısına iki ağırlığı birbirine bağlayan bir makara bağlanır. Bu ağırlıklardan biri yani $w(1)$ AB tarafına, diğeri yani $w(2)$ ise AC tarafına yerleştirilir. Jordanus Nemorarius'un yaptığı deney, eğer iki ağırlığın konumsal ağırlıkları eşitse, yani bir ağırlığın düzleme dik bileşeni diğer ağırlığınkine eşitse ağırlıkların dengede durduğunu gösterdi. Bu durum, $w(1)/w(2) = AB/AC$ formülüyle ifade edilebilir. Bu da kaldıraç yasasıdır.

Jordanus Nemorarius aynı zamanda matematik alanında da bazı araştırmalar yaptı. Jordanus Nemorarius'un geometri, cebir, oranlar, teorik ve pratik aritmetik üzerine çeşitli eserlerin yanı sıra matematiksel astronomi üzerine de bir eser yazdığı bilinmektedir.

Jordanus Nemorarius'un dört ciltlik *Liber philolotegni de triangulis*'i tarihçi Edward Grant tarafından “ortaçağ geometrisinin doruk noktası” olarak tanımlanmıştır. Eser, kenar ve açılarının oranları; çeşitli verili koşullar altında doğrular, üçgenler ve dörtgenler; aynı daire içinde ve farklı daireler içerisinde yay uzunlukları ve daire parçalarının oranları gibi konularla ilgili önermeler içerir. Bu konularla ilgili olarak Arşimet'in izinden giden Jordanus Nemorarius, eserinde üçgenlerin ve diğer düz şekillerin ağırlık merkezini belirlemeyle ilgili problemler çözmüştür. Jordanus Nemorarius bu çözümleri Greko-İslam eserlerinin Latince tercümelerinden almıştır; bunlardan biri de İbn Heysem'in *Kitab-ül-Menazır* [Optik Kitabı] eserinde sunduğu çözümdür. Dairenin tümleviyle ilgili çözüm Arşimet'in eserlerinde yoktur; dolayısıyla bu çözüm Jordanus Nemorarius'un orijinal bir katkısı olabilir.

Cebir üzerine odaklanan bir başka eser de *De numeris datis*'dir [Bilen Rakamlar] ve Arap yazarların izinden giden diğer Latince eserlerden ziyade Öklidci bir yaklaşıma sahiptir. Matematik tarihçisi Carl B. Boyer'e göre, eser 15. yüzyıl matematikçisi ve astronomu Regiomontanus tarafından da takdir edilmişti. Carl B. Boyer bu eserin aynı zamanda 16. yüzyıl matematikçisi François Viète'in öncü eserinde cebir problemlerine uygulanan analizi öngörmüş olduğunu da belirtir. Jordanus Nemorarius bu eseriyle alfabe harflerini aritmetik problemlerinde kullanan ilk kişi olmuş, böylelikle konuyla ilgili çözümlerin daha kapsayıcı olmasını sağlamıştır. Nemorarius aynı zamanda birinci ve ikinci derece denklemlere yol açan cebir problemlerini de bu eserde ortaya atmıştır.

Jordanus Nemorarius'un diğer eserleri de son derece önemliydi, fakat en bilinen eseri *Arithmetica* [Aritmetik] ortaçağda kuramsal aritmetiğin standart kaynağı haline gelmiştir. Toplamda on kitapta toplanmış dört yüzden fazla önermeden oluşan *Arithmetica*, Öklid'in *Elementler*'ini örnek alır. Fakat yine de bu eserde yer alan ispatlar çoğu zaman Öklid'inkilerden farklıdır. *Elementler*'de bulunmayıp *Arithmetica*'da yer alan tipik bir önerme de 1. Kitap'ta yer alan dokuzuncu önermedir: "Herhangi bir sayıyı başka sayılarla çarparsanız, bunlardan elde edeceğiniz sonuçlar ilk sayının bu sayıların toplamıyla çarpımına eşit olacaktır." Yani eğer $A \times B = D$ ve $A \times C = E$ ise, bu durumda $D + E = A(B + C)$ olur.

Jordanus Nemorarius aynı zamanda *Liber de proportionibus* [Oranlar Kitabı] adlı bir eser de yazdı. Söz konusu eser, Öklid'in *Elementler*'inin beşinci cildinde yer alanlara benzer önermeler içerir. Kesirlerin algoritmalarını ele alan *Demonstratio de minutiis* [Kesirli İfadeler] adlı eserin de Jordanus Nemorarius'a ait olabileceği düşünülmektedir. Eser sadece kesirli sayılardan oluşan problemlerin yanı sıra hem kesirli hem de tam sayılardan oluşan problemlerde uygulanan aritmetik işlemleri tarif eder.

Jordanus Nemorarius'un bir başka matematik eseri de *Suppletiones plane sphaera*'dır [Küreler Hakkında Ek Bilgiler] ve muhtemelen Batlamyus'un *Planisphaerium* adlı eseri üzerine yazılmış bir yorumdur. Tarihçi George Sarton bu eseri "stereografik izdüşümün temel prensibini -dairenin izdüşümünün yalnızca dairesel olabileceğini (Batlamyus bunu yalnızca özel durumlar için ispatlamıştı)- genelleyerek açıklayabilen ilk matematiksel astronomi eseri" olarak tanımlar.

Jordanus Nemorarius'a atfedilen *Demonstratio Jordani algorismo* [Jordanus'un Arap Rakamları Sistemi], Arap sayı sisteminden söz eden ilk Latince eserlerden biridir. Jordanus Nemorarius'un aritmetik işlemleri kısaca özetlediği ve herhangi bir örnek vermediği bu eser, Sacrobosco'nun *Algorismus vulgaris*'inden [Genel Algoritma] oldukça farklıdır.

Robert Grosseteste'in bilim dünyasına kazandırdığı yeni bilimsel metodoloji, John Duns Scotus (1260 civarı-1308) ve Ockhamlı William (1285 civarı-1349) tarafından daha da geliştirildi. Bu iki Fransisken, metodolojilerinde Grosseteste'in izinden gittiler ve deney yoluyla kesin sonuçlara ulaşmak amacıyla benzer örneklerden yola çıkarak tekbiçimlik ve ekonomiklik prensiplerini kullanarak olgular üzerine araştırmalar yaptılar.

Scotus, Grosseteste'in bir insanın ilahi aydınlanma dışında hiçbir şeyi tam bir kesinlikle bilemeyeceğini savunan görüşüne şiddetle karşı çıktı. Scotus'a göre, her bir tekil örneği incelenmeksizin herhangi bir olgu hakkında evrensel bilgi elde edilemezdi, fakat belirli vakaların yeterli sayıda örneğinin incelenmesi, tümevarım sayesinde muhtemel bilgiler elde etmeye yarardı. Scotus kesin bilginin üç tür "bilinebilir şeyden" elde edilebileceğine inanır: Birincisi, açıklama gerektirmeyen temel prensipler: Örneğin (sonlu) bir bütün kendini oluşturan herhangi bir parçadan daha büyüktür. İkincisi, gözlemlerle ilgili muhakemelerin yanlış olma ihtimali olsa da, duyuusal deneyimler ve üçüncüsü de bireysel eylemlerin ve ruhsal durumların bilinçliliğidir.

William, Scotus tarafından ileri sürülen elde edilebilir üç kesin bilgi alanını kabul eder ve bunlara iki prensip daha ekler. Birincisi, kanıt prensibidir. Ockhamlı William bu ilke çerçevesinde gerçek varlıkların bilimiyle mantıksal varlıkların bilimini birbirinden ayırıştırır. Gerçek varlıklar, varlıkları deneyim yoluyla bilinen ve doğadaki varlıklara verilen isimlerle nitelendirilen varlıklardır; mantıksal varlıklarsa isimleri kavramlarla temsil edilmeyen mantıksal yapılardır. Filozof ve ortaçağ uzmanı Ernest A. Moody'nin belirttiği üzere, "William şeylerle ilgili bilgimizin, duyularımızla zihnimizin algıladıklarının doğrudan ve vasıtasız olarak kavranması yoluyla elde edildiğini savunur ve buna da sezgisel bilgi adını verir". Ockhamlı William, yalnızca şeylerin deneyimlenmesi yoluyla elde edilen sezgisel bilginin gerçeğin bilgisini sunabileceğine ina-

nır. İkinci ilkesi, “Ockham’ın usturası” olarak ünlenen prensiptir. Ekonomiklik olarak açıklanan bu prensip, “az sayıda varsayımla açıklanabilecek bir durumun daha fazla varsayımla açıklanması gereksizdir,” biçiminde özetlenir. Ockhamlı William bu felsefeyi daha uzun bir açıklamayla ifade eder: “Hiçbir şey *müstakil olarak* var olmadıkça veya Kutsal Kitap otoritesiyle ispat edilmedikçe kanıt olarak kabul edilemez.”

William nedensel ilişkilerin kurulması için mantıksal kuralların tanımlanmasının mümkün olduğunu savunur. Daha sonraki süreçte uzlaşma ve farklılık yöntemi olarak adlandırılacak olan bu önerme William tarafından şöyle ifade edilir:

Bu, herhangi bir şeyin doğrudan neden olması için yeterlidir, yani o şey mevcutsa ardından sonuç ortaya çıkar, fakat o şey mevcut değilse diğer tüm koşullar aynı olsa bile sonuç ortaya çıkmaz... Herhangi bir şeyin bir başka şeyin doğrudan nedeni olması için bunun yeterli olduğu açıktır, çünkü bir şeyin bir başka şeyin doğrudan nedeni olduğunu bilmenin başka bir yolu yoktur... Bu şekilde ifade edilen bütün nedenler doğrudan nedenlerdir.

Dolayısıyla, Crombie’nin de belirttiği üzere, “doğa bilimlerinin pratik programı, gözlemlenen olaylar arasında ilişki kurmayı” veya mantık ve matematik aracılığıyla “zevahiri kurtarmayı” amaçlar.

Bu yöntem William tarafından hareket problemlerini, örneğin bir mancınkla fırlatılan bir cismin hareketini incelemek için kullanıldı. Aristoteles’e göre her nedenin bir sonucu vardır ve neden ortadan kalkınca sonuç da ortadan kalkar. Daha önce de belirtildiği gibi, Aristoteles bir cismin mancınıktan çıktıktan sonraki sürekli hareketini açıklamış ve bunu antiperistasis (atış hareketi) olarak adlandırdığı bir sürece bağlamıştı. Bu teoriye göre hareket eden cismin önündeki hava, cismin arkasına doğru hareket ederek cismi öne doğru iter. William hem bu düşünceyi hem de ilk olarak John Philoponus tarafından ileri sürülen impetus teorisini reddetti. Bunun yerine, hareketin soyut bir kavram olduğunu, hareket eden cisimlerin dışında herhangi bir gerçekliğin söz konusu olmadığını savunarak bu durumu bir cismin kendi konumunu bir başka cismininkiyle değiştirmesi olarak tanımladı. Bu tür bir olaylar silsilesini açık-

lamak için antiperistasis veya impetus gibi dışsal veya içsel bir etkin nedenden varsaymaya gerek olmadığını savunan William, Ockham'ın usturasını kullanarak durumu şöyle açıklar:

Hareket, daimi bir cisimden tamamen farklı bir şey değildir, çünkü az varlık kullanmak mümkünken çok sayıda varlık kullanmak gereksizdir. Fakat böyle bir şey olmadan da hareketi ve hareketle ilgili söylenen her şeyi bilebiliriz. Dolayısıyla, bunun gibi başka varsayımlar ileri sürmek gereksizdir. Herhangi bir ek varlığa ihtiyaç duymadan hareket ve hareket hakkında söylenen her şeyi bilebilmemiz, hareketin ayrı ayrı parçalarını incelemememizle açıklığa kavuşur. Yerel hareketin aşağıdaki şekilde anlaşılabilceği gayet açıktır: Bir cismin önce bir yerde ve daha sonra başka bir yerde olduğunu varsayacak olursak ve söz konusu cismin bizzat kendisi durmaksızın veya herhangi aracı kullanmaksızın ilerleme sağlıyorsa, burada gerçekten de yerel bir hareket vardır. Dolayısıyla başka varsayımlarda bulunmak gereksizdir.

William bu düşüncüyü fırlatma hareketiyle ilgili problemin çözümüne de uyguladı, dolayısıyla 17. yüzyıl eylemsizlik teorisinde kullanılan bir kavramsallaştırmaya yol açtı. Bu kavramsallaştırma, Newton tarafından formüle edilecek yeni dinamiğin temel prensiplerinden biri haline geldi.

Bu yüzden böylesi bir hareket [fırlatma hareketi] içerisindeki bir cisim, fırlatışı gerçekleştiren cisimden ayrıldıktan sonra kendi içinde barındırdığı herhangi bir kuvvet nedeniyle değil, hareket ettirildiği için hareket eder; çünkü hareket eden cisimle hareket ettirilen cisim birbirinden ayırt edilemez diye düşünüyorum. Eğer yeni sonucun birtakım nedenlere sahip olduğunu ve yerel hareketin yeni bir sonuç olduğunu söylüyorsanız, ben de yerel hareketin yeni bir sonuç olmadığını söylüyorum... Çünkü bu, hareket eden cismin mekanın belirli bir kısmında değil, farklı kısımlarında yer almasından başka bir şey değildir, zira birbiriyle çelişen iki şey aynı anda doğru olamaz.

William bu yöntemi aynı zamanda Averroist (İbn Rüşdçü) manyetizma teorisini ele alırken de kullandı. Averroist manyetizma teorisi, 13. yüzyılın sonlarıyla 14. yüzyılın başlarında ortaya çıkan Fransız doğa filozoflarıyla birlikte yaygınlık kazandı. Bu teori, bir mıknatısın aslınsa belirli bir mesafede harekete geçme gücüne sahip bir demir parçasını çekmediğini, daha ziyade demirin içerisine “manyetik bir nitelik” veya “güç” endüklediğini, dolayısıyla kendi kendini hareket ettirecek bir güç kazandırdığını ileri sürer. Yani, teoriye göre, mıknatısın gözlenen çekim kuvveti gerçekte gücün kendi içinde yer alan hareket ettirici bir kuvvetten gelir. Grosseteste’in türlerin çoğalması kavramından yola çıkan Fransız Averroist Jean de Jandun (ö. 1328), Aristoteles’in bir eseri üzerine yazdığı yorumda bu teorinin bir başka versiyonunu ileri sürer. Jandun demiri hareket ettiren kuvvetin veya “gücün”, demirin içerisine endüklenen bir *species magnetica*’dan [manyetik tür] kaynaklandığını, söz konusu *species magnetica*’nın, temasta olduğu parçaları sırasıyla değiştirmek suretiyle noktadan noktaya yayıldığını ve nihayetinde demire ulaşıp onu değiştirdiğini ileri sürer.

William Ekonomiklik ilkesini bu teorilere uygulayarak, sadece belirli bir mesafeden harekete geçme önermesinden kaçınmak için ileri sürülen varsayımsal *species magnetica* teorisini reddetti. William, tıpkı Güneş’in ışınlarının aradaki uzay alanından geçerek Dünya’ya ulaşması gibi, mıknatısın da demir üzerindeki gücünün belirli bir mesafeden hareket edebileceğini düşündüğünden, hareket ettiren bir kuvvetin harekete geçirilen cisimle yakın temasta olması gerektiğini savunan Aristotelesçi düşünceyi reddetti. Devrimsel bir adım niteliğindeki bu yaklaşım, 17. yüzyıl dolaylarında yeni bilimin doğuşuna yol açan önemli gelişmeleri tetikledi. Crombie, Ockham’ın usturasının daha sonraki doğa filozoflarına, tam da Antik Yunan’daki gibi bir “zevahiri kurtarma”, yani uzaktan hareketler gibi fiziksel olguları gereksiz hipotezlere dayanmaksızın açıklama olanağı sunduğunu şöyle anlatır:

Ockhamlı William uzaktan hareket olgusuna karşı çıkmak için herhangi bir neden görmüyordu, zaten uzaktan hareket teorisinden kaçınmak için ileri sürülen fakat “zevahiri kurtarmak” için gerekli olmayan aracı “türleri” açıklamasından çıkardı... Ockham-

11 William'ın savları, Newton'un evrensel çekim kanunu sayesinde "zevahiri kurtarmasına" zemin hazırladı. Hatta ilginçtir, uzak-tan hareket olgusuna 17. yüzyılda Leibniz de aynı felsefi itirazı yaptı. Manyetizma alanında da aynı felsefi problemin yaşanması, Faraday'ın güç tüpleri veya boruları teorisini ileri sürmesine yol açtı; Newton'dan esinlenen Michell ve Coulomb, manyetik çekim gücünün mesafenin yüzölçümüyle ters orantılı olduğu kuralını kullanarak "zevahiri" nasıl kurtaracağını gösterdi.

Dolayısıyla, Ockham'ın usturası doğadaki makroskopik kuvvetlerin, yerçekiminin ve elektromanyetik konuların anlaşılması önündeki düşünsel engelleri bir çırpıda ortadan kaldırdı ve Newton'la takipçileri için modern bilimin geliştirilmesinin yolunu açtı.

Aynı şekilde felsefi ilkeler, deneysel gözlemler, güdümlü deneyler ve matematik teorilerinin karmaşık ilişkileri üzerine yürütülen tartışmalarla birlikte 13. ve 14. yüzyıl bilimsel yönteminin karmaşık gelişimi, 16. ve 17. yüzyıllarda modern bilimin doğuşuyla birlikte eski Aristotelesçi sistemi de ortadan kaldırdı. A. C. Crombie, eserlerinde bu dönem boyunca Aristoteles'in merkezi bir konumda yer aldığını belirtir. Crombie şöyle der: "Aristoteles'in bilim teorisine ve temel prensibine karşı geliştirilen salt teorik eleştiriler... daha sonraki süreçte Aristoteles'in fizik sisteminin tamamıyla alaşağı edilmesine yol açtı:

Modern bilimin büyük çoğunluğu Aristoteles'in fikirlerinden doğdu. Aristoteles ortaçağ biliminde hızla gelip geçen trajik bir kahraman olarak görülebilir aslında. Grosseteste'den Galileo'ya kadar geçen süreçte Aristoteles daima sahnenin merkezindeydi ve düşüncelerinin büyümlü vaad ediciliğiyle insanların zihnini baştan çıkarıyor, tutkularını kışkırtıyor ve sadakatini bozuyordu. Sonunda vaatlerinin sonuçları aşamalı olarak açık hale geldikçe, insanların onun aleyhine dönmesine yol açtı ve kendisine doğrultulan silahların birçoğunu da kendi sisteminin derinliğinden kaynaklı olarak kendisi üretti.

Crombie felsefe, güdümlü deney ve matematik teorilerinden oluşan

GALİLEO'DAN ÖNCE

dengeli felsefi kombinasyonu ile birlikte yeni bilimsel yöntemin, bilimsel araştırmaya yaklaşımı bir bütün olarak nasıl değıştirdiğini açıklamaya devam eder.

Bu silahların en önemlileri, bilimsel yöntem üzerine üretilen yeni fikirler, özellikle de tümevarım ve deney ile matematiğin fiziksel olguları açıklamadaki rolü üzerine ortaya atılan yeni görüşler tarafından üretilmiştir. Bu gelişmeler aşamalı olarak, doğa biliminde sorulması gereken tamamen farklı soru türü anlayışının ortaya çıkmasına yol açtı. Söz konusu soru türüne gerçekte, ancak deneysel ve matematiksel yöntemler cevap verebilirdi.

İleride göreceğimiz üzere, yeni yöntem dinamiğin, yani kuvvetle hareket arasındaki ilişkiyi inceleyen bilimin hayati önem taşıdığını gösterecekti. Aristoteles'in bu konudaki fikirleri de bu temel bilgi üzerine, yani hareketin zaman ve mekanda gerçekleşen bir olgu olarak ele alınmasıyla birlikte sarsıldı.

HAREKET BİLİMİ

14. yüzyılın ikinci çeyreğinde, Oxford Mergon College'daki bir grup bilgin –Thomas Bradwardine, William Heytesbury, Dumbletonlu John ve Richard Swineshead– yeni hareket biliminin kavramsal çerçevesini ve teknik sözlüğünü oluşturdu. Söz konusu bilginler, bu araştırmalarıyla Robert Grosseteste ve Roger Bacon'ın başlattığı Oxford bilim geleneğini sürdürdü. Metron bilginleriyle Grosseteste ve Bacon'ın yaklaşımları arasındaki temel fark Crombie tarafından şöyle ifade edilir:

13. yüzyılda hareket tartışmasının koşullarını esas olarak felsefi konular belirledi, fakat bu tartışmalar 14. yüzyılda dikkatlerin hareketin kanunlarının matematiksel ve niceliksel formülasyonuna çevrilmesine yol açtı. Dikkatler, “neden” sorusundan “nasıl” sorusuna yöneldi. Bu dönemin hemen hemen istisnasız bütün doğa filozofları –en dikkat çekici olanı Ockhamlı William'dır– savlarını, Aristoteles'in hareketin bir cismin herhangi bir şey tarafından hareket ettirilmesi anlamına geldiğini ileri sürdüğü hareket prensibine dayandırdılar. Görüş farklılıkları, hareket ettiren kuvvetin farklı durumlardaki niteliğiyle ve devinimi belirleyen farklı unsurlar arasındaki niceliksel ilişkilerle ilgiliydi.

İleride göreceğimiz gibi dinamik üzerine yürütülen bu tartışmalar, hareketin salt matematiksel bir tanımı olan kinematik biliminin doğuşuna yol açarak Galileo'nun araştırmalarına zemin hazırlamanın yanı sıra

John Philoponus'un impetus teorisinin yeniden gündeme gelmesine neden oldu ve nihayetinde Newton'un ikinci hareket yasasının doğuşuna kaynaklık etti. Tartışmalar, Kopernik'in teorisi henüz ortaya çıkmadan iki yüzyıl önce, Dünya'nın değil Güneş'in evrenin merkezi olduğu ve evrenin sonsuz olduğu önermesini de beraberinde getirdi.

Thomas Bradwardine (1290 civarı-1349) lisans, lisansüstü ve doktora eğitimlerini 1321'le 1348 arasında Oxford'da tamamladı ve 1323-1335 arası Merton College'da okutmanlık yaptı. 1339'da kral III. Edward'ın papazıydı, hatta günah çıkaran rahibi bile olmuş olabilirdi. Kral'a 1346'da Fransa'ya yaptığı seferde eşlik etti. 4 Haziran 1349'da Canterbury başpiskoposluğuna seçildi, fakat aynı yılın 26 Ağustos'unda veba salgını nedeniyle hayatını kaybetti.

Crombie'ye göre, Bradwardine "Merton College'da ortaya çıkan bilimsel düşünce ekolünün gerçek kurucusuydu ve Grosseteste'in 13. yüzyılda yaptığı gibi o da 14. yüzyılın Oxford düşünce ekolüyle ilişkisini sürdürdü."

Bradwardine 1328'de tamamladığı temel eseri *Tractatus de proportionibus*'da [Oranlar Üzerine İnceleme] kuvvet, direnç ve hız arasındaki ilişkiyi açıklamak üzere hareket kanunlarının matematiksel açıklamalarını açık bir şekilde verse de, kullanabileceği matematiksel simgelem olmadığı için formüllerini "cebir sözcüğü" olarak adlandırılan alanda sözlü olarak ifade eder.

Bradwardine, Jordanus'la ortak çalışmalar yürüttüğü anlaşılan Brükselli bilgin Gerard'dan etkilendi. Gözlenen o ki Gerard hareketin salt matematiksel bir tanımı olan kinematikle uğraşan ilk Avrupalı bilginidir. Kinematik üzerine 1187-1260 arası oluşturduğu eseri *De motu*'yu [Hareket Üzerine] yazarken Öklid ve Arşimet'ten oldukça etkilenmiştir. Özellikle Arşimet'in *reductio ad absurdum* (absürde indirgeme) ve tüketme yöntemiyle kanıtlama yollarını kullanmıştır. Gerard'ın hareket üzerine yaptığı araştırmalar, "formların yoğunlaşması ve yoğunluğunun azalması" olarak bilinen, yani bir niteliğin veya özün yoğunluğundaki değişkenliği ele alan genel araştırmalarının bir parçasıdır. Bu alan, bir niteliğin yoğunluğunun bir noktadan diğerine nasıl değiştiği konusunun nasıl açıklanacağını ele alır. Bu problem, hızı bir andan diğerine, veya dönen bir tekerlek örneğinde olduğu gibi, hareket eden bir cismin bir nok-

tadan diğerine değişen hareketinin nasıl tanımlanacağı ve ölçüleceği sorununa benzer. Crombie, Gerard'ın yaklaşımı ve bu yaklaşımın Bradwardine ve Oxford'daki takipçileri üzerindeki etkisini şöyle özetler:

Dönme hareketlerini ele alan Gerard, düzensiz hızların düzenli hızlarla temsil edilmesini yaptığı analizin odağı haline getirecek modern kinematik biliminin belirleyici özelliği haline gelecek bir yaklaşım sergiledi. Hız kavramını farklı niteliklerin [mesafe ve zaman] birbirine oranı şeklinde yetersiz bir biçimde tanımlasa da, tıpkı mekan ve zaman gibi, bir hareketin hızına da rakamlarla değer verilerek veya nicelenerek bir boyut kazandırılabilceğini kabul ettiği anlaşılmaktadır. Bradwardine özellikle Gerard'ın bazı savlarını ele aldı; *De motu* büyük ihtimalle 14. yüzyılın Oxfordlu matematikçilerinin dikkatini değişken hareketin kinematik ve hızın metrik tanımına yönlendirerek onları bu konulara çözüm bulmaya itmiştir.

Tractatus de proportionibus'un 1955'te yayımladığı versiyonunda H. Lamar Crosby, Bradwardine'i yorumlayarak formülasyonlarını modern simgelerle ifade etti. Örneğin, Crombie'nin Crosby'den alıntı yaptığı üzere, "kuvvetin (m), dirence (r) oranında, 1'den yüksek olan bütün kuvvet oranları için kabul ettiği denklem, hızı v ile gösterecek olursak, modern terminolojide şöyle ifade edilebilir: $v = \log(m/r)$ ". Crosby ilk olarak Bradwardine'in hareket kanunlarıyla ilgili yaygın olarak kabul gören bazı görüşleri nasıl çürüttüğünü ve ardından kendi formülasyonlarını ürettiğini gösterir.

Ortaçağdaki Aristotelesçi bilginlerin büyük çoğunluğu tarafından kabul edilmiş hareket yasası, modern biçimiyle ifade edildiğinde, bir nesnenin hızının (v), harekete geçirme kuvveti (F) bölü ortamın direnci (r) şeklindeki denklemle doğru orantılı olduğunu gösterir. Crosby'nin Bradwardine'den alıntılıdığı üzere eğer bu kanun geçerliyse, o zaman "ilk yanlış sonuç, küçük olsa bile herhangi bir kuvvetin, ne kadar büyük olsa bile herhangi bir dirençten geçebileceğidir." Crosby bu sonucu şu açıklamasıyla reddeder: Eğer bu kanun geçerliyse, "bu teori, sonlu bir kuvvet ve sonlu bir direnç için sonlu bir hızın söz konusu olması ge-

rektiğini savunan Aristotelesçi düşüncenin ihlali olarak değerlendirilir.” Crosby, “ikinci yanlış sonucun da ilkinen benzer olduğunu,” çünkü eğer bu yasa doğruysa, “*hareket edebilen* bir şeyin herhangi bir kuvvet tarafından hareket ettirilebileceğini” söyler.

Bradwardine’in deneylerden yola çıkarak verdiği iki örnekte hızın, kuvvetin dirence oranıyla doğru orantılı olmadığı görülmektedir: “Ayrıca duysal deneyimlerimiz de bunun tersini söyler. Örneğin bir kişi ağır bir kayayı zar zor hareket ettirirken, iki kişi söz konusu kayayı iki kat daha hızlı bir şekilde hareket ettirebilir. Aynı ilke sarkaçlar örneğinde de gözlenir: Bir ağırlığı iki katına çıkarırsanız, iniş hızı iki katından da fazla olur.”

Bradwardine hızdan ziyade hızdaki değişiklik üzerine odaklandı ve hızdaki değişikliğin kuvvet ve dirençle nasıl bağlantılı olduğunu ortaya koydu. Olguyu modern matematik terimleriyle incelersek, Bradwardine’in bağımlı değişken v ile iki bağımsız değişken F ve r arasındaki işlevsel ilişkiyi araştırdığı anlaşılır. Yani, Bradwardine, F ve r verili değerlerinden yola çıkarak bu değerlere karşılık gelen v değerini bulmaya çalıştı. Yukarıda belirtildiği üzere, bir dizi denklemi deneyip reddettikten sonra Bradwardine nihayetinde bir hareket kanunu üzerinde karar kıldı. Modern terminolojiyle ifade edersek Bradwardine hızın F/r ’nin logaritmasıyla doğru orantılı olduğunu ileri sürdü.

Bradwardine kendi hareket yasasını ele alırken, modern fizikte *ortalama hız* ile *anlık hız* olarak adlandırılan iki olgu arasında temel önem taşıyan bir ayrım yapar. Ortalama hız, bir cismin kat ettiği mesafenin geçen süreye oranını ifade ederken, anlık hız birim zamanın en düşük seviyede olduğu, yani sıfıra en yakın olduğu sırada alınan hız oranıdır. Eğer bir cisim sabit bir hızda hareket ediyorsa, ortalama ve anlık hız değerleri aynıdır. Bradwardine’in hareket kanunu öncelikle dinamiktir; dolayısıyla kurduğu ilişkinin anlık hızı ifade ettiği göz önünde bulundurulmalıdır. Tarihçi Richard C. Dales, Bradwardine’in bilim dünyasına kazandırdığı anlık hız kavramının önemiyle ilgili şunları yazar:

Hareketin niceliği olarak görülen anlık hızı ifade etmek için en küçük değer kullanılmasıyla birlikte, hareketin bu niteliğiyle bu niteliğe sahip hareketin niceliği arasındaki ilişkiye dair yanıtız

kalan sorular, 14. yüzyıldan başlayarak 17. yüzyılın sonlarına kadar devam eden araştırmalar için son derece yararlı oldu.

Bradwardine bu hareket kanununu hiçbir zaman test etmedi, fakat daha sonraki süreçte bu kanunun yanlış olduğunu görecekti. Bunun nedeni hiç kuşkusuz, dönemin bilim insanının dinamik nicelikleri ölçmede yaşadığı zorluklardı; zira aldığım temel fizik derslerinde, ortaçağ fizikçilerinin dinamik teorilerini dönemin mevcut araçlarıyla test etmenin ne kadar zor olduğunu ben de gördüm. Kaldı ki logaritmik fonksiyonlar da henüz keşfedilmemişti.

Bütün bunlara rağmen matematiksel fonksiyonel ilişki bakımından problemi formüle etmesi, dinamik bilimi için önemli bir adımdı. Dinamik bilimini geliştirme konusunda, Bradwardine'in çalışmalarını Oxford'daki takipçileri devam ettirdi. Yaptıkları araştırmalar, hareketin niceliksel değişkenliği, kuvveti ve zaman ve mekandaki nitelikleri üzerine araştırma yapan geç ortaçağ döneminde ortaya çıkan *hesaplayıcılar* [calculatores] geleneğinin temellerini attı. Bu gelenek 14. yüzyılın ikinci yarısında bütün kıtaya yayıldı; 15. yüzyılda İtalya'da, 15. yüzyılın ilk otuz yılında Paris'te ve İspanya'da yeniden gündeme geldi.

Çeşitli şekillerde telaffuz edilen William Heytesbury ismi, Merton College'ın 1330 ve 1338-1339 tarihli kayıtlarında görülür. Bu bilgin belki de 1371 yılında üniversitenin rektörlüğünü yapmış William Heighterbury veya Hetisbury'dir. En etkili bilimsel eseri 1335 tarihli *Regulae solvendi sophismata*'dır [Sofist Problemleri Çözmenin Kuralları].

Regulae'nin son bölümü, hareketin niceliksel tanımlamasını veya Aristotelesçi felsefeye göre yer, nicelik ve nitelik olmak üzere üç ayrı kategorideki değişimi ele alır. Üç alt bölümden her biri ilgili kategorideki hızı en uygun şekilde ölçmeye çalışır.

Heytesbury, Brükselli Gerard'ın "formların yoğunlaşması ve yoğunluğunun azalması" olarak adlandırdığı teorinin izinden giderek niceliksel değişimlere niceliksel bir açıklama getirmeye çalışır. Söz konusu olgu, Oxford'daki Merton College'da "formların büyüklüğü" olarak bilinmekteydi. Heytesbury ve takipçileri tarafından geliştirilen yöntemin amacı, belirli bir ölçeğe göre büyüyen veya azalan bir niteliğin veya "formun" miktarını sayısal olarak ölçmektir. Herhangi bir değişken fizik-

sel nicelik veya nitelik “form” olarak tanımlanırken, formun “kaplamı” veya “büyüklüğü” söz konusu formu niceliksel olarak ifade eden sayısal değerdir. Büyüklükler, eğer bir hareketteki hızın sabit olması gibi sabit bir “*intensio*”, yani yoğunluğa sahipse “tekdüze”, hızı sabit olmayan bir harekette olduğu gibi eğer yoğunluk mekan ve zamana göre değişiklik gösteriyorsa “değişen” olarak sınıflandırılır. Eğer yoğunluk mekan ve zamanda doğrusal olarak değişiyorsa, söz konusu “değişen” değişikliği, “düzgün değişen” olarak nitelendirilir. Buna, hız artışının veya azalması- nın sabit oranlardagerçekleştiği durumları örnek olarak verebiliriz. Aksi durumlarsa “gelişigüzel değişen” olarak nitelendirilir.

Heytesbury söz konusu sınıflandırmaları yaptıktan sonra bir kural formüle etti. Bu kurala göre her düzgün değişen formun büyüklüğü, formun ortalama derecesine karşılık gelir. Dolayısıyla eğer bir cismin bir ucundaki niteliğin yoğunluğu 2° , diğer ucta 4° olarak ölçülürse, söz konusu niteliğin büyüklüğü 3° olur. Heytesbury ve takipçileri, herhangi bir deneysel doğrulama yapmasalar da bir niteliğin yoğunluğunun sayısal olarak toplanabileceğini savundu. Bu teori yerel harekete uygulandığında, toplanabilen yoğunluğun mesafe bakımından birim zamanda ölçülmesiyle söz konusu kural doğrulanabilir deneysel sonuçlar ortaya çıkarır. Heytesbury, Merton ortalama hız kuralı olarak adlandırılacak prensibi şöyle açıklar:

Her [hızın] büyüklüğü, sıfır dereceden veya [belirli] bir dereceden başlaması, belirli bir derecede bitmesi ve düzenli olarak artması veya azalması durumunda ortalama hıza denk düşecektir. Dolayısıyla, belirli bir süre zarfında hızı bu miktarda artan veya azalan hareketli bir cisim, sabit ortalama derecesiyle hareket ettiği takdirde, bir mesafeyi eşit süre zarfında bir baştan öbür başa kat edecektir. Bu türden her hız büyüklüğü belirli bir noktadan başladığı ve [belirli] bir [hız] derecesinde sona erdiği için, ortalama derece, söz konusu son hız derecesinin yarısıdır.

Bu sistemi yerel harekete uygulayan Heytesbury tekbiçim ivmeyi, hızın sabit bir oranla değiştiğı -ister artsın isterse azalsın- bir hareket olarak tanımladı. Heytesbury böylesi bir hareket için ivmeyi, belirli bir zaman-

da hızdaki değişim olarak tarif ederken hızın azalması durumunuysa negatif yönde bir hız değişimi olarak tanımladı. Thomas Bradwardine'in izinden giderek anlık hız, yani belirli bir andaki hız kavramını kullanan Heytesbury anlık hızı, bir cismin belirli bir zamanda belirli bir mesafeyi kat ederken, o anda sahip olduğu hızla kat ettiği mesafe olarak tanımlar. Ortalama hız kuralını da kullanan Heytesbury, hızı tekdüze olarak değişen bir hareketin bir zaman aralığındaki ortalama hızının, söz konusu zaman diliminin orta noktasındaki anlık hıza eşit olduğunu gösterdi.

Dumbletonlu John'dan (1331-1349 arası etkin olduğu bilinmektedir), 1338-1348 arası Merton College'da dersler vermiş bir öğretmen olarak bahsedilir. En bilinen çalışması *Summa logicae et philosophiae naturalis* [Mantık ve Doğa Felsefesinin Özeti], dönemin fizik ve felsefe konularının büyük çoğunluğunu eleştirel biçimde ele alan büyük bir eserdir. Tartışmanın önemli bir bölümü, zaman veya mekan gibi belirli bir ölçekle bağlantılı olarak hareket de dahil olmak üzere, nitelikteki ve büyüklükteki değişim oranlarıyla ilgilidir.

Oxford'daki meslektaşlarının çalışmalarını daha da geliştiren Dumbletonlu John fonksiyonel ilişkileri, "enlem" veya yoğunluğu dikey eksen üzerinde, "boylam" veya uzunluğuyysa yatay eksen üzerinde çizerek grafik şeklinde açıklayan ilklerden biridir. Eğer hız (yani hareketin yoğunluğu) zamana (yani zamanın uzunluğu) karşılık gelen dikey eksen üzerinde gösteriliyorsa, tekdüze hız düz bir yatay çizgi şeklinde gösterilir; yani bütün zaman boyunca gerçekleşen hız sabittir. Düzgün değişen hareket, yani hızı tekdüze biçimde değişen hareket, yatay eksene eğimli düz çizgiyle gösterilir; hız artışı pozitifse eğim yukarı doğru, negatifse aşağı doğru çizilir.

Dumbletonlu John, Merton ortalama hız kuralının aritmetik bir kanıtını da ortaya koyar. "Enlemler yöntemi" adını verdiği bu yöntemle göre "düzgün değişen bir hareketin enlemi, orta noktadaki derecesine denk düşer". Dumbletonlu John bu yöntemi *Summa*'da kullanır ve ışığın gücünde meydana gelen değişikliği incelemek için bu problemi bir ışığın kaynağıyla arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak ele alır. Güneş'i veya bir mumu ışık kaynağı olarak kullanan Dumbletonlu John'a göre ışık veren cismin gücüyle ışığın belirli bir yoğunlukta aldığı mesafe arasında doğrusal bir bağıntı ve ortamın yoğunluğuyla hareket mesafesi

arasındaysa ters bir bağıntı söz konusudur. Dumbletonlu John sonuç olarak, “dolayısıyla, A eğer yalnızca mesafeden dolayı güçsüzce hareket ediyorsa, mesafe orantılı olduğu için A sahip olduğu dereceye orantılı bir dereceye yol açar,” der. Dumbletonlu John, bir ışığın yoğunluğunun mesafeyle doğru orantılı olmadığını farkeder, çünkü “bir ışığın sabit yoğunluğa sahip bir ortamda tekdüze bir değişkenlikle hareket etmeyeceğini” belirtir. Fakat Dumbletonlu John niceliksel ilişkiyi tam olarak tespit etme konusunda başarılı olamadı. Bir ışık kaynağına bağlı bir ışığın yoğunluğunun, mesafenin karesiyle ters orantılı olduğunu kanıtlayan bu kanun Johannes Kepler tarafından 1604'te keşfedilecekti.

Çağdaşları tarafından “Hesaplayıcı” olarak bilinen Richard Swineshead'in adı aynı zamanda 1340'larda Merton College'daki bir alete de verilmişti. Swineshead, en çok *Liber calculationum* [Hesaplama Kitabı] (1340 civarı-1350) eseriyle tanınır. Fizik konularında matematiği yoğun olarak kullanılmasıyla ün kazanan eser, Newton'un yaklaşımına zemin hazırladı. Swineshead *De motu* [Hareket Üzerine] ve *De motu locali* [Yerel Hareket Üzerine] adlı iki eser ve Aristoteles'in *Gökyüzü Üzerine*'si hakkında da kısmi bir yorum daha yazmış olabilir.

Liber calculationum, fiziksel değişkenlerin değerlerini hesaplama ve değişkenlerdeki değişikliklerle ilgili problemleri çözme üzerine odaklanır. On altı ciltten oluşan eserin son üç cildi “Yerel Hareket” üzerine odaklanır. Söz konusu ciltlerde Swineshead birçoğu doğada karşılığı olmayan akla gelebilecek her türlü hareketi konu alarak Bradwardine'in dinamik kanunu üzerine uzun uzun durmaktadır. *Liber calculationum* Avrupa'da oldukça rağbet gördü ve Padova'da (1477 civarı), Pavia'da (1498) ve Venedik'te (1520) yayımlandı. Eserin Venedik baskısı, daha sonra büyük Alman matematikçisi ve filozof Leibniz (1646-1716) için yeniden yazıldı. Leibniz, skolastik felsefeyi matematikle buluşturduğundan dolayı Swineshead'i takdir edecekti.

Hareket teorisinde Paris'te de gelişmeler meydana geldi. Söz konusu gelişmeler, özellikle Bradwardine ve Oxford'daki takipçilerinin görüşlerinden derinden etkilenen Jean Buridan'ın (1295-1358 civarları) eserleriyle başladı. Buridan'la ilgili, Arras piskoposluk bölgesinde dünyaya geldiğinden başka pek bir bilgi bulunmamaktadır. 1320'den kısa bir süre sonra Paris Üniversitesi'nde master yapan Buridan, ilki 1328 ve ikinci-

si 1340'ta olmak üzere iki kez Paris Üniversitesi rektörü olarak seçildi.

Buridan'ın günümüze kalan eserleri, esas olarak Aristoteles'in eserlerine dayalı bir müfredat uygulayan Paris Üniversitesi'nde verdiği derslerin notlarının yanı sıra mantık, gramer, matematik ve astronomi üzerine yazdığı ders kitaplarını içerir. Buridan mantık üzerine bir ders kitabı yazmanın yanı sıra konuyla ilgili iki ileri seviye eser daha yazdı. Diğer bütün eserleri Aristo'nun temel eserleri üzerine yazdığı yorumlardan ve *Quaestiones* [Sorular] adlı eserlerinden oluşmaktadır.

Buridan, bilim felsefesiyle ilgili görüşlerini Aristoteles'in *Fizik* ve *Metafizik* üzerine yazdığı *Quaestiones* eserinde bildirmektedir. Eserinde, zorunluluğu mantık yoluyla belirlenecek önermeler ile zorunluluğu "doğadaki ortak neden varsayımı" şartına bağlı olan deneysel kanıtlara dayanan önermeler arasında ayırım yapar. Buridan doğa bilimi prensiplerinin ikinci tür önermelerden oluştuğunu savunarak, "bu prensipler doğrudan kanıtlar değildir; gerçekten de bu prensiplerden uzun süre kuşku duyabiliriz. Fakat bunlar prensipler olarak adlandırılabilir, çünkü bunlar ölçülemez, başka önermelerden yola çıkılarak bunlarla ilgili bir sonuç ulaşılamaz ya da bunlar herhangi bir formel yöntemle kanıtlanamaz. Yine de bu prensipler kabul edilebilir çünkü birçok örnekte doğru oldukları ve hiçbirinde yanlış olmadıkları gözlemlenmektedir."

Bu teori, Aristoteles'in Latince yorumcuları tarafından savunulan "fiziğin ilkeleri, metafiziğin yarattığı zorunlu sonuçlardır," düşüncesini reddetmesi bakımından önemlidir. Buridan bilimsel prensiplerin ortak deneyimlere dayanan tümevarımsal genellemeler olduğunu savunmakla, doğaüstü nedenleri bilimin yöntemine ve amacına uygun olmadığı gerekçesiyle reddetmektedir. Fakat aynı zamanda doğanın nedensel düzeninde ilahi müdahalenin mutlak anlamda mümkün olabileceğini kabul eder ve böylelikle Hristiyan dogmasıyla çatışmaktan kaçınmaya çalışır.

Buridan Aristoteles'in fizik ve kozmolojisinin genel çerçevesiyle Yunan, İslam ve Hristiyan yorumcuların Aristotelesçi yorumlarını doğa felsefesi için geçici bir varsayım olarak değerlendirir. Buridan'ın dönemine gelindiğinde, Aristoteles'in otoritesine sadece Hristiyan dogmayla çeliştiği için değil, aynı zamanda bazı teorilerinin gözlemlenen olaylara aykırı olduğu gerekçesiyle de karşı çıkılır olmuştur. Buridan'ın bilim tarihindeki temel önemi, Aristoteles'in atış hareketiyle ilgili açıklaması-

nı reddederek, modern dinamiğin temel düşüncelerinden biri haline gelecek alternatif bir teori önermesinden ileri gelir.

Buridan kendi teorisini oluştururken öncelikle Aristoteles'in fırlatılan bir cismin hareket kaynağıyla temasını kaybettikten sonra neden hâlâ hareket etmeye devam ettiğini açıkladığı atış teorisini reddetti. Ardından kendi açıklamasını, yani impetus teorisini ortaya koydu. Bu teori, ilk olarak 6. yüzyılda John Philoponus tarafından ileri sürülmüştü. Buridan, fırlatılan bir cismin hareketinin devam etmesini sağlayan şeyin, fırlatma aracından aldığı kuvvet olduğunu ve "eğer bir karşı direnç veya karşı hareket sağlayan bir şey tarafından zayıflatılmaz veya kesilmezse, bu hareketin sonsuza dek sürebileceğini" belirtir. İmpetus'u, cismin "madde miktarı" ve hızının bir fonksiyonu olarak tanımlar. Bu da modern kullanımıyla momentum veya kütlenin zamandaki hızı olarak adlandırılan kavramlara denk düşer. Burada ifade edilen kütle, madde- nin eylemsizlik özelliğini, yani hareket durumundaki değişikliğe karşı gösterdiği direnci ifade eder. Serbest düşüş olgusuna uygulandığı üzere, Buridan yerçekiminin sadece hareketin temel nedeni olmadığını, aynı zamanda cisim düştükçe itme kuvvetine güç kattığını, dolayısıyla cismin düşüşündeki hızlanmayı artırdığını bildirir:

Şu anlaşılmalıdır ki, ağır bir cisim ilk hareket ettiricisinden, yani çekiminden sadece hareketi almaz, aynı zamanda doğal sabit çekime rağmen söz konusu cismin hareketini devamlı kılan belirli bir impetus da alır. Ve hareket için gereken oranda impetus alındığından, hareket ne kadar hızlıysa impetus da o kadar büyük ve güçlü olur. Dolayısıyla ağır cisim başlangıçta doğal yerçekimiyle ve dolayısıyla yavaş hareket eder fakat daha sonra hem çekim hem de kazandığı impetus tarafından hareket ettirildiği için... hedefine ulaşınca kadar giderek hızlanır.

Buridan kendi dönemine göre gerçekten de devrimsel bir yaklaşımla bir kuvvetin, yani çekimin cisme giderek artan bir itme kuvveti verdiğini söyler. Cismin kütlesi değişmediğinden ve impetus kütlenin zaman içindeki hızı olduğundan, bu durum kuvvetin bir cismin hızını değiştirdiğini söylemekle eşdeğerdir. Eğer herhangi bir kuvvet yoksa hız değişme-

yecek ve sabit kalacaktır. Dolayısıyla Buridan'ın impetus teorisi, bir cismin hızlanmasının onu hareket ettiren kuvvetle orantılı olduğunu ve eğer kuvvet sıfırsa hızlanmanın da sıfır olduğunu, yani eylemsizlik ilkesi uyarınca hızın sabit kalacağını ileri süren Newton'un hareket kanununa oldukça yakındır. Fakat Buridan'ın, düşmekte olan bir cismin hızının kat ettiği zamanla mı yoksa cismin düştüğü mesafeyle mi orantılı olduğunu savunduğu açık değildir. Zira burada ifade edilen görüşlerden ilki doğrudur, ikincisi 17. yüzyılda savunulmuş yanlış bir düşüncedir.

Buridan'ın impetus teorisi, dönme devinimiyle ilgili yanlış görüşü bakımından da modern görüşten ayrılır. Buridan, dönme devinimi görüşüyle sabit açısal hızdaki dönmenin, kaynağını atış hareketindeki doğrusal impetusa benzer dönen bir impetustan aldığını ileri sürer. Bu yanlış görüş daha sonra Galileo tarafından da savunulacaktı.

Buridan impetus teorisini kullanarak günümüz klasik mekaniğinde de kullanılan ilginç bir esnek çarpışma yorumu ortaya koydu. Crombie, Buridan'ın modeli ve bu modelin titreşim ve salınım [osilasyon] uygulanmasıyla ilgili aydınlatıcı bir açıklama yapar:

Yer dinamiğine ilişkin sorularla ilgili olarak, Buridan bir tenis topunun zıplamasını ışığın yansımaya benzeterek açıklar: Top yere çarptığında ortaya çıkan kuvvet sayesinde ilk *impetus* topa baskı uygular, top geri teptiğindeyse yeni bir *impetus* açığa çıkar ve bu da topun zıplamasına yol açar. Buridan benzer bir açıklamayı, telli çalgıların titreşimi ve sarkaçlardaki salınım için de yapar.

Söz konusu impetus kavramı, aynı zamanda Aristoteles kozmolojisinin de sabit bir hızla dönen gökkürelerin açıklanmasında da kullanıldı. Buridan, Aristoteles'in ileri sürdüğü üzere, gökkürelerin hareket etmeyen hareket ettiricileri olarak gayri maddi "akıllara" ihtiyaç olmadığını, çünkü söz konusu gökkürelerin ilk impetusu Yaratıcı'dan aldıktan sonraki hareketlerinin eylemsizlik hareketleri olduğunu iddia etti. "Tanrı dünyayı yaratırken her gökküresini hareket eder halde düzenledi... Ve onları hareket eder halde düzenlerken onlara, O olmadan hareketlerini sürdürebilme kabiliyeti sunan bir impetus verdi." Buridan, bu sayede Tanrı'nın yaradılışın yedinci gününde dinlenebildiğini, çünkü söz ko-

nusu gökkürelerin, eylemsizlik hareketi sayesinde herhangi bir ek ilahi çaba olmaksızın hareket etmeye devam ettiğini de ilave etti.

Buridan her ne kadar impetus teorisini Aristoteles'ten farklı bir şekilde formüle edip fırlatma hareketine ve serbest düşen cisimlere uygulasa da, Aristoteles'in hareket teorisini kullanmaya devam etti. Dolayısıyla Aristoteles'in boşluğun varlığını reddetmesini yorumlayan Buridan, bir ortamda doğal hareketin hızının ortamın direncine ters orantılı olduğunu, dolayısıyla bir boşlukta hareketin anlık olduğunu, çünkü boşluğun olmamasının imkansız olduğunu savundu.

Buridan, Aristoteles'in *Fizik*'i üzerine yazdığı *Quaestiones* kitabında, matematikçilerin deneyim dünyasıyla ilgili verdiği tanımının içkin belirsizliğine dikkat çekerek ilginç bir noktaya temas etti. "Matematiksel unsurları kullanarak doğal hareketleri tam bir kesinlikle ve mutlak doğrulukla ölçemeyeceğimiz bilinmelidir. 1 pound (453 gr) mumun 1 pound kurşuna tamı tamına eşit olup olmadığını terazi kullanarak bilemeyiz, çünkü tespit edemeyeceğimiz kadar az miktarda bir farklılık olabilir."

Aristoteles'in *Gökyüzü Üzerine* eseri üzerine yazdığı *Quaestiones*'de, Buridan Aristoteles'in Dünya'nın evrenin merkezinde sabit durduğunu ve yıldızlarla diğer gök cisimlerinin Dünya'nın etrafında döndüğünü ileri süren yer-merkezli modelinin kanıtlanıp kanıtlanamayacağını sorar. Buridan, kendi dönemindeki birçok bilginin bu görüşün aksine inandığını, yani Dünya'nın kendi eksenini etrafında döndüğünü ve yıldızların evrenin merkezinde sabit olduğunu savunduğunu belirterek, "eğer olgular bu teorinin varsaydığı gibiyse, göklerdeki her şeyin bize zaten bugün görüldüğü gibi görüneceği tartışmasız bir şekilde doğrudur," diye ekler. Buridan, Dünya'nın döndüğünü savunduğu tezinde, gözlenen olayları en basit teoriyle açıklamanın daha uygun olduğunu, devasa yıldızlar küresinin sabit durduğunu ve Dünya'nın hareket ettiğini düşünmenin tersini varsaymaktan çok daha mantıklı olduğunu belirtir. Fakat Buridan Dünya'nın döndüğüne karşı çıkan genel savları çürüttükten sonra, kendisinin bu teorinin aksine inandığını belirtir ve Dünya ister dönsün ister dönmesin, yukarıya dik bir biçimde fırlatılan cismin, en azından yaklaşık olarak başlangıç noktasına geri döneceği tezini -ki bu tez doğrudur- kendi düşüncesine dayanak yapar.

Buridan her ne kadar Dünya'nın döndüğü görüşünü reddetse de, Aristoteles'e ait Dünya'nın evrenin sabit merkezi olduğu görüşünü de benimsemez. Ernest A. Moody, Buridan'ın bu devrimci teorisinin ilginç ispatını şöyle özetler:

Okyanustan yükselen karalar çoğunlukla Dünya'nın bir tarafında yer aldığından Dünya hacminin merkezi, Dünya'nın yerçekimi merkeziyle tam denk değildir. Bununla birlikte, yerçekiminin gökkürelerin iç yüzeyiyle eşit uzaklıkta olması bakımından, Dünya evrenin merkezidir. Fakat bu yerçekimi merkezi, karasal alanın erozyon nedeniyle yavaş yavaş okyanusa doğru kaymasıyla sürekli olarak değişir ve nihayetinde yerçekimi merkezinin göklerin merkezi olarak konumunu koruyabilmesi için, Dünya'nın bütün kütlesi sulu alandan yavaş yavaş karasal alana doğru kayar.

İmpetus teorisi, bazı Aristotelesçi kavramların korunduğu değiştirilmiş bir biçimiyle de olsa, Buridan'ın öğrencileri tarafından benimsendi ve bütün Avrupa'da bilinir hale geldi. Bunun dışında, Buridan Aristoteles'in nihai nedenlerle ilgili açıklamalarını fizikten çıkarmakla da bilinir. Buridan'ın kitaplarının üniversitelerde okutulması 17. yüzyıla kadar zorunluydu; dolayısıyla hem Kopernik hem de Galileo muhtemelen bu kitapları okumuşlardı. Kopernik, Dünya'nın hareketleriyle ilgili tartışmalarında Buridan'ın bazı savlarından yararlanmış, Galileo da kendi kinematik ve dinamik kanunlarını formüle ettiğinde impetus teorisini yeniden gündeme getirmişti.

Diğer ünlü ortaçağ bilginleri gibi Buridan da uydurma bazı hikayelerin konusu oldu. Bu hikayelerden biri de şair François Villon tarafından anlatılmaktadır. Rivayete göre Buridan'ın Fransız Kralı V. Charles'ın karısıylagizli ilişkisi olduğu için Kral onu bir çuvala koydurup Sen Nehri'ne attırmıştı. "Buridan'ın eşiği" olarak bilinen, iştah açıcı iki ayrı tutam ot arasında duran bir eşiğin hangi otu yiyeceğine karar veremediği için açlıktan öldüğünü anlatan bir başka hikaye de yine Buridan'a atfedilir.

Buridan'dan etkilenen ilk bilginlerden biri de aynı zamanda Paris Üniversitesi'nde dersler veren Saksonyalı Albert'tir (1316 civarı-1390). Albert 1353'ten başlayarak Papa V. Urbanus için çeşitli görevleri yeri-

ne getirmek üzere Avignon'a gittiği 1362'nin sonuna kadar üniversitenin rektörlüğünü yaptı. Viyana Üniversitesi Haziran 1366'da açıldığında Albert üniversitenin ilk rektörü olarak atandı. Bir yıl sonra da Halberstadt piskoposu olarak görevlendirildi ve ömrünün geri kalan bölümünü de bu görevde geçirdi. Bir noktadan sonra piskoposluk bölgesindeki ruhban sınıfından bazıları tarafından "dini bilgilerden ziyade, insan bilimleri hakkında bilgi sahibi" olduğu gerekçesiyle sapık düşüncelere sahip olmakla suçlandı.

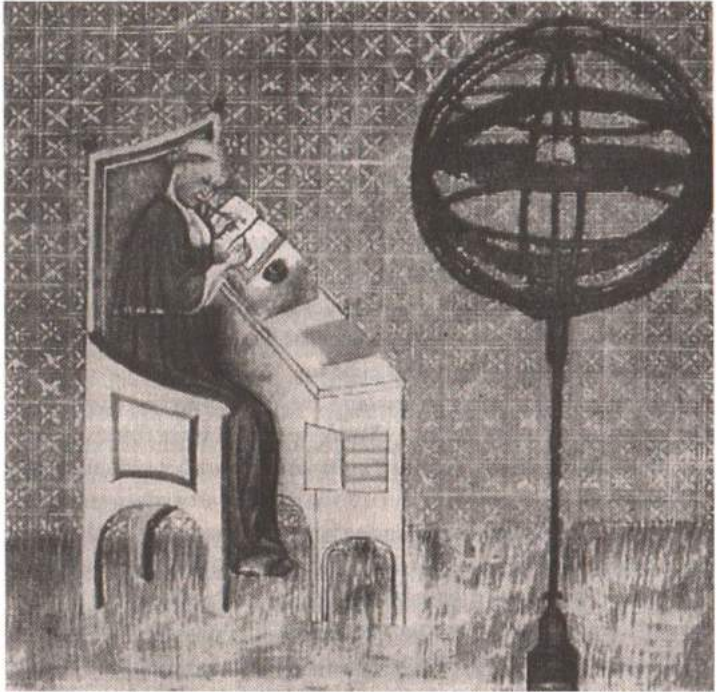
Albert, Paris Üniversitesi'nde doğa felsefesi üzerine verdiği derslerde Buridan'ın derslerini örnek aldı. Dolayısıyla Albert'in çalışmaları aynı zamanda Buridan'ın görüşlerinin, özellikle de impetus teorisi üzerinden atış hareketi ve çekimsel ivmeyle ilgili açıklamalarının aktarılmasına da hizmet etti. Fakat Albert'in yaptığı bir hata takipçileri arasında ilginç tartışmalara yol açtı. Ernest A. Moody konuya ilişkin şunları yazar:

Buridan'ın aksine, Albert yukarı doğru fırlatılan bir cismin yukarı çıkışıyla aşağı düşüşü arasında kısa bir bekleme süresi olduğunu ileri sürerek atış hareketi analizinde bir hata yaptı. Fakat yine de yatay olarak bir toptan atılan merminin izlediği yolla ilgili soruyu ortaya atarak yararlı bir tartışmanın fitilini ateşlemiş oldu. Albert, yerçekimi kuvveti fırlatılan cismin itme kuvvetini (impetus) aşındırmaya dek cismin düz yatay bir yol izlediğini, daha sonra kısa bir süre için kavisli bir yol çizip, bu kavisli yol sürecinde ikincil impetusa cisme uygulanan yerçekiminin yol açtığı aşağı doğru çeken impetusun birleştiğini ve ardından da cismin düz bir şekilde yere düştüğünü varsayar. Leonardo da Vinci de bu problemi ele aldı, fakat cismin yolunun tamamının her iki kuvvetin birleşimi sonucunda meydana gelen bir kavis olduğunu kanıtlayan Niccolo Tartaglia oldu.

Buridan'ın en seçkin öğrencisi Nicole Oresme (1320 civarı-1382) 1340'lı yıllarda Paris Üniversitesi'nde Buridan'dan dersler aldı. 1356'da üniversitedeki Navarre Koleji'nin büyük ustası seçilen Oresme, daha sonra o dönemki Fransa kralının veliahtı, geleceğin kralı V. Charles'ın katibi oldu.

1369'dan itibaren Charles tarafından Aristoteles'in bazı Latince eserlerini Fransızcaya çevirmekle görevlendirildi. 1377'de yaptığı tercüme-lerden dolayı ödüllendirilerek kralın emriyle Lisieux piskoposu olarak atandı ve 1382'de ölünceye dek bu görevi sürdürdü.

Oresme 1350'lerde Paris'te Navarre Koleji'deyken yazdığı *Tractatus de configurationibus qualitatum et motuum* [Niteliklerin ve Hareketlerin Yapısı Üzerine İnceleme] eserinde Metron ortalama hız kuralının geometrik bir ispatını yaptı. Söz konusu ispat bir diyagram şeklinde olup diyagramda hız (v), yatay eksen üzerinde yer alan zamanın (t) bir fonksiyonu olarak dikey eksen üzerinde yer alır. Hareketsiz bir noktadan baş-



Nicole Oresme'nin minyatürü.

layıp sabit oranda hızlanan bir cisim, başlangıç noktasından itibaren yuvarı doğru eğimli düz bir çizgi şeklinde ifade edilir ve çizilen şekil bir üçgen oluştururken, sabit hızda hareket eden bir cisimse yatay düz bir çizgiyle gösterilir ve çizilen şekil bir dikdörtgen oluşturur.

Örneğin, giderak hızlanan bir cismi ele alalım; cisim sıfırdan başlayarak saniyede altmış santimetre hızlanıyor olsun. Dört saniyelik hareketin diyagramı çizildiğinde, hız dört saniye içinde 0-60-120-180-240 gibi bir yol izleyerek 240 santimetreye ulaşır. Bu diyagram, 4 saniyelik zaman aralığında saniyede 0'dan 240 santimetreye kadar yükselen düz bir çizgi şeklinde çizilir; dolayısıyla yüksekliği 240 ve tabanı 4 olmak üzere bir dik üçgen halini alır. İvme (a) düz çizginin eğimine, yani saniyede $240/4$ veya 60 santimetreye eşittir. Ortalama hız nihai hızın yarısıdır, yani saniyede $240/2$ veya 120 santimetredir. Bu durumda ortalama hız kuralına göre, 4 saniyede kat edilen mesafe (s), 4 çarpı 120, yani 480 santimetredir. Bu mesafe aynı zamanda 120 santimetre/saniyelik sabit bir hızla hareket eden bir cismin kat ettiği mesafeye eşittir. Kural, her bir saniyelik zaman dilimine uygulanabilir ve ortalama hızın her bir saniye için 30-90-150-210 santimetre şeklinde arttığı görülebilir. Bu durumda kat edilen mesafe, birinci saniyede 30, ikinci saniyede 90, üçüncü saniyede 150 ve dördüncü saniyede 210 santimetre olur. Bu sonuçlar, $v = a \times t$, ve $s = a/2 \times t^2$ denklemleriyle genellenebilir. Bu formüller, Galileo'nun *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar*'da (1638) formüle ettiği kinematik denklemlerdir. Galileo, denklemlerinde Oresme'in Merton ortalama hız kuralının ispatını kullanmıştır.

Bununla birlikte, Oresme ortalama hız kuralını serbest düşüş problemine uygulamazken, Galileo yaklaşık üç yüz yıl sonra uyguladı. Oresme, Buridan'ın impetus teorisini kullanarak düşen bir cismin hızının, yerçekimine bağlı olarak birbirini izleyen impetus artışıyla meydana geldiğini açıkladı. Görünüşe göre, düşen bir cismin hızının kat edilen mesafeyle doğru orantılı olduğunu ileri süren hakim görüşe karşın, Oresme söz konusu hızın kat edilen zamanla doğru orantılı olduğunu keşfederek doğru sonuca ulaştı. Oresme varsayımsal bir örnek olarak, bir cismin Dünya'nın çapı kadar bir delikten aşağı düştüğünü varsayar. Söz konusu cisim merkeze ulaştığında sahip olduğu impetus, söz konusu cismi bu impetus kaybolana dek taşıyacaktır. Bu noktada cisim geri gitmeye baş-

layacak ve merkez etrafında aşağı-yukarı salınacaktır. Bu problemi temel fizik derslerimde ben de tartışıyorum.

Oresme aynı zamanda astronomi konusunda da özgün görüşlere sahipti. Bu konuyla ilgili görüşlerini 1377’de V. Charles için yazdığı *Livre du ciel et du monde d’Aristote* [Aristoteles’in Gökyüzü Üzerine’si] eserinde sundu. Oresme’in astronomi konusunda özgün görüşlerinden biri, Tanrı tarafından yaratıldıkları andan itibaren harekete geçirildiği varsayılan gökkürelerin sonsuz hareketiyle ebedi bir mekanik saati karşılaştırmasıdır. Oresme, “gökcisimlerinin, herhangi bir etki veya çaba olmaksızın, içkin bir kuvvet veya maddi güçle hareket ettirilmesi imkansız değildir, çünkü göklerdeki direnç, söz konusu cisimleri herhangi bir başka harekete yöneltmez veya durdurmaz, tabii söz konusu gökcisimlerinin daha hızlı hareket etmemeleri şartıyla,” diye yazar.

Oresme, Dünya’nın sınırlı evrenin sabit merkezi olduğu ve bütün hareket ve çekimin esas noktası olduğu şeklindeki Aristotelesçi görüşe karşı çıktı. Uzaydaki hareket, çekim ve yönlerin göreceli olduğunun kabul edilmesi gerektiğini ileri süren Oresme, her şeye gücü yeten Tanrı’nın sınırsız bir uzay ve dilediği sayıda evren yaratabileceğini söyledi. Dolayısıyla Oresme, Dünya’nın evrenin sabit merkezi olduğu görüşünü bu şekilde reddetti. Bu görüşün yerine yerçekiminin, cisimlerin küresel kütle dağılımlarının merkezine doğru hareket etme eğilimi olduğu görüşünü ileri sürdü. Oresme’e göre, çekimsel hareket yalnızca belirli bir evrene bağlıydı; uzayın tamamını kapsayan mutlak bir çekim doğrultusu söz konusu değildi. Fakat Tanrı çok sayıda dünya yaratma kudretine sahip olsa da Oresme, Aristoteles’in yer-merkezli evren görüşünün doğruluk ihtimalini kesinlikle reddetti. Yerçekimiyle ilgili tartışmasının sonunda bu konuda şöyle der:

Bu dünyadaki bütün ağır şeyler bir kütlede birleşme eğilimindedir ve söz konusu kütlelerin çekim merkezi Dünya’nın merkezi olmalıdır. Bunların tümü niceliksel olarak tek bir cisim oluşturur. Ve buna göre de tümü sayısal olarak tek bir [doğal] yere sahiptir. Ve eğer bir başka dünyanın toprağının [elementinin] bir bölümü bu dünyadaysa, söz konusu toprak bu dünyanın merkezine yönelimli olur ve bu kütleyle birleşme eğilimi gösterir... Fakat bir baş-

ka dünyanın (eğer varsa) toprağı [elementi] veya ağır şeyleri bu dünyanın merkezine eğilimli değildir, çünkü söz konusu toprak ve ağır şeyler de kendi dünyalarında bir kütle oluştururlar ve sayısal olarak tek bir cisim haline gelirler. Bunlar sayısal olarak da doğada tek bir yere sahip olurlar ve [kendi merkezine göre] tıpkı bu dünyadaki ağır şeylerin kütlesi gibi yüksekte veya alçakta konumlanırlar... Burada şu sonuca vardım ki her şey gücü yeten Tanrı isteseydi bu dünyadan başka bir birine benzeyen veya benzemeyen bir veya birkaç dünya daha yaratabilir ve yaratırdı, fakat yaratmadı ve Aristoteles de bunun aksini ispatlayacak geçerli bir kanıt sunamamıştır. Fakat daha önce de belirtildiği gibi tek bir dünyadan başka bir maddi dünya yoktur ve olmayacaktır.

Tarihçi Marshal Clagett yukarıdaki alıntı için ilginç bir tespit yapar: “Bu alıntı Oresme ve Parisli çağdaşları tarafından kullanılan tekniği ortaya koyuyor. Söz konusu teknik, en aykırı ve radikal felsefi görüşleri ileri sürmelerine olanak sağlamasına karşın, bu bilgilerin bu görüşlere bağlı kalmayı taahhüt etmezler.”

Oresme aynı tekniği Dünya'nın hareketinin ve günlük dönüşünün göreliliği savında da kullandı. Oresme bu konuda şunları ileri sürer: “Düzeltilmeye tabi olması koşuluyla, Dünya'nın günlük bir hareketi vardır, fakat gökteki cisimlerin böyle bir hareketi söz konusu değildir. Ayrıca, açıklayacağım üzere, ne bir gözlem aracılığıyla ne de uslamlamaya bunun tersini göstermek mümkün değildir; bu görüşümü destekleyen nedenleri de sunacağım.”

Oresme'in Dünya'nın hareketini savunan savları daha sonra hem Kopernik hem de Galileo tarafından kullanıldı. Bütün bu savlarına karşın o dönemde henüz Lisieux piskoposu olan Oresme, sonunda Hristiyan doktrine aykırı olduğu gerekçesiyle dünyanın günlük dönüşünü reddedecek, “çünkü Tanrı Dünya'yı sabit bir şekilde yarattı, dolayısıyla aksini gösteren muhakemeler olsa bile Dünya hareket etmez,” diyecekti. Oresme'in bu tutumu kendi dönemindeki ruhban sınıfı arasında olağandışı değildi, çünkü piskopos olarak sahip olduğu konum gereği, kendi felsefi görüşleriyle çelişse bile Katolik Kilisesi'nin doktrinlerine bağlı kalacağına dair yemin etmişti.

Tractatus de configurationibus'un özellikle ilginç üçüncü bölümünde Oresme, yakınsak ve ıraksak seriler arasındaki farkları ortaya koyar. Oresme sonsuz bir seride belirli bir değere "sonsuzluğa orantılı parçalar" eklenir ve bu parçaların oranı 1'den küçük olursa, serinin toplamının sonlu olacağı, aksi takdirde "toplamın sonsuz olacağını" belirtir. Oresme hem bu eseri hem de diğer matematik eserleri sayesinde Newton ve Leibniz'den üç asır önce kalkülüsü keşfeden öncülerden biri unvanını kazandı.

Oresme'in doğal olgulara doğaüstü açıklamalar yerine rasyonel açıklamalar getirmekte ısrar ettiği *Questio contra divinatories* [Kehanetlere Karşı Sorular] eserinde açıkça görülmektedir. Oresme, eserinde insanların cahillikten dolayı olağanüstü olayları göklere, Tanrı'ya veya şeytanlara atfettiğini bunun da "felsefenin yıkımına" yol açtığını belirtir. Şeytanların varlığıyla ilgili olarak şunları söyler: "Daha da ötesi, eğer din şeytanların varlığını ileri sürmeseydi, onların varlığını kanıtlayan herhangi bir doğal emarenin olmadığını söyleyecektim, çünkü [onlardan kaynaklandığı varsayılan] her şey tabii olarak [açıklanabilir.]"

Oresme ortaçağdaki Oxford-Paris geleneğinin son seçkin düşünürüydü. Oxford-Paris geleneği on dördüncü yüzyılın sonlarına doğru düşüşe geçerken Crombie'ye göre, "Oxford ve Paris'teki özgün eser üretimi yaklaşık iki yüzyıldır fiilen kesilmiştir".

Oxford-Paris geleneği zayıfladıktan sonra Batı Avrupa'da bir başka devrimci bilim insanının ortaya çıkması bir asırdan fazla zaman aldı: Leonardo da Vinci (1452-1519). Maalesef da Vinci'nin olağanüstü sanatsal başarıları bilimdeki başarılarını gölgeledi. Halbuki da Vinci anatomi, jeoloji, hidrostatik, optik, teknoloji, mekanik ve dinamik alanlarında bilim dünyasına önemli katkılar sundu. Kendi dinamik teorisini impetus teorisine dayandıran da Vinci, Saksonyalı Albert'in atış hareketini de kabul ediyordu, fakat fırlatılan bir cismin gerçek hareketinin, örneğin yerçekimi ve itici kuvvet gibi, iki veya daha fazla kuvvetin sonucu olabileceğini de benimsiyordu. Da Vinci, eğimli bir düzlemde aşağı doğru yuvarlanan bir topun hızının düzenli bir biçimde arttığını, yani eşit zaman aralıklarında topun hızının eşit miktarda arttığını tasdik etti. Aynı zamanda belirli bir yükseklikten dikey olarak düşen bir topun hızının, aynı yükseklikteki eğimli bir düzlem üzerinde yuvarlanmasıyla aynı olduğunu fakat

ikincisinin daha uzun zamanda gerçekleşeceğini gösterdi. Her iki keşif de Galileo'ya atfedilen keşiflerdir. Leonardo aynı zamanda serbest düşen bir cismin hızının doğru kanununu da gösterdi, fakat Crombie'nin de belirttiği üzere kartunu "önemli yanlışlar" taşıyordu.

Da Vinci'den başlayarak Galileo'ya kadar peş peşe gelen yazarların dinamik üzerine kaleme aldığı eserler, temelini 13. ve 14. yüzyıl Oxford bilginlerinden aldı. Da Vinci ve peşi sıra gelen bilginler, Oxford bilginlerinin metodolojiyle ilgili görüşlerini araştırmalarına uygulayarak, özellikle zaman ve mekanda hareket eden cisimler konusunda yepyeni bir yaklaşım sergilediler. Söz konusu uygulama, kinematığın ilk kanunlarını yazmaları ve hareketin salt matematiksel bir tanımını oluşturmaları için olanak sağladı, dolayısıyla Galileo'nun araştırmalarına da zemin hazırlamış oldu. Bu bilginler ayrıca, kaldırma kanunu başta olmak üzere, denge durumlarına da tamamen yeni ve dinamik bir yaklaşım getirdiler.

Başta Jean Buridan ve Nicole Oresme olmak üzere Paris'teki bilginler 14. yüzyıldan başlayarak yeni metodolojiyi dinamik bilimine, yani kuvvetle hareket arasındaki ilişkiye uyguladılar. Yeni dinamik konusundaki en önemli düşünce, ilk olarak John Philoponus tarafından ileri sürülen impetustu. İmpetus artık fırlatılan cismin yolunu, düşen bir cismin hızı sabit olmayan hareketini, sarkaçların hareketini, topaların zıplama hareketini ve gezegenlerin yörünge hareketini açıklayacak şekilde geliştirilmişti. Büyük önem taşıyan diğer konular da, bir kuvvet olarak çekim ve impetusun sürekliliği kavramlarıdır. İmpetusun sürekliliği doğrudan maddenin ataleti düşüncesine, yani Newton'un birinci hareket yasasının ortaya çıkışına yol açmıştır.

Hızı sabit olmayan hareket konusundaki araştırmalar da 14. yüzyılda başladı ve sabit hızda hareket eden cisimlerle ilgili kinematik denklemler düşen cisimlerin hareketine uygulandı. Burada çekim, ek impetus sağlayan bir kuvvet olarak tanımlandı. Bu da nihayetinde Newton'un ikinci hareket yasasının ortaya çıkmasına yol açtı.

Yeni kinematik ve dinamik ile ilgili tartışmalar yeni ve devrimci görüşlerin ortaya çıkmasına neden oldu: evrenin sonsuz olabileceği, birçok evrenin olabileceği, hareketin göreliliği, dolayısıyla dünyanın dönüyor olabileceği ve göklerin sabit olabileceği gibi görüşlerdi bunlar.

Bütün bunları gözden geçirdiğimde, Oxford-Paris geleneğinin 13, 14

HAREKET BİLİMİ

ve 15. yüzyıllarda hareket biliminde kaydettiği gelişmelerin, bugün üniversitelerde okutulan ve daima kinematik ve dinamik yani hareket bilimiyle başlayan temel fizik derslerinin büyük bir kısmını kapladığını fark ettim, çünkü fizikteki bütün diğer konular bunlar üzerinden yükselir.

GÖKKUŞAĞININ ÜZERİNDE

Doğanın kendisi ilk fizik laboratuvarıdır ve doğal olaylar arasında gökkuşağından daha güzel ve görkemlisi yoktur. Gökkuşağının açıklanması gerekiyordu ve bilimin gelişiminden uzun zaman önce gökkuşağına mitolojik açıklamalar getiriliyordu. Antik Yunanlara göre Zeus, Tanrıça İris'i dünyaya gönderirken yol olarak kullanması için gökkuşağını yaratmıştı. İrlandalı büyükbabam Tomas ise bana İrlanda cücesinin altın küpünü gökkuşağının ucunda sakladığını söyledi, fakat hangi ucunda olduğunu söylemedi.

Aristoteles gökkuşağına bilimsel bir açıklama getirmeye çalışan ilk bilginidir ve yürüttüğü çalışmalar ortaçağdaki İslam ve Latin Avrupalı bilginlerin araştırmalarına temel oluşturmuştur. Robert Grosseteste'in gökkuşağı üzerine yaptığı araştırma bazı temel noktalarda yanlış olsa da, optikle ilgili araştırmalarda onu takip eden bilginler için bir başlangıç noktası teşkil etti. Söz konusu bilginler, gökkuşağının simülasyonunu yapmak suretiyle bazı deneyler yaptılar.

Genelde gökkuşağını yağmur yağdıktan sonra sabah veya akşamları görürüz. Sırtımızı güneşe döndüğümüzde dış kısmında kırmızı ve iç kısmında mor olmak üzere çeşitli renklerdeki ışık tayfından oluşan bir kemer şeklinde görülür. Gökkuşağının merkezi, gözlemcinin konumuna göre Güneş'in tersi konumdadır ve eğer ileri veya geri doğru yürürseniz, gökkuşağı da sizinle birlikte hareket eder; dolayısıyla, Tomas'ın bana dediğine göre, İrlanda cücesinin altın küpü de böylelikle güvende kalmış olur. Eğer yanınızda bir arkadaşınız varsa, onun da kendisiyle birlikte ha-

reket eden bir gökkuşağı vardır. Gökkuşağı kemeri, Güneş'in tersi yönde 40-42°'lik bir açı oluşturur.

Bu esas gökkuşağıdır ve genellikle ana kemerin dışında 50-53°'lik bir açı oluşturur. İkinci bir zayıf gökkuşağı görülür. İkinci gökkuşağının renk tayfı ana gökkuşağının tersinedir yani en dış kısımda mor, iç kısımdaysa kırmızı renk vardır. Ana ve ikincil gökkuşağları arasındaki karanlık bölge, Alexander'ın koyu kuşağı olarak adlandırılır.

İleride göreceğimiz üzere, 13. yüzyıl boyunca ve 14. yüzyılın başlangıcında Grosseteste ve onun ardından gelen birçok bilgin gökkuşağı üzerine araştırmalar yaparak 18. yüzyıl başlarında Newton tarafından ortaya konan teorinin temellerini attı. Newton ortaya koyduğu teoriyle, gökkuşağının güneş ışınlarının yansıması, kırılması ve dağılmasından ibaret bir birleşimden veya güneş ışınlarının kırmızidan mora giden sürekli bir renk tayfından oluşan renk bileşenlerine ayrılmasından meydana geldiğini açıkladı. Gökkuşağı, güneş ışınlarının yağan bir yağmurun ardından, geride kalan yağmur damlacıklarından geçmesiyle oluşur. Ana gökkuşağında, ışın damladan geçerken kırılır ve arkasında kalan yüzeyde yansıma yapar ve ardından yansıma yaptığı yüzeyde tekrar kırılır. İkincil gökkuşağındaysa ışık iki iç kırılma yaşayarak renk tayfını tersine çevirir.

Grosseteste'in gökkuşağı üzerine araştırma yapması, Fransız şair Jean de Meun'un 1270'te yazdığı Guillaume de Lorris'in *Romance of the Rose* [Güllerin Romansı] adlı şiirinin devamı niteliğindeki şiirin bazı mısralarına da ilham kaynağı oldu. *Doğa göklerin etkisini açıklar* başlıklı 83. bölümde, bulutların "Dünya'ya nasıl teselli verdiği" anlatılmaktadır:

Âdettendir, onlar yanlarında bir yay taşır
Hatta iki ya da üç, keyiflerine göre,
Bu gökteki yaylar gökkuşağı adındadır,
Nasıl olduklarını kimse açıklayamaz,
Güneş'in ona verdiği muazzam renkleri,
Kaç çeşit ve kaç adet renk tonu olduğunu,
Bu tonların çokluğunu, çeşitliliğini
Ne de neden bu şekilde göründüklerini,
Bir okulda optik öğretmeni olmadıkça.

Grosseteste ve Bacon dışında, kaydedilen en önemli ilerlemeyi Polonyalı bilgin Witelo (1230-1275 civarları) gerçekleştirmiştir. Yaşamı hakkında sahip olunan az sayıdaki bilgi, Witelo'nun *Perspectiva* adlı en ünlü eserinin çeşitli yerlerindeki dağınık bilgilerden elde edilmektedir. Witelo, eserinde “anavatanımız Polonya'dan” bahseder ve Wroclaw (Breslau) ve ona bağlı kasabasından söz ederek orada doğup büyüdüğünü anlatır. 1253'te geceleyin öğrenciler arasında meydana gelen bir kavgayı anlatımından, Witelo'nun lisans eğitimini Paris'te aldığı anlaşılıyor. Bu tür kavgalar ortaçağ üniversitelerinde sıklıkla meydana gelirdi ve bu kavgalara çoğu zaman kasaba halkı da dahil olurdu. Mesela, 1209'da Oxford'un yakınındaki kasabada da bir gece kavgası meydana geldi ve bu yüzden üniversite beş yıllığına kapatıldı.

On yıl sonra Padova Üniversitesi'nde lisansüstü eğitimini gördüğü süreçte yazdığı bir eserde, kendisinden “Kilise Hukuku öğrencisi Witelo” diye bahseder. 1268-1269 kışı boyunca Witelo'nun Viterbo'da bulunduğu ve orada Yunancadan Latinceye eserler tercüme eden ünlü mütercim Moerbekeli William'la görüştüğü anlaşılıyor. Witelo, *Perspectiva* adlı eserini William'a ithaf etmiştir. *Perspectiva*'nın bir nüshasında, yazardan “Magister de Viconia” olarak bahsedilmesi, Witelo'nun daha sonraki yıllarında Vicogne manastırına çekildiğini göstermektedir.

Perspectiva, kaynağını Robert Grosseteste ve Roger Bacon'ın yanı sıra İbn Heysem, Batlamyus ve İskenderiyeli Heron'un optik üzerine yazdığı eserlerden alır. Öyle anlaşılıyor ki, *Perspectiva* 1270'ten sonra yazılmıştır, çünkü eserde Heron'un *Catoprica*'sından yararlanılmıştır. *Catoprica*'nın Moerbekeli William tarafından kaleme alınan tercümesi ise 31 Aralık 1269'da tamamlanmıştır. Üç baskı olarak yayımlanan *Perspectiva*, beş yüzü aşan sayfa sayısı ile o kadar kalın bir eserdir ki, muhtemelen yazımı birkaç yıl sürmüş ve Witelo da 1270'li yılların ortasına kadar yaşamıştır.

Witelo, “ışığın metafiziği” ve “formların yayılması” görüşlerini doğrudan Grosseteste ve Roger Bacon'dan alarak benimser. *Perspectiva*'nın önsözünde “algılanabilen ışık maddi etkilerin aracısıdır”, “ışık maddi formdur” ve “ışık bütün hissedilir formların ilkidir,” der. Sonuncu tanımlama, belirli olgularda ışığın aracı form olduğunu, yani formların yayılmasının bir tezahürü olduğunu ifade eder. David C. Lindberg, “her ne

kadar ışık doğal hareketlerin yalnızca bir hâli olsa da bu hâl, duyulara ulaşımı sağlayan ve analize en uygun hâldir; dolayısıyla Witelo için ışık bütün doğal hareketlerle ilgili araştırmaların paradigması olarak rol oynar,” der.

Dolayısıyla Witelo, *Perspectiva*'da ışığın kırılması ve dağılımı sonucunda bir renk tayfı oluşmasını şöyle anlatır: “Bunlar, ışığın ve renklerin saydam cisimlerden geçerken dağılması ve kırılması sonucunda meydana gelen şeylerdir”. Eserin önsözünde, bir cismin başka bir cisim üzerine etkisini genel anlamda ele alan Witelo, “araştırma veya gözlem, gözlenen varlıklar vasıtasıyla elverişli bir şekilde gerçekleştirilir,” der.

Perspectiva'nın önsözünde Moerbekeli William'ı referans gösteren Witelo, “algılanabilen ışığın maddi etkilerin aracısı olduğunu” belirtir ve “ilahi gücün etkisinin üst dünyanın kuvvetlerinden geçerek alt dünyanın şeylerine akış biçimi olağanüstüdür,” diye de ekler.

Witelo, ışınların gözlemcinin gözünden çıkıp gözlenen nesneye doğru gittiğini ileri süren Grosseteste ve Bacon ile aynı fikirde değildi ve İbn Heysem'in *Kitab-ül-Menazır* [Optik Kitabı] eserinde ileri sürülen ve bu düşüncenin aksini savunan teoriyi benimsedi. İbn Heysem'e göre, ışınlar parlak bir nesneden çıkarak gözle etkileşime geçiyordu. Bugün İbn Heysem'in bu teorisinin doğru olduğunu biliyoruz.

Perspectiva on ciltten oluşur. Birinci cilt tanımlar, varsayımlar ve geometrik teoremlerden oluşmaktadır. Witelo söz konusu tanım, varsayım ve geometrik teoremlerden yola çıkarak sonraki dokuz kitabında yapacağı optik açıklamalar için ihtiyaç duyduğu matematiksel prensipleri ortaya koydu. Eser, düz ve kavisli aynalardaki yansıma ve gökkuşağı ve atmosferde meydana gelen diğer olgularla birlikte, farklı iki ortam arasındaki düz ve küresel ara yüzlerdeki kırılma dahil olmak üzere, bugün geometrik optik olarak adlandırdığımız konuları inceler.

Perspectiva, aynı zamanda fizyoloji, psikoloji ve hem monoküler hem de binoküler görüş için geometrik optik; boyutun, şeklin, mesafenin, pürüzlülüğün, karanlık-aydınlığın, hatta güzelliğin görsel olarak algılanışı; ışınımın yapısı, beyaz ya da renkli ışığın yayılması, renk tonlarının oluşumu, kamera deliği veya iğne delikli kamera gibi konuları da ele almaktadır. İbn Heysem tarafından keşfedilip Witelo tarafından Avrupa'ya tanıtılan ve günümüzdeki modern kameranın temelini oluşturan iğne de-

likli kamera, ortaçağ biliminin en önemli keşiflerinden biridir.

Witelo, İskenderiyeli Heron'un izinden giderek, bir ışığın ışınlarının yansımada en kısa yolu seçtiği prensibinden hareketle yansıma yasasını elde eder ve doğanın hiçbir şeyi boşuna yapmadığını, "daima en kestirme yollardan hareket ettiğini" söyler.

Geometrik optik, ışığın doğrusal olarak yayıldığı, yalnızca sıfırdan başka bir yansıma açısıyla yansıdığında veya kırıldığında yön değiştirdiği ilkesine dayanır. Witelo, Öklid'in optik analizinin geometrik açıklamasında kullandığı tek boyutlu çizgilerle fark edilebilen genişlikteki gerçek ışık ışınlarını birbirinden ayırır. Witelo bu konuda şöyle yazar: "Varsayılabilir en küçük ışık ışınında bile bir genişlik vardır." Bütün bunlara rağmen, "söz konusu [radyal çizginin] ortasında hayali matematiksel bir çizgi mevcuttur, bu çizginin paralelindeyse bütün diğer matematiksel çizgiler yer alır." Bu, ışığın uzayda yayıldığı şekilde yayılmasına neden olan dalga-benzeri yapısının ilk göstergesidir. Bu görüş Christiaan Huygens (1629-1695) ve Newton tarafından yeniden canlandırıldı. Neticede ışığın bir dalga mı yoksa parçacık mı olduğu konusunda tartışmalar başladı ve nihayetinde, dalga-parçacık ikiliği teorisiyle 1929'da Nobel Fizik Ödülü alan Louis de Broglie (1892-1987) bu tartışmaya son noktayı koydu. De Broglie teorisinde, hareket eden herhangi bir parçacığın, ilişkili olduğu bir dalgaya sahip olduğunu açıklayarak modern dalga mekaniğinin temelini attı.

Witelo'nun metodolojisi, matematiksel analizlere tabi niceliksel sonuçları içeren deneyler kullanmasıyla diğer metodolojilerden ayrılır. Witelo'nun güneş ışınlarının bir noktaya odaklanmasını sağlayan bir ayna yapma girişimi buna iyi bir örnektir. Witelo, çeşitli olasılıkları tartıştıktan sonra, bizzat kendisinin icat ettiğini ileri sürdüğü parabolit aynayı da tanımlar. Parabolit ayna, parabolün Apollonius'un *Conics*'inde tarif edilen özellikleri esas alınarak, bir parabolün kendi simetrik eksenine etrafında dönmesiyle oluşan bir yüzeydir. Crombie, Witelo'nun içbükey bir metalden parabolit bir aynayı nasıl ürettiğini kısaca şöyle açıklar:

Dikdörtgen şeklindeki bir demir veya çeliğin üstü, iki eşit parabolik bölüm olarak çizilir ve kesilir. Parabolik kenarlardan biri, kesmek için kullanılmak üzere keskin hale getirilirken, diğeri de ci-

lalanmak üzere eğelenir. Bir mekanizma yardımıyla bu parçaların kendi eksenini etrafında dönmesi sağlanır, demir parçasının içbükey kısmı kesilerek ve cilalanarak parabolik ayna haline getirilir.

•

Witelo'nun yöntemiindeki bir başka önemli örnek de ışık kırılması üzerine yaptığı deneydir. Witelo bütün ölçümlerini, İbn Heysem'in tarif ettiği deneyleri bazı değişikliklerle tekrarlayarak gerçekleştirdi. İbn Heysem'in bu konudaki araştırması da Batlamyus'un benzer deneylerine dayanmaktaydı. İbn Heysem kırılma açısının geliş açısına orantılı olmadığını göstererek Batlamyus'un hatasını düzeltmişti. Ayrıca, görünüşe göre İbn Heysem "ters kanunu", yani iki ortam arasındaki ara yüzü geçen bir ışığın, tersine çevrilmesi durumunda aynı yolu izleyeceğini ifade eden ilk kişiydi. Witelo ışık kırılması hakkında yaptığı açıklamada, bu olgu üzerine araştırma yapmak isteyenlerin İbn Heysem tarafından tarif edilen aleti kullanması gerektiğini belirterek, "bu sav başka şekillerde açıklama yapmakla değil, aletlerle deney yapılarak ispatlanabilir," der.

Witelo'nun tarif ettiği alet, silindir şeklinde pirinç bir kaptır ve tabanının tam ortasından bir metal çubuk geçmektedir. Metal çubuk aynı zamanda söz konusu silindirin tabanına paralel cam bir kabın yan duvarlarına sabitlenmiş haldedir. Silindir şeklindeki kabın yan duvarında 360° olarak işaretlenmiş, ayrıca açısal dakikalara da bölünmüş bir daire çizilir, dairenin her bir yarıçapının ucunda birer delik açılır. Havadan suya geçen bir ışığın kırılımı konusunda deney yapılırken cam kaba, pirinç silindirin merkezi eksenini oluşturan çubuğa gelecek kadar su doldurulur. Söz konusu pirinç silindir döner, dolayısıyla iki deliği birleştiren yarıçap suyun yüzeyine dikey bir konuma gelir. Üstteki delik gözlem deliği olarak işlev görür. Ardından çubuk döner ve gözlem deliği 10 derecelik aralığa sahip 10 ile 80 derecelik açılar oluşturur. Güneş'ten veya bir kandilden gelen ışığın, derecelendirilmiş dairenin yarıçapındaki gözlem deliğinden geçerek suyun yüzeyine ulaşması sağlanır. Su yüzeyine ulaşan ışık, kırılma nedeniyle ilk doğrultusundan sapar. Silindirin eksenini, aşağıdaki delik kırılan ışıkla denkleştinceye dek döner ve burada bir ışık noktası olarak görülebilir. Böylelikle, her ikisi de düşey olarak ölçülen geliş ve kırılma açıları, derecelendirilmiş daireden ölçülebilir.

Daha sonra, sudan havaya geçen ışığın kırılmasını ölçmek için, Wite-

lo delikten bakmış ve bir iğneyi derecelendirilmiş dairenin etrafında gezdirerek, iğne delikten görününceye dek bu hareketi sürdürmüştür. Böylelikle, iğneden gelip delikten geçen ışık için gerekli geliş açısını gözlemlemiştir.

Witelo havadan cama geçen bir ışığın kırılmasını incelemek için cam bir yarımküreyi pirinç silindirin alt kısmındaki yarısının içerisine yerleştirir. Ardından, camdan havaya geçen ışığın kırılmasını ölçmek için silindiri 180 derece döndürerek cam yarımkürenin üst kısma gelmesini sağlar.

Witelo, belirli bir geliş açısına sahip ışığın dört farklı durumdaki kırılma açılarını göstermek için, elde ettiği bilgileri tablo haline getirdi: havadan suya geçen ışık, sudan havaya geçen ışık, havadan cama geçen ışık ve camdan havaya geçen ışık. Witelo'nun havayla su arasından geçen ışıkla ilgili bulduğu sonuçları, günümüz kırılma kanunu kullanılarak bulunan değerlerle karşılaştıran bir analiz yapıldı. Witelo kullandığı camın türünü açıklamadığı için aynı analizi başka durumlar için kullanmak mümkün değildir, çünkü kırılma indeksi bir cam türünden diğerine gözle görülür ölçüde değişir.

Işığın havadan suya geçişine ilişkin yapılan analiz, Witelo'nun ışık kırılmasıyla ilgili ulaştığı sonuçlarla günümüz kırılma kanunu kullanılarak elde edilen sonuçlar arasında benzerlik olduğunu gösterdi. Fakat bu durum, ışığın sudan havaya geçişi bakımından doğru değildir. Öyle görünüyor ki Witelo bu konuya ilişkin gözlem yapmamış, bu değerleri ters kanunu kullanarak elde etmişti. Fakat ulaştığı sonuçlar yanlıştı. Aynı şekilde, 50 ile 80 derece olarak kaydettiği geliş açıları da mümkün değildir, çünkü optik olarak yoğun bir ortamdan daha az yoğun bir ortama belli bir açının üzerinde düşen ışıktaki herhangi bir kırılma meydana gelmez. Bu olgu toplam iç yansıma olarak adlandırılır, fakat belli ki Witelo bu olgudan habersizdi.

Witelo, ulaştığı sonuçları bir dizi matematiksel genellemeyle açıklamaya çalıştı, fakat çabaları, kendinden önceki bilginlerin bulgularını çok da fazla ileriye götüremedi. Witelo keşfettiği aleti, farklı bir rengin ışık ışınlarının tekbiçim bir ortamdan geçerken beyaz renkle aynı düz doğrultuda hareket ettiğini göstermek için de kullandı. Witelo bu deneyi, delikten giren güneş ışığının geçiş yolunun üzerine renkli materyaller

koyamak suretiyle gerçekleştirdi ve ışınların herhangi bir sapma göstermeksizin karşı taraftaki delikten geçtiğini gözlemledi.

Witelo tümsek ve çukur merceklerin özelliklerini de ele aldı. Anlaşıldığı kadarıyla bu konuyla ilgili sadece teorik bilgiye sahipti ve temel kaynak olarak İbn He'ysen'i esas alıyordu. Işık kırılması analizinde, daha sonraki süreçte asgari yol prensibi olarak bilinen ilkeyi kullandı. Bu ilkeyi, "herhangi bir şeyin daha kısa yoldan meydana gelmesi daha iyi ve daha kesinse, söz konusu şeyin daha uzun yol kullanması gereksizdir," şeklindeki metafizik Ekonomiklik teorisini kullanarak doğruladı. Witelo analizini gerçekleştirenken, ışığın eğik hareketini kırılma yüzeyine dik ve paralel şekilde bileşenlerine ayırdı. Bu teknik hem optik hem de hareket bilimi araştırmalarında kullanılmaktaydı.

Işığın kırılması hakkındaki bilgilerini gökkuşağı incelemesine uygulayan Witelo, ağırlıklı olarak Roger Bacon'ın çalışmalarından yararlandı. Witelo, gökkuşağı oluşumunun güneş ışığının yağmur damlacıklarında hem yansması hem de kırılmasıyla meydana geldiğini savunmasıyla Bacon'dan ayrıldı. Witelo'nun bu görüşü savunmasına iki gözlem neden olmuştur. Birincisi, gökkuşağının görünmesini sağlayan ışınların, gelen ışınların damlalara vurduğu açıyla gözlemcinin gözüne ulaşmasıydı, dolayısıyla burada yansıma etkisi söz konusuydu. İkincisiyse, gökkuşağının sadece yansıyan bir görüntü olmaktan ziyade, bir gözlemci ona yaklaşıp ondan uzaklaştıkça, gökkuşağının da büyüklüğünde herhangi bir değişiklik olmaksızın gözlemciyle birlikte hareket etmesiydi; dolayısıyla burada kırılma etkisi söz konusuydu. Bu iki gözlemden yola çıkan Witelo, "dolayısıyla gökkuşağı sadece ışığın yansmasıyla değil, aynı zamanda yansıdığı cismin içerisinde kırılmasıyla meydana gelir" sonucuna ulaştı. Crombie, Witelo'nun gökkuşağı teorisini ve bu teoriyi desteklemek için ortaya koyduğu kanıtı şöyle açıklar:

Gökkuşağı, göze ulaşan ışınların oluşturduğu bir koninin çevresinin bir parçası olarak gözlenir ve koninin eksenini üzerinde meydana gelir. Gözlemci gökkuşağına yaklaştıkça veya ondan uzaklaştıkça ya da sağa-sola hareket ettikçe, gözlerini, atmosferdeki su damlacıklarından yansıyan ışık ışınlarının sınırsız sayıda oluşturduğu konilerden farklı bir koninin eksenine diker. Witelo bu teo-

riyi basit bir deneyle savundu. Yaptığı deneyde, yapay bir su püskürtmesiyle meydana getirdiği gökkuşağının, gözlemcinin bir gözünü kapatıp diğerini açmasına göre konum değiştirdiğini gözlemledi.

Witelo, bulut içindeki su damlacıklarının, her bir yağmur damlasının yol açtığı kırılma ve ardından başka damlaların yol açtığı yansımadan oluşan bir birleşim yoluyla gökkuşağını nasıl oluşturduğunu gösteren bir model formüle etti. Gerçekte, önerdiği model beklediği sonuçları vermedi, fakat daha sonraki süreçte doğru gökkuşağı teorisinin formüle edilmesi için yapılan girişimlere zemin hazırlamış oldu.

Gökkuşağı üzerine yaptığı çalışmalar Witelo'yu güneş ışığının kristal malzemelerde kırılmasıyla ilgili bir dizi deney yapmaya sevk etti. Işığı altıgen kristallerden geçirerek bir ışık dizisinin renklerini ortaya çıkaran Witelo, mavi ışınların kırmızı ışıklardan daha fazla kırıldığını gözlemledi. Ayrıca küre şeklindeki su dolu bir mataradan güneş ışığını geçirerek yapay bir gökkuşağı oluşturan Witelo, bu konunun henüz keşfedilmediğini ve deneyin rehber niteliğinde olduğunu belirtti: “Çünkü renk veya gözlenen form, yalnızca ışığın sahip olduğu özellik vasıtasıyla görünebilmektedir ve dikkatli bir araştırmacı, bugüne kadar söylenenlere deney yoluyla birçok şey ekleyebilir.”

Lindberg'e göre, Witelo insan gözünü “üç buzlu madde –buzlu veya kristal, camsı ve sıvı madde– ve dört tabakadan –uvea, kornea veya retina– meydana gelen bir oluşum” şeklinde tanımlamıştır. Witelo bu maddeleri ve tabakaları ağırlıklı olarak geometrik olarak tanımlamıştır; hepsinin küre biçiminde ve buzlu maddenin arkasındaki madde ve tabakaların eşmerkezli olduğunu, dolayısıyla gelen ışınların kırılmadan dik bir şekilde hepsinden geçtiğini ifade etmiştir. Witelo, buzlu ve camsı cisimlerin, tam da ışınların gözün merkezinde birleşmesini sağlayacak şekillere ve görelî yoğunluklara sahip olduğunu belirtmiştir. Camsı madde veya kristal mercekte üzerinde “gözlenen formlarla insan organının birliği” sağlandığında görüntü oluşur. Formlar daha sonra göz sinirlerinden geçerek beynin anterior bölümlüne ulaşır, burada iki gözden gelen sinirler birleşerek “ortak siniri” oluşturur. Burası *ultimum sentiens* [nihai algı] tabir edilen son algılama merkezidir. Lindberg, eserlerinde İbn

Heysem'i esas alan Witelo ve İngiliz çağdaşı John Pecham'ın büyük etkisini anlatırken ilginç bir değerlendirmede bulunur:

Witelo'nun geç ortaçağ ve erken çağdaş optik tarihi üzerindeki etkisini İbn Heysem'in yarattığı etkiden ayırmak zordur. Özellikle de 1572'de her ikisinin eserleri tek bir cilt halinde yayımlandıktan sonra bu ayırımı yapmak çok daha güçtür. Hem John Pecham'ın *Perspectiva communis*'i hem de Witelo ve İbn Heysem'in eserlerinin genel olarak 17. yüzyıla kadar optik alanında standart ders kitapları olarak kullanıldığı ileri sürülebilir. Daha belirgin bir biçimde, Witelo'nun 14. yüzyılda Hesseli Henry, Parmalı Blasius ve Nicole Oresme; 15. yüzyılda Lorenzo Ghiberti, Johannes Regiomontanus ve Leonardo da Vinci; on altıncı yüzyılda Giambattista della Porta, Francesco Maurolyco, Giovanni Battista Benedetti, Tycho Brahe, William Gilbert, Simon Stevin ve Thomas Harriot ve 17. yüzyılda Kepler, Galileo, Willebrord Snell, Descartes ve Francesco Grimaldi üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

John Pecham (1230 civarı-1292) Sussex'in Lewes kasabası yakınlarında doğdu ve ilk eğitimini buradaki yerel manastırda aldı. Daha sonra Oxford Üniversitesi ve Paris Üniversitesi'nde temel bilimler fakültelerinde öğrenim gördü. 1250'lerde Fransiskanlara katılarak teoloji dersi almak üzere Paris'e gönderildi. 1269'da Paris'te doktorasını tamamladı. 1269-1271 arası Paris'te teoloji eğitmeni olarak hizmet verdikten sonra, Fransiken okulunda teoloji dersleri vermek üzere Oxford'a geri döndü. 1275'te Fransikenlerin il yöneticisi olarak atanıncaya dek de bu görevi sürdürdü. İki yıl sonra papalık mahkemesinde teoloji uzmanı olarak görev yapmak üzere Roma'ya gitti, ardından 1279'da Canterbury başpiskoposu olarak atandı. Bu görevi sürdürdüğü sırada, 8 Aralık 1292'de öldü.

Hem Robert Grosseteste hem de Roger Bacon, Pecham'ın optik alanındaki eserleri üzerinde doğrudan etkili olmuştur. Pecham, Bacon'ı şahsen tanıyordu ve Bacon başlıca eserlerini yazdığı anda Paris'teki Fransiken manastırında birlikte yaşadılar. Pecham aynı zamanda Aristoteles, Öklid, Batlamyus, Augustine, El-Kindi ve ışık bilimiyle ilgili çalışmalarında başlıca kaynak olarak kullandığı *Kitab-ül-Menazır* eserinin sa-

hibi İbn Heysem'den de etkilenmiştir.

Pecham, optik üzerine kaleme aldığı ilk eseri *Tractatus de perspectiva*'yı muhtemelen Paris ve Oxford'da öğretmen olarak görev yaptığı yıllarda Fransisken okulları için yazmıştır, çünkü giriş bölümünde "genç kardeşlerimin yararlanması için" ışık ve sayılardan söz edeceğini yazar. Fakat eser küçümsenerek "İncil ve kilise kaynaklarından, özellikle de Augustine'den alıntılar yapan... tutarsız bir metin; bu da metne teolojik ve dini bir hava veriyor," diye tanımlanmıştır.

Pecham'ın optik üzerine en önemli eseri, muhtemelen 1277-1279 arası yazdığı *Perspectiva communis*'tir. Eserin girişinde amacını "[mevcut eserlerde] anlaşılması son derece güç bir biçimde sunulan perspektifle ilgili bilgileri kısa özetler haline getirmek" olarak açıklar. *Perspectiva*, ağırlıklı olarak İbn Heysem ve Witelo'nun eserlerine ve Öklid'e atfedilen *De speculis*'e [Aynalar Üzerine] dayanarak yazılmış açık ve kısa bir ışık bilimi özetidir. Pecham'ın, ışığı "türlerin yayılmasının" bir biçimi olarak algılaması ve optik bilimini matematiksel kesinliği fizik alanına dahil etmenin bir yolu olarak değerlendirmesi, Grosseteste ve Roger Bacon'dan hayli etkilendiğini göstermektedir. Kitapta aslında özgün hiçbir şey yoktur, fakat 1482 ve 1665'te birer kez olmak üzere iki kez yayımlanan ve Leonardo da Vinci ve Kepler dahil olmak üzere birçok ortaçağ ve Rönesans bilgini tarafından referans gösterilen eser 17. yüzyıla kadar optik alanının popüler bir metni olarak kaldı.

Perspectiva ışığın özellikleri, yansımanın nedeni, insan gözünün anatomisi ve görme fizyolojisi gibi tartışma konularını ele alan birkaç deneyin açıklanmasıyla başlar. Eser, görüntü oluşumunun gelişmiş bir analizi de dahil olmak üzere, çukur aynalar teorisinin bir özetinin ardından, çukur ve tümsek mercekler teorisinin bir özetiyle devam eder ve gökkuşağıyla ilgili o dönemki teorilerin bir özetiyle sonuçlanır. Peckham gökkuşağıyla ilgili savında, bu konu üzerine öne sürülen önceki teorileri uzlaştırmaya çalışarak, gökkuşağının ışınların aynı anda doğrusal olarak yansımından ve kırılmasından meydana geldiğini ileri sürer.

Pecham'ın diğer eserleriye doğa felsefesi ve matematik üzerine yazdığı *Tractatus de sphaera* [Küreler Üzerine İnceleme] ve *Tractatus de numeris*'tir [Sayılar Üzerine İnceleme]. *Tractatus de sphaera* kozmoloji, astronomi ve astroloji konularında başlangıç düzeyinde bir tartışma su-

nar. Eserde geçen konular arasında dünyanın küreselliği, gök cisimleri, gök cisimlerinin dönüşü, günlerin uzunluğunda meydana gelen değişiklikler, iklim bölgeleri ve ayrıca tutulmaların nedeni de yer alır. *Tractatus de numeris* sayıların temel özelliklerinin yanı sıra, Teslis'in açıklaması da dahil olmak üzere sayıların mistik anlamını ele alır.

Pecham'dan sonra optik alanındaki gelişmelere katkıda bulunan bir sonraki bilgin, zaman zaman Theodoric olarak da adlandırılan Freiburglu Dietrich'tir (1250-1311 civarları). Saksonya'nın Freiburg kentinden olduğu tahmin edilen Dietrich, Dominiken tarikatına girip muhtemelen Almanya'da öğrenim gördükten sonra yaklaşık 1275-1277 yıllarında Paris Üniversitesi'nde eğitim aldı. 1304'te Toulouse'daki Dominiken papazlar genel meclisine katıldı. Meclis başkanı Aymeric de Plaisance, Dietrich'ten gökkuşağıyla ilgili araştırmalarını yazmasını istedi. Bu istek üzerine *De iride et radialibus impressionibus* [Gökkuşağı ve Işınsal Etkiler Üzerine] adlı temel eserini yazdı. *Radialibus* terimi, Güneş veya diğer gök cisimlerinden gelen ışınların üst atmosferde meydana getirdiği olguyu tanımlamak için kullanılır.

Dietrich'in bahsettiği tek Latince kaynak Albertus Magnus'tur, fakat eserinden anlaşıldığı kadarıyla Dietrich, İbn Heysem ve Witelo'nun yanı sıra, muhtemelen Roger Bacon ve belki de Grosseteste'in eserlerinden de haberdardı. Referansta bulunduğu Yunanca ve Arapça kaynaklarsa Aristoteles'in *Meteorologica'sı* ve diğer eserleri, Öklid'in *Elementler'i*, Theodosius'un *Sphaera'sı*, Batlamyus'un *El-Mecisti'si* ve İbn Sina'yla İbn Rüşd'ün eserleridir. Dietrich, Grosseteste ve takipçilerinden, özellikle de "ışığın metafiziği" teorisinden ve deneyle geometriyi, yanırlama ve Ekonomiklik prensipleriyle birleştiren bilimsel yönteminden derinden etkilendi. İkinci önemli eseri *De iride'nin* başlangıcında, hayranlık uyandıracak derecede güzelliğe sahip gökkuşağıyla ilgili bilgilerin ancak "çeşitli güvenilir deneylerle usamlamanın etkinliği birleştirilerek" temin edilebileceğini ifade eder.

De iride, Dietrich'in doğrudan yansıyan ve kırılan ışıdan oluşan üç görsel algıyı kavramlaştırdığı bir açıklamayla başlar. Daha sonra Dietrich, bildiği on beş ışınsal etki türünü sıralar. Belirttiği ışınsal etkiler arasında ana gökkuşakları, ikincil gökkuşakları, Güneş'in etrafındaki beyaz ve renkli haleler ve bulutların arasında gözlenen yıldızlardaki renk-

ler yer alır. Dietrich bu etkilerde mevcut olan beş optik olgu türünü tanımlar: bir damla su veya cam küre içerisinde tek yansıma, tek kırılma, iki kırılma ve bir iç yansıma, iki kırılma ve iki yansıma, iki saydam ortam arasındaki katmanda toplam yansıma. Dietrich aynı zamanda toplam iç yansımayı tanımlayan ilk kişidir. Toplam iç yansıma, ışığın optik yoğunluğu fazla olan bir ortamdan optik yoğunluğu az olan bir ortama, örneğin sudan havaya geçmesi durumunda, iki ortam arasındaki bölgeye düşen ışınların geliş açısının kritik bir seviyenin üzerinde olmasıyla meydana gelir. Bu son derece önemlidir; bu keşif, bütün diğer ilerlemeler arasında özellikle modern fiber optiğin gelişmesine yol açan prensiptir.

De iride'nin geri kalanında Dietrich'in teorisinin sırasıyla ana gökkuşağına, ikincil gökkuşağına ve haleyle diğer ışınsal etkilere uygulanması ele alınmaktadır.

Dietrich gökkuşağının bir bütün olarak buluttan değil, yağmur damlacıklarından dolayı meydana geldiğini kavrayan ilk bilgidir. Bu keşif, Dietrich'in su dolu bir kabı bir yağmur damlası örneği olarak kullanmasına yol açmıştır: "su dolu bir kürenin küçültülmüş bir bulut küresi değil, büyütülmüş bir yağmur damlası olarak düşünülebileceğini" yazar. Dietrich benzer deneyleri altıgen camlar ve cam kürelerle de gerçekleştirdi. Dietrich, gözlemleri ve geometriyle ilgili analizi sayesinde, ışığın bir yağmur damlasından geçerken kırıldığı, yağmur damlacığı içerisinde içsel olarak bir kez yansıma yaparak ana gökkuşağını meydana getirdiği ve ikinci kez yansıma yaptığındaysa ikincil gökkuşağını meydana getirdiği sonucuna vardı. Ana gökkuşağında, ışık damlanın alt kısmından girip üst kısmından çıkarken, ikincil gökkuşağında tam tersi olur. Sonuç olarak ışık dizisi içinde yer alan renklerin düzenleri her iki gökkuşağında da tersine döner. Renkler, ana gökkuşağı veya alt gökkuşağında en dışta kırmızı ve en içte mavi olacak şekilde dizilirken, ikincil veya dıştaki gökkuşağındaysa mavi en dışta, kırmızı en içte olacak şekilde dizilir.

Dietrich "alt gökkuşağında oluşan renklerin göze nasıl ulaştığını" göstermek için bir dizi geometrik şema çizdi. Deneylerinin sonuçlarını özetleyerek, gökkuşağını meydana getiren yağmur damlaları topluluğunun "gökkuşağının tamamının genişliğine sahip olduğunu ve gökkuşağının her bir rengini barındırdığını" ve "herhangi bir damlaya gelen ışığın geliş açısıyla" iç yansıma ve ortaya çıkma noktalarının "farklı renkle-

rin parladığı genişliğin farklı bölgelerine göre bir genişliğe" sahip olduğunu, dolayısıyla "söz konusu bölgelerden herhangi birinin genişliğinin, renklerden herhangi birinin genişliğine sahip olduğunu" gösterdi. Ayrıca, "ışın dikey çizgiden daha eğik bir doğrultuda geldiğinden söz konusu dikey çizgiden ayrılarak bir başka eğik doğruyla birlikte göze ulaşır."

Dietrich renk bileşenlerinin farklı konumlardaki yağmur damlalarından göze ulaşmasını açıklamaya şöyle devam eder:

Dolayısıyla, göz yağmur damlasına göre tek ve sabit bir konumdaysa, bütün renkler göze aynı anda ulaşmaz, fakat belirli bir damlaya göre göz konum değiştirdikçe farklı renkler bu farklı konumlara göre göze ulaşır. Ve aynı şekilde gökkuşağında olduğu gibi, eğer bütün renkler aynı anda görülürse, bu kesinlikle farklı damlaların göze göre farklı konumlarda ve gözün de söz konusu damlalara göre farklı konumlarda bulunmasından kaynaklanır.

Çizdiği geometrik şemaların ilkinde Dietrich şeritli kemer şeklindeki farklı renklerin -ana gökkuşağında veya alt gökkuşağında olduğu gibi- nasıl meydana geldiğini gösterir. Şemaya göre ışık damlaların alt kısmından girer ve tek bir iç yansıma yaptıktan sonra üst kısımdan çıkar. Şemayı özetleyen Dietrich, kuşağın en dış kısmından başlayarak gökkuşağında yer alan renklerin dizilişini verir.

Ve dolayısıyla gökkuşağının bütün renkleri aynı anda gözlenir ve gökkuşağının tamamı kemerin farklı bölgelerine göre farklı yüksekliklerde konumlanmış farklı küçük küre şeklindeki damlalardan oluşan yüksek bir daire içerisinde meydana gelir. Böylelikle açıklandığı şekilde belirli bölgelerden göze belirli renkler ulaşır. Fakat söz konusu kemerin üzerindeki yükseklikte yer alan damlalardan göze herhangi bir ışın gelmez. Söz konusu kemerin altına düşen damlalar, göze ışınlar gönderir fakat bu ışınlar gökkuşağı renklerinde değil, diğer renklerle karışmamış beyaz ışıktır... Dolayısıyla, belirtilen nedenlerden dolayı kırmızı renk, yüksek dairenin en üst kısmında yer alırken, onu sarı, yeşil ve son olarak mavi renk takip eder. Üst ve dış daireden mavi en üstte yer alır-

ken, altında sarı ve yeşil yer alır ve en aşağıdaki ve en içteki daire ise mavidir.

Dietrich ikincil gökkuşağını açıklamak için bir başka şemayı ele alır. İkincil gökkuşağının meydana gelişinde, ışık damlanın alt kısmından girer ve iki iç kırılma yaşadıktan sonra üst kısımdan çıkar. Dietrich ikincil gökkuşağı kemerinin ana gökkuşağının kemeriyle aynı merkeze sahip olduğunu, ikincil gökkuşağının aşağıdaki gökkuşağından 11° yüksekte olduğunu gösterir.

Fakat Dietrich, güneş ufukta iken ana gökkuşağının azami yüksekliğinin sadece 22° olduğunu söyleyerek yanılmıştır. Doğru değer, Roger Bacon ve Witelo'nun yazdığı üzere 42° 'dir. Dietrich analizinde başka hatalar da yaptı fakat gökkuşağı üzerine yazdığı eser, seleflerinin eserlerinden daha üstündü ve haleflerinin, özellikle de Regiomontanus, Descartes ve Newton'un araştırmalarına zemin hazırladı.

Dietrich'in gökkuşağı teorisi İranlı çağdaşı Kemaleddin el-Farisi'nin teorisiyle büyük benzerlikler göstermektedir. Dietrich, El-Farisi'nin eserinden alıntı yapmaz, belki de eser Arapçadan Latinceye tercüme edilmediği için İranlı bilginin teorisinden haberdar değildi. Her halükarda, 14. yüzyılın başlarına gelindiğinde yükselmekte olan Avrupa bilimi Arap bilimsel araştırmalarıyla kıyaslanabilecek bir seviyeye ulaşmış görünüyor. En azından optik alanında durum böyleydi. Fakat El-Farisi'nin eseri Arap optiğinin son büyük başarısıyken, Dietrich'in araştırmaları Avrupalıların ışık bilimi araştırmalarının gelişiminde önemli bir aşamaydı ve Newton'un 17. yüzyılda gökkuşağı ve diğer optik olgularla ilgili ilk doğru teorileriyle sonuçlandı. Dolayısıyla on dört asır önce İskenderiyeli Klaudyos Batlamyus tarafından çözülmeye başlanan bir problemin nihai çözümü sağlanmış oldu.

Gökkuşağının geometrisiyle fiziğinin son derece karmaşık oluşu, konuyu ortaçağ fiziğinin ilk deneyimini yaşadığı ideal bir alan haline getirdi ve dolayısıyla hem optik (ışık bilimi) hem de dinamik (hareket bilimi) hızla gelişti. Crombie'nin de belirttiği üzere, "gökkuşağını açıklamak için yapılan araştırmalar özgün bağımsız problemler üzerine yapılan başka araştırmalarla bağlantılı hale geldi." Ve gördüğümüz üzere, 13. yüzyılda ve 14. yüzyılın başlarında gökkuşağı üzerine yapılan araştırmalar

lar bir dizi buluşa yol açtı: Büyüteçlerin kullanımı ve gözlüklerin keşfi, asgari yol prensibinden yola çıkılarak ışığın yansıması ve kırılması kanunlarının çıkarılması girişimleri, parabolit ayna teorisinde koni biçimindeki kesitlerin kullanımı, Witelo'nun ışığın kırılmasıyla ilgili araştırmalarını insan gözü optiğine uygulaması ve ışık ışınlarının sınırlı bir genişliğe sahip olduğunu keşfetmesi -bu keşif modern dalga mekaniğinin gelişmesine yol açtı-, Dietrich'in güneş ışığının su dolu kürelerde renk spektrumuna ayrılması üzerine yaptığı araştırmalar ve bu araştırmalar da Newton'un cam prizmalarla ilgili keşifleri, toplam iç yansıma teorisi ve bu teorinin modern fiber optiğe uygulanmasına zemin hazırladı. Crombie, bütün bu gelişmelerden yola çıkarak şu sonuca vardı: "Nihai olarak kabul edilen gökkuşağı teorisinde bütün bu araştırmaların katkısı vardır. Katkı sunan her bilgin, ayrı ayrı problemlerin tek bir sistem içerisinde birbiriyle bağlantılı olduğuna genel bir ışık ve renk teorisi oluşturmayı modern optiğin hedefi olarak gördü."

Newton'un 1714'te yayımlanan *Opticks* [Optik] eserinin ilk baskısında gökkuşağıyla ilgili açıkladığı başarılı teorisi, doğrudan 13. ve 14. yüzyıllarda yapılan araştırmaların sonucuydu. Bir yüzyıldan biraz fazla bir süre sonra John Keats, "Lamia" şiirinde Newton'un teorisine tepkisini şu dizelerle dile getirir:

Tüm tılsımlar uçup gitmez mi
Felsefenin o mesafeli dokunuşuyla?
Bir zamanlar cennette bir gökkuşağı vardı:
Kumaşını ve dokusunu bildiğimiz,
Tıpkı Tanrı vergisi diğer şeyler gibi.
Felsefe her şeyi yöntemli araştırarak
Bir meleğin güzel kanadını koparacak
Perilerle dolu gökyüzünü boşaltacak,
Gökkuşağının gizemini çözmekle.

Bence modern fiziğin ironilerinden biri, ortaçağ fiziğinin parlak başarılarından biri olan ve modern bilim yolunda büyük bir adım teşkil eden gökkuşağı teorisinin artık temel fizik derslerinde öğretilmemesidir. Mesela, dedem Tomas gökkuşağıyla ilgili olarak günümüz insanlarından

GÖKKUŞAĞININ ÜZERİNDE

daha fazla bilgiye sahipti. Dedem, sürekli balık avcılığı yaptığı için hiçbir gökkuşağını kaçırmazken, günümüz insanları neredeyse hiç gökkuşağı görmez. Dolayısıyla bu insanlar İrlanda cücesinin altın küpünü asla bulamayacaklardır.

ASTRONOMİNİN YENİDEN DOĞUŞU: DOĞU VE BATI

Avrupa astronomisinin gelişimi, Yunanca ve Arapça metinlerin Latinceye tercüme edilmesiyle hız kazandı. Tercüme edilen metinler 12. yüzyılın ikinci yarısının hemen başlarında kurulan üniversitelerde okutulmaya başladı. Üniversitedeki öğretmenler, astronomi başta olmak üzere çeşitli disiplinleri kapsayan yeni metinler hazırladılar. Metinleri daha önce pek fazla bulunmayan astronomi daha yaygın hale geldi ve 13. yüzyılın ortalarına gelindiğinde o kadar çok astronomi metni vardı ki Britanyalı Oliver, “[astronomi] kitaplarının ve yazarlarının sayısını anlatmaya kalksak bir gün yetmez,” demiştir.

Günümüze kadar ulaşan metinleri inceleyen bir araştırma birçok öğretmenin, temel astronomi dersinin asgari müfredatı için gerekli bilgilerin ötesine geçtiğini göstermektedir. Tarihçi Stephen C. McCluskey’e göre: “Öğretmenler bütün metinleri *corpus astronomicum* adıyla tek bir kitapta birleştirdi. Oluşturdukları eser hesaplama, takvim, gökkürelerin yapısı, gezegen teorisi ve astronomi aletlerinin kullanımı gibi konuları içeriyordu. Eserde yer alan bazı araştırmalar yeni tercümelerden seçilmişti, fakat çoğu [13.] yüzyılın başında batı Avrupalılar tarafından yazılmış eserlerden alınmıştı.”

Bu yeni astronomi metinlerinde aynı zamanda daha önceki dini takvimlerde mevcut olan Azizlerin günleri, güneşin Zodyak’taki hareketi, günün uzunluğu, Ay’ın evreleri gibi bilgileri içeren takvimler de yer alıyordu, fakat söz konusu astronomi bilgilerinin daha doğru hesaplama-

larla verilmesi için yeni teoriler ve gözlemler kullanılıyordu. Bu metinler genellikle astronomi hesaplamalarında kullanılan aritmetik teknikleri açıklayan, usturlap ve astronomi kadranının kullanımıyla birlikte Güneş ve yıldızlarla zaman hesaplamasında da kullanılan *algorismus*'u (ondalık sayı sistemi) kapsıyordu.

Bu yeni astronomi metinlerinin en önemlilerine *De Sphaera* başlığı verilirdi. Bu araştırmalar arasında en erken tarihte yazılanlardan biri Robert Grosseteste'in 1215'te yayımlanan *De Sphaera* adlı eseri idi. Daha önce gördüğümüz üzere, eser hem Aristoteles hem de Batlamyus'un astronomi teorisinin özelliklerini ele almaktaydı. Grosseteste, eserinde kendisinin ve çağdaşlarının *machina mundi*, yani dünya makinesi olarak adlandırdığı, Dünya'nın yapısı ve hareketleriyle ilgili geometrik bir açıklamayı içeren temel bilgiler verir. Günlerin uzunluğunda yaşanan farklılıkları kendinden önceki Latin bilginlerden daha ayrıntılı ele alan Grosseteste, sadece Dünya'nın küreselliği değil aynı zamanda ekliptiğin dış-merkezliliğine bağlı karışıklıklar, Güneş'in hareketinde Zodyak'ın eğimli olmasından kaynaklanan farklılıklar gibi konuları da ele alır. Grosseteste, Zodyak eğiminin Güneş'e göre konumunun son standartlarda tanımlanan derece ve dakika cinsinden değerinin 24°33' olduğunu açıklar. Ay tutulmalarını ele aldığı bölümdeyse, Ay'ın eğimli yörüngesinin etkisini açıklayarak tutulmanın meydana gelmesi için Ay'ın düğümlerinden birinin 12° konumunda, yani Ay'la Güneş'in yörüngelerinin kesişme noktasında olması gerektiğini bildirir. Grosseteste aynı zamanda yıldızların sabit Kutup yıldızı'nın etrafındaki gece dönüşleri gibi olguları da açıkladı ve bir gözlemcinin kuzeye doğru seyahat ettiğinde neden kuzey takımyıldızlarını daha yüksekte gördüğünü açıkladı. Zaman zaman geometrik açıklamaların ötesine geçerek fiziksel açıklamalarda da bulundu; mesela Aristoteles'in, Dünya ağır bir cisim olduğu için Dünya'nın diğer kısımlarının doğal olarak merkeze doğru çekildiği ve bir küre halini aldığı şeklindeki teorisini tarif ederken konuya fiziksel bir açıklama getirdi.

Grosseteste'in *De sphaera* eseri, beş gezegenin karmaşık hareketleri değilse de Güneş, Ay ve yıldızların hareketi ve görünüşüyle ilgili kapsamlı geometrik temeli öğrenmek isteyen öğrenciler için ideal denebilecek kadar uygundur. Grosseteste astronomik zaman kaydetme ve paskalyanın hesaplanması için de temel teorik bilgileri verirken Batlamyus'un

(ilk olarak Hipparkhos tarafından keşfedilen) ekinoksların presesyonu teorisini reddederek, Arap astronomisinden aldığı fakat yanlış olan tit-reşim teorisini benimsedi.

Sonuç olarak Grosseteste'in *De sphaera*'sı çok iddialıydı ve hemen hemen aynı dönemde çağdaşı Holywoodlu John veya daha iyi bilinen Latince ismiyle Johannes de Sacrobosco tarafından aynı başlığı taşıyan rakip bir eserin yazılmasına yol açtı.

Sacrobosco'nun yaşamıyla ilgili sahip olunan çok az bilgi de büyük ölçüde spekülasyondan ibarettir. Sacrobosco muhtemelen 12. yüzyılın sonlarına doğru dünyaya geldi ve Yorkshire, Nithsdale'de bulunan Holywoodlu John Augustine manastırında rahip oldu. Oxford'da öğrenim gördüğü tahmin edilen Sacrobosco 1220'de Paris'e gitti ve orada 5 Haziran 1221'de İskoç milleti cemiyetinin temsilcilerinin yönetimi altındaki üniversiteye kabul edildi. Hemen ardından matematik profesörü seçildi ve kısa bir süre sonra da astronom ve matematikçi olarak ün kazandı. Yeni Arap aritmetiği ve cebiri öğreten ve yazan ilk bilginler arasında yer aldı. 1244 veya 1256 yılında öldü ve Paris'te Aziz Mathurin manastırına defnedildi. Ölüm tarihindeki belirsizlik mezar taşındaki yazıtın belirsizliğinden kaynaklanmaktadır, çünkü yaşamını astronomi ve matematiğe adanmış bir kişi olarak anılmasını sağlamak için mezar taşına bir usturlap resmi çizilmiştir.

Sacrobosco'nun günümüze ulaşan başlıca eserleri, astronomi ve matematik üzerine yazdığı temel ders kitaplarıdır: *De sphaera* [Küreler Üzerine], *De computo ecclastico* [Göksel Hesaplamalar] ve *De algorismo* [Arap Sayı Sistemi]. Her üç eser de genellikle tek bir cilt halinde bir arada bulunur. Sacrobosco'nun ünü büyük oranda, Batlamyus ve Arap yorumcularının, özellikle de El-Ferganî'nin görüşlerine dayanarak hazırlanan bir astronomi kitabı olan *De Sphaera*'dan ileri gelir. Metin ilk olarak Paris Üniversitesi'nde daha sonra Avrupa'daki bütün okullarda kullanıldı. Eserin cezbedici tarafı, Grosseteste'in *De sphaera*'sından daha basit ve açık olması, ayrıca eseri okumak için herhangi bir açıklamaya ihtiyaç duyulmaması veya çok az ihtiyaç duyulmasıydı. McCluskey, şöyle der:

Grosseteste gibi Sacrobosco da yer ve gökkürelerini ve gök cisimlerini kuşatan daireleri, ekvatoru, tropik bölgeleri, tutulma daire-

sini ve diğer konuları ele aldı. Fakat tutulma hareketlerini ele alır, tutulmayı bölen ve benzer isimlere sahip olan on iki işareti kullanırken, Grosseteste açılardan ve derecelerden bahsetmeyi tercih etmişti. Bununla birlikte Sacrobosco, küresel astronominin astronomik ve geometrik tartışmalarında Lucan, Ovid ve Virgil gibi astronomi şairlerinin ileri sürdüğü burçların doğuşlarını karşılaştırdı... Sacrobosco, astronominin teknik ayrıntılarının inceliğiyle ilgili değildi, fakat yine de eserinde doğanın düzenini açıkladı ve Bede'nin de daha önce dediği gibi Çarmıh'taki güneş tutulmasının olağanüstü olduğunu belirtti: "Ya doğanın Tanrı'sı acı çekti ya da *machina mundi* (dünya makinesi) bozuldu."

Sacrobosco'nun *De sphaera*'sı dört bölümden oluşur: İlk bölümde evrenin küresel şekli, gökcisimlerinin dönüşleri ve dünya küresinin ölçümü ele alınır. İkinci bölümde yer ve gök ekvatorları, kutupları, meridyen, ufuk, tutulum çemberi, kuzey ve güney kutup daireleri, diğer iklim bölgelerini tanımlayan daireler başta olmak üzere Dünya'yı ve gökyüzünü tanımlamak için kullanılan çeşitli daireler tartışılmaktadır. Üçüncü bölümde burçlar takımyıldızlarının koordinatları anlatılmakta ve Güneş'e göre doğuşları ve diğer işaretleri açıklanmaktadır. Ayrıca bu bölümde, farklı küresel bölgelerde gün uzunluğunda yaşanan değişiklikler de anlatılmaktadır. Eserin son bölümünde Güneş, Ay ve gezegenlerin hareketleri açıklanmakta ve ay ve güneş tutulmalarının nedenleri anlatılmaktadır.

Sacrobosco'nun *De sphaera*'sı oldukça rağbet görüyordu ve 13. yüzyılın ortalarından itibaren Avrupa'daki üniversitelerde okutuldu, 17. yüzyılın sonuna kadar da temel metin olarak kullanılmaya devam etti. 1472'de Ferrara'da yayımlanan *De sphaera*, Manilius'un *Astronomica*'sından sonra basılan ilk astronomi kitabıydı. Sonuncusu 1547'de Leiden'de olmak üzere, sonraki yetmiş beş yıl içerisinde altmış dört kez daha basıldı. Bu baskılar çoğunlukla seçkin bilginlerin yorumlarıyla birlikte yayımlandı.

Sacrobosco, *De computo ecclastico*'da, zamanın Güneş ve Ay'ın hareketlerini esas alarak günlere, haftalara, mevsimlere ve yıllara bölünmesini ele alır. Jülyen takvimindeki hatalara dikkat çeken Sacrobosco, Papa XIII. Gregorius tarafından 350 yıl sonra benimsenecek olan reforma çok

benzeyen bir çözüm önerir. Pozitif tamsayıları hesaplama tekniklerini ele aldığı eseri *Algorismo vulgaris* [Genel Ondalık Sayılar] ortaçağda en çok kullanılan aritmetik ders kitabıdır ve 16. yüzyıla kadar da kullanılmaya devam eder.

Sacrobosco'nun *De Sphaera*'sı gibi eserlerde, 13. yüzyıldan başlayarak Avrupa üniversitelerinde okutulan Batlamyus'un *El-Mecisti* eserinin temelini oluşturan dış çember teorisinden sadece özet olarak bahsediliyordu. Dolayısıyla *De Sphaera* nüshalarının büyük çoğunluğu *Theorica planetarum* [Gezegener Teorisi] adlı bir bölümle tamamlanıyordu. Bu bölüm gezegen hareketiyle ilgili dış çember teorisinin temel düzeyde geometrik bir tanımını vermektedir. McCluskey bu bölümle ilgili şöyle der:

Theorica planetarum metinleri, bu tanımlayıcı modellerden çıkarılan niceliksel öngörüler için ihtiyaç duyulan trigonometriyi derinliğine ele almıyordu; astronomi cetvellerinin oluşturulması özel bir konudur ve kullanımlarının aksine, Astronomiye Giriş dersinde bu konuya girilmez. Bununla birlikte astronomi cetvelleri, ilk olarak 14. yüzyılda *corpus astronomicum*'da yer bularak müfredatın bir parçası oldu.

Daha uzun ve daha ayrıntılı bir *Theorica planetarum*, 13. yüzyılın ikinci yarısında eserler vermiş Novaralı Campanus tarafından 1261-1264 arasında yazıldı. En çok Öklid'in *Elementler*'inin Latince baskısıyla bilinen Campanus, aynı zamanda seçkin bir astronom ve matematikçidir. Papa IV. Urbanus, IV. Nikolas ve VIII. Bonifacius'un emrinde papazlık, 1270'te İngiltere'nin Bedfordshire kentine bağlı Felmersham'da rahiplik yapması ve 1296'dan ölümüne dek son yıllarını İtalya'nın Viterbo kendine bağlı Augustine manastırında geçirmesi dışında Campanus'un yaşamıyla ilgili çok az şey bilinmektedir.

Campanus'un başlıca astronomi eseri *Theorica planetarum*, gök cisimlerinin iç içe kristal küreler halinde hareket ettiğini esas alan Batlamyus'un fiziksel modeline göre evrenin boyutlarının hesaplanmasını ele alır. Hesaplamalarını 9. yüzyıl Arap astronom El-Fergani'nin eserine dayanır. El-Fergani ise evrenle ilgili hesaplamalarını Batlamyus'un *Planetary Hypotheses* [Gezegensel Hipotezler] eserinden almıştı. Campanus,

El-Ferganî'nin eserinden aldığı bilgileri Sevilalı John tarafından gerçekleştirelmiş Latince tercümeden elde etmişti. Tarihçi Albert van Helden, gezegenlerin uzaklıklarını ve Dünya'nın yarıçapını (e.r.) mil olarak hesaplayan Campanus'un bulduğu değerlerin kısa bir özetini verir.

El-Ferganî'nin parametrelerini kullanan Campanus, gezegen çaplarını kürelerin kalınlığına ekleyerek (El Urdi'nin yaptığı gibi), gezegen uzaklıklarını mil cinsinden yeniden hesapladı. Campanus aynı zamanda Dünya'nın yarıçapını 3.245,5 mil⁵ olarak hesaplayarak daha doğru bir değere ulaştı. El-Ferganî'den biraz farklı sonuçlar elde etti: Satürn'ün en uzak mesafesini 73.387,747 mil⁶, yani 22.612 e.r. olarak hesaplarlarken, El Ferganî 20,110 e.r. olarak hesaplamıştı. [Bu aynı zamanda sabit yıldızların iç küresine olan mesafe olarak da kabul edildi.]

Campanus'un *Theorica planetarum*'unda aynı zamanda ekvatoryum olarak adlandırılan bir astronomi aletinin yapımı ve kullanımıyla ilgili bilgiler de verilmektedir. Bu alet, Batlamyus'un gezegensel dış çember teorisinin ölçeklenmiş bir modelidir ve bir gezegenin cetvellerdeki ortalama konumunu, gezegenin gerçek konumuna dönüştürmede kullanılan mekanik bir hesaplayıcı olarak çalışır. Campanus muhtemelen ekvatoryumla ilgili bilgileri bir Arap kaynaktan öğrenmişti; ekvatoryumun tanımları yaklaşık iki yüz yıl önce Endülüs'te İbn el-Samh ve El-Zerkali tarafından yapılmıştı. Campanus aracılığıyla daha kompakt ve gelişkin ekvatoryum çeşitlerinin tarifleri, sonraki yüzyılda *corpus astronomicum*'da yer aldı. Dolayısıyla gezegenlerin konumlarının hesaplanması için daha basit bir araç elde edilmiş oldu.

Campanus her ne kadar ekvatoryumu, geleneksel metinlerin yerine bu aleti kullanmak isteyenler için yapmış olsa da, *Theorica planetarum* aynı zamanda söz konusu cetvellerin kullanımı için de ayrıntılı tarifler verir. Campanus'un verdiği örneklerin *Toledo Cetvelleri*'nden alındığı gayet açıktır. Batlamyus, Harezmi ve El-Battani'nin çalışmalarının

5- 5.223,12 kilometre. -yhn

6- 118.106,13 kilometre. yhn

bir uyarlaması olan bu cetveller, 1069'da Toledo'da, El-Zerkali başta olmak üzere bir grup Arap astronom tarafından derlendi. *Toledo Cetvelleri* hem Endülüs'te hem de Hristiyan Avrupa'da kullanıldı. Söz konusu cetveller, Latinceye 1140 civarında *Marsilya Cetvelleri* adıyla tercüme edildi. Bu cetveller 14. yüzyıla kadar kullanıldı ve *Toledo Cetvelleri*'nin Latince baskısı Yunancaya da tercüme edilerek önemli bir kültürel döngü tamamlanmış oldu. Chaucer'in "The Franklin's Tale" [Franklin'in Hikayesi] eserinde bu cetvellerden bahsedilmektedir. Hikayedeki karakterlerden Orleans'ın sihirbaz-astroloğu, gökle ilişki kurmasına olanak sağlayan bütün araçlara sahiptir:

Toledo cetvelleri yapardı
Doğru, düzgün, tastamam her şeyi,
Bütün yılları,
Bütün değerleri...

Campanus her ne kadar Batlamyus'un matematiksel kanıtlarını göz ardı etse de, *Theorica planetarum* son derece teknik bir eserdir ve neredeyse sadece profesyonel astronomlar tarafından kullanıldı. Campanus sonrakı yıllarda yerküre üzerine Grosseteste ve Sacrobosco'nun eserleriyle aynı türde, *Tractatus de sphaera* adında daha popüler bir eser de yazdı.

Öklid'in *Elementler*'inin Campanus'a ait Latince baskısı on beş kitaptan oluşur, fakat 14. ve 15. Kitaplar Öklid'den yapılan tercümeler değildir. Campanus'un tercümesi, Öklid'in eserinin Latince ilk baskısıydı ve 15. ve 16. yüzyıllarda en az on üç kez daha basıldı. Bu baskı, ortaçağ boyunca Öklid'in öğretilerinin aktarımında kullanıldı ve üç asır boyunca da kullanılmaya devam etti.

Bütün bunlar olup biterken, 13. yüzyılda Arapçadan Latinceye az da olsa bazı tercümeler yapıldı. Bunlardan bazıları, İspanyolca "el Sabio", yani Bilge olarak bilinen Kastilya ve Leon kralı X. Alfonso'nun (1221-1284) hamiliğinde gerçekleştirildi. Alfonso'nun bilime duyduğu ilgi, *Toledo Cetvelleri*'nin yeni baskısı başta olmak üzere, Arapça astronomi ve astroloji eserlerinin tercümelerini finanse etmesine yol açtı. *Alfons Cetvelleri* olarak bilinen bu baskı, bazı yeni gözlemler içermekle birlikte Batlamyus'un dışmerkez ve dış çember sistemini korumaktaydı.

Erken Avrupa astronomlarından en dikkat çekici olanlarından biri Saint-Cloudlu William'dı. William 13. yüzyılın sonlarına doğru Fransa'da yetişmiş bir bilgindi. Yaptığı en erken çalışma 28 Aralık 1285'te Satürn'le Jüpiter arasında bir kavuşum olduğunu gözlemlemesiydi. Söz konusu kavuşum, 1292'de tamamladığı *Almanach* [Almanak] eserinde açıkladı. William, etkisi en uzun süren *Calendrier de la reine* [Kraliçe'nin Takvimi] eserini de 1292'de tamamladı. Kitabını, III. Philippe'in dul eşi Brabant kraliçesi Marie'ye ithaf etti ve eseri IV. Philippe'in eşi Navarralı Jeanne'nin isteği üzerine Fransızcaya tercüme etti.

Kraliçe Marie Takvimi, William'ın takvimisalt astronomik bir temele dayandırma çabasını gösterir. Bu durum, William'ın kilise takvimindeki hesaplamalarla çelişmesine yol açtı, çünkü William kilise takviminde birçok hata bulmuştu ve dolayısıyla da bir takvim reformuna ihtiyaç olduğunu belirtti. Aynı şekilde, yalnızca gök cisimlerinin konumlarını hesaplamaya yarayan araçları sunan daha önceki cetvellerin aksine, *Almanach*'ta gök cisimlerinin konumlarının doğrudan gösterildiği bir liste de veriliyordu.

William daha önceki gezegen cetvellerindeki hatalara dikkat çeker ve bunları nasıl düzelttiğini gösterir. Bu cetveller, İslam takviminde kullanılan *Toledo Cetvelleri*'yle bunların Hristiyan takvimine uyarlandığı *Toulouse Cetvelleri*'ydi. William'ın *Almanach*'ında, 1320'ye kadar Paris'te kullanılmayan *Alfons Cetvelleri*'nden söz edilmez. William, 1285-1292 arası dönemde, astronomik cetvellerin doğruluğunu kontrol edip bunları geliştirmek için Güneş, Ay, Mars, Jüpiter ve Satürn'ü gözlemledi. Güneş'le ilgili gözlemlerini kullanarak, tutulum eğikliğini $23^{\circ}34'$ olarak hesapladı. Bu değer 2 açısal dakikalık bir gecikmeyle günümüz hesaplarına oldukça yakındır. 1290 yılı için ilkbahar ekinoksunu günümüz cetvellerinden elde edilen değerlere göre 6 saatlik bir gecikmeyle öngördü. Bu saptama, o dönemin kilise cetvellerinde verilen değerlere kıyasla büyük bir ilerlemeydi. William, gözlemlerini sabit yıldızların dış küresinin yavaş hareketi problemini çözmede de kullandı ve titreşim teorisini reddederek ekinoksların presesyonu kuramını benimsedi. Fakat Batlamyus'un yüz yıldan biraz kısa bir süre için 1° olarak kabul ettiği değer aksine, El-Battani'nin 60 yılda 1° 'lik değerini kabul etti. Günümüzde ispatlanmış gerçek değer 72 yılda 1° 'dir. William ayrıca

Satürn'ün Jüpiter'le, Mars'ın Ay'la ve Akrep burcundaki bir yıldızla kavuşumunu da gözlemledi. Daha sonra bu gözlemlerine dayanarak *Toulouse Cetvelleri*'ndeki ortalama hareket değerlerini düzelterek *Almanach*'a ekledi.

Calendrier'de William'ın günümüze kalan daha erken döneme ait *Directorium* [Rehber] veya "adrescoir" eserinden de söz edilmektedir. Fransız tarihçi Emmanuel Poulle'e göre, "eserde tarif edilen alet, eşit olmayan saatlerle derecelendirilmiş manyetik bir pusuladır; aletin üzerinde gün yayının süresini hesaplamaya yarayan bir cetvel bulunmaktadır."

Sabit yıldızların küresinin hareketiyle ilgili zahmetli problemi, 13. yüzyılın sonunda Paris bilim camiası üyesi Sicilyalı John da ele aldı. John'un günümüze ulaşan tek eseri, 1290 veya 1291 tarihli El-Zerkali'nin gezegen cetvellerinin Cremonalı Gerard tarafından yapılan tercümesi üzerine kaleme aldığı bir yorumdur. Trigonometri ve gezegensel astronomi üzerine yazılmış bir eser niteliğindeki bu yorum üç bölümden oluşur. Birinci bölümde Cremonalı Gerard'ın zamanın hesaplanması olarak ifade ettiği olgu ele alınmaktadır. Yani ay ve güneş takvimlerine göre yılın bölümlere ayrılması ve Hristiyan, İslam, Yunan ve Fars takvim tarihlerinin birbirine dönüştürülmesiyle ilgili konular tartışılmaktadır.

Toledo Cetvelleri'nin bu listede kullanılan yorumu bütün takvimlerdeki yılları altmışlı sisteme göre günlere ayırıyordu. Bu prensip daha sonra *Alfons Cetvelleri*'nde de benimsenerek sistemli bir hale getirildi.

Eserin ikinci bölümü *primum mobile*, yani ana kuvvet, sabit yıldızların dış küresi astronomisini ele alır ve trigonometrinin astronomiye uygulanmasını içerir. John burada titreşim teorisini reddedip ekinoksların presesyonu kuramını kabul ederken, presesyon oranının tam değerinin bilinmediğini, bu değer ancak kapsamlı bir gözlemden sonra belirlenebileceğini belirtir. Üçüncü bölümse gezegenlerin hareketlerine ilişkindir.

Bir dizi yeni astronomi cetveli 1327'de Lignèresli John ve öğrencileri tarafından tamamlandı. Bu eser de ağırlıklı olarak *Toledo Cetvelleri*'ni esas alıyordu. *Büyük Cetveller* olarak bilinen bu çalışma, en parlak 47 yıldızın konumunu gösteren bir listeyi içeriyordu ve kullanımı önceki cetvellerden daha kolay olduğundan kısa sürede popülerleşti. Fakat nihayetinde yerini *Alfons Cetvelleri*'ne bıraktı.

Lignèresli John'un öğrencilerinden Saksonyalı John, 1327'de *Al-*

fons Cetvelleri'ndeki kanunları yayımladı. Bu kanunlar Lignèresli John'unkilerden daha anlaşılır ve kapsamlıydı. Ayrıca esere, Güneş'in önceki konumuna dönüş zamanını hesaplama, Güneş ve Ay'ın gerçek kavuşumunun tarihi ve saatini hesaplama, Güneş'in Zodyak'ın burçlarından birine giriş zamanını belirleme ve gezegen kavuşumlarının tarihini saptama üzerine de bazı bölümler eklendi. Saksonyalı John'un kanunlarının günümüze ulaşan nüsha sayısı ve 1483'te yayımlanan *Alfons Cetvelleri*'nin ilk baskısında yer alması, eserin o dönemde son derece revaçta olduğunu göstermektedir. John ayrıca El-Kabisi'nin popüler astroloji eseri üzerine de bir yorum yazdı. El-Kabisi'nin eserinin Latince tercümesinin üçüncü baskısı, eser üzerine yazılmış yorumla birlikte 1475'te yayımlandı.

Levi ben Gerson (1288-1344) astronomi, fizik, matematik ve felsefe üzerine kitaplar ve İncil'le Talmut üzerine yorumlar yazan çok çeşitli alanlarda ansiklopedik bilgi sahibi Yahudi bir bilgindi. Levi, Orange ve Avignon'da yaşadı. Her iki kent de Kral IV. Philippe tarafından 1306'da Yahudilerin Fransa'dan kovulma hadisesinden etkilenmedi. Eserlerinden birini 1342'de Papa IV. Clemens'e ithaf etmesi, Levi'nin Avignon'daki papalık sarayıyla da dostane ilişkilere sahip olduğunu gösterir.

Levi'nin en büyük eseri *Milhamot Adonai*'dir [Tanrının Savaşları]. Altı ciltlik felsefi bir araştırma olan kitabın beşinci cildi astronomiyi ele alır. Levi burada başta El-Battani, Cabir bin Eflah ve İbn Rüşd olmak üzere bazı Arap kaynaklarına dayanarak oluşturduğu evren modelini anlatır. Levi'nin evren modeli, bazı önemli konularda Batlamyus'un modelinden farklılık gösterir; Batlamyus'un teorileri zaman zaman Levi'nin gözlemleriyle çelişir. Özellikle de Mars'la ilgili gözlemlerde farklılık görülür: Batlamyus'un teorisine göre bir gezegenin, gözlenen büyüklüğünün altı katı iken, Levi'nin gözlemine göre bu oran iki katı kadardır.

Levi tarafından kullanılan aletler arasında bizzat kendisinin keşfettiği Jacob Çubuğu olarak adlandırılan ve astronomik gözlemlerde açılır ölçmeye yarayan bir alet de yer alıyordu. Levi ayrıca tutulmaları gözlemlemede ve Güneş'in yörüngesinin dışmerkezliliğini saptamada kameron obscura [karanlık kutu] kullandı. Levi'nin astronomi çalışmaları Avrupa'da beş asır boyunca etkili olurken Jacob Çubuğu da 18. yüzyılın ortalarına kadar deniz seyahatlerinde kullanıldı.

Levi'nin *Sefer ha-mispar* [Sayıların Kitabı] eseri aritmetik ve cebirin genel ilkelerini, bu ilkelerin tümleşik analize uygulanmasını ve dizilerdeki sayıların toplanmasını ele alır. Bu eserin önemi, Levi'nin açıklamalarında matematiksel tümevarımı, Francesco Maurolyco (1575) ve Blaise Pascal'dan (1654 civarı) önce kullanmasından ileri gelir.

14. yüzyılın ilk yarısında Oxford'da önemli bir astronomi geleneği oldukça etkindi. Oxford astronomlarının en önemlisi Wallingfordlu Richard (1292 civarı-1336) bir demircinin oğluydu; 1308'den yaklaşık 1315'e kadar Oxford'da okudu ve ardından St. Albans manastırında Benedikten tarikatına katıldı. İki yıl sonra daha fazla eğitim görmesi için Oxford'a geri gönderildi ve 1327'ye kadar orada kaldı. Eğitimini tamamladıktan hemen sonra St. Albans manastırının baş keşişi olarak atandı. Ataması yapıldıktan sonra papalıktan onay almak için Avignon'u ziyaret etti ve St. Albans'a döndüğünde cüzama yakalandığını fark etti ve 1336'da öldü.

Richard, eserlerinin tamamını Oxford'da olduğu yıllarda yazdı. Eserlerinden *Quadripartitum* [dört katmanlı] küresel trigonometri alanında Latin Avrupa'da yazılmış ilk kapsamlı çalışmadır. Richard'ın en önemli eseri, keşfettiği Albion ("hepsi bir arada") adlı bir cihazın teorisini, yapımı ve kullanımını anlatan *Tractatus albionis*'tir [Albion'un İncelemeleri]. Albion, çeşitli astronomik ölçümler ve hesaplamalar yapmaya yarayan ve 16. yüzyıla kadar Avrupa'da kullanılan bir ekvatoryum çeşididir.

Richard, *Tractatus albionis*'i yazarken, tasarlamış olduğu yeni bir astronomi aleti üzerine de bir tez oluşturdu. *Rectangulus* adı verilen bu cihaz, halkalı usturlap yerine kullanılabilecek daha basit bir araç olarak tasarlanmıştı. Eser aynı zamanda *rectangulus* ile yapılan gözlemlerin analizinde kullanılmak üzere ters trigonometrik fonksiyonun bir tablosunu da içeriyordu.

Richard aynı zamanda, üç metre çapında büyük bir mekanik saat yaparak manastır kilisesinin güney kanadının duvarına monte etti. Bu saat zamanın yanı sıra gök cisimlerinin hareketini, Ay'ın evrelerini ve Londra Köprüsü'nün altındaki gelgitleri de gösteriyordu. Saat 16. yüzyılda tahrip edildi, fakat Richard'ın çizdiği projenin bazı parçaları günümüze kadar ulaştı. Söz konusu proje, günümüze kalan en eski ve aynı zamanda ortaçağın en gelişkin mekanik saat projesidir. (Avrupa'nın ilk meka-

nik saatleri 13. yüzyılın sonunda ortaya çıkmıştır.) Mekanik saat, zaman mefhumunun bir ölçekteki birimler cinsinden sayısal olarak ifade edilebilen ve bilimsel teorilerde kullanılabilen fiziksel bir nicelik olarak ortaya çıkmasına yol açtı. Richard'ın saati aynı zamanda bir gökeviydi ve evrenin Tanrı tarafından tasarlanmış bir saat olduğu düşüncesine inandırıcılık katıyordu.

Literatürde, bir mekanik saatten ilk olarak Dante'nin *İlahi Komedya*'sının Cennet bölümünün 10. kantosunun son mısralarında bahsedildiği görülmektedir. Eser 1316 ile 1321 arasında, yani Richard'ın saati yaptığı tarihten on yıl veya daha fazla bir süre önce yazılmıştır.

Sonra, Tanrı'nın eşi onun sevgisini
kazanmak için sabah duasına kalktığı saatlerde,
bir çarkın bir çarkı çekmesi, itmesi
sonucunda, yatkın bir ruhta sevgi
uyandıran tatlı tik takları ile bize
vakti haber veren bir saat gibi;
ben de şanlı çemberin böyle döndüğünü gördüm
ve ancak sevincin ölümsüzleştiği
yerde tadına varılabilen bir uyum içinde
yükselen ezgileri işittim.

Söz konusu yetenekli bilginleri ortaya çıkaran skolastik düşüncenin parlak dönemi, 14. yüzyılın sonlarına doğru birdenbire sona erdi ve sonraki yüz elli yıl boyunca Oxford ve Paris, özgün veya önemli herhangi bir bilimsel çalışma üretmedi.

Bu boşluk 1347-1350 arası Avrupa'yı kasıp kavuran ve asırlar boyunca da aralıklarla devam eden, Kara Ölüm olarak da bilinen veba salgının-
dan kaynaklandı. Bu salgının kurbanları arasında kıtanın en önemli bilginleri de yer alıyordu. Başlıca salgın hastalıkların çoğunlukla astrolojik etkilerden kaynaklandığına inanıldığı o dönemin tıp biliminin ilkel durumundan bahseden Lindberg'in de kaydettiği üzere, "Paris Üniversitesi Tıp Fakültesi'ne söz konusu veba salgını için bir açıklama yapması konusunda baskı yapılırken Fakülte, salgının nedeninin Jüpiter, Satürn ve Mars'ın 1345'teki kavuşumunda havada meydana gelen bozulmadan

ileri geldiğini duyurdu.”

Bilim ve kozmolojiyle ilgili devrimci görüşleriyle bilinen Nicolaus Cusanus (1401-1464), Avrupa'nın Kara Ölüm'ün pençesinden kurtulmasından sonra ortaya çıkan ilk önemli entelektüeldir. Moselle Nehri kenarında bulunan Kues köyünde doğan Nicolaus, Heidelberg ve Padova üniversitelerinde eğitim aldı ve 1423'te doktorasını tamamladı. 1430 dolaylarında ruhban sınıfına dahil oldu ve 1448'de Papa V. Nicolaus tarafından tam yetkili kardinal rütbesi verildi.

Nicolaus'un en önemli eseri, 1440'ta tamamladığı *De docta ignorantia*'dır [Öğrenilmiş Cehalet Üzerine]. Nicolaus, eserinde matematik ve deneysel bilimi kullanarak insan bilgisinin sınırlarını belirlemeye, özellikle de insan zihninin, matematikteki sınırsızlık olgusuna benzettiği mutlak olanı kavrayamayacağını açıklamaya çalışır. Nicolaus'un, evrenin boyut bakımından sınırsız olduğunu ileri sürmesi, bir merkez veya çevre düşüncesini anlamsız kılar. Dolayısıyla Dünya evrenin merkezi olamaz, hareket de bütün cisimler için göreceli ve doğal olduğundan Dünya'nın hareketsiz olduğu düşünülemez. Nicolaus elyazmalarından birinin kenar notunda Dünya'nın sabit olamayacağını, bir gün ve gece süresince kendi eksenini etrafında bir kez döndüğünü belirtir.



Nicolaus Cusanus.

Nicolaus, üzerinde canlıların yaşadığı tek gökcisminin Dünya olamayabileceğini, ışık kürenin merkezinde başka bir dünyanın varlığının da mümkün olabileceğini ileri sürer. Nicolaus hem bu teorisi hem de diğer devrimci teorileri nedeniyle siyasi rakipleri tarafından panteist olmakla suçlandı. Bu suçlama karşısında kendini, *Apologia doctae ignorantia* [Öğrenilmiş Cahilliğin Müdafası] (1440) kitabıyla savundu. Kitabında, alıntı yaptığı kilise yazılarını ve Hristiyan neo-Plantocuları görüşlerine kaynak gösterdi. Nicolaus'un görüşlerine yapılan eleştiriler, iki yüz yıl sonra Galileo'nun Kilise'yle yaşayacağı sorunun habercisiydi, fakat 15. yüzyılın ortalarında durum henüz sonraki yüzyılda, yani Protestan Reformu'nun başlamasından sonraki dönemde olacağı kadar karmaşık değildi.

Nicolaus on yıl sonra *Idiota* adlı bir eser yazdı. Kitabı bilgiyi temsil eden bir skolastik akademisyenle nicel deneysel araştırmanın önemini vurgulayan ve ruhban sınıfından olmayan biri (*Idiota*) arasında geçen diyaloglardan oluşan bu çalışmada *Idiota*'ya göre, ilim sokaklarda haykırmakta ve insanlar onu pazaryerinde bulabilmektedir; zira pazaryerinde insanların para sayması, malları tartması ve insan aklının en temel işlevi olan ölçüm gibi faaliyetlere rastlanmaktadır.

Batı Avrupa entelektüel açıdan sürekli olarak ilerleme kaydetse de, en azından ortaçağın başlarına kadar Bizans İmparatorluğu'yla herhangi bir bağlantısı yoktu. Büyük Konstantin, 330'da Konstantinopolis'i (İstanbul) başkent yaptıktan hemen sonra orada bir üniversite kurdu. Konstantinopolis Üniversitesi'yle ilgili elde herhangi bir bilgi yoktur, belki de üniversite, 425'te II. Theodosius tarafından yeniden tanzim edilene kadar hizmet vermemiştir. Yeni üniversitede, onu Yunanca ve onu da Latince olmak üzere yirmi gramer kürsüsü, beşi Yunanca ve üçü Latince sekiz retorik kürsüsü, biri Yunanca ve diğeri Latince olmak üzere iki hukuk kürsüsü ve bir Yunanca felsefe kürsüsü bulunuyordu. Aradan yüz yıl geçtikten sonra Konstantinopolis'te Latince kullanılmamaya başlandı ve üniversitedeki bütün kürsüler Yunancaya döndü. Bu durum, erken ortaçağ döneminde Latin Batıyla Yunan Doğu arasında baş gösteren büyük kültürel bölünmenin bir parçasıydı, yani yeni ortaya çıkan Batı Avrupa medeniyetini, Balkanlar ve Anadolu'dan oluşan Bizans dünyasından ayıran bir çatallanmaydı.

Konstantinopolis'in 1204'teki IV. Haçlı Seferi sırasında, Enrico Dandolo'nun komutası altındaki Venediklilerin yardımıyla Latin şövalyeler tarafından ele geçirilmesi ve yağmalanmasıyla Bizans İmparatorluğu neredeyse sona erdi. 1261'e kadar Latinlerin hakimiyetinde kalan Konstantinopolis, 1261'de imparator VIII. Mikhail Palaiologos'un (1259-1282 arası hüküm sürmüştür) komutası altındaki Yunanlar tarafından yeniden ele geçirildi. VIII. Mikhail Palaiologos, Konstantinopolis 1453 yılında Türkler tarafından fethedilene dek Bizans'ı yöneten hanedanın kurucusudur.

14. yüzyıldan kalma St. Saviour in Chora Kilisesi'ndeki (Kariye Camii, ardından Kariye Müzesi olmuştur) olağanüstü resimler ve freskler Bizans'ın, Palaiologos döneminde son bir rönesans yaşayıp gelişim gösterdiğini ortaya koyar.

Bu rönesansın bir boyutu da Konstantinopolis'teki Arapça astronomi eserlerinin 13. yüzyılın sonlarından itibaren Yunancaya tercüme edilmesiyle astronominin yeniden canlandırılmasıydı. İlk astronomi tercümelerinden biri, Tebriz'de Arap bilimini öğrenip yaklaşık 1300'de Trabzon'da bir astronomi okulu kuran Gregory Chioniates tarafından yapıldı. 14. yüzyılın ortalarına gelindiğinde, *Tribiblos*'ta da [Astronomi Üzerine Üç Kitap] görüldüğü üzere, eski astronomi cetvellerinin yerini yeni *Fars Cetvelleri* aldı. Kitabı yaklaşık 1352'de yazan Theodore Meliteniotes Konstantinopolis'teki Patrik Okulu'nun müdürü olarak atandı. Bu da, I. Konstantin tarafından kurulan okulun yeniden canlanmasına yol açtı.

Osmanlı Devleti'nin 1430'da Selanik'i ele geçirmesi üzerine, imparator VIII. Yoannis Paleologos (1425-1448 arası hüküm sürmüştür) Batı'dan yardım istedi ve Papa V. Martinus'tan Yunan ve Latin kiliselerinin uzlaşmasını sağlayacak bir konsil toplanması için çağrı yapmasını önerdi. Nihayetinde 1438'de Ferrara'da Papa IV. Eugenius tarafından bir konsil toplantısı yapıldı. Konsil, ertesi yıl da Floransa'da toplandı. 6 Temmuz 1439'da tamamlanan konsil toplantısında Yunan ve Latin kiliselerinin birliğine ilişkin alınan karar Floransa'daki Santa Maria del Fiore Katedrali'nde, İmparator VIII. Yoannis'in huzurunda hem Latince hem de Yunanca okundu. Fakat Bizanslıların ve ruhban sınıfının büyük çoğunluğu birliği reddetti ve böylelikle varlığının son zamanlarını yaşa-

yan imparatorluğun ikiye ayrılmasına yol açtı.

Ferrara-Floransa Konsili'nin delegeleri arasında Bizans ve İtalya arasındaki kültürel etkileşimde rol oynayan dört önemli bilgin de yer alıyordu. Bu şahsiyetlerden biri Roma Katolik Kilisesi'ni, bir diğeri Yunan Ortodoks Kilisesi'ni temsil ediyordu. Katolik Kilisesi'nin temsilciliğini Nicolaus Cusanus yaparken, Yunan Kilisesi'ni George Gemistos Plethon, George Trapezuntios ve Basılios Bessarion temsil etti.

Tarihçi Sir Steven Runciman'ın "en özgün Bizans düşünürü" olarak adlandırdığı George Gemistos Plethon (1355 civarı-1452) Konstantinopolis'te eğitim gördü ve 1392'ye kadar da orada dersler verdi. Ardından, o dönemde imparator II. Manuil'in (1391-1425 arası hüküm sürmüştür) ikinci oğlu despot Theodor Palaiologos'un hakimiyetindeki Mora Yarımadası'nda bulunan Mistra'ya gitti. Plethon, Ferrara-Floransa Konsili'nde bir yıllık Bizans temsilciliği dışında geri kalan hayatını burada dersler vererek geçirdi. Öğretisine ağırlıklı olarak Aristoteles'in reddi ve Yunan dünyasını Platoncu çizgide reforme etme hedefi konusunda kendisine ilham kaynağı olan Platon'a bağlılığı yön verdi. Plethon'un dini görüşleri, *Nómoi* [Kanunlar Üzerine] eserinde açık olduğu üzere Hristiyanlıktan ziyade paganizme dayanıyordu. Söz konusu eserin Zeus'tan tanrı olarak bahsederken, Teslis'in Yaratıcı Dünya-Aklı ve Dünya-Ruhu'ndan oluştuğunu yazar. Floransa'da Plethon'la arasında geçen bir diyalogu kaleme alan George Trapezuntios, Plethon'un kendisine bütün dünyanın yeni bir din benimseyeceğini söylediğini aktarır. Yeni dinin Hristiyanlık mı yoksa Müslümanlık mı olacağı sorulduğunda, Plethon, "Hiçbiri. Paganizm gibi bir din olacak," der.

Konsil Floransa'da tartışırken Plethon, Dük Cosimo de' Medici'nin sarayında Platonculuk ile Aristotelesçilik arasındaki felsefi ve dini farklılıklar üzerine Platon'un görüşlerini destekleyen bir konferans verdi. Cosimo, Plethon'dan o kadar etkilendi ki Floransa'da bir Platoncu Düşünce Akademisi kurdu. Söz konusu akademi, daha sonra Rönesans Platonculuğunun merkezi haline gelecekti. Plethon'un eserleri, büyük Rönesans Platoncularının ilki olan Marsilio Ficino'ya (1433-1499) da ilham kaynağı olacaktı.

George Trapezuntios (1395-1486), Girit'te dünyaya geldi. Ailesi Trabzon'dan göç ettiğinden Trapezuntios soyadını almıştı. Yunan-

cadan Latinceye tercümeler yapan üretken bir mütercimdi. Latinceyi 1417-1418'te Venedik'te öğrenmişti. Venedik, Vicenza ve Mantua'da dersler verdikten sonra Roma'ya gitti. Roma'da IV. Eugenius'un (1431-1447 arası hüküm sürmüştür) hakimiyeti altındaki papalık bürokrasisinde hizmetlerde bulundu ve ardından V. Nicolaus'ın (1447-1465) himayesinde dersler verdi. Aristotelesçi düşünceye karşıtlığı nedeniyle Plethon'u şiddetle eleştirerek, kendini ortaçağın hümanist eleştiriciliğine karşı skolastisizmin savunucusu olarak tasvir etti ve Albertus Magnus ve Thomas Aquinas'a övgüler sıraladı. Bu durum onu birçok bilginin yanı sıra Bessarion'la da karşı karşıya getirdi.

Basilius Bessarion (1403 civarı-1470) ağır işlerde çalışan Trabzonlu bir ailenin oğlu olarak dünyaya geldi. Trabzon başpiskoposu, genç Bessarion'un parlak zekasını fark eder etmez Konstantinopolis'teki okula gönderdi. Konstantinopolis Üniversitesi'ndeyken tanıştığı İtalyan hümanist Francesco Filelfo da İtalya'da yaşayan Bizanslı bilgin Manuel Chrysoloras'tan ders aldıktan sonra Konstantinopolis'teki eğitimine devam etmesi konusunda teşvik etti.

Bessarion yirmi yaşında papaz oldu ve birkaç yılını Mistra yakınlarındaki bir manastırda Plethon'un denetiminde dersler alarak geçirdi. Daha sonra Konstantinopolis'e döndü ve felsefe profesörü olarak ün kazandı. Bessarion, Ferrara-Floransa Konsili'ne katılacak temsilcilerden biri olarak seçildi ve İznik başpiskoposu olarak atandı, dolayısıyla kardinaller toplantısına uygun bir statüye sahip oldu. Birlik anlaşmasının resmi olarak 6 Temmuz 1439'da Floransa Katedrali'nde ilanını önce Latince olarak Kardinal Cesarini, sonra da Yunanca olarak Bessarion okudu.

Bessarion'un İtalya'da kalması, Bizans'ın Batı'yla sadece siyasi anlamda ittifak yaparak değil, aynı zamanda Rönesans İtalya'sının kültürel yaşamını paylaşarak kurtulabileceği kanısına ulaşmasına yol açtı. Birlik fikrine Konstantinopolis'te karşı çıkılmasıyla hayal kırıklığına uğrayan Bessarion, 1440 sonunda Floransa'ya geri döndü. 1440'a geldiğinde Roma Katolik Kilisesi'ne bağlı bir kardinal olmuştu. Papalığın diplomatik görevleri için bir dizi seyahatte bulundu ve 1450-1455 arası Bologna valisi olarak görev yaptı. Görev yaptığı yıllar haricinde, 1443'ten itibaren Roma'da yaşadı. 1455'te neredeyse papa olarak seçilecekti, fakat hasımları bir Yunan'ın seçilmesinin tehlikeli olacağı uyarısında bu-

lununca kardinaller Bessarion'un yerine III. Callistus adını alan Katalan Alfonso Borgia'yı papalığa seçti.

Bessarion enerjisinin çoğunu Bizans'ı Türklere karşı savunmak için Avrupa'nın askeri desteğini almaya harcadı, fakat bu çabaları sonuç vermedi; Osmanlılar 1453'te Konstantinopolis'i, ardından 1461'de memleketi Trabzon'u ele geçirerek uzun Bizans İmparatorluğu tarihine son verdi. Bizans'ın sona ermesinden itibaren Bessarion Türklere karşı bir haclı seferi için destek arayışlarında bulundu, fakat bunda da başarılı olamadı.

Bessarion ömrünün çoğunu antik Yunanca elyazmaları derlemesine katkılar yaparak Bizans kültürünü devam ettirmeye adanmıştı. Venedik'te bıraktığı eserleri hâlâ Marciana Kütüphanesi'nde korunmaktadır. Roma'da Bessarion'un etrafında toplanan bilginler arasında George Trapezuntios da yer alıyordu. Bessarion, George Trapezuntios'u Batlamyus'un *El-Mecisti* eserini Yunancadan Latinceye çevirmekle görevlendirdi. Trapezuntios daha sonra 1459'da Platonculuk görüşüne karşı bir eleştiri kitabı yayımlayarak, bu görüşün sapkınlığa ve ahlaksızlığa yol açtığını ileri sürdü. Bessarion bu duruma çok öfkelenildi ve Platonculuğu savunan bir eser kaleme alarak, hem Yunanca hem de Latince olarak yayımladı. Bessarion'un amacı sadece Trapezuntios'un suçlamalarına karşı Platonculuğu savunmak değil, aynı zamanda Platon'un öğretilerinin Hristiyan doktrinlere Aristoteles'inkilerden daha yakın olduğunu göstermekti. Kitabı olumlu karşılandı çünkü Platon'un öğretisinin genel bir anlatımı ilk defa yapılıyordu. O dönem, Platonculuk üzerine yazılmış erken dönem eserler geniş bir kitleye ulaşmadığından Latinlerin büyük çoğunluğu Platon'un öğretisini bilmiyordu.

Bessarion bir diplomatik görev nedeniyle 1460'ta Viyana'ya gitti. O dönemde Viyana Üniversitesi, Gmundenli John (ö. 1442), Georg Peurbach (1423-1461) ve Johannes Regiomontanus'un (1436-1476) çalışmaları sayesinde astronomi ve matematik araştırmalarının merkezi haline gelmişti. John astronomi aletleri yapıyordu ve çok sayıda elyazması edinmişti. Üniversite'ye miras bıraktığı bütün bu elyazmaları Peurbach ve Regiomontanus'un çalışmalarına ve eserlerine temel teşkil etti.

Peurbach, Viyana Üniversitesi'nden 1448'de lisans diplomasını ve 1453'te lisansüstü diplomasını almış, bu arada Fransa, Almanya, Macaristan ve İtalya'ya seyahat etmiş Avusturyalı bir bilgindi. Macaristan kra-

lı V. Ladislaus'un, sonrasında Kral'ın amcası imparator III. Friedrich'in hizmetinde saray astroloğu olarak görev yaptı. Aritmetik, trigonometri ve astronomi üzerine ders kitapları yazdı. En bilinen eserleri, *Theoricae novae planetarum* [Gezegenlerle ilgili Yeni Teoriler] ve tamamlamadığı fakat Regiomontanus tarafından tamamlanan *Tabulae eclipsium* [Tutulma Cetvelleri] ve *Epitome Almagesti Ptolemaei* [Batlamyus'un El-Mecisti'sinin Özeti] kitaplarıdır. Matematik ve astronomi eserleri, dönemin ilerisinde eserlerdi ve sonraki dönemlerde Kopernik ve diğer bilginler tarafından da kullanılacaktı.

Aslında Johann Muller olarak bilinen Regiomontanus, soyadını doğum yeri Franconia'daki Königsberg'in Latincesinden alır. İlk olarak 1447-1450 arası Leipzig Üniversitesi'nde, ardından Viyana Üniversitesi'nde okudu ve 1452'de, henüz on beş yaşındayken Viyana Üniversitesi'nden lisans, 1457'de de lisansüstü diplomasını aldı. Ayrıca, gezegenlerin sistematik bir incelemesi ve tutulmalarla kuyruklu yıldızlar gibi gökbilimsel olguların gözlemlerini kapsayan bir araştırma programında Peurbach'ın yardımcılığını yaptı.

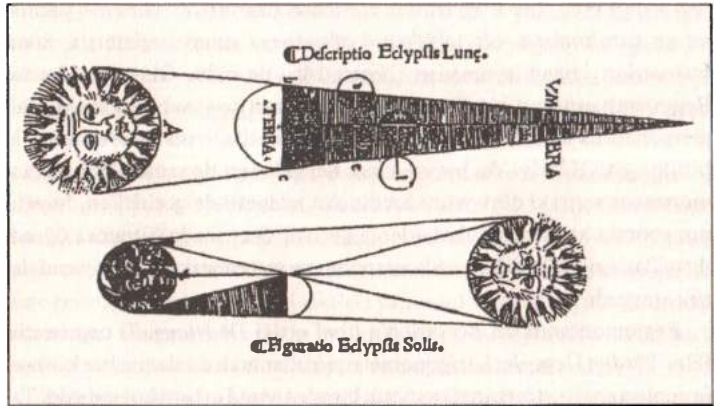
Bessarion, Batlamyus'un *El-Mecisti'sinin* George Trapezuntios tarafından yapılan tercümesini yeterli bulmadığından, Peurbach ve Regiomontanus'tan eseri özetleyen bir kitap yazmalarını istedi. İkili bu isteği kabul etti, çünkü Peurbach *El-Mecisti* üzerine bir derleme yazmaya ve tutulmaların bir tablosunu çıkarmaya zaten başlamıştı, fakat bu eserleri tamamlayamadan, Nisan 1461'de öldü. Ölüm yatağında, Regiomontanus'tan her iki eseri tamamlaması konusunda söz aldı. Regiomontanus eserleri tamamlayacağına dair söz verdi ve Bessarion'la birlikte gittiği İtalya'da, bir yıl sonra her iki eseri de tamamladı. Regiomontanus sonraki dört yılını kardinalin maiyetinde geçirirken, hayatının sonraki kısmını seyahat ederek geçirdi. Bu esnada Yunanca öğrendi ve Batlamyus'la diğer antik astronom ve matematikçilerin elyazmalarını araştırdı.

Regiomontanus'un Bessarion'a ithaf ettiği *De triangulis omnimodis* [Her Türden Üçgenler], trigonometriyi kullanarak düzlemsel ve küresel üçgenleri analiz etmenin sistematik bir yöntemini ortaya koyuyordu. Tarihçi Edward Rosen'e göre bu eserdeki küresel üçgenlerle ilgili önermelerden biri, "Latin Batı'da ilk defa trigonometrik bir problemi cebir (La-

tince *ars rei et census* olarak ifade edilir) kullanarak çözmektedir". Eserle ilgili değerlendirmelerine devam eden Rosen, 1533'e kadar yayımlanmayan bu eser "birçok okuyucuyu etkiledi, dolayısıyla trigonometrinin daha sonraki gelişimi üzerinde büyük bir etki yarattı, çünkü trigonometriyi ilk defa astronomiden bağımsız, yalnızca matematiğin bir dalı şeklinde sistematikleştiriyordu," der. Carl Boyer daha da ciddi bir iddiada bulunarak, *De triangulis omnimodis*'in "trigonometrinin yeniden doğuşu" olduğunu söyler.

İlk olarak 1490'da yayımlanan ve sonrasında birçok kez tekrar basılan *Tabulae directionum*, gök cisimlerinin boylamlarının, gökyüzünün gözlenen günlük hareketlerine göre oluşturulan cetvellerini içeriyordu. Regiomontanus bu eserde, *De triangulis omnimodis*'te yer vermediği tanjant fonksiyonunun (*numerus* [sayı] sözcüğünü kullanarak) bir tablosuna yer vermişti. Sinüs ve tanjant fonksiyonları için verdiği cetveller, modern trigonometri ders kitaplarında kullanılan fonksiyonlara model oluşturdu.

Regiomontanus 1467'de İtalya'dan ayrılıp Macaristan'a geçerek Kral Mathias Corvinus'un sarayında dört yıl hizmet verdi ve astronomiye ve matematik alanındaki araştırmalarına devam etti. Ardından 1471'de



Ay ve Güneş Tutulmaları, Peurbach'ın Theoricae novae planetarum adlı eserinden, 1525.

Nuremberg'e geçerek kendi gözlemevi ve matbaasını kurdu; 1476'da erken gelen ölümüne kadar da burada çalıştı.

Bastığı ilk kitap, Peurbach'ın *Theoricae novae planetarum* adlı eseri idi. *Theorica*, büyük ilgi gördü ve 17. yüzyılın ortalarına kadar elli altı baskı yaptı. Eserin önemi, Batlamyus'un gezegenlerle ilgili kristal küreler teorisini özenli ve ayrıntılı bir şekilde açıklamasından ileri gelir. Söz konusu teori, Tycho Brahe 16. yüzyılın sonlarında söz konusu gezegen kürelerinin mevcut olmadığını ortaya koyuncaya dek kabul edilen gökyüzü yapısı modeliydi. Teori, Kopernik dönemine kadar da astronomları etkiledi. Kopernik, Peurbach'ın modellerini düzeltmeye çalışırken kendi gezegen teorisine ulaştı.

Regiomontanus'un bastığı ikinci kitap kendisine ait *Ephemerides*'ti. O güne kadar basılan ilk gezegen cetvellerinden oluşan eserde, gök cisimlerinin 1475-1506 arasındaki günlük konumları veriliyordu. Kolomb'un Yeni Dünya'ya yaptığı dördüncü ve son seyahatinde yanına *Ephemerides*'i de aldığı ve söz konusu eserde bildirilen 29 Şubat 1504 tarihli ay tutulmasından faydalanarak karşısındaki Jamaikalı yerlileri korkutup teslim olmaya zorladığı söylenir.

Regiomontanus ayrıca Peurbach'ın ölümünden sonra kendi tamamladığı *Tabulae eclipsium* ve *Epitome Almagesti Ptolemaei* adlı iki eseri de yayımladı.

Tabulae eclipsium muhtemelen 1459'da tamamlandı. *Alfons Cetvelleri*'ni esas alsada, tarihçi Doris Hellman ve Noel Swerdlow'un belirttiği gibi, "Peurbach, ay tutulması hesaplamasındaki her bir aşama için ihtiyaç duyulan cetvelleri daha da genişletti ve yeniden düzenledi. Yaptığı bu düzenlemeler sayesinde hem hesaplayıcının zamandan tasarruf etmesini sağladı, hem de onu bir dizi uzun ve sıkıcı prosedürden kurtardı." Tycho Brahe'nin de içeriğinin bir kısmını eleştirmesine rağmen yararlandığı *Tabulae eclipsium*, 16. yüzyılın sonuna kadar kullanıldı.

Bessarion'a ithaf edilen *Epitome*, Regiomontanus'un ölümünden yirmi yıl sonra 1496'da basıldı. Eser sadece *El-Mecisti*'nin tercümesinden ibaret değildi. Edward Rosen'ın da belirttiği gibi, "esere, daha sonraki süreçte yapılan gözlemler, gözden geçirilmiş hesaplamalar ve önemli düşünceler de eklemiştir; örneğin bu gözlemlerden biri Batlamyus'un ay teorisinin, Ay'ın gözlenen çapında gerçekte olduğundan daha fazla de-

gişiklik öngördüğünü açığa çıkarır.” Bu önemli bölüm Kopernik’in de dikkatini çekti. Kopernik, *Epitome*’yi ilk olarak Bologna’da öğrenciyken okudu ve muhtemelen bu da Batlamyus’un yer-merkezli teorisinin yeri-



Regiomontanus'un Egyptoma in Almagestum (1496) eserinden, Batlamyus (solda) ve Regiomontanus (sağda) halkalı bir kürenin altında oturmaktadır.

ne kendi gezegen teorisini oluşturmada bir etken oldu. Kopernik'in modeli, ilk olarak Sisamlı Aristarkus tarafından ileri sürülen Güneş-merkezli teorisinin yeniden dirilişiydi.

Kopernik kendi gezegen teorisini formüle ederken *Epitome*'de yer alan en az iki savdan daha etkilenmiştir. Regiomontanus, muhtemelen ilk olarak 15. yüzyılda yaşamış Arap astronom Ali Kuşçu tarafından ileri sürülen bu savları Bessarion'dan öğrenmişti. Eğer öyleyse, bu durum Bessarion ve Regiomontanus'u, Sisamlı Aristarkus ve Batlamyus'tan başlayıp, ortaçağ Arap ve Latin bilginlerle devam ederek Kopernik'e ve Rönesans'ın şafağına dek uzanan bir zincirin halkasına dahil eder.

İslam dünyası ve Bizans'tan Batı Avrupa'ya aktarıldığını gördüğümüz düşüncelerin birleşmesi, Rönesans'ın doğuşunun habercisidir. İslam bilimi artık eski gücünde olmamasına rağmen, matematiksel astronomi alanında eserler vermeye devam etti. Söz konusu eserler, özellikle Trabzonlu Bizans bilginleri aracılığıyla Batı'ya aktarıldı. Görüldüğü üzere Bizans dünyası, Konstantinopolis'in 1453'te fethedilmesinden önceki İtalyan rönesansında önemli bir rol oynamış, hatta bu rolünü Trabzonlu Kardinal Bessarion'un çabaları sayesinde daha sonra da devam ettirmiştir. Bessarion, Yunan Doğu'yla Latin Batı arasında bin yıldan fazla devam eden boşluğu dolduran bir köprü kurarak kültürel etkileşimde merkezi rol oynamış bir şahsiyettir.

Bu konuyu birkaç yıl önce Bessarion'un Roma'daki Santi Apostoli Bazilikası'nda [On İki Havari Bazilikası] bulunan mezarını ziyaret ettiğimde düşündüm. Bana göre, Bessarion Miletli Thales'le başlayan bir geleneğin sonudur. İyonya aydınlanmasını doğrudan Kopernik'e ve takipçilerine aktaran kişidir. Bu geleneğin takipçileri arasında bendeniz de bulunmaktayım, çünkü bilimsel seçerem Bessarion'a dek uzanır. Bessarion'un 1423'te mezun olduğu İstanbul'daki üniversitede ben hâlâ ders veriyorum. Ayrıca bazı öğrencilerim ve öğrencilerimin öğrencileri de burada ders vermeye devam ediyor.

GÖKSEL KÜRELERİN DEVİNİMLERİ

Astronominin yeniden dirilişi Nicolaus Copernicus'un (1473-1543), yani Kopernik'in paradigma değiştiren eseriyle doruk noktasına ulaştı. Kopernik'in yaşamı, ortaçağın alacakaranlığıyla Rönesans'ın şafağı arasındaki geçiş dönemine denk düşer. Kopernik, Roma İmparatorluğu'nun Hristiyanlaşmış devamı olan Bizans İmparatorluğu'nun başkenti Konstantinopolis'in düşüşünden yirmi yıl sonra doğdu. İki yıl sonra basılan Gutenberg İncili, Batı Avrupa'da ortaya çıkan yeni öğretinin eşi görülmemiş bir hızla yayılmasına yol açtı. Kopernik gençlik yıllarında, Kolomb'un Amerika'yı keşfi gibi, yeni bir çağın başlangıcında yeni bir dünyanın kapılarını açan muazzam değişimlere tanıklık etti.

Kopernik 19 Şubat 1473'te, o dönemde Prusya'ya bağlı bir dukalık, günümüzdeyse Polonya'nın başkenti olan Varşova'nın yüz seksen kilometre kuzeyindeki Vistula nehri kıyısında bulunan Torun kasabasında dünyaya geldi. Asıl adı Niklas Koppernigk olup, üniversiteye gittikten sonra ismini Latinceleştirdi ve Nicolaus Copernicus adını kullanmaya başladı. Zengin bir tüccarın dört çocuğundan en küçüğü olan Kopernik, 1483'te babasını kaybedince, ona ve kardeşlerine dayısı Lucas Watzenrode baktı. Lucas, Kraków, Köln ve Bologna üniversitelerinde eğitim almış bir rahipti.

Lucas 1489'da, batısında Prusya Krallığı, güneyinde Polonya Krallığı bulunan Prusya Dukalığı'nın dört eyaletinden biri olan ve Warmia olarak da bilinen Ermland başpiskoposluğuna atandı. Kopernik ve büyük kardeşi Andreas, dayıları Lucas'la birlikte Torun'un iki yüz yirmi

kilometre kuzeydoğusunda kalan Lidzbark'daki sarayda kalırken, kız kardeşlerinden Barbara manastıra girdi, Maria da Kraków'da bir tüccarla evlendi.

Dayıları Lucas, 1491 sonbaharında Nicolaus ve Andreas'ı Kraków Üniversitesi'ne gönderdi. Temel Bilimler Fakültesi'ne kaydolan iki kardeş burada üç veya dört yıl kalsa da diploma almadan okuldan ayrıldılar. Nicolaus'un o dönem içerisinde matematik, astronomi, astroloji ve coğrafya dersleri aldığı bilinmektedir. Kopernik'in ilk biyografi yazarı Fransız Astronom Pierre Gassendi'ye (1592-1655) bakılırsa Kopernik, Cicero, Virgil, Ovid ve Seneca'nın da eserlerini okumuştur, zira Kraków'daki müfredat bilimden çok hümanizme vurgu yapan Rönesans ruhuyla uyum içindeydi.

Polonyalı ünlü astronom Albert Brudzewski o dönemde Kraków Üniversitesi'nde ders vermekteydi, dolayısıyla Nicolaus'un onun eserlerini okuduğuna dair herhangi bir şüphe bulunmasa da, buna dair herhangi bir kayıt da söz konusu değildir. Brudzewski, Peurbach'ın *Theorica novae planetarum*'u üzerine bir yorum yayımladı. Eserinde, gökcisimlerinin küre değil daire şeklinde olduğunu savunan teorisini anlatır. Brudzewski ayrıca Arap astronom Nasîrüddin Tûsî ve İbn el-Şatir tarafından kullanılan yöntemle benzer bir matematik yöntemi de kullandı. Bu yöntem Kopernik'in daha sonra Güneş-merkezli teorisinde kullanacağı modele de benziyordu. Brudzewski bu teoriyi, 1430'da Polonyalı Astronom Czeccelli Sandivogius tarafından Kraków'da yazılan bir eserden almış olabilir. Bu durum, Kopernik Kraków Üniversitesi'nde okurken okulda Nasîrüddin Tûsî ve İbn el-Şatir'a ait eserlerin bulunduğunu gösterir.

Gassendi'ye göre Kopernik'in dersleri için okuduğu matematik, astronomi ve astroloji kitapları arasında Batlamyus, Sacrobosco, Peurbach ve Regiomontanus'a ait eserler yer alıyordu. Ayrıca o dönemde El-Ferganî, El-Kindî, Sabit bin Kurra, Nasîrüddin Tûsî ve El-Şatir başta olmak üzere, bir dizi Arap astronomun eserleri de Kraków'da mevcuttu. Kopernik ayrıca Johann Haller'in Kraków'daki kitabevine sık sık giderdi; örneğin *Alfons Cetvelleri*'ni ve Regiomontanus'un *Tabulae directionum* eserini oradan satın aldı ve bu iki eseri Peurbach'a ait tutulma cetvelleri ve gezegen enlemlerinin cetvelleriyle birleştirdi.

Nicolaus ve Andreas 1496'nın ilk aylarında Kraków'dan ayrıla-

rak Lidzbark'daki başpiskoposluk sarayında yaşayan dayıları Lucas'ın yanına gitti. Lucas, iki yeğenini de Frombork Katedrali'nde rahipliğe aday gösterdi. Katedral rahipleri, ruhban sınıfındandı ve takdis merasimi yapmak veya bekar kalmak zorunda değildi. Lucas'ın ilk çabaları sonuç vermese de Nicolaus 1497'de ve Andreas da 1499'da katedral rahibi seçildi. Her ikisi de rahip olarak seçildiğinde Kraków'da değildi, Nicolaus 1496'da, Andreas da ondan iki yıl sonra, eğitim almak üzere Bo-logna Üniversitesi'ne gitmişti. İkisi de Hukuk Fakültesi'ne girerek Bologna'da yabancı öğrencilerin örgütlendiği, "milletlerin" en büyüğü *Natio Germanorum*'a üye oldu.

Görünüşe göre iki kardeş, üniversitenin astronomi profesörü Domenico Maria da Novara'nın (1454-1504) evinde ücretli misafir olarak kalıyordu. Arkadaşı Rheticus'un ilerleyen yıllarda söylediklerine bakılacak olursa Nicolaus kendini, "Dominicus Maria'nın öğrencisi olarak değil, onun gözlemlerine yardımcılık ve tanıklık yapan biri," olarak görüyordu. Bologna'daki gözlemlerden biri Aldebaran yıldızının Ay tarafından örtülmesiyle ilgilidir. Kopernik bu gözlemi "Miladi takvime göre, 1497'nin Mart ayının yedinci gününde, güneşin batımından sonra" gerçekleştirdiklerini söyler.

Kopernik 1499'da Bologna'da hukuk alanında yüksek lisans eğitimini tamamladı. Ardından, 1500'ün başlarında Roma'ya giderek Papa IV. Alexander tarafından ilan edilen Kutsal Yıl (elli yılda bir düzenlenen günah çıkarma yılı) kutlamalarına katıldı. Rheticus'a göre Kopernik Roma'dayken "geniş bir öğrenci kitlesi, matematik alanında uzmanlaşmış kişiler ve şehrin önemli şahsiyetleri huzurunda bir matematik konferansı verdi." Kopernik, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'de, 6 Kasım 1500'de Roma'da gözlemlediği ay tutulmasını anlatır. Gözlemlediği ay tutulmasını, "Ay'ın hareketlerinin takvim yıllarının belirlenen başlangıçlarına göre konumlarını belirlemek için," Batlamyus'un İskenderiye'de "Hadrian'ın on dokuzuncu yılında" (MS 136/137) gözlemlediği tutulmayla karşılaştırır.

Nicolaus ve Andreas, Mayıs 1501'de Polonya'ya geri döndü. İki kardeş, aynı yılın 27 Temmuz'unda Frombork'taki papazlar meclisine başvurarak, eğitimlerini tamamlamak üzere İtalya'ya gitmek için iki yıl ek izin istedi. Meclis bu taleplerini kabul edince, Andreas kilise hukuku

eğitimini tamamlamak, Nicolaus da Padova'da tıp eğitimi almak üzere Ağustos ayında Frombork'tan ayrılarak İtalya'ya gittiler.

Nicolaus 1501 sonbaharında Padova Üniversitesi'ne kaydoldu ve hem hukuk hem de tıp okumaya başladı. Padova'da iki yıl eğitim aldıktan sonra eğitiminin yarıda keserek Ferrara Üniversitesi'ne kaydoldu ve 31 Mayıs 1503'te kilise hukuku alanındaki doktorasını tamamladı. Kopernik kariyerinin geri kalan yıllarında astronomi araştırmalarına devam etmenin yanı sıra doktorluk da yaptı. Rönesans sözcüğü o sıralarda henüz kavramlaştırılmış olmasa da Kopernik gerçek bir Rönesans adamıydı, ve dönemin diğer bilginleri gibi akademik disiplinler arasında sınırlı olmadığına inanıyordu. Bu anlayışını da hem astronomi araştırmalarında hem de tıp çalışmalarında ortaya koydu.

Kopernik 1503'ün sonlarında Polonya'ya dönerek Frauenberg'deki rahip yoldaşlarına katıldı, fakat kısa bir süre sonra Lidzbark Warminski'deki dayısı Lucas'la birlikte yaşamak üzere Lidzbark'a gitti. Warmia başpiskoposlarının resmi konutu olan Lidzbark Warminski, Frombork'un yaklaşık altmış beş kilometre güneyindeydi. Kopernik burada dayısına danışmanlık yapmanın yanı sıra özel doktorluğunu da üstlendi. Ayrıca, Warmia Kilise Meclisi olarak adlandırılan rahipler grubunun bir üyesi olarak yerel Prusya parlamentosu toplantılarına da katılıyordu.

Kopernik 1 Ocak 1504'te Malbork'a giderek, Piskopos Lucas'ın başkanlık ettiği Prusya Devletleri Meclisi'nin toplantısına katıldı. Meclis yirmi gün sonra Elbląg'da başka bir toplantı yapma kararı aldı. Bu toplantıda Prusya Devletleri, Kral Alexander Jagiellon'a bağlılık yemini etmeyi reddetti. Kral Alexander, 1492'de Litvanya Büyük Dükü oldu. 1501'de, çocuğu olmayan büyük kardeşi I. John Albert'in yerine Polonya Kralı oldu ve iki devleti birleştirdi.

Mayıs 1504'te Nicolaus, Lucas'la birlikte Thorn'a giderek Prusya delegasyonunun Kral Alexander'la yaptığı bir toplantıya katıldı. Toplantıdan sonra Nicolaus ve Lucas, Kral'a Danzig'e yaptığı seyahatte eşlik etti. Lucas'la birlikte 1506'nın 20 Ağustos-15 Aralık tarihleri arasında Prusya Devletlerinin bir başka toplantısına katıldı. Nicolaus 24 Ocak 1507'de, bir önceki yıl kardeşi Alexander'ın yerine Polonya'ya kralı olan I. Sigismund'un taç giyme törenine katılmak üzere Kraków'a dönüşünde de dayısına eşlik etmiş olabilir.

24 Ocak 1507'de rahiplikten kazandığı gelirinin yanı sıra yıllık on beş mark maaşla Warmia piskoposunun özel doktoru olarak atandı. 1519'a gelindiğinde yıllık maaşı doksan sekiz mark olacaktı. Nicolaus bu göreve atandıktan kısa bir süre sonra Lucas ciddi bir hastalığa yakalandı, fakat Nicolaus onu tedavi ederek sağlığına kavuşmasını sağladı ve aynı yıl 1-4 Eylül'de Prusya Devletleri'nin yaptığı bir başka toplantıya katılan dayısına eşlik etti. Bu birlikte katıldıkları son toplantı olacaktı.

Nicolaus 1509'da Lidzbark'ta dayısının hizmetinden ayrılarak, tekrar Frombork'taki katedral meclisine katıldı ve ömrünün geri kalanını burada geçirdi. İtalya'da başladığı astronomi araştırmalarına geri dönme-ye de muhtemelen katedraldeyken karar verdi, zira dayısına danışmanlık yaptığı sırada araştırma yapacak vakti yoktu.

Nicolaus 1512'nin başlarında dayısıyla birlikte Kral Sigismund'un



*Nicolaus Copernicus;
Pierre Gassendi
tarafından yazılan
biyografinin Paris
baskısından, 1554.*

düğününe ve gelinin taç giyme törenine katılmak üzere Kraków'a gitti. Fakat Piskopos Lucas dönüş yolundayken 29 Mart 1512'de Torun'da öldü. Lucas'ın Frombork'a getirilen cenazesi dönemin geleneğine uygun olarak katedrale defnedildi. Kopernik'in yazdığı bir kitabeye de sahip anıtmezar bugün de ziyarete açıktır.

Kopernik Frombork'a döndüğünde Warmia katedral meclisindeki on altı rahipten biriydi. Rahiplerin büyük çoğunluğu katedralin yanındaki pansiyonda yaşıyordu. Fakat bazılarının Wzgórze Katedralne [Katedral tepesi] surları dışındaki kentte bir evi, bazılarınınnsa kırsal alanda villaları da vardı. Kopernik 1514'te katedral tepesinin batı kapısının hemen dışında bir ev satın aldı. Önceki yıl kale duvarlarının kuzeybatı köşesindeki savunma kulesini katedral meclisinden satın almış, kalenin içindeki pansiyondan ayrılarak oraya yerleşmişti. Kule üç katlıydı ve en üst katın her tarafı camla kaplıydı, dolayısıyla kenti ve civar köyleri rahatlıkla görebiliyordu. Konutun hemen yanı başında gözetleme platformu tarzında bir gözlemevi inşa ettiren Kopernik, gözlemesine gök cisimlerini rahatlıkla gözlemleyebileceği astronomi cihazlarını kurdu. Katedral arşivlerine göre Kopernik söz konusu gözlemevinin masraflarını kendisi karşılamıştı. Arşiv notları şöyle der: Nisan 1513'te Kopernik katedral bahçesinden sekiz yüz tuğla ve bir varil klorlu kireç satın alarak ücretini katedral hazinesine ödemiştir.

Kopernik *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'de, gözlemlerinde kullandığı tahmin edilen üç aletten söz eder. Aletlerden biri, ıraklık açısı ölçümünde kullanılan *triquetrum* veya Batlamyus Cetveli olarak adlandırılan bir gözetleme cihazıydı. Bir diğeri, öğle saatlerinde Güneş'in yüksekliğini ölçmede kullanılan bir açölçerdi. Üçüncüsüyse, halkalı küre olarak da bilinen halkalı usturlaptı. Kopernik, usturlabı yıldız ve gezegenlerin konumlarını ölçmeye yarayan, iç içe geçmiş halkalardan oluşan ve gözetleme noktalarına sahip bir donanım olarak tanımlar. Kopernik elbette normal usturlap da kullanıyordu, fakat *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'de bundan bahsetmez.

5 Haziran 1512'de kulesinden gökyüzünü gözlemleyen Kopernik, Mars'ın ters konumda olduğunu, yani gezegenin günbatımında doğduğunu ve gündoğumunda battığını, çünkü Mars'ın gökyüzünde Güneş'le taban tabana zıt konumda olduğunu kaydetti. Bu gözlem, Frombork'ta

yapacağı en az yirmi beş gözlemin ilkiydi. Kopernik yeni astronomi teorisinde kullandığı matematiksel yöntemlerini de Frombork'ta geliştirdi.

Kopernik bu dönemlerde *De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus* (Gökcisimlerinin Devinimine İlişkin Varsayımlar Üzerine Yorum) adlı bir eser yazmaya başladı. *Commentariolus*, yani “Kısa Yorum” olarak ünlenen eser Kopernik’in geliştirdiği astronomi teorisini ilk kez gözler önüne sermişti. Kopernik bu kısa eserin yazılı nüshalarını birkaç arkadaşına verdi, fakat eseri asla bir kitap şeklinde yayımlamadı. Eserin yalnızca iki nüshası günümüze kadar ulaşabilmiştir; bunlardan biri ilk kez 1878’de Viyana’da basıldı. *Commentariolus* ile ilgili en erken kayıt, Krakówlu Profesör Matthias de Miechow’un kütüphanesinde “bir yazarın, Güneş’in sabit olduğunu ve Dünya’nın döndüğünü ileri süren teorisini açıklayan altı yapraklı bir elyazması” bulunduğunu bildirdiği Mayıs 1514 tarihli yazısıdır. Kopernik tedbirli davranıp eserin üzerine ismini yazmadığından, Miechow eserin yazarını bilmiyordu. Fakat eserin Kopernik’e ait olduğuna dair hiçbir şüphe yoktur, çünkü yazar kenar notlarında şöyle der: “Bütün hesaplamalarımı Kraków meridyenlerine göre yaptım, çünkü... gözlemlerimin çoğunu gerçekleştirdiğim Frombork... bu meridyen üzerindedir. Her iki yerde yaptığım ay ve güneş tutulmaları gözlemlerinden çıkardığım sonuç bunu gösteriyor.” (Aslında Frombork, Kraków’un $\frac{1}{4}^{\circ}$ batısında yer alır.)

Commentariolus’un girişinde Yunan astronomların “gezegenlerin gözlenen hareketleriyle” ilgili teorileri ele alınır ve Eudoxus’un eşmerkezli küreler teorisini kullanarak “bütün gezegen hareketlerinin hesaplanmasının mümkün olmadığı”, dolayısıyla da bu teorinin yerini, bilginlerin çoğu tarafından kabul edilen bir sistem olarak Batlamyus’un dışmerkez ve dış çember teorisinin aldığı ifade edilir. Fakat Kopernik, Batlamyus’un equant fikrine karşı çıkarak, “Dünya’nın merkezi, evrenin merkezi değildir” biçimindeki gezegen teorisini formüle eder. Kopernik, “biz de diğer gezegenler gibi Güneş’in etrafında dönüyoruz,” der ve gökcisimlerinin gözlenen günlük dönüşlerinin Dünya’nın ters yönde gerçekleşen günlük dönüşünden kaynaklandığını ifade eder.

Kopernik “bu son derece zor ve çözümü neredeyse imkansız problemi” çözme girişiminden sonra, “daha önce kullanılanlara kıyasla daha az sayıda ve daha basit yapılar” içeren bir çözüme ulaştığını belirtir. Ancak

bu sonuca ancak bir dizi ciddi varsayımla ulaşabildiğini söyler.

Bahsi geçen yedi varsayım şunlardır: (1) Göksel daireler veya küreler için tek bir merkez söz konusu değildir; (2) Dünya evrenin merkezi değil, yalnızca kendi yerçekiminin ve Ay'ın merkezidir; (3) Güneş bütün gezegen kürelerinin ve evrenin merkezidir; (4) Güneş'e olan uzaklığıyla kıyaslandığında Dünya'nın yarıçapı önemsizdir, buna karşın "gök-kubbenin yüksekliğiyle kıyaslandığında algılanamaz düzeydedir; (5) gökkürede gözlenen günlük hareketler, Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönmesinden kaynaklanır; (6) Güneş'in günlük hareketi, Dünya'nın hem kendi eksenini etrafında hem de Güneş etrafında dönmesinden kaynaklanır; (7) "Gezegenlerin gözlediğimiz günlük ileri ve geri hareketleri, kendi hareketlerinden değil, Dünya'nın hareketinden kaynaklanır". Kopernik, "sadece Dünya'nın hareketi gökte gözlenen pek çok dengesizliği açıklamaya yeterlidir," sonucuna varır.

Sonrasında kendi Güneş-merkezli sisteminde "Kürelerin Düzeni'ni" tanımlayan Kopernik'e göre, bir gezegen küresinin tek bir dönüşü tamamladığı süre, söz konusu gezegenin yörüngesinin yarıçapıyla birlikte artar:

Gökküreler şu düzene sahiptir: En yukarıda hareketsiz sabit yıldız küreleri yer alır ve bu küreler her şeyin konumunu belirler. Sabit yıldız kürelerinin altında sırasıyla Satürn, Jüpiter ve Mars bulunur. Mars'ın altında Dünya yer alırken, onu Venüs ve son olarak Merkür takip eder. Ay küresi Dünya'nın etrafında döner ve Dünya'yla birlikte bir dış çember gibi hareket eder. Aynı şekilde, gezegenler de izledikleri dairelerin büyüklüğüne göre, devinim hızı bakımından diğer gezegenleri geçer. Dolayısıyla, Satürn dönüşünü otuz yılda tamamlarken, Jüpiter on iki yılda, Mars iki buçuk yılda, Dünya bir yılda, Venüs dokuz ayda, Merkür de üç ayda tamamlar.

Yani Mars, Jüpiter ve Satürn, Güneş'in etrafında dönerken daha geniş bir yörünge izler, dolayısıyla da dönüşlerini Dünya'ya kıyasla daha uzun bir sürede tamamlarlar. Buna karşın Merkür ve Venüs daha küçük yörüngelere sahiptirler ve dönüşlerini daha kısa sürelerde tamamlarlar. Koper-

nik gezegenlerin zahiri geri hareketlerini açıklarken bu durumdan nasıl yararlanılabileceğini gösterir ve açıklamasına sırasıyla Mars, Jüpiter ve Satürn'ü ele alarak başlar. Kopernik'e göre, dış gezegenlerin her biri,

zaman zaman geriye doğru hareket eder gibi görünürken sık sık da sabit durur gibi görünmektedir. Bu durum gezegenin değil, daha geniş bir dairede yer değiştiren Dünya'nın hareketinden kaynaklanır. Dünya diğer gezegenden daha hızlı hareket ettiğinden [Dünya'dan gezegene ve] gökkubbeye doğru olan görüş hattı geri gider, dolayısıyla Dünya gezegenin hareketini nötralize eder. Bu, geri çekilmenin en belirgin olduğu durumdur, Dünya'nın diğer gezegene en yakın olduğu, yani gezegenin akşam doğduğu saatlerde Dünya söz konusu gezegenle Güneş arasındadır. Öte taraftan, gezegen akşam batır veya sabah doğarken, Dünya'dan gözlenen hareket gezegenin gerçek hareketinden daha büyük olur. Fakat görüş hattı gezegenlerin tersi yönde ve eşit hızda hareket ettiğinde gezegenler sabit görünür, çünkü karşıt hareketler birbirini nötralize eder.

Venüs üzerine odaklanan Kopernik, iç gezegenlerin gözlenen geri hareketini de şöyle açıklar:

Venüs'ün de kimi zaman, özellikle de Dünya'ya en yakın olduğu durumda -tıpkı dış gezegenlerdeki gibi- geri hareket ettiği gözlenir, fakat bunun nedeni dış gezegenler örneğindeki gibi farklıdır. Çünkü dış gezegenlerin geri hareketinin nedeni Dünya'nın dış gezegenlerden daha hızlı olmasıdır, buna karşın Dünya, Venüs'ten daha yavaştır ve dış gezegenler büyük daireyi [yani Dünya'nın yörüngesini] çevrelerken, Venüs söz konusu dairenin içinde kalır. Bu yüzden de Venüs hiçbir zaman Güneş'in ters tarafında olmaz ve Dünya hiçbir zaman ikisinin arasına girmez; fakat Venüs Güneş'in her iki tarafında da sabit bir uzaklıkta hareket eder. Bu mesafeler Dünya'nın merkezinden çizilen dairenin tanjantıyla belirlenir. Bu mesafenin açısı bizim gözlemlerimize göre asla 48°'yi aşmaz.

Kopernik, Batlamyus ve takipçilerinin kabul ettiği yer-merkezli modelde kullanılan dış çember sisteminin aynısını kullandı. Çünkü bu sistem gezegenlerin yörüngelerini Dünya'dan gözlenen şekliyle göstermede son derece etkiliydi. Kopernik, evrenin merkezinin Dünya değil Güneş olduğunu iddia ederek bu yöntemi kendi Güneş-merkezli sistemine uyarladı. O süreçten sonra Dünya da bir gezegen olarak kabul edildi. Bana göre bu son derece parlak bir fikirdi ve Kopernik artık Batlamyus'un matematiksel yöntemlerini kendi Güneş-merkezli teorisinde kullanabilirdi.

Kopernik, *Commentariolus*'un son bölümünde dairelerin, yani yörüngelerin veya birincil dairelerin ve dış çemberlerin veya ikincil düğümlerin sayısını özetler. Bunlar, Güneş-merkezli sistemdeki bütün gezegen hareketlerini açıklayabilmek için gereklidir: "Merkür yedi daire üzerinde hareket ederken, Venüs beş, Dünya üç, Dünya'nın etrafında dönen Ay dört ve son olarak Mars, Jüpiter ve Satürn beşer daire üzerinde hareket etmektedir. Dolayısıyla toplam sayısı yirmi dört olan bu daireler, evrenin bütün yapısını ve gezegenlerin dansını açıklamaya yeterlidir."

Commentariolus, kısa olmasına rağmen Kopernik'in daha sonraki süreçte *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'de ileri sürdüğü temel görüşlerin hepsini içeriyordu. Eserde yer alan temel düşüncelerden en önemlisiyse evrenin merkezinin Dünya değil Güneş olduğu fikriydi. Kopernik *Commentariolus*'un başlangıcında matematiksel açıklamaları daha büyük eserine bırakacağını söylese de, gökcisimlerinin hareketlerini bir ölçüde tanımlamıştır; bu da oluşturduğu sistemin ayrıntıları üzerinde çalışmış olduğunu gösterir. Fakat *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'nin son baskısında gezegen modelinde birtakım değişiklikler de yapmıştı.

Dolayısıyla, Kopernik *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'nin yayımlanmasından yaklaşık otuz yıl önce, Güneş-merkezli teorisini tamıyla oluşturmuştu. Muazzam bir araştırma gerektiren bu teoriyle ilgili çalışmalarını muhtemelen İtalya'dan döndükten sonraki ilk on yılda yapmıştı. Halbuki o dönemin büyük bir kısmında dayısı Lucas'ın hizmetinde ve oldukça yoğunlu. Demek ki dayısının hizmetinden ayrılarak Frombork'daki katedrale dönmesinin sebebi muhtemelen astronomi gözlemlerine ve hesaplamalarına daha fazla zaman ayırmaktı.

Bana kalırsa, Batlamyus ve Kopernik teorilerinin günümüz astronomları tarafından bile zorlu ve hayranlık uyandırıcı bulunan matematiksel

ayrıntıları dışında, Kopernik evrenin merkezinde dönen bir Güneş olduğunu savunan devrimci görüşünü kariyerinin ilk yıllarında, muhtemelen Kraków Üniversitesi'ndeyken oluşturmuştu. Eserinde de belirttiği üzere, Kopernik Kraków Üniversitesi'ndeyken Pisagor'un göksel harmoni düşüncesinden derinden etkilenmişti ve ayrıca Sisamlı Aristarkus'un MÖ 250 dolaylarında ileri sürdüğü Güneş-merkezli teoriden de haberdardı. *Alfons Cetvelleri*'yle Peurbach ve Regiomontanus'un eserlerini edip birleştirme zahmetine katlandığını düşünecek olursak, Kopernik'in ortaçağdaki seleflerinin ilerici görüşlerini takip etmiş olduğundan emin olabiliriz. Dolayısıyla, bence Kopernik üniversite yıllarından beri evrenin merkezinin Dünya değil Güneş olduğuna inanıyordu. Ömrünün geri kalan kısmında, Robert Grosseteste ve takipçilerinin bilimsel yöntemini uygulayarak bu devrimci teoriyi matematiksel açıdan geliştirmeye ve gözlemle doğrulamaya çalıştı. Dolayısıyla, "üçra köşesine çekilerek" sessizce çalışmaya dalan Kopernik, ortaçağ Avrupa biliminin zirvesini ve aynı zamanda Bilimsel Devrim'in başlangıcını temsil eder.

Kopernik'in yeni teorilerinin Roma'ya ulaştığının ilk göstergesi, 1533'ün yaz aylarında papalık sekreteri Johann Widmanstadt'ın, Papa VII. Clemens, iki kardinal ve bir piskoposun da içinde bulunduğu bir grubun önünde *Copernicana de motuu terra sentential explicani* [Kopernik'in Dünya'nın Hareketine İlişkin Görüşü Üzerine Bir Açıklama] başlığıyla düzenlediği konferanstır. Papa Clemens'in 25 Eylül 1534'te ölmesinden sonra Widmanstadt, Kardinal Nicholas Schönberg'in hizmetine girdi. Papalığın Prusya ve Polonya elçisi Kardinal'in Kopernik'ten haberdar olduğu su götürmez. Schönberg 1 Kasım 1536'da Kopernik'e yazdığı bir mektupta -mektup Widmanstadt tarafından kaleme alınmış olabilir- yeni kozmolojisi üzerine bir kitap yayımlamasını ve bir nüshasını da kendisine göndermesini ister.

Shönberg'in bu teşvik edici yaklaşımına rağmen Kopernik araştırmasını uzun süre yayımlamadı. Fakat 1539 baharında kendini Rheticus (1514-1574) olarak adlandıran genç Alman bilgin Georg Joachim von Lauchen tarafından aniden ziyaret edilince, kitap yayımlamama konusundaki tutumu değişti. Henüz yirmi beş yaşındaki Rheticus, Wittenberg Protestan Üniversitesi'nde matematik profesörüydü ve Kopernik'e yeni kozmolojisiyle yakından ilgilendiğini söyledi. Kopernik onu misafirper-

verlikle karşıladı ve teorilerini anlattığı elyazmasını incelemesine izin verdi. Rheticus on hafta boyunca Kopernik'le birlikte elyazmasını incelemesinin ardından Kopernik'in teorisine giriş niteliğinde, *Narratio prima* (İlk Anlatı) başlıklı bir kitap yazdı. Bu eser aslında Wittenberg'deki hocası ve arkadaşı Johann Schöner'e hitaben yazılmış bir mektuptu. *Narratio prima*, Rheticus'un Kopernik kozmolojisinin kapsamını anlattığı giriş kısmında "hocam" diye hitap ettiği Kopernik'in de onayıyla, 1540'ta Danzig'de basıldı.

Rheticus daha sonra her iki kitabı da ayrıntılı olarak inceledi ve Kopernik'in "Güneşin Dışmerkezliliği ve Güneş Sisteminin Hareketi" teorisini anlattıktan sonra kendi astrolojik öngörülerini ekledi. Rheticus, dünya tarihinin de Güneş'in yörüngesinin dışmerkezliliğiyle aynı döngüleri izlediğine ve bir sonraki döngünün İslam dininin çöküşüyle çıkışacağına inanır, daha sonra da şunu söyler: "Dışmerkez ortalama değerinin sınırına ulaştığında -çünkü bu konum Dünya'nın yaratıldığı konumdur- dört gözle beklediğimiz Yüce İsa'mız da gelecektir."

Rheticus, "Ay'ın Hareketleri Üzerine Genel Düşünceler ve Ay'la İlgili Yeni Varsayımlar" bölümüne kadar Güneş-merkezli teoriden söz etmez. Bu bölümde, "Güneş evrenin merkezinde yer alır ve bu merkezin etrafında dönen Güneş değil Dünya'dır" teziyle yeni modelin gezegenlerin geri hareketini açıkladığını belirtir.

Narratio prima o kadar çok ilgi çekti ki bir sonraki yıl Basel'de ikinci bir baskısı yayımlandı. Fakat Kopernik, saklaması için arkadaşı Chełmno piskoposu Tiedemann Giese'ye gönderdiği elyazmasını yayımlamaktan hâlâ kaçınıyordu. Kopernik 1 Temmuz 1540'ta yazdığı fakat günümüzde kayıp olan bir mektubunda, teorisinin hem Aristotelesçiler hem de teologlar tarafından eleştirilmesinden korktuğunu, çünkü teorisinin hem Batlamyus'un genel kabul gören yer-merkezli astronomi teorisiiyle hem de Katolik ve Protestan teologların dünya görüşleriyle çeliştiğini ve çok kritik bir zamanda, yani Reform sürecinin başında olduklarını belirtir. İşin temelinde ya da bana göre bu meselenin altında yatan temel neden, topluma kapalı ve mütevazı bir insan olan Kopernik'in, böylesine genel kabul görmüş bir teorinin zıttı bir teori önermesi durumunda kendisiyle alay edileceğinden korkmasıydı. İleride göreceğimiz üzere, Kopernik *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'nin girişinde Papa III.

Paulus'a ithafta bulunduğu bölümde bu gerçeği itiraf eder.

Nihayetinde 1541 sonbaharında Giese, Kopernik'ten izin alarak elyazmasını Rheticus'a gönderdi. Rheticus da elyazmasını alarak yayımlanması için Nuremberg'deki Johannes Petreius matbaasına götürdü. Esere *De revolutionibus orbium coelestium libri VI* [Göksel Kürelerin Devinimi Üzerine Altı Kitap] adı verildi.

Ertesi yılın sonlarına doğru, Kopernik inme nedeniyle yarı felçli kaldı. Arkadaşları, Kopernik'in sonunun artık yakın olduğunun farkındaydı. Tiedemann Giese 8 Aralık 1542'de Frombork'daki rahiplerden George Donner'a bir mektup yazarak bu son hastalığında Kopernik'e bakmasını istedi. "Kopernik'in seni en hakiki dostlarından biri olarak gördüğünü biliyorum. Bu yüzden, benim de senin de her zaman sevdiğimiz Kopernik'in ihtiyaç duyması durumunda onun yanında durmanı ve ona bakmanı rica ediyorum. Dostumuza bu sıkıntılı günlerinde dost yardımının eksikliğini hissettirmemeli ve sevgimizle minnettarlığımızı sonuna kadar hak eden dostumuza sadakatimizi göstermeliyiz."

Bu esnada Rheticus Mayıs 1542'de Wittenberg Üniversitesi'nden izin alarak *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'nin basımına nezaret etmek için Nuremberg'e gitti. Rheticus beş ay sonra kitabın sorumluluğunu yerel bir Lüteryan rahip olan Andreas Osiander'e bırakarak Leipzig Üniversitesi'nde çalışmak üzere Nuremberg'den ayrıldı. Osiander kendi kendine karar vererek eserin girişine *Ad lectorem* [Okuyucuya] başlıklı bir bölüm ekledi. Bu bölüm Kopernik'in teorisiyle ilgili önemli ihtilaflara neden oldu.

Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine nihayet 1543 baharında yayınının önsözüyle birlikte basıldı. Muhtemelen Osiander tarafından yazılmış önsözde, "Sevgili gayretli okurlar, bu yeni eserde hem sabit yıldızların hem de gezegenlerin hareketleriyle ilgili hem eski hem de yeni gözlemleri, yeni ve hayranlık uyandıran savları bulabilirsiniz. Ayrıca gezegenlerin herhangi bir zamandaki konumunu kolaylıkla hesaplamanaıza olanak sağlayacak pratik cetvelleri de göreceksiniz. Bu yüzden kitabı satın alın, okuyun ve ondan yararlanın," diye yazar.

Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine'nin ilk basılı nüshası Kopernik'e gönderildi ve rivayete göre bu nüsha 24 Mayıs 1543'te, ölmeden birkaç saat önce Kopernik'e verildi. Tiedemann Giese, Kopernik'in son günleri-

ni Rheticus'a yazdığı bir mektupta şöyle anlatır: "Hafızasını ve zihinsel gücünü epeydir kaybetmişti ve eserinin son halini sadece öldüğü gün, son nefesinde görebildi."

Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine'nin Osiander tarafından yazılan *Ad lectroum* adlı giriş bölümü "Eserin Varsayımları Üzerine Okuyucuya" başlığını taşır. Osiander, eserin hesaplamalar yapmak için matematiksel bir araç olarak tasarlandığına ve doğayı tanımlayan bir eser olmadığına dikkat çeker. *Ad lectorum*, İncil'le çeliştiği, özellikle de Yeşu kitabındaki "Güneş gökyüzünün ortasında hareketsiz duruyordu ve neredeyse gün boyunca batışını geciktiriyordu" bölümüne aykırı olduğu gerekçesiyle Güneş-merkezli kozmoloji teorisine yapılacak eleştirileri savuşturmayı amaçlar. Kopernik teorisine atıfta bulunan Martin Luther'den şu alıntı yapılmıştı: "İnsanlar Dünya'nın döndüğünü, göklerin, gökkubbenin, Güneş'in ve Ay'ın dönmediğini göstermeye çalışan yeniyetme bir astroloğa kulak veriyor. Bu aptal bütün astronomi bilimini tersine çevirmek istiyor, fakat Kutsal Kitap, Yeşu'nun Dünya'nın değil Güneş'in durmasını emrettiğini söyler". Kopernik, Papa III. Paulus'a ithafen yazdığı önsözde belirttiği üzere, böyle eleştirilerden korkuyordu: "En Kutsal Peder, zannediyorum ki kürelerin devinimi hakkında yazdığım bu kitaplarımda yerkürenin çeşitli hareketlerde bulunduğunu ileri sürdüğümü öğrenir öğrenmez, bazı insanları beni ve fikirlerimi yuhalayacaklardır."

Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine, Kopernik'in kozmolojisinin ve felsefi temellerinin son derece basite indirgenmiş bir tanımıyla başlar. Kopernik, Dünya'nın kendi eksenini ve Güneş etrafındaki dönüşünün, gök cisimlerinin zahiri hareketlerini nasıl kolayca açıklayabildiğini gösterir. Dünya'nın yörüngesinin yarıçapının, sabit yıldızların uzaklığıyla karşılaştırıldığında ihmal edilebilecek kadar küçük olduğunu belirterek, yıldız paralaksının yokluğunu açıklar. Bu sav, daha önce Aristarkus tarafından ileri sürülen Güneş-merkezli teoriyi değerlendiren Arşimet tarafından da kullanılmıştı. Eserde, Dünya'nın döndüğü tezine karşı fiziksel temellerle geliştirilen bütün savlar, çoğunlukla Nicolaus Cusanus'un açıklamalarıyla çürütülür. Kopernik, tek çekim kaynağının Dünya olduğunu ileri süren Aristotelesçi doktrini terk ederek Newton'un evrensel çekim teorisine zemin hazırlayan bir teori benimser:

Bana göre çekim veya ağırlık, evren Sanatkarı'nın ilahi takdiriy-le cisimlerin içine yerleştirilmiş doğal bir eğilimdir; bu eğilim söz konusu cisimlerden her birinin bir diğeriyle birleşerek tek ve bütün haline gelmesini ve bir küre oluşturmasını sağlar. Bu kuvvetin Güneş, Ay ve diğer parlak gezegenlerin içerisinde bulunduğu ve bu kuvvet sayesinde söz konusu gökcisimlerinin farklı rotalar-daki dairesel hareketlerine rağmen -gözlendikleri gibi- küre şek-linde kaldıkları fikri bana inandırıcı geliyor.

Kopernik'in gerçekleştirdiği önemli ilerlemelerden biri Merkür ve Venüs'le ilgili belirsizliğe ilişkindir. Batlamyus'un modelinde iki gezegen Güneş'in bazen "yukarısında", bazen de "aşağısında" gösteriliyordu. Kopernik sistemine göreyse Merkür Güneş'e en yakın gezegendir; ardından Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter ve Satürn gelir. En dışta sabit yıldızlar küresi vardır; Ay da Dünya'nın etrafında döner. Bu, Batlamyus modelinden daha basit ve daha uyumludur, zira evrenin merkezinde Güneş vardır, bütün gezegenler onun etrafında aynı yönde döner ve ondan uzaklaştıkça hızları düşer:

Güneş bütün gökcisimlerinin ortasında yer alır. Bulunduğu konumda aynı anda her şeyi aydınlatan bu güzel tapınak lambasını başka bir yere veya daha iyi bir yere kim koyabilir ki! Nitekim bazılarının onu dünyanın lambası, dünyanın aklı ya da dünyanın rehberi olarak adlandırması güzel bir tesadüftür... Dolayısıyla Güneş, krallık tahtı misali bir konumda bulunarak etrafında dönen yıldızlar ailesini yönetir.

Kopernik, Dünya'nın "üç hareketi" olarak adlandırdığı hareketlerden de bahseder. Bunlar, Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi, Güneş'in etrafında dönmesi ve son olarak da Dünya'nın koni hareketidir. Koni hareketi sayesinde Dünya'nın içerisinde yer aldığı kristal küre yıllık dönüşü gerçekleştirirken, Dünya'nın ekseni bu dönüşle aynı doğrultuda kalır. Kopernik, ileri sürdüğü bu üçüncü hareketin süresinin, Dünya'nın Güneş etrafındaki dönüş süresinden farklılık gösterdiğini, bu farklılığın da ekinoksların çok yavaş bir presesyonundan kaynaklandığını düşünür.

Kopernik, ayrıca ayrıntılı bir astronomi ve küresel trigonometriye girişle birlikte matematiksel cetveller ve 1024 yıldızın göksel koordinatlarının bir listesini de verir. Bu listenin büyük bir kısmı Batlamyus'tan alınmış ve ekinoksların presesyonuna uygun hale getirilmiştir. Batlamyus'un teorisine oldukça benzeyen matematik teorisini bu bilgilere uygulayan Kopernik, Batlamyus'un aksine Dünya'yı değil Güneş'i merkeze almış ve Dünya'nın yalnızca bir gezegen olduğunu ileri sürmüştür.

Kopernik daha sonra dikkatini ekinoksların presesyonuna ve Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketine çevirmiştir. Kopernik'in teorisi burada gereksiz yere karmaşıklaşır, çünkü Kopernik, presesyonu Dünya'nın "üçüncü hareketiyle" birleştirmenin yanı sıra, biri yanlış olmak üzere iki konuda seleflerinden etkilenmiştir. Bunlardan ilki, titreşim teorisinden kaynaklanan ve presesyonun sabit değil değişken olduğunu öne süren yanlış düşünceydi. Diğeriyse tutulma dairesinin eğimindeki değişkenlikti. Sonuç olarak, Kopernik'in presesyona getirdiği açıklama yanlıştı.

Kopernik'in karşı karşıya kaldığı bir başka sorun da Güneş'in Dünya'dan gözlenen hareketindeki düzensizlikti. Bunun nedeni, yörünge'nin merkezinin Güneş'in merkeziyle tam denk düşmemesi ve Güneş'in Dünya etrafındaki zahiri yörüngesindeki hızının değişken olmasıydı. Kopernik dışmerkezli bir daire ve bir dış çemberden oluşan bir kombinasyon kullanarak bu soruna bir çözüm getirdi. Böylelikle equant kullanmaktan kaçınmış oldu, çünkü Kopernik'in Batlamyus'un matematiksel yöntemine en temel itirazı equant fikriydi.

Kopernik'in ele aldığı bir başka problemse Ay'ın Dünya etrafındaki hareketindeki düzensizlikti. Bu soruna, bir dışmerkezli dairenin yanı sıra, bir dış çember ve Ay'ı taşıyan ikinci ve daha küçük bir dış çember kullanarak çözüm getirdi. Bu model, Arap astronom İbn el-Şatir tarafından kullanılan modele hayli benziyordu. Kopernik'in bu modeli Kraków Üniversitesi'nde eğitim gördüğü dönemde öğrenmiş olabileceği tahmin edilmektedir.

Kopernik, eserinde gezegenlerin hareketlerini de ele alır. Bu konuda da tıpkı Batlamyus gibi dışmerkezli daireler ve dış çemberlerden yararlanır; fakat göksel hareketlerin, sabit açılı hıza sahip dairesel hareketlerin kombinasyonundan oluştuğuna inanması, onu Batlamyus'un equant aracını kullanmaktan alıkoyar. Kopernik, gökcisimlerinin hareket-

lerindeki karmaşıklıktan dolayı Batlamyus gibi çok sayıda daire kullanmak zorunda kaldı; Ekonomiklik ilkesi göz önünde bulundurulduğunda, iki teori arasında büyük bir fark da yoktu. Her iki teori de benzer doğru sonuçlar veriyordu. Kopernik sisteminin avantajları daha uyumlu olması, içsel gezegenlerin düzeniyle ilgili belirsizliği gidermesi, gezegenlerin geri hareketini ve parlaklıklarındaki farklılıkları açıklaması, herhangi bir ek varsayıma ihtiyaç duymaksızın, gözlem yoluyla gezegen yörüngelerinin düzeni ve büyüklüğünü saptayabilmesi olarak sıralanabilir.

Kopernik'in astronomiye yaptığı katkının, Güneş'in evrenin merkezi olduğu görüşüyle sınırlı olmadığını belirten tarihçi Angus Armitage, "Kopernik aynı zamanda söz konusu fikirleri, daha önce elde edilmemiş doğrulukta cetveller üretebilen sistematik bir teoriye kavuşturdu ve oluşturduğu bir prensibin kabul edilmesiyle de Kepler ve Newton'un sonraki yüzyıldaki başarılarına olanak sağladı," der.

Gezegen yörüngelerinin büyüklükleri, günümüzde astronomik birim (AU) olarak bilinen Dünya'nın yörüngesinin ortalama yarıçapına göre belirleniyordu. Kopernik her bir gezegen için en büyük, ortalama ve en küçük değerleri hesapladı. İçsel gezegenlerin, yani Merkür veya Venüs'ün Güneş'e uzaklığı, Güneş'le arasındaki azami uzanım sayesinde, yani Dünya'dan gözlemlendiğinde Güneş'le yaptığı azami açı aracılığıyla hesaplanır. Venüs için hesaplanan azami uzanım 48° 'dir. Kopernik bu değerden yola çıkarak Venüs'ün Güneş'e uzaklığını 0,719 au olarak hesaplamıştır. Bu da günümüzde hesaplanan 0,723 au değerine oldukça yakındır. Aynı yöntemi Merkür için kullanan Kopernik, 22° 'lik azami uzanım değerini saptamış ve gezegenin Güneş'e ortalama uzaklığını 0,376 au olarak hesaplamıştır. Bu değer, günümüzde hesaplanan 0,387 au ile kıyaslandığında büyük farklılık gösterir; çünkü Merkür Güneş'e çok yakın olduğundan gözlem yapmak hayli zordur.

Kopernik dış gezegenlerin yarıçapını biraz farklı bir geometrik yöntem kullanarak hesapladı. Astronomik birim bakımından bulunduğu ortalama değerler günümüz değerlerine oldukça yakındı. O dönemin ilkel araçlarını göz önünde bulundurduğumuzda bu olağanüstü bir başarıydı.

Sıra artık bu göreceli uzaklıkların gerçek değerlerini bulmaya gelmişti. Aristarkus, Batlamyus ve El-Battani'nin yöntemlerini, kendine ait yeni yöntemlerle birleştiren Kopernik Güneş'in ortalama uzaklığının

1142 er (dünya yarıçapı) olduğunu buldu. Batlamyus'un bulduğu değere 1179 er'di. Kopernik artık Dünya'nın yarıçapı olarak bilinen değerleri kilometreye çevirebilirdi, fakat öyle yapmayı tercih etmedi, çünkü yeni gezegen modelinin tam ve istikrarlı olduğunu, dolayısıyla bu tür çalışmaları takipçilerinin kolaylıkla yapabileceğini düşünüyordu. Papa III. Paulus'a ithaf ettiği önsözde teorisinin iç tutarlılığını vurguladı.

Böylelikle eserde Dünya'nın hareketlerini tanımladıktan sonra, uzun ve sayısız gözlemlerin de yardımıyla keşfettim ki, eğer hareket eden diğer yıldızların hareketleri Dünya'nın dairesel hareketiyle ilişkiliyse ve eğer söz konusu hareketler her bir gezegenin hareketine göre hesaplanıyorsa, gezegenlerle ilgili bütün olgular bu kuralı izlemekle kalmaz, bu karşılıklı ilişki aynı zamanda bütün gezegenlerin, gezegen kürelerinin veya yörünge dairelerinin düzen ve büyüklüğünü ve gök cisimlerini birleştirir. Dolayısıyla evrenin diğer kısımlarında ve bir bütün olarak evrende herhangi bir değişiklik veya bozukluk olmadıkça, gökkürelerin herhangi birinde veya herhangi bir yerinde hiçbir şey değiştirilemez.

Kopernik, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'de gözlem ve teorilerinden yararlandığı bazı Arap astronomlardan da söz eder: El-Battani, Bitrûcî, El-Zerkali, İbn Rüşt ve Sabit bin Kurra. İbn El-Şatir'den söz etmese de Ay teorisinde kullandığı model İbn El-Şatir'in modeline oldukça benziyordu. Aynı şekilde 13. yüzyıl Arap astronom Nasîrüddin Tûsî'den de söz etmez, oysa yakın zamanda yapılan araştırmalar Kopernik'in kullandığı matematiksel yöntemin Tûsî tarafından keşfedildiğini ortaya koymaktadır. Tûsî çifti olarak adlandırılan bu yöntem, Kopernik tarafından Ay teorisinde kullanıldı. Kopernik'in Tûsî'nin teorisini bilip bilmediğiyle ilgili kesin bir kanıt yoktur, fakat Kopernik'in bazı çağdaşlarının bu teoriyi bildiği görülüyor.

Kopernik, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'nin orijinal el yazmasında Sisamlı Aristarkus'a altı kez referansta bulunur, fakat bu referanslardan dördü yanlıştır, hatta muhtemelen beşincisi de doğru değildir. Ancak eserin sonuna yakın bir bölümde Aristarkus'a doğru bir referansta bulunur:

Dünya'nın hareket etmediğini varsaydığımızda Güneş ve Ay'ın yörüngeleri rahatlıkla açıklanabilir, fakat bu prensip diğer gezegenlerle ilgili açıklama yapmak için yeterli değildir. Filolaos da muhtemelen bu ve başka bazı sebepler yüzünden, Sisamlı Aristarkus gibi Dünya'nın hareket ettiğini düşünüyor ve Aristoteles'in bahsedip çürüttüğü kanıtlardan etkilenmediğini söylüyordu. Fakat yine de, bu tür şeyler ancak zeki insanlar ve uzun çabalar sayesinde çözüme kavuşturulabileceğinden, çoğu filozof bu konuyu bilmiyordu ve Platon'un da dediği gibi, ancak çok az sayıda kişi gezegenlerin hareketlerinin gerçek nedenini anladı.

Fakat Papa III. Paulus'a ithafen yazılan giriş kısmında yer alan bu bölüm elyazmasının son düzeltiminde metinden çıkarıldı ve yerine başka bir bölüm eklendi. Yeni eklemede, Kopernik Dünya'nın döndüğüne inanan Yunan astronomlardan söz ederken Aristarkus'u ihmal ediyordu. Yeni bölüm şöyledir:

Bazıları dünyanın sabit olduğunu düşünür, fakat Pisagorcu Filolaos Dünya'nın tıpkı Güneş ve Ay gibi, eğimli dairesel bir hareketle ateşin etrafında döndüğünü söyler. Pontuslu Herakleitos ve Pisagorcu Ekphantos Dünya'nın herhangi bir hareket yeteneğine sahip olmadığını, fakat bir tekerlek gibi kendi merkezi etrafında dönerek sınırlı bir harekette bulunduğunu belirtir.

Kopernik bu bölümün Plutarkhos'tan alıntı olduğunu söylese de bu bilgiler gerçekte (Plutarkhos mahlasını kullanan) Aetius tarafından yazılmış *Placita philosophorum*'dan [Filozofların Görüşleri] alınmıştı. Kopernik'in George Valla'ya ait *Outline of Knowledge*'in [Bilginin Ana Hatları] bir nüshasına sahip olduğu biliniyor. 1501'de Aldus Manutius tarafından yayımlanan eser *Placita*'yı da içeriyordu. *Placita*'da Dünya'nın hareketiyle ilgili iki referansta daha bulunulsa da, Kopernik bunları kullanmamıştır. Bu referanslardan birinde, Aristarkus'un "gökkubbenin sabit olduğunu, buna karşın Dünya'nın bir tutulma dairesi boyunca döndüğünü ve aynı zamanda kendi eksenini etrafında döndüğüne inandığını" söylediği bildirilirken, diğerindeyse Aristarkus'un teorisine göre Dünya

“döner ve hareket eder, daha sonra Selevkos bunu daha sistematik bir görüş haline getirir,” denmektedir.

Batı Avrupalılar, Arşimet'in *Psammites*'i [Kum Sayacı] Kopernik'in de öldüğü tarih olan 1544'te yayımlanincaya dek Aristarkus'un Güneş-merkezli teorisi hakkında çok az şey biliyordu. Astronom Owen Gingerich'e göre: “Eğer Kopernik [Aristarkus'un Güneş-merkezli teorisi hakkında] daha çok şey bilseydi, bundan bahsetmekten kesinlikle memnuniyet duyardı, çünkü aykırı görüşleri için destekleyici bilgiler toplamaya ihtiyacı vardı, nitekim antikçağın daha az bilinen jeokinetikçilerinden bolca alıntı yapıyordu.”

Gingerich konuyla ilgili açıklamalarına şöyle devam eder: “Aristarkus'un Güneş-merkezli düşünceyi ortaya atan ilk kişi olduğuna hiç şüphe yoktur. Fakat Kopernik'in kendi Güneş-merkezli teorisini ondan aldığına dair herhangi bir kanıt da söz konusu değildir. Söyleyebileceğimiz şu ki, Kopernik hem teoriyi hem de doğrulamasını kendi kendine keşfetmiştir.”

Ben de Kopernik'in Güneş-merkezli kozmolojisini kendi kendine oluşturduğuna inanıyorum ve eğer Aristarkus hakkında daha fazla şey bilseydi, ona referansta bulunacağından kuşku duymuyorum. Bana kalırsa Gingerich, Güneş-merkezli teorinin kime atfedilmesi gerektiği konusunda son sözü söylemiştir:

Doğrusu bu iki bilim devinin orijinalliğini karşılaştırmak bilim tarihçisinin görevi değildir. Güneş-merkezli kozmoloji ne Aristarkus'un ne de Kopernik'in çağdaşları için inandırıcı olmamıştır; fakat Kopernik, tabiri caizse, bilimin önemli bir kitleye ulaşmaya ve bilimsel eserlerin basılmaya başladığı bir dönemde doğduğu için daha şanslıydı; dolayısıyla onun savları yaşayabildi ve kendinden sonraki astronomları ikna edebildi.

Astronomi ve kozmoloji, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'nin yayımlanmasından sonra artık eskisi gibi olmayacaktı. Dünya'nın algılanışı artık geri dönülemez biçimde değişmişti. Mütevazı bir rahip düşünsel bir devrim başlatarak, unutulmaya yüz tutmuş bir Yunan astronomun sekiz asır önce ilcri sürdüğü teoriyi yeniden canlandırmıştı.

GÖKSEL KÜRELERİN DEVİNİMLERİ

Fakat Kopernik asla unutulmayacaktı, çünkü başlattığı devrim onu ölümsüzleştirecekti. Gençliğimde, astronomi kitapları okumaya başladığım ilk zamanlarda Kopernik benim de kahramanım oldu. Bugün hâlâ devam eden Kopernik hayranlığım yalnızca onun bilimsel başarılarından değil, aynı zamanda “dünyanın ıssız bir köşesinde” devrimci teorisi üzerine çalışma konusunda gösterdiği ısrarlı cesareten kaynaklanır. Eserin basımıyla ilgilenen idealist bir genç matematikçi, Kopernik’in muhteşem eserini, yani *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*’yi unutulmaktan kurtarmıştır. Eserin basılmasıyla atılan tohumlar, sonraki yüzyılın yeni astronomi ve fiziğinde filizlenecekti.

Kopernik hiçbir zaman üniversitede ders vermedi, dolayısıyla resmi anlamda öğrencisi yoktu; fakat *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*’nin son hali üzerine birlikte çalışırlarken Rheticus fiili olarak onun öğrencisi olmuştu. Math-Physics Genealogy [Matematikle Fiziğin Soyağacı] sitesinde de böyle geçer. Ben, öğrencilerim ve öğrencilerimin öğrencileri de, bu ince bağlantı yoluyla bilimsel şeceremizi Galileo ve Newton’a, oradan da Kopernik’e dayandırıyoruz.

YENİ ASTRONOMİ

Reformasyon sürecindeki Avrupa’da düşünce iklimi, hem dini olarak hem de zihniyet bakımından Kopernik’in Güneş-merkezli teorisi için elverişsizdi. Aristoteles ve Batlamyus’un yer-merkezli kozmolojisine sıkı sıkıya bağlanmış Katolik ve Protestan kiliseleriyle üniversitelerdeki skolastik filozoflar Güneş-merkezli teoriye karşı çıktı.

Kopernik gökcisimlerinin hareketleriyle ilgili tanımlayıcı ve doğru matematiksel bilgiler verdiğinden teorisi yavaş yavaş benimsendi. Buna karşın, Güneş-merkezli kozmolojisi çoğu zaman ya görmezden gelindi ya da peşinen reddedildi. Teorilerinin yavaş yavaş ve aşamalı olarak kabul edilmesinin sebebi, gökcisimlerinin hareketlerini öngörme konusunda onun teorisindeki yeni astronomi cetvellerinin Batlamyus’un teorisine dayanan eski cetvellerden daha başarılı olmasıydı.

Kopernik teorisine dayanarak hazırlanan ilk astronomi cetvelleri, Rheticus’la aynı dönemde Wittenberg Üniversitesi’nde astronomi profesörü olan Erasmus Reinhold’un (1511-1553) çabaları sayesinde oluşturuldu. Rheticus Eylül 1541’de yanında *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*’nin elyazmasıyla birlikte Wittenberg’e döndüğünde, muhtemelen eseri Reinhold’a göstermişti. Reinhold ertesi yıl Peurbach’ın *Theoricae novae planetarum* eseri üzerine bir yorum yayımladı ve yorumun önsözünde Kopernik’ten bahsetti: “Olağanüstü yeteneklere sahip bir bilim insanı tanıyorum. İnsanda güçlü bir umut yaratıyor. Astronomiyi yeniden eski günlerine taşıyacağı bekleniyor.” Ardından şunları ekler: “Umarım, gelecek kuşakları dehasına hayran bırakacak bu astronom

eninde sonunda Prusya'dan bize gelecektir.”

Reinhold, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'deki gezegen cetvellerinin daha kapsamlısını hazırladı. Söz konusu cetveller *Prutenic Cetveller* adıyla 1551'de yayımlandı. Reinhold eserin girişinde Kopernik'i takdir etse de onun Güneş-merkezli teorisinden söz etmedi. *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine* için bir yorum da yazmaya başlayan Reinhold, 1553'te vebadan ölünce eserini tamamlamadı.

Prutenic Cetveller, üç yüzyıl boyunca Avrupa'da hazırlanan ilk eksiksiz gezegen cetveliydi. Eskilerinden bariz bir biçimde üstün bu cetveller astronomların çoğu tarafından kullanıldı. Bazı astronomların Kopernik'in Güneş-merkezli kozmolojisini kabul etmedikleri halde bu cetvelleri kullanması, Kopernik teorisine meşruluk kazandırdı. İngiliz astronom Thomas Blundeville 1594'teki bir astronomi metninin önsözünde şöyle yazar: “Kopernik... Dünya'nın döndüğünü ve Güneş'in gökyüzünün ortasında sabit durduğunu ileri sürmektedir. Bu yanlış savın yardımıyla, gökkürelerin hareketleri ve dönüşleriyle ilgili olarak bugüne kadar yapılan açıklamalardan daha doğru bir açıklama getirmiştir.”

İngiliz matematikçi Robert Recorde (1510-1558), Kopernik teorisine destek veren ilk bilginlerden biridir. Recorde, teoriyi *Castle of Knowledge*'ında (1551) [Bilginin Kalesi] ele aldı. Batlamyus'un astronomisini başlangıç seviyesinde değerlendiren metinde, Kopernik'in teorisine de kısa ama olumlu göndermelerde bulunulur. Eser, Batlamyus'un Dünya'nın hareket ettiğini reddeden savlarının, bir hocayla öğrencisi arasında geçen diyalogu şeklindedir. Öğrencinin bu savları özetlemesinin ardından hoca da Kopernik teorisini gayet olumlu bir şekilde anlatır.

Gerçekten de şöyle toparlanabilir: Büyük bilgin, tecrübeli ve müthiş derecede dikkatli bir gözlemci olan Kopernik, Sisamlı Arisarkus'un fikirlerini yeniledi ve Dünya'nın sadece kendi ekseri etrafında dönmediğini, aynı zamanda kendi merkezinden 3.800.000 mil [6.115.507 kilometre] uzaklıktaki merkez etrafında döndüğünü ileri sürdü.

Beş yıl sonra, yani 1557'de John Feild tarafından Kopernik ve Reinhold'un eserlerinden yararlanılarak hazırlanmış bir *Efemeris* (astronomi cet-

veli) yayımlandı. Kraliçe Elizabeth'in astroloğu John Dee (1527-1608) tarafından yazılan eserin girişinde, eski takvimler artık ihtiyacı karşılamadığı için Feild'i Kopernik'in teorisinden yararlanarak *Efemeris*'i derlemeye kendisinin ikna ettiğini belirtir. Dee, astronomiyi canlandırma konusunda gösterdiği "üstün" gayretlerinden dolayı Kopernik'i överken bu eserin Güneş-merkezli teoriyi tartışmak için uygun bir yer olmadığını da ekler.

Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine'nin ikinci baskısı 1566'a Basel'de yayımlandı ve bu baskının nüshaları İtalya ve İngiltere'ye ulaştı. Dee'nin öğrencisi İngiliz astronom Thomas Digges (1546 civarı-1595) de eserin bir nüshasını edindi. Günümüzde Cenova Üniversitesi kütüphanesinde bulunan eserin ilk sayfasına, "*Vulgi opinio Error*" (yaygın olan görüş yanlıştır) diye bir not yazan Digges, kendisinin de 16. yüzyılda Kopernik teorisini benimseyen birkaç bilgenden biri olduğunu belirtir.

Digges 1572'de keşfedilen Nova yıldızı üzerine bir eser yazmıştı. (Nova'nın dönüş devrini tamamlayınca patlayan ve birkaç ay boyunca büyük miktarda enerji yayan bir yıldız türü olduğu bilinmiyordu.) Gözlem yaparak Kopernik'in teorisini doğrulamak veya çürütmek istiyordu; bunun için de başka astronomlardan yardım istedi.

Digges, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'nin ilk kitabını dokuzuncu bölümden on birinci bölümüne kadar İngilizceye tercüme etti. Yaptığı tercümeleri, babasının ölümsüz takvimi *A Prognostication Everlasting*'e ekleyerek 1576'da yayımladı. Eseri, *en eski Pisagor doktrinleri ve bu doktrinlerin daha sonra Kopernik tarafından yeniden canlandırılmış hallerine ve doğrulanmış geometrik açıklamalara göre göksel kürelerin mükemmel bir tanımı* olarak niteledi. Digges, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'den yaptığı bu alıntıyı, "İngilizler böylesi yüce bir teoriden mahrum kalmasın diye" takvime eklediğini söyler.

Kitabın yanında Güneş-merkezli evrenin katlanmış büyük boy bir haritası da yer alıyordu. Haritada, yıldızlar göksel kürenin en dış kısmıyla sınırlı tutulmamış, dışarı doğru belirsiz ve dağınık bir şekilde yayılmış olarak gösteriliyordu. Dolayısıyla Digges, o güne kadar evrenin sabit yıldızlara ev sahipliği yaptığına inanılan dokuzuncu göksel küreyle sınırlı olduğunu ileri süren ortaçağ kozmosunun sınırlarını parçalamış ve evrenin sınırsız olduğunu ileri sürmüştü.

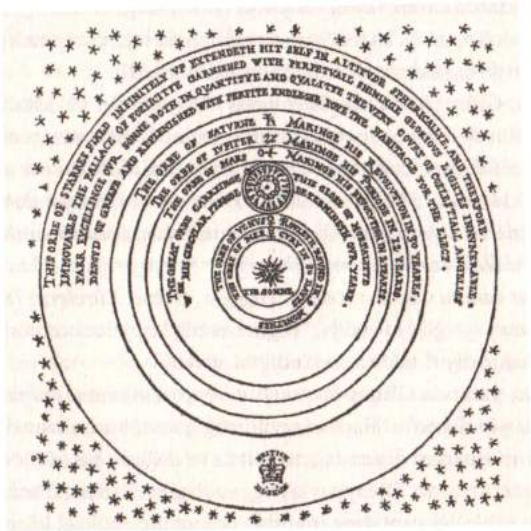
Yer-merkezli gökssel küreler teorisi 16. yüzyılın sonunda İngiltere'deki genel dünya görüşünün hâlâ önemli bir parçasıydı. Bu durumu Christopher Marlowe'un *Doktor Faustus* oyununda da görmek mümkündür. Faustus Şeytan'la anlaşma yaptıktan sonra insanların bilgi alanının dışındaki konularla ilgili Mephistopheles'e sorular sormaya başlar. Sorduğu ilk soru da gökssel kürelerle ilgilidir.

Söyle, Ay'ın üzerinde çok küre var mı?

Bir küre hariç, bütün gökcisimleri

Merkezi Dünya'yla aynı maddeden mi?

Sınırsız evren fikri de devrimci fikirlerden biriydi. İtalyan mistik Giordano Bruno (1548-1600) bu fikrinden dolayı Katolik Kilisesi tarafından idama mahkum edildi ve 17 Şubat 1600'de Roma'da bir direğe bağlanarak yakıldı. Bruno birkaç kez, özellikle de 1583'te Oxford'da verdiği konferansta Kopernik teorisine inandığını ifade etmişti. Tarihçi Frances A.



Thomas Digges'in *A Prognostication Everlasting* (1576) eserinden, Kopernik Sisteminin bir Modeli.

Yates, Bruno'nun Kopernik teorisine ilişkin mistik yorumunu anlatırken, Bruno'nun Kopernik'in Hermes Trismegistus'a atıfta bulunmasından cesaret aldığını söyler:

Bruno, Oxford'daki Aristotelesçilere karşı Kopernik teorisini savunurken, Kopernik'i "yalnızca bir matematikçi olarak" takdim ederek, bu keşfin manevi yönünü takdir etmedi, çünkü onu yaşayan doğaya sihirli bir içgörü sağlayan bir dönüşün işareti olarak algılıyordu. Dünya'nın hareket ettiğini savunurken, Bruno *Hermetika*'ya atıfta bulunarak bu eserden, Dünya'nın hareket ettiğini çünkü canlı olduğunu belirten bir alıntı yapar.

Yates sözlerine şöyle devam eder: "Galileo'nun aksine, Dünya'nın hareket ettiğine olan inancından vazgeçmeyi reddettiği için 19. yüzyılda bir kahraman olarak ünlenen Bruno efsanesi dayanaktan yoksundur. Bununla birlikte, Bruno'nun durumu Kilise'nin Kopernik'in teorisine yaklaşımını etkilemiş ve Engizisyon'un Galileo'dan şüphelenmesine yol açmış olabilir."

Bruno, 1584'te yayımlanan *De l'infinito universo et mundi*'nin [Sonsuz Evren ve Dünyalar Üzerine] başlangıcında, bir karakter aracılığıyla sonsuz uzay içinde Dünya'mıza benzer sayısız dünya bulunduğunu ve her birinin de kendi güneşi etrafında döndüğünü söyler. "Dolayısıyla sonsuz sayıda güneş vardır ve bize yakın olan Güneş'in etrafında hareket ettiğini gördüğümüz yedi gökcsimi [beş gezegen, Dünya ve Ay] gibi, uzaydaki dünyalar da söz konusu güneşlerin etrafında döner."

Aristoteles'in göksel alanın sabit olduğunu öne süren sınırlı kozmosunun aksine, Bruno'nun evreni sadece sonsuz değil, aynı zamanda dinamikti de. Bruno burada Lukretius'un 1417'de yeniden keşfedilen *De rerum natura*'sında yorumladığı Demokritos ve Epikür'ün atom teorisinden ilham almıştır. Bruno'ya göre canlı evren ne boyut olarak ne de sürekli değişen çeşitliliği bakımından sınırlıydı:

Sınırsız sayıda şeyin mevcut olduğu konusunda bizi engelleyecek herhangi bir sınır, limit veya duvar yoktur... Dolayısıyla, sonsuzluk boyunca her şeyin yenilendiğini ve yeniden yapılandığını ileri

süren Demokritos ve Epikür, ne pahasına olursa olsun evrenin hareketsizliğine inanan ve özdeş bir maddenin sabit ve değişmez sayıdaki parçalarının sürekli olarak dönüşüm geçirdiğini, birinin diğerine dönüştüğünü iddia edenlere kıyasla, bu konuları çok daha doğru anlamıştır.

Sonsuz evren fikrine, İngiliz bilim insanı William Gilbert'in (1544-1603) eserinde de rastlanır. Gilbert bu konuda muhtemelen Thomas Digges ve Giordano Bruno'dan etkilenmişti. Gilbert'in 1600'de yayımlanan *De magnetē*'i, Maricourtlu Peter'in 13. yüzyıldaki çalışmasından sonra manyetizma üzerine yazılmış ilk eserdir.

De magnetē'nin altıncı ve son kitabında Gilbert'in kozmoloji teorileri ele alınmaktadır. Gilbert burada Aristoteles'in kristal göksel kürelerini reddeder ve yıldızların gözlenen günlük hareketlerinin aslında, büyük bir mıknatıs olduğuna inandığı Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönmelerinden kaynaklandığını ileri sürer. Yıldızların günlük hareketlerini reddetmesi, sonsuz bir alana yayılmış sonsuz sayıda yıldız olduğu için yıldızların göksel kutup etrafında geceleyin döndüğünü varsaymanın anlamsız olduğuna inanmasından kaynaklanır. Gilbert, Kopernik ve Giordano Bruno'ya göre Dünya'nın hareketlerini ele alırken, Güneş merkezli teoriyi ne tasdik eder ne de reddeder; zaman zaman bu meselelerin ele aldığı konuyla ilgili olmadığını belirterek konuya değinmez.

Bu esnada, Danimarkalı astronom Tycho Brahe (1546-1601), 17. yüzyılın son çeyreğinde o güne kadarki en doğru sistematik gözlemleri gerçekleştirerek astronomide devrim yaptı. Tüm bu gelişmeler teleskopun keşfinden kısa bir süre önce yaşanmıştı.

Soylu bir Danimarkalı ailenin çocuğu olarak dünyaya gelen Tycho, amcası Jörger Brahe tarafından yetiştirildi. Brahe, yeğenine Latince öğretmesi ve üniversite eğitimine hazırlaması için bir eğitmen tuttu. Tycho, on üç yaşındayken Kopenhag Üniversitesi'ne kaydoldu ve ardından Leipzig, Rostock ve Basel üniversitelerinde okuduktan sonra 1568'de Basel'den mezun oldu. Eğitimi kapsamında, Sacrobosco'nun *De sphaera*'sı, Aristoteles'in yer-merkezli küreler teorisini esas alan diğer metinleri, Batlamyus'un tutulma daireleri ve dışmerkezlilik teorisıyla ilgili 13. yüzyıldan beri kullanılagelen eserleri incelemişti.

Tycho, 28 Ekim 1566'da gerçekleşen bir ay tutulmasına dayanarak Kanuni Sultan Süleyman'ın ölümüyle ilgili kehanette bulundu, fakat kısa süre sonra Kanuni'nin aynı yılın 6 Eylül'ünde zaten ölmüş olduğunu öğrendi. Tycho'nun üçüncü dereceden kuzeni Manderup Parsburg, yemekli bir davet sırasında Tycho'nun tutmayan bu kehanetiyle alay edince, ikili kılıçlarını çekip bir düelloya tutuştu. Diğer misafirler yetişinceye kadar Parsburg, Tycho'nun burnunun büyük bir kısmını kılıcıyla kopartmıştı. Tycho uzun bir tedavi sürecinden sonra, burnunun yerine altın ve gümüş karışımından oluşan ten renginde suni bir burun yerleştirdi. Burnundaki bu bozulmayı, Tycho'nun 1598'de yayımlanan *Astronomiae instauratae mechanica* eserindeki portresinde görmek mümkündür.

21 Ağustos 1560'ta meydana gelen ve Kopenhag'da kısmen gözlemlenebilen güneş tutulması, Tycho'nun üniversite müfredatında yer almadığı halde gözlemsel astronomiye ilgi duymasına yol açtı. Tycho hemen Reinhold'un *Prutenic Cetvelleri*'ne dayanarak hazırlanmış *Efemeris*'in bir nüshasını edindi. Bu cetveller sayesinde ilk defa Kopernik'in eserinden haberdar oldu ve Kopernik'i "İkinci Batlamyus" olarak adlandırdı. Tycho, Ağustos 1563'te Leipzig'de gerçekleştirdiği ve kariyerinde de bir dönüm noktası olarak gördüğü bir gözlemede Satürn ve Jüpiter'in kavuşumunu kaydetti. Bu tespiti, iki pusula kullanarak iki gezegen arasındaki açısal mesafeyi ölçerek yaptı. Tycho, *Alfons Cetvelleri*'nin kavuşum tarihini belirlemede bir aylık yanlışlığı taşıdığını ve *Prutenic Cetvelleri*'nin ise birkaç günlük yanlışlığı taşıdığını saptadı. Radyus veya istavroz çubuğu olarak adlandırılan ev yapımı bir alet kullanarak gözlemlerine başlayan Tycho, bu aletle pek de doğru sonuç elde edilemediğinden, hatalarını düzeltmek için de bir düzeltme cetveli oluşturdu.

1569 başlarında Almanya'nın Augsburg kentine giden Tycho, 14 Nisan'da ilk gözlemini yaptı. Gözlemleri için tasarladığı ve ürettiği aletler arasında büyük bir oktant da vardı. Tycho, yarıçapı yaklaşık 5,8 metre olan oktantı gök cisimlerinin yüksekliğini ölçmede kullandı. Ayrıca, açısal farklılıkları ölçmede kullanılan 4,2 metre yarıçapında büyük bir seksant ile üç metre çapında bir gökküresi de yaptı ve kürenin üzerinde çizmeye başladığı haritada yıldızların konumunu belirledi.

Tycho 1570'te Danimarka'ya döndü. Ertesi yılın 9 Mayıs'ında babası ölünce, dayısı Steen Bille'nin yaşadığı Herrevad Manastırı'na taşındı ve

orada simya deneylerini gerçekleştirdi. Ertesi yıl, bir papazın kızı olan Kirsten Jorgensdatter'le nikahsız birlikte yaşamaya başladı ve bu beraberlikten altı çocuk sahibi oldu.

Tycho 11 Kasım 1572'de laboratuvarından çıkıp akşam yemeğini yemeye giderken yeni bir yıldız -Nova- görür. Küçükayı takımyıldızı arasında aniden görünen Nova, Venüs'ten bile daha parlaktır. Daha sonra Nova üzerine yazacağı kitapçıkta Tycho şöyle der: "Gençliğimin ilk dönemlerinde -herkesin kolaylıkla öğrenebileceği gibi- gökteki bütün yıldızları öğrendiğimden göğün o noktasında hiçbir zaman yıldız olmadığını biliyordum; böylesine dikkat çekici parlaklıktaki bir yıldızın bırakın varlığını, en küçük belirtisi bile yoktu."

Tycho'nun hesaplamalarına göre Nova, Satürn'den oldukça uzaktaydı ve konumunun değişmemesi, onun bir kuyruklu yıldız olmadığını gösteriyordu. Bu, gökyüzünde bir değişim olduğunun çok açık bir kanıtıydı, halbuki Aristoteles'in doktrinine göre gökyüzünde her şey mükemmel ve sabitti.

Nova tedrici olarak solmaya başladı; rengi önce beyazken, sonra sarıya, ardından kırmızıya döndü, en sonunda da Mart 1574'te tamamen gözden kayboldu. O güne gelindiğinde Tycho, *De nova stella* [Yeni Yıldız] adlı kısa bir kitapçık yazmıştı bile. Söz konusu kitapçık Mayıs 1573'te Kopenhag'da yayımlandı. Tycho bu yeni yıldızın gezegen kürelerinin ötesinde olduğunu kanıtlayan hesaplamalarını sunduktan sonra, gözlemlediği olgular karşısında duyduğu şaşkınlığı ifade eder: "Gerçekten de, bu olayın dünyanın başlangıcından beri evrende görülmüş en büyük mucize olduğuna veya en azından Güneş'in Yeşu'nun duası sayesinde bir günlüğüne durması kadar büyük bir olay olduğuna hiç şüphem yok."

Danimarka kralı II. Frederick kitapçıktan oldukça etkilendi ve Tycho'ya yıllık maaş bağlamanın yanı sıra Kopenhag'ın kuzeyindeki Oresund Strait bölgesinde bulunan Hveen adasını da hediye etti. Tycho bu gelirler sayesinde bir gözlemevi inşa ettirebilecek ve gözlemevini gerekli malzemelerle donatabilecekti. 1576'da Hveen'e yerleşen Tycho, gözlemevine "Göklerin Şehri" anlamına gelen Uraniborg adını verdi. Büyük bir araştırma merkezi haline gelen gözlemevindeki astronomi aletleri ve diğer malzemelerin sayısı o kadar fazlaydı ki Tycho, Stjernborg (Yıldızların Şehri) adında bir ek bina ve binanın altında da malzemelerle araştır-

macıları doğa şartlarından korumak için yer altı odaları inşa ettirdi. Aynı yıl, Tycho ve asistanları eşi görülmemiş doğrulukta ve kesinlikte sonuçlar verecek ve yirmi yıl sürecek gözlemlere başladılar. Bu gözlemler yeni astronominin temellerini oluşturacaktı.

Tycho'nun Uraniborg'daki temel projesi, gök cisimlerinin hareketleriyle ilgili teorileri geliştirmek için sabit yıldızların göksel koordinatlarını yeniden ve daha doğru bir şekilde belirlemek ve Güneş, Ay ve gezegenlerin değişen konumlarını gözlemlemektir. Tycho 777 sabit yıldızın koordinatlarını da kapsayan bir liste oluşturdu ve sonradan 223 yıldız daha ekleyerek listedeki sayıyı 1000'e çıkardı.

Tycho'nun yıldız listesinde verilen göksel koordinatlar, günümüz değerleriyle karşılaştırıldığında ortalama kırk açısal saniyeden daha az bir hataya sahiptir, fakat bu hata payı kendisinden sonraki astronomların ölçümlerine kıyasla çok daha küçüktür. Listesinde, yirmi bir ana yıldızın koordinatlarını, antik çağdan o güne kadar hesaplanan koordinatlarla karşılaştıran Tycho, ekinoksların presesyonunu yılda 51 açısal saniye olarak hesapladı (günümüzde kabul edilen değer 50,23 saniyedir). Tycho ayrıca presesyonların tekbiçim olduğunu doğru bir şekilde öngördü ve Kopernik için gereksiz problemlere yol açan İslam astronomisindeki yanlış titreşim teorisinden hiç söz etmedi.

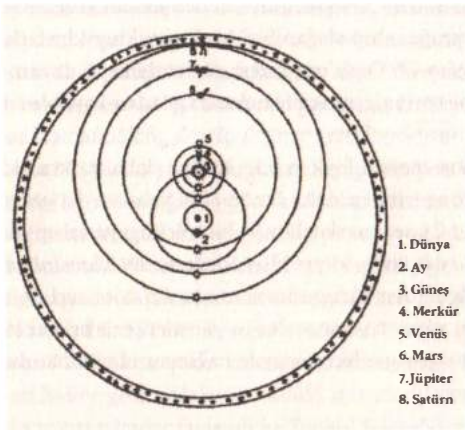
Tycho, 13 Kasım 1577'de güneşin batışından kısa bir süre sonra, çok uzun bir kuyruğa sahip olağanüstü bir kuyrukluyıldız fark etti ve bu yıldızı ertesi yılın 26 Ocak'ına kadar gözlemlemeye devam etti. Yıldızın günden güne sönükleşerek bir noktada gözden kaybolmaya başladığını fark etti. Kuyrukluyıldız ayrıntılı olarak gözlemlemesi sonucunda, yıldızın en yakın mesafedeyken bile Ay'dan daha uzakta olduğuna, hatta Merkür yörüngesinden daha ötede olduğuna ve dış gezegenler arasında bir yerde, Güneş merkezli oval bir yörüngeye sahip olduğuna kanaat getirdi. Bu düşünce, kuyrukluyıldızların Ay küresinin altında oluşan meteorolojik olgular olduğunu savunan Aristotelesçi doktrine aykırıydı. Tycho bu yüzden Aristoteles'in yer-merkezli kristal küreler teorisini reddetti ve gezegenlerin uzayda bağımsız olarak hareket ettiği sonucuna vardı.

Gerçekten de göklerde herhangi bir küre yoktur... Uzmanların ze-

vahiri kurtarmak için yarattığı küreler tamamen hayal ürünüdür; bunlar insan zihninin gök cisimlerinin yörüngelerinde gerçekleştirdiği hareketi algılayabilmesi ve geometriyle aritmetiğin de yardımıyla, bu hareketlerin sayısal olarak tanımlanabilmesini amaçlar.

Kopernik'e hayran olmasına rağmen Tycho hem fiziksel nedenler yüzünden hem de yıldız paralaksı olmadığından Güneş-merkezli teoriyi reddetti. Yıldızlar çok uzak olduklarından, herhangi bir paralaks değişimini gözlemlemenin mümkün olmadığını ileri süren Arşimet ve Kopernik'in bu savını dikkate almadı. Tycho Dünya'nın günlük dönüşünü ve yıllık yörünge hareketini de reddediyor ve yıldızların geceleyin gökkutbu etrafında döndüğünü ileri süren Aristotelesçi görüşü benimsiyordu.

Kopernikçi teoriyle Batlamyusçu teori arasında giderek büyüyen tartışmayla karşı karşıya kalan Tycho, yer-merkezli sistemle Güneş-merkezli sistemin unsurlarını birleştirerek kendi gezegen modelini oluşturdu. Tycho'nun sistemine göre evrenin merkezinde hareketsiz duran Dünya vardır ve sabit yıldızlar küresi Dünya'nın etrafında yirmi dört saat boyunca döner. Diğer gezegenler Güneş etrafındaki yörüngede yer alır; Güneş Dünya'nın etrafındaki dönüşünü yirmi dört saatte tamamlar-



Tycho modeline göre gezegenlerin hareketleri.

ken, Ay da Dünya'nın etrafındaki dönüşünü bir ayda tamamlar. Merkür ve Venüs'ün yörüngeleri, Güneş'in yörüngesiyle iki noktada kesişse de Dünya'nın etrafını çevrelemezler. Mars'ın yörüngesi de Güneş'inkiyle iki noktada kesişir, ayrıca hem Dünya'yı hem de Ay'ı çevreler. Jüpiter ve Satürn'ün yörüngeleriye Güneş'in yörüngesini tamamen kapsar. Tycho, kendi modelini oluştururken Batlamyus ve Kopernik teorilerinin en iyi yönlerini birleştirdiğine inanıyordu, çünkü Dünya'nın sabit olduğunu savunuyor, Merkür'le Venüs'ün neden Güneş'ten çok uzak olmadığını da açıklıyordu.

Tycho'nun hamisi II. Frederic 1588'de öldü ve yerine on iki yaşındaki oğlu IV. Christian geçti. Christian 1596'da reşit olduktan hemen sonra artık astronomi araştırmalarına destek vermeyeceğini Tycho'ya bildirdi. Mali desteğini kaybeden Tycho ertesi yıl, yeni bir kraliyet desteği bulma umuduyla bütün astronomi aletlerini ve kayıtlarını da yanına alarak, Uraniborg'u terk etmek zorunda kaldı.

Tycho öncelikle Kopenhag'a ardından Hamburg'un dışındaki Rostock ve Wandsburg Kalesi'ne gitti. Wandsburg Kalesi'nde iki yıl kalan Tycho, ürettiği bütün astronomi aletlerini anlatan *Astronomiae instauratae mechanica* eserini burada yayımladı. Yapacağı araştırmalara destek olabileceğini düşündüğü bütün varlıklı ve kudretli insanlara eserinin nüshalarını gönderdi. İmparator II. Rudolf'a gönderdiği nüshaya yıldız listesini de ekledi. II. Rudolf, Tycho'nun araştırmalarını desteklemeyi kabul etti ve onu sarayın astronomu olarak atadı.

Bu yüzden Tycho 1600'de Prag'a gitti ve şehrin birkaç kilometre kuzeyindeki Benatky Kalesi'nde yeni bir gözlemevi kurup aletlerini buraya yerleştirdi. Kısa bir süre sonra da, kendisine astronomi üzerine *Mysterium cosmographicum* [Kozmik Gizem] adlı ilginç bir eser gönderen Johannes Kepler (1571-1630) adlı genç Alman matematikçiyi asistan olarak yanına aldı.

Kepler, 27 Aralık 1571'de Almanya'nın güneybatısındaki Weil der Stadt'ta doğdu. Babası gezgin bir paralı asker, annesiye falcıydı, hatta bir keresinde cadılıkla suçlanmış, yakılarak öldürülmekten kıl payı kurtulmuştu. Aile, yakındaki Lviv kentine taşınınca Kepler burada Württemberg Dükü tarafından kurulmuş mükemmel Latin okullarından birine kaydedildi. Kepler'in gençlik heyecanı ile astronomiye gösterdiği ilgi,

1577'de bir kuyruklu yıldız ve 1580'de bir ay tutulması görmesiyle daha da arttı.

1589'da Kepler, Tübingen Üniversitesi'ne girerek matematik, fizik ve astronomi dersleri aldı, ayrıca Platonculuk ve Pisagorculuk doktrinlerinden ve Nicolaus Cusanus'un kozmolojiyle ilgili fikirlerinden de etkilendi. Buradaki matematik müfredatı Öklid, Arşimet ve Pergeli Apollonius'un eserlerini esas alıyordu. (Kepler'in daha sonra dediği gibi, "Pergeli Apollonius'un *Conics*'iyle uğraşacak kaç tane matematikçi vardı?")

Kepler, kendisine ilk Güneş-merkezli teoriyi öğreten astronomi profesörü Michael Maestlin'den özellikle etkilenmişti. Kepler, *Mysterium cosmographicum* adlı ilk kitabının girişinde Kopernik'in eserlerini keşfetmenin verdiği heyecanı anlatırken, "dünyanın ve gök cisimlerinin muhteşem düzenini ilahi bir biçimde kavrayan taze bir hazine," nitelemesinde bulunur. Kepler, kozmik düzenin ardındaki nedenleri düşünmek için Kopernik'ten nasıl ilham aldığını da anlatır:

Altı yıl önce Tübingen'de seçkin bilgin Michael Maestlin'in yanında araştırma yaparken evrenle ilgili genel kabul gören teorilerdeki tutarsızlıkları fark etmiştim, bu yüzden Kopernik'in teorileri beni mutlu etti. Maestlin derslerinde sıklıkla Kopernik'ten bahsederdi, ben de öğrenciler arasındaki fizik tartışmalarında genellikle Kopernik'in görüşlerini savunurdum. Hatta ilk hareketle ilgili özenli bir tartışma da yazdım ve bu hareketin Dünya'nın dönüşünden kaynaklandığını ifade ettim. Bir kısmını Maestlin'den öğrendiklerimden yola çıkarak, bir kısmını da kendim keşfederek Kopernik'in Batlamyus'a karşı olan avantajlarını yavaş yavaş derledim. Nihayetinde 1595'te Graz'da ders verirken verdiğim bir molada, beynimdeki bütün enerjiyle bu konu üzerine düşündüm. Ve gök cisimlerinin hareketleriyle ilgili başka bir teoriyi değil de bu teoriyi kabul edişimin temelinde üç ana nedenin yattığını gördüm: gökkürelerin sayısı, boyutları ve hareketleri.

Kepler, Tübingen'deki yüksek lisansını 1591'de tamamladıktan sonra, 1594'e kadar teoloji çalıştı. 1594'te, Avusturya'nın Graz kentinde-

ki Protestan Papaz Okulu'na matematik öğretmeni olarak atandı. Kepler, Graz'a gittikten bir yıl sonra Güneş-merkezli gezegen sisteminin diziliş ve düzenine açıklama getirdiğine inandığı bir düşünce geliştirdi. Öklid'in eserlerinden öğrendiği kadarıyla, Platonik cisimler olarak adlandırılan düzgün çok yüzlü cisimlerden yalnızca beş tane vardı. Bu cisimlerde bütün yüzler hem birbirine eşit hem de eşkenarlıydı. Bunlar küp, dörtyüzlü, onikiyüzlü, yirmiyüzlü, sekizyüzlü cisimlerdi. Kepler söz konusu çok yüzlü cisimlerin dünyanın ve diğer beş gezegenin yörüngeleriyle bağlantılı olduğu sonucuna vardı. Kepler, oluşturduğu taslağı 1596'da yayımlanan *Mysterium cosmographicum* eserinde açıkladı:

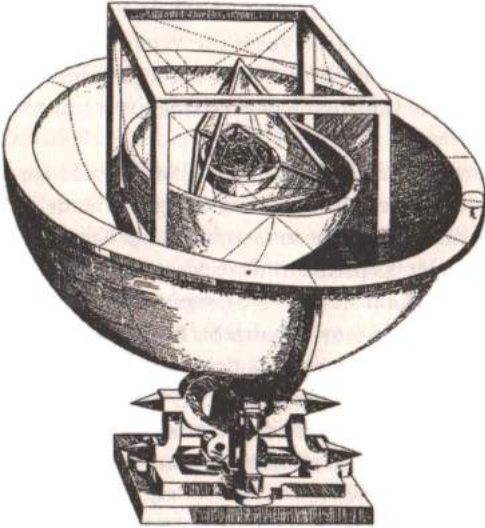
Dünya'nın yörüngesi her şeyin ölçüsüdür; bu yörüngenin etrafında onikiyüzlü bir şekil vardır ve bunu çevreleyen daire Mars'tır; Mars'ın etrafındaki dörtyüzlünün etrafındaki daire de Jüpiter'dir; Jüpiter'in etrafında bir küp vardır ve bunu çevreleyen daire Satürn'dür. Dünyanın içindeyse bir yirmiyüzlü şekil bulunur ve bu şeklin içindeki daire Venüs'tür. Venüs'ün içindeki sekizyüzlünün kapsadığı daire Merkür'dür. Artık gezegenlerin sayısı ile ilgili fikir sahibi olduğumuzu söyleyebiliriz.

Kepler'in gezegenlerin yarıçaplarını hesaplarken bulduğu sonuçlar, yörüngelerin dışmerkezliliğinin toleransları göz önünde bulundurulduğunda, Kopernik'in bulduğu sonuçlara oldukça benzerdir. Ayrıca Merkür'le ilgili Kepler, Kopernik'in ulaştığı sonuca sekizyüzlü cismin değil, cismin kenarlarının oluşturduğu kürenin yarıçapını esas alarak ulaştı, fakat böyle bir teori için herhangi bir fiziksel temel bulunmuyordu. Sonuçlar konusundaki bu uzlaşmalarla birlikte, her konuda yaklaşık yüzde beşlik toleransla uzlaşma sağlandı, yalnızca Jüpiter konusunda Kepler'in bulduğu sonuç yüzde dokuz oranında farklıydı. Kepler'in deyişiyle, "bu kadar uzak bir mesafeyi göz önünde bulundurduğumuzda bunda şaşılacak bir şey yoktur."

Kepler, eserinin nüshalarını Galileo Galilei (1564-1642) başta olmak üzere çeşitli bilim insanlarına gönderdi. Galileo 4 Ağustos 1597 tarihli teşekkür mektubunda, Kopernik teorisini destekleyen bir eser yayımlama cesaretinden dolayı Kepler'i kutladı, zira bu cesareti kendisi gös-

terememişti. Kepler, 13 Ekim 1597'deki cevaben yazdığı mektubunda, Galileo'yu Kopernik teorisini desteklemeye devam etmesi için teşvik etti. "İnan, Galilei; destek ver!" diye yazdı. "Eğer tahminim doğruysa, Avrupa'nın ileri gelen matematikçilerinden pek azı bizden ayrı düşünecektir: İşte bu, hakikatin gücü."

Kepler eserinin bir nüshasını da Tycho Brahe'ye gönderdi. Tycho, nüshayı Danimarka'dan ayrılıp Almanya'ya vardığında aldı. Tycho kitabı memnuniyetle karşıladı ve eseri "çok başarılı bir spekülasyon" olarak nitelendirdi. Aralarında geçen bu sıcak yazışmalar sonunda Tycho Kepler'i, Benatky'deki yeni laboratuvarına davet etti; Kepler de bu daveti kabul etti. Tycho, Kepler'in kabul mektubuna verdiği yanıtta, "Buraya sadece misafir olarak değil, aynı zamanda baş üstünde tutulacak bir arkadaş ve gözlememiz için çokça arzu edilen bir katılımcı ve yoldaş olarak geleceksiniz," diyordu.



*İç içe yerleşmiş Platonik Cisimlerin
Çizimi, *Mysterium cosmographicum*
adlı eserden.*

Kepler 1600'lü yılların başlarında ailesiyle birlikte Benatky'e ulaştı ve Tycho'yla birlikte, kısa sürecek olsa da oldukça verimli bir işbirliği içinde çalışmaya başladı. Kepler, Benatky'de çalışmaya başladığında, Tycho'nun bilgilerini alıp kendi gezegen teorisini doğrulamada kullanmak istiyordu. Fakat Tycho'nun bilgilerinin büyük kısmının ham gözlemlerden oluştuğunu görünce hayal kırıklığına uğradı. Bu ham gözlemlerin öncelikle matematiksel analizlere tabi tutulması gerekiyordu. Daha da ötesi, Tycho bilgilerini paylaşma konusunda son derece bencil-di ve Kepler'in ihtiyaç duyduğundan fazlasını paylaşmak istemiyordu.

Bu ve başka anlaşmazlıklar, Kepler'in aynı yılın Nisan'ında Benatky'den ayrılmasına yol açtı, fakat çalışmayla ilgili önemli müzakerelerden sonra Ekim ayında geri döndü. Tycho bu kez Kepler'e Mars'ın yörüngesini analiz etme görevi verdi. O zamana kadar bu görevi Tycho'nun asistanı Longomontanus yerine getiriyordu ve Kepler göreve gelmeden kısa bir süre önce istifa etmişti. Kepler daha sonra şöyle yazar: "Tam da Longomontanus'un Mars hakkında çalıştığı dönemde gelmemi ilahi bir karar olarak görüyorum. Çünkü bu araştırma sayesinde astronominin sırlarına ulaşıyoruz, aksi takdirde bu bilgiler sonsuza dek gizli kalacaktır."

Gözlenebilen gezegenler arasında, yörüngelerinin dışmerkezliliği bu yörüngelerin mükemmel daireler olmadığını anlamamıza yetecek kadar büyük gezegenler Mars ve Merkür'dür. Fakat Güneş'e çok yakın olduğu için Merkür'ü gözlemlemek oldukça güçtü, dolayısıyla bir matematiksel teorinin doğruluğunu kontrol etmek için en ideal gezegen Mars'tı. Kepler'i Mars'ın yörüngesini analiz etmede bu kadar hevesli kılan da buydu.

1601 sonbaharının başlarında Tycho, Kepler'i imparatorluk sarayına götürerek onu İmparator Rudolf'a takdim etti. Tycho, İmparator'a bir öneride bulunarak Kepler'le birlikte yeni bir astronomi cetveli hazırlamak istediğini söyledi. İmparator'un izniyle hazırlanan söz konusu cetveller, *Rudolf Cetvelleri* olarak adlandırılacaktı. Söz konusu cetveller Tycho'nun gözlemlerine dayanarak hazırlanacağı için geçmişte hazırlanmış cetvellerden çok daha doğru değerlere sahip olacaktı. İmparator bu çalışma için Kepler'in ücretini ödemeyi memnuniyetle kabul etti.

Kısa bir süre sonra Tycho hastalandı ve on iki gün süren şiddetli ağrıların ardından 24 Ekim 1601'de öldü. Ölüm döşegindeyken, Kepler'den

Rudolf Cetvellerini tamamlayacağına dair söz vermesini ve bu cetvellerin Tycho gezegen modeline göre hazırlanmasını istedi. Kepler, Tycho'yla arasında geçen son diyalogu şöyle anlatır: "Tycho, benim Kopernik teorisini benimsediğimi bilmesine rağmen, bütün kanıtları onun varsayımlarına uygun şekilde açıklamamı istedi."

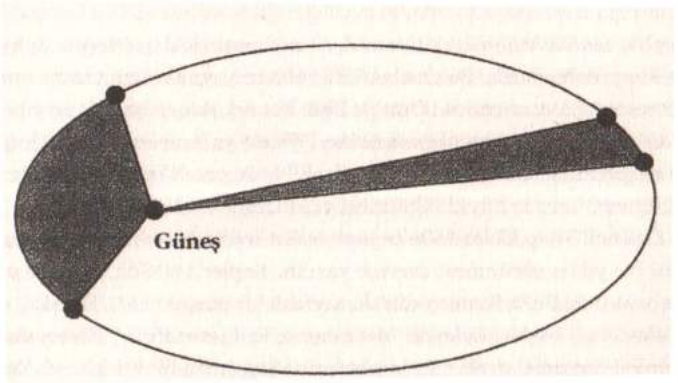
İmparator Rudolf, Tycho'nun ölümünden iki gün sonra Kepler'i sarayın matematikçisi ve Benatky'deki gözlemevinin sorumlusu olarak atadı. Kepler, artık Tycho'nun bilgilerine sınırsız bir şekilde ulaşarak Mars üzerine yaptığı araştırmayı sürdürdü. İlk olarak Batlamyus'un yöntemlerini -dış çember, dışmerkez ve equant- denedi fakat parametreleri ne kadar değiştirirse değiştirsin gezegenlerin konumları Tycho'nun gözlemlerinden yaklaşık sekiz açısal dakika farklı çıkıyordu. Tycho'nun bilgilerinin doğruluğuna güvendiğinden Batlamyus'un Kopernik tarafından da kullanılan dış çember teorisinin yerine tamamen yeni bir teori benimsenmesi gerektiği sonucuna vardı: "Takdiri ilahi bize Tycho Brahe adında öyle dikkatli bir gözlemci bahsetti ki, onun yaptığı gözlemler Batlamyus'un hesaplamalarının 8 dakika hatalı olduğunu gösterdi. Tanrı'nın bu hediyesini minnettarlıkla kabul etmeliyiz... Çünkü bu 8 dakika göz ardı edilemez ve sadece bu bile astronominin tümünden reforme edilmesine yol açtı."

Sekiz yıllık yoğun çabalarından sonra Kepler, günümüzde Kepler'in gezegensel hareket yasaları olarak bilinen kanunlardan ikincisine ulaştı. Bu kanuna göre, bir gezegenle Güneş arasındaki yarıçap vektörü eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar, dolayısıyla gezegen Güneş'e yakın olduğunda hızlı, uzak olduğundaysa yavaş hareket eder. İlk olarak, 1621'de yayımlanan *Epitome Astronomiae Copernicanae*'nin [Kopernik Astronomisinin Özeti] 5. Kitap'ında doğru bir şekilde ifade edilen kanun Dünya'nın yörüngesini çok iyi açıklıyordu, fakat Mars'a uygulandığında bahsi geçen sekiz dakikalık tutarsızlık yine ortaya çıkıyordu. Kepler buradan yola çıkarak gezegen yörüngelerinin daire şeklinde olmayabileceğini fark etti.

Kepler, dış çember teorisine göre Merkür'ün oval bir yörüngeye sahip olduğunu anladı fakat bu teoriyi Mars'a uyguladığında dört açısal dakikalık bir fark tespit etti. Mars için çizdiği oval kavisin elipse aşırı derecede benzediğini gören Kepler, gezegen yörüngelerinin eliptik olabileceğini

düşünmeye başladı. 1603'ün Temmuz'unda arkadaşı David Fabricius'a şöyle yazıyordu: "Fakat oval veya yüz şeklindeki geometrik oluşumu bilmiyorum... Eğer şekil mükemmel bir elipsse, Arşimet ve Apollonius'un savları yeterli olacaktır." Kepler kısa süre içinde hesaplamaların elipsle uyumlu olduğunu fark etti, fakat böyle bir yörünge, gezegenlerin dönmekte olan Güneş'in manyetik alanı sayesinde hareket ettiğini savunan düşünceyle uyuşmuyordu. 1609'da yayımlanan *Yeni Gökbilim*'in 58. bölümünde hayal kırıklığını şöyle dile getirir:

Bu konu üzerinde düşünüp hesaplamalar yaptığımda neredeyse delirecektim. Gezegenlerin neden eliptik bir yörünge izlediğini bulamıyordum. Ne kadar da aptalım! Çaptaki titreşim de elipsi açıklamaz. Fakat bu kavram sayesinde birden bire, elipsin titreşim yüzünden var olduğunu anladım. Fiziksel ilkelerden yola çıkarak düşünüp bu düşünceleri deneylerle birleştiren, gezegen yörüngesinin şeklinin ancak ve ancak mükemmel bir elips olabileceği sonucuna vardım.



Kepler'in gezegensel hareket yasalarından ilk ikisi: (1) Her gezegen, iki merkezinden birinde Güneş'in yer aldığı eliptik bir yörüngede hareket eder. (2) Bir gezegenle Güneş arasındaki doğru parçası eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar.

Kepler böylelikle kendi gezegensel hareket yasalarından birincisine ulaşmış oldu. Bu kanuna göre her gezegen, iki merkezinden birinde Güneş'in yer aldığı eliptik bir yörüngede hareket eder. İkinci yasaya göre, bir gezegeni Güneş'e bağlayan doğru parçası eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar. İlk olarak *Yeni Gökbilim*'de açıklanan bu iki yasa, Kepler'in *Rudolf Cetvelleri*'yle ilgili sonraki süreçte gerçekleştireceği araştırmalara temel teşkil etmiştir.

Kepler'in ilk iki gezegensel hareket yasası, Batlamyus'tan Kopernik'e kadar çeşitli astronomlar tarafından kullanılan dış çember, dışmerkez ve yörünge teorilerine duyulan ihtiyacı ortadan kaldırdı. Milton söz konusu eski kozmoloji doktrininin aşılmasını, *Kayıp Cennet*'in 8. Kitap'ında şöyle anlatır:

Sıra geldi göğün şemasını çıkarıp,
Yıldızları hesaplamaya ve onların
Gökteki hükümranlılığını anlamaya,
Zevahiri kurtarmaya; ve çizdikleri
Merkezlerle dışmerkezleri, daire
Ve dış çemberlerle yayları anlamaya.

Kepler, *Yeni Gökbilim*'i yayımlamadan önce araştırmaları üzerine üç başka kitap daha yazdı. Bunlardan ilki 1603'te yayımlanan *Astronomiae pars optica* [Astronominin Optik ile İlgili Kısım], ikincisiyse ertesi yıl basılan *Ad Vitellionem paralipomena'dır*. [Witelo'ya İlaveler]. Her iki kitap da astronomide kullanılan optikle, özellikle de paralaks ve kırılmayla ilgilidir ve Güneş'in büyüklüğündeki yıllık değişiklikleri de içerir.

Üçüncü kitap Ekim 1604'te Jüpiter, Satürn ve Mars'ın yakınlarında yeni bir yıldız görünmesi üzerine yazıldı. Kepler 1606'da, bu yeni yıldız hakkında *De Stella nova* adlı altı sayfalık bir broşür yazdı. Broşürü tanımlayan alt başlık şöyleydi: "Astronomi, fizik, metafizik, meteoroloji, astroloji tartışmalarıyla dolu muhteşem ve alışılmadık bir kitap." Kepler, broşürün sonunda yeni yıldızın astroloji bakımından önemiyle ilgili bir spekülasyonda bulunarak, bu yeni yıldızın Amerikalı Kızılderililerin din değiştirmesi, Yeni Dünya'ya kitlesel göç, İslam'ın çöküşü ve hatta İsa'nın yeryüzüne ikinci gelişinin habercisi olabileceğini ileri sürdü.

Bu esnada, teleskopun icadıyla birlikte astronomi bilimi tamamen ve kökten değişmişti. 1580'den önce İngiltere'de, uzaktaki cisimleri görüntülemek için "perspektif gözlüğü" olarak adlandırılan aletler kullanılmaya başlamıştı. John Dee ve Thomas Digges bu gözlükleri üretme ve kullanma konusundaki en uzman kişiler olarak bilinseler de, onların bu aletleri astronomi gözlemlerinde kullandığına dair hiçbir kanıt yoktur. Fakat arkadaşları Thomas Harriot'un 1609-1610 kışında küçük bir "teleskop" aracılığıyla astronomik gözlemler yaptığı bilinmektedir. Bu teleskop belki de bir perspektif gözlüğüydü.

Bu perspektif gözlüklerinin dışında en erken teleskopun, 1604'te Zacharias Janssen adlı Hollandalı bir gözlükçünün adı bilinmeyen bir İtalyana numune olarak ürettiği gözlükler olduğu görülmektedir. Janssen bu gözlüklerden bazılarını Kuzey Avrupa'daki sergilerde sattı. Galileo teleskopu duyduğu 1609'da kendi atölyesinde bir tane üretti ve daha sonra bunu savaşta ve deniz seyahatlerinde kullanması için Venedik Doğu'na verdi. Galileo kendi orijinal tasarımını geliştirdikten sonra teleskopu gökyüzünü gözlemlemede de kullanmaya başladı ve keşiflerini Mart 1610'da yayımladığı *Yıldızların Habercisi*'nde açıkladı.

Galileo *Yıldızların Habercisi*'nin bir nüshasını da Kepler'e gönderdi. 8 Nisan 1610'da teslim aldığı nüshaya cevaben Kepler, on iki günde tamamladığı *Dissertatio cum Nuncio sidereal* [Yıldızların Habercisi'ne Yanıt] adında kısa bir eser kaleme aldı. Kepler, eserinde Galileo'nun keşiflerinden duyduğu memnuniyeti dile getirdi ve okuyuculara kendisinin optik astronomi üzerine yazdığı eseri hatırlatmanın yanı sıra Ay'da yaşam olabileceğini öne sürdü ve sınırsız evren düşüncesine karşı görüşlerini açıkladı. Galileo, Kepler'e bir teşekkür mektubu yazdı: "Sana çok teşekkür ediyorum, çünkü sen savlarımıza tam olarak inanan ilk, hatta tek kişisin."

Kepler, 1610 Ağustos'unun sonunda imparator seçiminde oy hakkı bulunan Kölnlü Ernest'ten bir teleskop ödünç aldı ve on gün boyunca bu teleskopu kullanarak gökcisimlerini, özellikle de Jüpiter ve uydularını gözlemledi. Bu gözlemlerinin sonuçlarını ertesi yıl *Narratio de Jovis satellitibus* [Jüpiter Uydularının Anlatısı] adlı kitapçıkta yayımlayarak Galileo'nun yaptığı keşfin doğruluğunu teyit etti.

Kepler aynı yıl *Strena* başlıklı bir mektup daha yayımladı. Kepler, İn-

gilizceye “Yeni Yılın Armağanı veya Altı-kenarlı Kar Tanesi Üzerine” olarak tercüme edilen mektupta kar tanelerinin neden altı-kenarlı olduğu konusundaki düşüncelerini dile getirdi. Owen Gingerich bu kısa eseri, “kristalbilimde son derece önemli olan muntazam düzenlemeleri ve hegzagonal sıkı-düzenei inceleyen bir perspektif, öncü bir çalışma” olarak tanımlar.

Kepler, teleskopun sunduğu olanaklarla ilgili o kadar heyecanlıydı ki 1610 yazının sonlarıyla sonbaharın başlarındaki zamanını merceklerden geçen ışıkla ilgili yorucu bir çalışma yaparak geçirdi ve aynı yılın sonlarına doğru araştırmalarını *Dioptrice* adlı bir eserde toplayarak yayımladı. Söz konusu eser yeni optik biliminin temel taşlarından biri haline geldi.

1612'nin başlarında II. Rudolf'un ölümü üzerine Kepler Prag'ı terk etmek zorunda kaldı ve Linz'de matematikçi olarak göreve başlayarak sonraki on dört yılını burada geçirdi. Resmi görevlerinden biri de imparator Rudolf'un oğlu Arşidük II. Ferdinand tarafından başlatılan takvim reformunun bir parçası olarak kronoloji üzerine araştırma yapmaktı. Araştırmalarının sonucunda, İsa'nın modern takvime göre MÖ 5 yılında doğduğunu tespit etti.

Kepler, Linz'de yaşadığı süre boyunca *Rudolf Cetvelleri*'ni kullanarak hesaplamalar yapmaya devam etti ve iki önemli eser daha yayımladı. Birincisi 1607'de yayımlanan *De harmonice mundi*'dir [Dünyanın Armonisi]. Kepler bu eseri yazarken, Batlamyus'un müzik teorisi üzerine yazdığı *Harmonice* eserinden ilham almıştır. Kepler, söz konusu eseri 1607'de edinmiş ve müzik, geometri, astronomi ve astroloji analizlerinde kullanmıştır. *Harmonice*'in en önemli bölümü, Kepler'in gezegenel hareket yasalarının üçüncüsü olarak bilinen ilişkidir. Kepler bu yasa-yı 15 Mayıs 1618'de keşfetti ve 5. Kitap'ta açıkladı. Yasaya göre, bir gezegenin yörüngedeki dönüş süresinin karesi, gezegenin Güneş'e olan ortalama uzaklığının küpüyle doğru orantılıdır.

Gezegen yörüngelerinin süreleriyle yarıçapları arasında bir ilişki olduğuna dair Pisagor zamanından beri spekülasyonlar yapıldı. Batlamyus'un izinden giderek “göksel armoni teorisinin ispatı için ihtiyaç duyulan” matematiksel kanunu keşfettiğinde son derece heyecanlanan Kepler, mutluluğunu şu sözlerle ifade eder: “Kendilerini tamamen doğayı anlamaya adanmış iki adam (farklı zamanlarda yaşamış olsalar bile) ar-

monik formülasyon konusunda aynı fikirdeydi... Göksel uyumun kutsal manzarası karşısında tarif edilemez bir coşkuyla doluyum.”

Kepler, *Harmonice*'yi İngiltere kralı I. James'e ithaf etti. Kral, cevaben büyükelçisi Sir Henry Wooton'ı göndererek Kepler'i İngiltere'ye yerleşmeye davet etti. Teklifi bir süre düşünen Kepler, İngiltere'ye gitmeme-ye karar verdi.

İngiliz şair John Donne, Kopernik ve Kepler'in eserlerinden muhtemelen Thomas Harriot aracılığıyla haberdar olmuştu. Donne 1611'de Kopernikçilere, “görüşleriniz gerçekten de doğru olabilir... bu düşünceler her insanın aklına yatkındır,” der. Aynı yıl “Dünyanın Anatomisi” eserinde, eski kozmolojinin zamanının geçtiğini belirterek bir ağıt yakar:

Yeni felsefe herkesi şüpheyi düşürdü,
Ve ateş elementi tamamen söndürüldü;
Güneş ve Dünya kayboldu, hiç kimse onları
Nerede arayacağını bilemedi.

Kepler'in Linz'de yazdığı ikinci önemli eseri, 1621'de yayımlanan *Epitome astronomiae Copernicanae*'dir [Kopernik Astronomisinin Özeti]. Toplam yedi kitaptan oluşan *Epitome*'un ilk üç kitabında Kepler, Dünya'nın hareket etmediğini savunan görüşleri çürütür ve Kopernik'ten daha ileri giderek Galileo'nun daha sonra ayrıntılandıracağı ilkeleri kullanır. Kepler'in gezegensel hareket yasaları, ortaya koyduğu Ay teorisiyle birlikte 4. Kitap'ta açıklanır. Son üç kitaptaysa, ilk iki yasanın yanı sıra Ay ve Güneş teorileri ve ekinoksların presesyonuyla ilgili problemlerin çözümü ele alınır. Eser oldukça ilgi gördü ve J. L. Russell'a göre, “1630'dan 1650'ye kadar, *Epitome* Avrupa'da kuramsal astronomi alanında en çok okunan eser oldu.”

1626'da Linz'den ayrılmaya zorlanan Kepler, önce Ulm'e daha sonra 1628'de Žagaň'a yerleşti. Ardından Regensburg'a seyahate çıkan Kepler, iki yıl sonra 15 Kasım 1630'da hummadan öldü. Şu anda kayıp olan mezar taşına kendisine ait şu sözler yazıldı:

Eskiden gökleri ölçerdim, şimdiyse yerin gölgesini ölçüyorum.
Ruhum göklerden gelmiş olsa da bedenimin gölgesi burada yatıyor.

Kepler Ulm'deyken Ekim 1627'de *Rudolf Cetvelleri*'ni yayımlayarak Arşidük II. Ferdinand'a ithaf etti. Kepler bu tarihten on yıl önce, İskoç matematikçi John Napier (1550-1617) tarafından 1614'te yayımlanan logaritma üzerine yazılmış önemli bir eserle karşılaşmıştı. Kepler bu hesaplamaları kullanarak *Rudolf Cetvelleri*'ndeki gezegenlerin konumlarını hesapladı. Kopernik teorisine dayanarak, logaritmik cetvellerin yanı sıra 1000 yıldızın koordinatlarını veren bir listeyi de cetvellere ekledi. Eski cetvellerden çok daha doğru sonuçlar gösteren yeni cetveller yüzyıldan fazla bir süre kullanıldı.

Kepler, oluşturduğu cetvelleri kullanarak Merkür ve Venüs'ün 1631'de Güneş dairesinden çaprazlama geçeceğini tahmin etti. Fakat gece gerçekleşen Venüs geçişi Avrupa'da gözlemlenemedi. Merkür'ün geçişi ise Pierre Gassendi tarafından 7 Kasım 1631'de Paris'te gözlemlendi. Bu, Kepler astronomisinin zaferiydi, zira Batlamyus modeline göre hazırlanan cetvellerdeki 5°'lik hataya karşın, Kepler'in yanılgısı sadece 10 aşsal dakikaydı.

Kepler'in son eseri 1634'te, yani Kepler'in ölümünden sonra yayımlanan *Somnium seu astronomia lunari* [Ay Astronomisi Rüyası] adındaki ilginç bir broşürdür. Bu eser ilk bilimkurgu eseri olarak da tanımlanır. Eserde, Tycho Brahe'nin bir öğrencisinin gizli güçler tarafından Ay'a götürülmesi ve oradan bakarak, Güneş etrafında dönen Dünya ve diğer gezegenleri tasvir etmesi anlatılır.

Kepler'in üç yasası, 17. yüzyılda doğan yeni Güneş-merkezli astronominin temelini atarken yeni astronomi, Newton'un 1687'de yayımlanan *Principia*'sıyla [Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri] zirveye ulaştı. *Principia* Londra'daki Kraliyet Cemiyeti'ne ilk sunulduğunda, "Kepler tarafından ileri sürülen Kopernik teorisinin matematiksel açıklaması olarak" tanımlandı. Astronom Edmond Halley yorumunda, *Principia*'nın 1. Kitap'ında yer alan on bir varsayımın, "Kepler'in bilgeliği ve gayreti sayesinde keşfedildiği üzere, gök cisimlerinin hareketleriyle uyum içinde olduğu görülmektedir," diye yazar.

BÜYÜK TARTIŞMA

Kepler gezegen hareketlerini açıklayarak üne kavuşurken, Galileo hareket bilimiyle ilgili araştırmalarına sessizce devam ediyordu. Fakat Kopernik'in teorisini geliştirme çabalarına ağırlık vermek için hareket bilimi alanındaki araştırmalarına ara vermek zorunda kalan Galileo, Kopernik'in teorisi konusunda bir ihtilafa düştü.

Galileo 15 Şubat 1564'te Pisa'da Floransalı aristokrat bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. Ailesi, 1575'te Floransa'ya geri döndü. Müzisyen ve müzik teorisyeni olan babası Vincenzio Galilei, ahenk ve ahenkle tellerin uzunluğu ve gerginliği arasındaki ilişki üzerine yapılan deneysel araştırmalara dayanarak, 1589'da müziksel uyumun sayısal teorisi üzerine bir eser yayımladı. Galileo'nun matematiksel fizik kanunları üzerine gözlemleri aracılığıyla deney yapmaya duyduğu ilgi, muhtemelen babasının müzik araştırmalarından kaynaklanıyordu.

Zeki, genç bir öğrenci olan Galileo ilk eğitimini özel bir eğitmenen aldıktan sonra Vallombrosa'daki ünlü Santa Maria manastırındaki okula gönderildi. Galileo, 1581'de Pisa Üniversitesi Tıp Fakültesi'ne girerek, burada Francesco Buonamici'den fizik ve astronomi, Girolamo Borro'dan felsefe ve Filippo Fanton'dan matematik dersleri aldı. 1585'te, mezun olmadan Pisa'dan ayrılıp Floransa'ya gitti. Orada Ostilio Ricci'den Öklid ve Arşimet'in eserleri üzerine bağımsız dersler almaya başladı.

Galileo, 1585-1589 arasında matematik alanında Floransa'da aldığı özel derslerin yanı sıra, Siena'da da hem özel dersler verdi hem de kamu okullarında öğretmenlik yaptı.

Galileo ilk bilimsel keşfini 1583'te yaptı: Bir sarkacın salınım süre-

si, en azından küçük açılar için, salınım açısından bağımsızdır. Rivayete göre Galileo bu sonuca bir katedraldeki avizenin sallanmasını gözlemleyerek ulaştı. Üç yıl sonra hidrolik dengeyi keşfeden Galileo, bu buluşunu ilk bilimsel yayını *La balancetta* [Dengecik] eserinde açıkladı. Eserin temelini oluşturan Arşimet ilkesini, katı cisimlerin kütle merkezini belirlemede de kullandı.

Galileo 1589'da Pisa Üniversitesi'ne matematik profesörü olarak atandı ve üniversitede yalnızca üç yıl kaldı. Bu esnada bugün *De motu* [Hareket Üzerine] olarak adlandırılan, fakat o dönem için herhangi bir başlıkla bilinmeyen bir eser yazdı. Yaşamı boyunca da bu eser yayımlanmadı. Eser Aristoteles fiziğinin eleştirisiydi. Örneğin ağır cisimlerin hafif cisimlerden daha hızlı düştüğü önermesine karşı çıkan Galileo'nun, bu tezi çürütmek için eğik duran Pisa Kulesi'nden aşağıya çeşitli cisimler attığı söylenir. Galileo bu görüşün temelsiz olduğunu, bunun yalnızca bir "düşünce deneyinden" ibaret olduğu söyledi.



Galileo Galilei.

Benzer bir deney 1586'da Orange Prensi Maurice'in sarayına matematikçi olarak atanan Flaman mühendis Simon Stevin (1548-1620) tarafından yapılmıştı. Stevin, biri diğerinden on kat daha ağır iki kurşun topu Delft'te bulunan dokuz metre yüksekliğindeki kilise kulesinden aşağıda bulunan tahta bir plakanın üstüne düşecek şekilde atar; çıkan sese bakarak iki topun da yere aynı anda ulaştığını tespit ederek Aristoteles'in teorisini çürütür.

Stevin, hidrostatik ve statik kanunlarını belirleyen ilk bilgidir; her iki alandaki kanunları belirlerken de sürekli hareketin imkansız olduğu varsayımından yola çıkmıştır. Stevin bir sıvının, içinde bulunduğu kabın yalnızca derinliğine bağlı olarak kabın tabanına basınç uyguladığını ve bu basıncın kabın şeklinden ve hacminden bağımsız olduğunu gösterdi. Bu, hidrostatikğin temel yasasıdır. Stevin, Crombie tarafından anlaşılır bir şekilde açıklanan bir ispat sayesinde statikğin en temel kanunu olan kuvvetler dengesini ortaya koydu:

Sürekli hareketin imkansız olduğunu varsayan Stevin, bir üçgen prizma üzerindeki eşit uzunluktaki iplere asılı ağırlıkların neden dengede kaldığını da kanıtladı. Prizmanın tabanı yatay olduğu sürece askıda duran kısım kaldırıldığında, prizmanın üst kısmında herhangi bir hareketin meydana gelmeyeceğini gösteren Stevin buradan yola çıkarak, eğik bir düzlem üzerindeki ağırlıkların, yatay hat boyunca kesilen destekleyici düzlemlerinin uzunluğuyla orantılı olduğunda dengede kalacakları sonucuna ulaştı. Bu sonuç, kuvvetler üçgenini veya kuvvetleri hesaplamadaki paralelkenar yöntemini ifade ediyordu. Stevin daha sonra bu kuralı daha karmaşık makinelere de uyguladı.

Stevin'in temel matematik eseri *De thiende* [Ondalıklar], ilk olarak 1585'te Flemenkçe olarak basıldı. Sonrasında *Decimal Aritmetic* [Ondalık Aritmetik] başlığı ve *Genel Aritmetiğin dört prensibiyle, yani toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleriyle tamsayıların hesaplanmasının öğretilmesi* alt başlığıyla İngilizceye tercüme edildi. Ondalık kesirler antik dönemden beri kullanılıyordu, fakat Stevin'in kitabı yayımlanmadan önce yaygın olarak bilinmiyordu. Stevin ondalık kesirlerin o kadar yararlı ol-

duğuna inanıyordu ki, ondalık sisteminin madeni para, ağırlık ve ölçümler için evrensel temel olmasının an meselesi olduğunu düşünüyordu.

Diğer eserleri arasında müzik teorisi üzerine 1585'te yayımlanan öncü bir eser de bulunmaktadır. Bu eseri yazarken Galileo'nun babası Vincenzo Galilei'nin eserlerinden ilham aldığı açıktır. Buna karşın, Galileo da Stevin'in eserlerinden etkilenmiştir. Buradaki döngüye bakarak Rönesans sürecinde bilimin nasıl geliştiği hakkında daha fazla fikir sahibi olabiliriz.

Stevin aynı zamanda optik, astronomi ve coğrafya gibi farklı bilimsel alanlarda da eserler üretti. Bu eserlerden bazıları Hollandalı astronom ve matematikçi Willebrord Snellius (1580-1626) tarafından Latinceye tercüme edildi. Snellius, Leiden Üniversitesi'nde matematik profesörüydü. 1617'de *Eratosthenes Batavus*'u [Hollandalı Eratosthenes] yayımladı. Snellius, eserinde Eratosthenes'in birbirine 1 enlem uzaklıktaki iki kent arasındaki mesafeyi ölçerek dünyanın çevresini, günümüz değerlerine göre yüzde üçlük bir hatayla nasıl bulduğunu açıkladı. Snellius sinüs fonksiyonunu kullanarak kırılma yasasını matematiksel olarak formüle eden ilk kişidir. Bu keşfi 1621'de gerçekleştiren Snellius, bunu hiçbir zaman yayımlamadı. Bu keşfi muhtemelen Stevin'in optik üzerine yazdığı eseri tercüme etmesi sayesinde gerçekleştirmişti.

Snellius'un, Leiden Üniversitesi'nde ders verdiği en seçkin öğrenci, Hollandalı bilim insanı ve filozof Isaac Beeckman'dı (1588-1637). Dordrecht'teki Latin Okulunun rektörlüğünü yapan ve *Günlükler*'indeki kayıtlara bakılırsa, orada doğal olayları araştıran bir *Teknik Cemiyeti* kuran Beeckman, o dönem -1620'den önce- Orange Prensi Maurice'in sarayında matematikçi olan Simon Stevin'le arkadaş oldu. Beeckman o dönem Prens Maurice'in ordusunda genç bir asker ve aynı zamanda saygın bir matematikçi olan René Descartes'la (1596-1650) da arkadaş oldu. Descartes, daha sonra inkar etse de, başlangıçta Beeckman'ın hareket üzerine görüşlerinden hayli etkilendi. Beeckman'dan etkilenen diğer bilginler arasında Marin Mersenne (1588-1648) ve Gassendi de (1592-1655) yer almaktadır. Her ikisi de 17. yüzyıl Bilimsel Devrimi'nin önemli şahsiyetleriydi.

Galileo, *Demotu*'yu muhtemelen öğretmeni Francesco Buonamici'nin aynı başlıklı eserine karşı yazdı. Mario Hielbing'in ifade ettiği üzere,

Galileo'yu hareket bilimiyle ilk tanıştıran kişi Francesco Buonamici'ydi:

Muhtemelen Galileo'yu Demokritus'un atomculuğuyla, Philoponus'un Aristoteles'e yönelttiği eleştirilerle, Kopernik'in astronomide yaptığı yeniliklerle, Arşimet'le ve yukarı doğru gerçekleşen hareketi açıklayan kaldırma kuvveti ilkesiyle, Hipparkhos'un impetus teorisiyle, Collegio Romano'daki Clavius ve Benedetto Pereira'nın eserleriyle, yani *De motu*'da adı geçen bütün bilginlerle tanıştıran kişi Buonamici'ydi.

Her ne kadar Galileo, Buonamici'nin Aristotelesçi birçok görüşünü reddetse de, öğretmeninden derinden etkilendi ve Helberg'in bildirdiği üzere, onunla özellikle iki konuda aynı fikirdeydi.

Birincisi, hareket teorilerinde uyguladıkları genel metodolojidir. Her ikisi de yaptıkları bilimi aksiyomatik bir temele dayandırma da bir *methodus* (yöntem) kullanıyordu. Bu yöntemde matematikçilerin uslamlama yöntemini taklit ediyorlardı. Her ikisi de duyuşsal deneyimlerin doğa biliminin temelini oluşturduğunu düşünüyor ve duyuşsal deneyimi, o dönemde Pisa'da uygulanan ilkel deney biçimlerini de içerecek genişlikte ele alıyorlardı. Ayrıca ikisi de nedensel uslamlama ve açıklamayı, iki aşamalı çözüm ve oluşum süreciyle birlikte bilimsel sonuçlara götüren olağan yol olarak görüyordu. Uzlaştıkları ikinci ve en önemli konuyla, her ikisinin gerek başlı başına bir bilim olarak gerekse doğanın sırlarını araştırmada yardımcı bilim olarak matematiğe dayanmalarıydı.

Galileo Pisa'da ders verirken, Aristoteles'in hareketle ilgili düşüncelerini acımasızca eleştiren Battista Benedetti'den (1530-1590) etkilendi. Reddettiği Aristotelesçi görüşlerden biri, ağır cisimlerin hafif cisimlerden daha hızlı düştüğü varsayımdır. Galileo, Crombie tarafından özetlendiği üzere bu varsayımı bir "düşünce deneyi" olarak nitelendirmiş ve reddetmiştir. Crombie, Galileo'nun bu açıklamasından yola çıkarak ulaştığı sonuçtaki hatayı da şöyle açıklar:

Galileo aynı maddeden yapılmış aynı ağırlığa sahip bir dizi cismi yan yana dizerek, öncelikle birbirine bağlı sonra birbirinden ayrı yukarıdan aşağıya düşmelerini inceledi ve birbirleriyle bağlı olmalarının hızda bir değişikliğe yol açmadığı sonucuna vardı. Dolayısıyla bütün bu grupla aynı ağırlıktaki bir cisim, gruptaki her bir bileşenle aynı hızda düşer. Sonuç olarak, aynı maddeden yapılmış (veya “doğası aynı olan”) bütün cisimlerin, büyüklükleri ne olursa olsun aynı hızda düşeceğine kanaat getirdi. Fakat eşit hacimde olup farklı maddeden yapılmış cisimlerin hızlarının, ağırlıklarıyla orantılı olacağını ileri sürmekle yanlışlığa düştü.

Crombie, Benedetti'nin ileri sürdüğü diğer üç görüşü de inceler. Bu görüşlerden ikisi esas olarak Yunanlara, üçüncüsüyse Leonardo da Vinci'ye aittir:

Arşimet'ten ilham alan Benedetti bir maddenin ağırlığının, ortamın nisbi yoğunluğuyla orantılı olduğunu düşünüyordu. Sonrasında hızın boşlukta sonsuz olamayacağını ispatlamak için, Philoponus'un argümanını kullandı. Benedetti aynı zamanda fırlatılan bir cisimdeki doğal çekimin, uçuş *impetusuyla* tamamen ortadan kaldırılamayacağını savundu ve Leonardo'nun izinden giderek *impetusun* yalnızca doğrusal bir hat üzerindeki harekete neden olacağını ileri sürdü. Benedetti'ye göre, cisim bu doğrusal hat üzerinden ancak bir ipten “merkeze doğru giden” bir güce benzeyen bir kuvvet aracılığıyla saptırılabilir. Bu kuvvet, dairesel biçimde savrulan ipin belirli bir tanjantta fırlayıp gitmesini engeller.

Galileo, *De motu*'da merkezde toprak, üzerinde sırasıyla su, hava ve ateşin olduğu bir düzende cisimlerin doğal yerlerine doğru alçalıp yükseldiğini ileri süren Aristotelesçi teoriyi reddetti. Bunun yerine bir cismin, hareket ettiği ortamın yoğunluğuyla kendi sahip olduğu yoğunluk arasındaki ilişkiye bağlı olarak aşağı veya yukarı doğru hareket ettiğini savundu. Böylelikle bu olguların denge problemleri olarak görülmesi gerektiğini ileri sürdü ve *De motu*'nun dokuzuncu bölümünün başlığında, “Yukarıdaki açıklamaların tümü fizik bağlamında düşünülmüş ve doğal

biçimlerde hareket eden cisimler, denge halindeki ağırlıklara indirgenmiştir,” diye belirtip, bu yöntemi Arşimet’e borçlu olduğunu ifade etti. Galileo, eşit kollu bir dengenin uçlarından birine *e* diğerine *o* ağırlıklarının asıldığını varsayarak şunları yazdı:

Burada *e* ağırlığıyla ilgili üç olasılık vardır: hareketsiz olabilir, yukarı doğru ya da aşağı doğru hareket ediyor olabilir. Eğer burada *e*, *o*’dan daha ağırsa, *e* aşağıya doğru hareket edecektir; eğer *e* daha hafifse, yukarıya doğru hareket edecektir. Fakat bunun nedeni *e*’nin ağırlığa sahip olmaması değil, *o*’nun ağırlığının daha fazla olmasıdır. Buradan yola çıkılırsa, denge durumunda bir ağırlığa bağlı olarak yukarı veya aşağı doğru bir hareket oluşabilir, ancak bu hareket biraz farklı bir biçimde gerçekleşir. Söz gelimi, *e* ağırlığının yukarı doğru hareket etmesi *o*’nun ağırlığına bağlıyken, *e*’nin aşağı hareket etmesi kendi ağırlığından kaynaklanır. Fakat eğer *e*’nin ağırlığı *o*’ya eşitse, *e* ne aşağı ne de yukarı doğru hareket eder.

Galileo, yüzer cisimlerin hareketi dahil olmak üzere bütün hareket problemlerinin çözümü için kullanılan yöntemin, bir Arşimet dengesinde duran ağırlıkların hareketine indirgenebileceğini ileri sürdü. Ayrıca manivela, eğik düzlem ve sarkaç gibi basit makinelerin de denge problemlerine indirgenebileceğini gösterdi; serbest düşüşü de yüzer cisimlerin bir hali veya herhangi bir tarafında ağırlık olmayan denge durumu olarak yorumladı.

Galileo 1592’de Padova Üniversitesi matematik kürsüsüne atandı ve burada on sekiz yıl boyunca ders verdi. Padova’da bulunduğu süre içinde, Marina adında Venedikli bir kadınla yaşamaya başladı. Çift, Virginia ve Livia adlarında iki kız ve Vincenzo adında bir erkek çocuk sahibi oldu. Kızlar erken yaşlarda rahibe manastırına gönderildi, oğlunun velayetini de ancak sonraki yıllarda onayladı.

Galileo Padova’da yaşadığı dönemde öğrencilerin yararlanması için pek çok eser yazdı. Bu eserlerden biri 1634’te *Le meccaniche* [Mekanik] adıyla Fransızca olarak yayımlandı. Eğik düzlemler üzerindeki hareket ve dengeyi ele alan eser, Galileo’nun *De motu*’da ileri sürdüğü görüşleri

daha da geliştirdi. Galileo, ölçülemeyecek kadar küçük bir kuvvetin dengeyi bozmaya yeteceğini söyleyerek, statikle dinamik arasındaki boşluğu dolduracak bir köprü oluşturdu.

Galileo, *Le mecchanice*'de, çekim merkezi düşüncesini basit araçlara uyguladı. Bu bağlamda, "dolayısıyla *momentum*, bu eğime yol açabilecek ağırlık, konum ve başka şeylerden oluşan, aşağı doğru ilerleyen im-petustur," der. Burada yararlandığı model, tek kollu bir denge veya kaldıraktır ve momentum ise genelleştirilmiş bir kuvvettir. Bir denge olayında momentum, ağırlığın hareket doğrultusuyla dayanak noktası arasındaki mesafenin ağırlıkla çarpımına eşittir. Buna karşılık, eğik bir düzlemde hareket eden bir cisimde momentum, düzlemin eğim açısına bağlıdır. Galileo, bu modeli kullanarak kaldırak ve diğer makineleri açıkladıktan sonra, nihayetinde Arşimetçi geleneği izleyerek çarpışma kuvvetini açıklamaya girişir. Bütün kariyeri boyunca bu modeli kullanan Galileo, son iki büyük eserinde de bu modelden yararlanır: *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog* ve *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar*.

Mayıs 1597'de, Galileo Pisa'daki eski bir meslektaşına Kopernikçi teoriyi savunan bir mektup yazdı. Üç ay sonra *Mysterium cosmographicum* adlı eserin eline geçmesi üzerine de Kepler'le yazışmaya başladı.

Galileo aşağı yukarı aynı dönemde, geometrik ve askeri pusula olarak adlandırdığı ve daha sonra sektör olarak adlandırılacak matematiksel bir alet üretti. Oldukça işlevsel bu alet, bir ölçekli cetvel olarak da iş görüyordu. Hem bu aleti hem de başka aletleri yapıp satmak için kendi atölyesinde çalıştırmak üzere yetenekli bir zanaatkar tuttu. Galileo ilk eserini 1606'da yayımladı. Pusula kullanıcılarına bir kılavuz niteliğindeki bu kitapçığı, özel dersler verdiği genç prens Cosimo de' Medici'ye ithaf etti.

Galileo 1604'te, arkadaşı Paolo Sarpi'ye yazdığı mektupta belirli bir aksiyom kullanarak, düşen bir cismin kat ettiği mesafenin, zamanın karesiyle orantılı olduğunu ispatladığını söyledi. Günümüzde kinematik kanunu olarak ifade edilen bu yasa $s = \frac{1}{2}at^2$ şeklinde ifade edilir. Burada, s mesafeyi, a ivmeyi, t ise zamanı simgeler. Benimsediği aksiyomsa, durağanken düşmeye başlayan bir cismin anlık hızının, yani sürecin belirli bir noktasındaki hızının, kat edilen mesafeyle orantılı olduğunu ifade eder; fakat doğru bir aksiyom değildir. İvmenin mesafeyle değil, zamanla orantılı olduğu gerçeği ilk olarak İspanyol Dominiken keşiş Domingo

de Soto (1494-1560) tarafından açık bir şekilde ifade edilmiştir. Dolayısıyla Galileo'nun, yerçekimi sayesinde hareket eden bir cismin kat ettiği mesafeyi bir zaman fonksiyonu olarak ele alan doğru çıkarsaması temelde yanlış bir varsayıma dayanır. Galileo bu yanlışını, muhtemelen yaptığı bir deney sonrasında düzeltti. Crombie konuyla ilgili şöyle der:

1609'a gelindiğinde Galileo büyük ihtimalle hatasını fark etmiş ve ivme kanunuyla mesafe teoremini doğru bir şekilde formüle etmişti, fakat bunları yalnızca 1632'de yayımladığı *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog*'da ortaya koydu. Bu kanunu, 1604 gibi erken bir tarihte, eğik bir düzlem üzerinde bronz bir top yuvarlayarak yaptığı deneyinde test etmiş olması mümkündür. Söz konusu deney, *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar* (1638) adlı eserde matematiksel açıklamalarıyla birlikte anlatıldı. Doğru bir saatin olmadığı bir durumda zaman aralıklarının eşitliğini, küçük bir delikten bir kovaya akıtılan suların ağırlığının eşit olmasıyla tespit etti. Galileo kaynaktaki suyun azalmasının etkisini yok etmek için, delikten geçen suya kıyasla büyük miktarda su kullandı. Deneyi, kendi tanımladığı serbest düşüş kanununu doğruladı ve Galileo buradan yola çıkarak başka teoremler de geliştirdi.

1609, teleskopun icat edildiğini öğrenen Galileo'nun kariyerinde bir dönüm noktasıdır. Derhal kendisi için bir teleskop yapan Galileo, otuz kez büyütme gücüne sahip gelişmiş bir model ortaya çıkardı. Ertesi yıl, gözlemlerini Toskana Büyük Dükü Cosimo de' Medici'ye ithaf ettiği *Siderius nuncius* [Yıldız Habercisi] adlı eserinde anlattı.

Galileo, ıthaftan sonra kitabın kısa bir özetini verir. Özetin İngilizce tercümesi şöyledir: "ASTRONOMİ HABERCİSİ - Ay, Samanyolu, bu lutsu yıldızlar, sayısız sabit yıldız, daha önce hiç gözlemlenmemiş dört yıldız ve günümüzde Medici Yıldızları olarak adlandırılan gök cisimleri üzerine yakın zamanda yeni teleskop yardımıyla gerçekleştirilmiş gözlemleri içerir ve açıklar."

"Medici Yıldızları" aslında Galileo'nun teleskop aracılığıyla keşfettiği Jüpiter'in dört ana uydusudur. Galileo bunları "gezegen" olarak tanımladı çünkü tıpkı diğer gezegenlerin Güneş etrafında dönmesi gibi bu ge-

zegenler de Jüpiter'in etrafında dönüyordu. Galileo, Kopernik sistemini benimsediğini ilk defa aleni olarak bu eserin ithaf kısmında belirtmiştir:

Dört yıldız sizin ünlü isminizi taşıyacaktır; bu gökcisimleri, çok sayıdaki sabit yıldız grubunun değil, parlak gezegenler silsilesinin bir parçasıdır. Asil Jüpiter'in öz evlatları misali etrafında dönen bu gezegenler dönüşlerini olağanüstü bir hızla tamamlarken, aynı zamanda evrenin merkezi olan Güneş etrafındaki ahenkli dönüşlerini de on iki yılda tamamlarlar.

Galileo, kitaba Ay'la ilgili sistematik gözlemini anlatmakla başlar ve resimlediği Ay'ı geometrik diyagramlarla çok ayrıntılı bir biçimde anlatır. Ay'la ilgili ilk gözlemini şöyle anlatır: "Yeniayın dördüncü veya beşinci gününde, yani ay parlak bir boynuz şeklinde görüldüğünde, Ay'ın karanlık bölümünü aydınlık bölümünden ayıran sınır, tam bir kürede olacağı gibi muntazam bir oval çizgi şeklinde değil, aksine pürüzlü ve hayli dalgalı bir çizgi şeklindedir."

Galileo'ya göre, "Ay'ın yüzeyi düz değildir ve birçok filozofun da inandığı gibi (ve diğer gökcisimleri) kusursuz bir küre şeklindedir, fakat tıpkı Dünya'nın yüzeyi gibi pürüzlü, girinti ve çıkıntılarla dolu, dağ ve derin vadi zincirlerinin oluşturduğu kabartılarla kaplıdır."

Galileo daha sonra gezegen ve yıldızlarla ilgili araştırmalarını yazarak, teleskopu sayesinde gezegenleri büyütülmüş haliyle gözlemlediğini, gezegenlerin tıpkı birer küçük Ay misali parlak küreler olarak görünürken, sabit yıldızların hâlâ göz kamaştırıcı ışıklar şeklinde görüldüğünü, fakat çıplak gözle yapılan gözleme kıyasla daha parlak olduklarını anlatır:

Dikkat edilmesi gereken bir başka konu da gezegenlerle sabit yıldızların görünümü arasındaki farktır. Gezegen küreleri muntazam yuvarlaklıkta ve sınırları keskin biçimde belirgindir ve tıpkı küçük aylar gibi küre şeklinde ve ışıkla kaplıdır; sabit yıldızlar sa dairesel bir çerçeveye sınırlanmış gibi görünmezler, aksine etrafına titreşen parlak ışınlar ve büyük kıvılcımlar saçan bir görünüme sahiptir. Teleskopla elde edilen görüntü, çıplak gözle elde

edilen görüntüyle aynıdır, fakat beş veya altı magnitüd büyüklüğündeki bir yıldız, bütün sabit yıldızların en büyüğü olan [aslında en büyüğü değildir ama en parlağıdır] Köpek Yıldızı büyüklüğünde görünür.

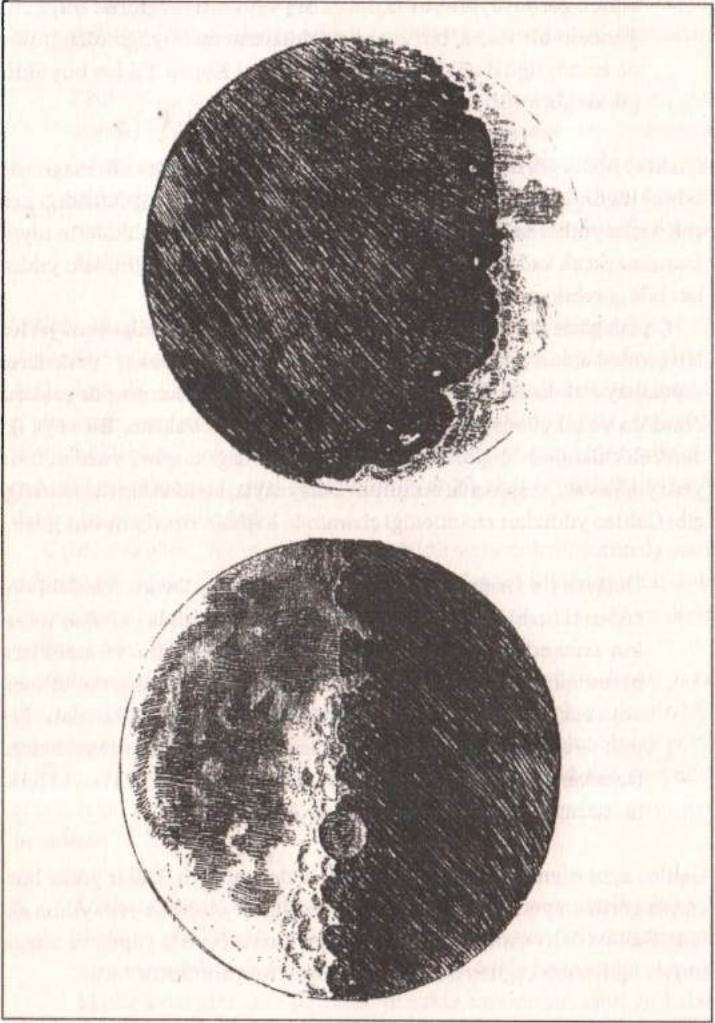
Galileo, çıplak gözle görülebilen yıldızların en soluğu olan altı magnitüd büyüklüğündeki yıldızları görmenin yanı sıra, “gözün algılamadığı pek çok başka yıldız da teleskop aracılığıyla gözlemledi; bu yıldızların sayısı inanılmayacak kadar çoktu. İnsan 1-6 magnitüd büyüklüğündeki yıldızları bile görebiliyordu.”

Çıplak gözle görülen bilinen yıldızlarla birlikte, gözlediği yeni yıldızları çizmek amacıyla Orion takımyıldızını gözlemledi. Fakat “yıldızların sayılamayacak kadar fazla ve zamanın sınırlı olması karşısında şaşkına döndüm ve bu yüzden de konuyu başka zamana bıraktım. Bir veya iki derecelik alanda bildiğimiz yıldızların arasına dağılmış beş yüzden fazla yeni yıldız var,” tespitinde bulundu. Dolayısıyla, kendisinin de belirttiği gibi Galileo yıldızları resimlediği çiziminde kapsam sınırlamasına gitti:

Dolayısıyla Orion Kuşağı’ndaki üç yıldız ve Sword içindeki önceden bilinen altı yıldız, bu yıldızların yakınında yer alan ve yakın zamanda keşfedilen seksen yıldız daha ekledim ve aralıklarını mümkün olan en kesin biçimde tespit etmeye çalıştım. Bilinen veya eski yıldızları ayırt etmek için söz konusu yıldızları daha büyük ve ana hatlarını iki kez çizerken, diğer (görünmez) yıldızları, fazladan çizgi koymaksızın daha küçük çizdim. Ayrıca boyut farklılıklarını mümkün olduğunca korudum.

Galileo aynı işlemi Ülker yıldız kümesine de uyguladı. Ülker yıldız burcunda görünen yedi yıldız ek olarak, çiziminde otuz altı yeni yıldız ekledi. Galileo daha sonra dikkatini Samanyolu’na çevirip yapısı ve oluşumuyla ilgili antik çağdan beri sorulan soruların yanıtlarını verdi:

Teleskopun yardımıyla Samanyolu da o kadar açık ve kesin bir biçimde incelendi ki, asırlar boyunca filozofları meşgul eden bütün ihtilaflar çözüldü ve sonunda bu konuyla ilgili uzayıp giden



Ayn yüzeyi;Galileo'nun Sidereus nuncius adlı eserinden.

tartışmalardan kurtulduk. Galaksi esasen kümeler halinde gruplanmış sayısız yıldız kümesinden başka bir şey değildir. Teleskop Samanyolu'nun hangi tarafına çevrilirse çevrilsin sayısız yıldızla dolu olduğu görülür. Birçoğu daha büyük ve daha parlak olsa da küçük yıldızları saymak mümkün bile değildir.

Samanyolu'nun yanı sıra Galileo geçmişte "nebula"(bulutsu) olarak adlandırılan diğer gök "bulutlarını" da gözlemledi ve bunların daha önce görünmeyen yıldız kümeleri olduğunu keşfetti. Bu yıldız kümelerinden ikisine, yani Orion ile Yengeç takımyıldızında yer alan Praesepe (Arıkovanı) yıldız kümelerine de çizdiği şemada yer verdi.

Galileo mevcut teleskopunun daha gelişmiş bir modelini üretti ve 7 Ocak 1610'da, başlangıçta Jüpiter'e yakın küçük yıldızlar olduklarını tahmin ettiği ve Jüpiter'le aynı hizada bulunan, doğu tarafında iki ve batı tarafında bir tane olmak üzere bazı yıldızlar keşfetti. Ertesi gece, "yıldızcık" olarak adlandırdığı bu yıldızların tümünün Jüpiter'in batısında olduğunu, düz bir hat üzerinde eşit aralıklarla dizilmiş olduklarını tespit etti. Müteakip gecelerde yapılan gözlemler, yıldızcıkların aynı düz hat üzerindeki konumlarını korumalarına karşın birbirlerine ve Jüpiter'e göre yönlerinin değiştiğini gösterdi. 10 Ocak gecesi bu yıldızcıklardan yalnızca ikisi görüldü. Her ikisi de Jüpiter'in doğusundaydı. Galileo, üçüncü yıldızın Jüpiter'in arkasında kaldığı için görünmediğini düşünüyordu. 13 Ocak'ta ilk defa yıldızcık sayısının dört olduğunu gördü. Biri doğuda diğerleri batıdaydı. Batıda yer alan üç yıldızcıktan ortada olanı diğer yıldızcıkların hafif kuzeyinde görünüyordu. Nihayetinde bu dört yıldızcığın aslında Jüpiter'in uyduları olduğu sonucuna vardı. Tıpkı Güneş'in etrafındaki gezegenlerde olduğu gibi Jüpiter'e yakın olan yıldızcıklar uzak olanlardan daha hızlı dönüyordu. Sonuç olarak Galileo, bu durumu Kopernik sistemine uygun nihai bir tez olarak ileri sürdü:

Böylelikle, Kopernik sistemine uygun olarak, gezegenlerin Güneş'in etrafında döndüğünü sükunetle kabul edip Ay'ın yalnızca Dünya'nın etrafında döndüğü ve onun Güneş etrafındaki yıllık dönüşüne eşlik ettiği görüşünden rahatsız olanların şüphelerini ortadan kaldırmak için berrak ve mükemmel bir kanıt elde et-

tik. Bazıları evrenle ilgili bu görüşün imkansız olduğu için reddedilmesi gerektiğine inanıyor. Fakat artık elimizde başka bir gezegen etrafında dönen ve onunla birlikte Güneş etrafındaki daha büyük yörüngede dönen gezegenlerden yalnızca bir adet yok; Ay'ın Dünya'nın etrafında dönmesi gibi Jüpiter'in etrafında da dört tane yıldızın döndüğünü ve bunların hep birlikte Güneş etrafında on iki yıl süren bir dönüş gerçekleştirdiğini kendi gözlerimle gördüm.

Galileo'nun keşifleriyle ilgili haberler Avrupa'ya ve dünyanın pek çok bölgesine yayıldı ve Galileo bilim çevrelerinin de ötesine geçen büyük bir ün kazandı. *Siderius nuncius*'un ilk kez yayımlanmasından sadece beş yıl sonra, Galileo'nun keşiflerinin bir özeti Cizvit bir misyoner tarafından Pekin'de Çince olarak yayımlandı. Böylelikle yeni astronomi ilk defa Doğu'ya açılmış oldu.

Cosimo de' Medici, Galileo'yu sarayının filozofuyaptı ve Pisa Üniversitesi'nde matematik kürsüsüne atadı. Galileo'nun Pisa Üniversitesi'nde ders verme veya kentte oturma zorunluluğu yoktu, dolayısıyla görevlendirmelerden sonra Eylül 1610'da kentten ayrılarak Floransa'ya yerleşti.

Galileo bu esnada teleskopuyla iki önemli keşif daha yaptı. Birincisi Satürn'ün bir çift ekvatorial yumruya sahip tuhaf şekliyle ilgiliydi. Bunlar aslında Satürn'ün meşhur halkalarıydı, fakat Galileo'nun ilkel teleskopu bu durumu çözmeye olanak vermedi. Dolayısıyla Galileo bu yumruları gezegene yakın sabit yörüngelerde yer alan iki küçük uydu sandı. İkinci keşfi, Venüs'ün Ay'ınkilere benzer evrelerden oluşan bir döngüde dönmesiydi. Venüs'ün Ay'dan tek farkı, Dünya'dan uzaklaştıkça büyüklüğünün değişmesiydi. Galileo bu olayın, Venüs'ün Dünya'nın etrafında değil Güneş'in etrafındaki yörüngede dönmesinden kaynaklandığını gösterdi. Galileo, bu keşifleri Kopernik teorisini destekleyen kanıtlar olarak Kepler'e ve Roma'daki Cizvit astronomlara bildirdi.

1610'un sonlarında Galileo, Roma Koleji'nin başmatematikçisi seçkin Cizvit astronom Peder Christopher Clavius'tan bir tebrik mektubu aldı. Clavius mektubunda Roma'daki astronomların yeni sabit yıldızların ve Jüpiter'in uydularının keşfini onayladığını yazdı. Bu mektuptan cesaret alan Galileo, bir çağdaşının tabiriyle zafer turuna çıkmak üzere Roma'yı ziyaret etti. Roma'dagerek soylular gerekse kilisenin ileri gelen-

leri tarafından memnuniyetle karşılanan Galileo, Papa V. Paulus'la son derece dostane bir görüşme yaptı.

Galileo, Roma'da kaldığı süre içerisinde, 1603'te Montecelli Markisi Federico Cesi tarafından kurulan Accademia dei Lincei'ye [Vaşaklar Akademisi] üye seçildi. Bu akademi, Avrupa cemiyetlerinin felsefe ve bilimdeki ilk uzmanlaşmasıydı ve Bilimsel Devrim'de önemli bir rol oynadı. Avrupa Bilimsel Devrimi'nde rol oynayan en bilinen cemiyetler Accademia Cimento (1657-1667), ilk toplantısını 1662'de yapan Londra Kraliyet Cemiyeti ve ilk toplantılarını 1666'da gerçekleştiren Académie Royale des Sciences'tir.

Roma Koleji'nin müdürü Kardinal Robert Bellarmine, fakültedeki matematikçi bilginlerden Galileo'nun keşiflerini değerlendirmelerini istedi. Matematikçiler, Galileo'nun keşiflerini doğruladığında, Clavius ve meslektaşları Galileo'yu kolejde bir gün boyunca süren törenlerle karşılayarak ağırladı. Bilginlerden biri, Galileo'yu ve kitabını takdir eden bir söylev de verdi.

Fakat Galileo'nun biyografisini yazan Stillman Drake'in belirttiği üzere, "Galileo'nun Roma'dan ayrılıp Floransa'ya döndüğü dönemde, Bellarmine ve altı kardinalinin talimatıyla Padova'daki Engizisyon Mahkemesinin başkanına gizlice bir mektup gönderilir. Mektupta şu kaygı verici sözler yer alır: 'Dr. Cesare Cremonino'ya karşı yürütülen soruşturmada Galileo'nun isminin geçip geçmediğine bakınız.'" Padova Üniversitesi Felsefe Bölümü Başkanı Cremonino, görüş farklılıklarına rağmen Galileo'nun iyi bir arkadaşıydı. Engizisyon uzun süredir Cremonino'nun sapkın görüşlere sahip olduğundan kuşkulanıyordu fakat Cremonino hiçbir zaman mahkemeye çıkarılamadı çünkü sürekli Venedik bölgesinde kaldı.

Roma'daki Cizvit astronomların onayına rağmen, üniversitelerdeki tutucu Aristotelesçiler, Galileo'nun keşiflerine kuşkuyla bakmaya devam ettiler. Galileo'nun Pisa ve Padova'da olduğu dönemde bu üniversitelerde felsefe dersleri veren Giulio Libri, teleskopla gökyüzünü gözlemlemeyi bile reddetti. Libri 1610'da öldüğünde Galileo, Libri'nin hayatayken gökcisimlerini teleskopla gözlemlemeyi reddettiğini, fakat artık cennete giderken onları kendi gözleriyle görebileceğini söyler.

Galileo, 1609'da hidrostatik üzerine daha önce yaptığı araştırmaları-

na yeniden başladı ve üç yıl sonra *Discorso intorno alle cose che stanno in sù l' acqua* [Yüzer Cisimler Üzerine Tezler] adlı İtalyanca bir eser yayımladı. Eserde, Stillman Drake'nin de belirttiği üzere, "momentum düşüncesini ve edimsiz hız prensibini kullanan Galileo salt hidrostatik konuların ötesine geçecek şekilde Arşimet'in araştırmalarının kapsamını genişletti." Bu çalışmalar Galileo'nun hidrostatik alanında daha önce yaptığı araştırmaların devamı ve genişletilmesi idi. Galileo'nun hidrostatik araştırmalarına geri dönmesinin nedeni kısmen, Kopernik teorisini savunduğu için kendisini şiddetle eleştiren Aristotelesçi bir grubun lideri Lodovico delle Colombe'yle yüzer cisimler üzerine yaptığı tartışmaydı.

Bu arada Galileo, Peder Christopher Scheiner adlı Alman bir astronomaya ait bir eser üzerine yürütülen bir başka tartışmaya müdahil olmuştu. Ingolstadt Üniversitesi'nde Cizvit bir profesör olan Scheiner, Güneş'in üzerinde lekeler gözlemlemişti. Scheiner'nın amirleri, bulgularını kendi adıyla yayımlamasını yasakladı. Bu yüzden de Scheiner bulgularını mektup yoluyla Augsburglu zengin tüccar arkadaşı Mark Welser'e gönderdi. Welser, Scheiner'nın ismini gizleyip, "Apelles" adlı kişiden geldiğini belirttiği mektupları, daha önce Ay'daki dağlar üzerine yazışmalar yaptığı Galileo'ya göndererek bu bulgularla ilgili görüşlerini sordu. Galileo, söz konusu mektuba ardı ardına gönderdiği üç mektupla yanıt verdi. Mektupları İtalyanca olarak kaleme aldı çünkü Welser de kendisine İtalyanca yazmıştı. Scheiner, Galileo'nun ilk mektubunu Almancaya tercüme ettikten sonra Galileo'ya *Güneş Lekeleri ve Jüpiter'in Etrafında Dönen Yıldızlar Üzerine Daha Doğru Bir Tartışma* adıyla bir yanıt yazdı. Galileo bu mektuba üçüncü mektubunda yanıt verdi. Scheiner'nın güneş lekeleri üzerine gerçekleştirdiği ilk kayıtlı gözlem 23 Ekim 1611 tarihlidir. Galileo'ysa güneş lekelerinden ilk olarak Ekim 1621'de yazdığı bir mektupta bahseder. Galileo mektupta güneş lekelerini on sekiz ay önce gözlemlediğini ve bunu Roma'dayken başkalarına söylediğini belirtir. Öyle görünüyor ki Galileo, İngiliz Thomas Harriot'ın güneş lekeleriyle ilgili gözlemini açıkladığından ve aynı şekilde Alman Johannes Fabricius'ün güneş lekelerini keşfederek 1611 yazında yayımladığı bir broşürde kamuoyuyla paylaştığından habersizdi.

Galileo her üç mektubunda da leke gibi görünen cisimlerin gerçekte Güneş'e yakın yörüngelerde dönen gezegenler olduğunu ortaya koyan

ayrıntılı kanıtlar sunarak, Scheiner'nın teorisine muhalefet etti. Olgunun son derece kapsamlı bir açıklamasını yaptıktan sonra, kendi (doğru) önermesini ileri sürdü. Galileo'ya göre bu lekeler, Güneş'in akışkan yüzeyinin bir parçasıydı ve Güneş küresinin geri kalan kısmıyla birlikte Güneş'in eksenini etrafında dönüyordu.

Galileo ilk mektubunda Jüpiter'in uydularının kapsamlı bir açıklamasıyla birlikte iki yeni keşfinden, yani Venüs'ün evreleri ve Satürn'ün halkasında yer alan küçük uydular olduğunu düşündüğü yumrulardan da bahseder. Üçüncü mektubunda bu keşifleri Kopernik teorisinin kanıtları olarak ortaya koyarak bunların yakın zamanda evrensel olarak kabul edileceğini öngörür. Satürn üzerindeki yumrulardan bahsederken şöyle yazar: "1614'ün kış gündönümünden sonra bir kez daha gözlemlenebileceğine inanıyorum. Ve belki bu gezegen de en az boynuzlu Venüs kadar Kopernik sistemiyle uyumludur. Kopernik sisteminin evrensel açıklamasından yana esen hayırlı rüzgarların, bulutlardan ve ters rüzgarlardan korkmaya mahal bırakmayacak kadar bize doğru estiği görülmektedir."

İkinci mektup, Galileo'nun eylemsizlik ilkesini ilk kez yazılı olarak ifade ettiği metindir. Eylemsizlik teorisine göre, bir cisim herhangi bir kuvvet tarafından harekete geçirilmedikçe bulunduğu konumu, yani istikrarlı biçimde doğrusal olarak hareket etme veya durma durumunu korur. Galileo bu ilkeyi, güneş yüzeyindeki lekelerin dönüşünü ele alırken açıklar: "Fiziksel cisimlerin bazı hareketlere fiziksel yönelim gösterdiğini (ağır cisimlerin aşağı doğru hareket etme eğiliminde olması gibi) gözlemledim. Cisim herhangi bir dış engelle karşılaşmadığı sürece, cisimlerin sahip olduğu içsel özelliğe bağlı olarak, herhangi bir dış kuvvete ihtiyaç duymaksızın hareket eder."

Galileo'nun Welser'la konu üzerine yazışmalarını içeren *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti* [Güneş Lekeleri Üzerine Mektuplar], 1613'te Roma'da Vaşaklar Akademisi'nin himayesinde yayımlandı. Mektuplar İtalyanca olduğundan, Stellan Drake'in de belirttiği üzere, "Mektuplar, Dünya'nın hareketi sorununu İtalya'da İtalyanca okuyabilen herkesin dikkatine sundu."

Galileo aynı zamanda genel kabul gören Aristoteles kozmolojisine karşı Kopernikçi tezlerin güçlenmesinde de etkin bir rol oynadı. Bilindiği üzere Aristoteles kozmolojisi, Aziz Thomas Aquinas'ın yeniden yo-

rumuyla Roma Katolik teolojisinin felsefi temeli haline gelmişti. Galileo ileri sürdüğü tezler nedeniyle, doğrudan Kilise'ye saldırdığı gerekçeyle düşmanları tarafından şiddetli eleştirilere maruz kaldı. 16 Aralık 1611'de Galileo'nun arkadaşı Lodovico Cigoli Roma'dan Galileo'ya bir mektup yazarak, onü kamuoyu önünde mahkum etmek üzere bir komplo düzenlendiğini haber verdi:

Seni çok seven papaz bir arkadaşşımdan aldığım bilgiye göre, senin meziyetlerini ve erdemlerini kıskanan kalabalık ve kötü niyetli bir grup başpiskoposlukta toplandı ve gerek Dünya'nın dönüşü, gerekse de diğer hususlarla ilgili görüşlerini gerekçe göstererek sana zarar vermek için çılgınca bir arayışa girdi. Bu adamlardan biri, vaiz kürsüsünden senin saçma iddialarda bulunduğunun ilan edilmesini istedi. Sana karşı bir kin ve düşmanlık beslendiğini fark eden papaz, iyi bir Hristiyan'ın ve dindar bir adamın yapması gerektiği gibi yanıt verdi. Bu satırları kötü kimselerin kıskançlık ve kötülüklerine karşı gözünü açık tutasın diye yazıyorum.

Bu saldırılar 21 Aralık 1614'te zirveye ulaştı. Dominiken papaz Thomas Caccini, Floransa'daki kilisesinin vaiz kürsüsünden Yeşu kitabı üzerine konuşurken Galileo'yu, Kopernik sistemini ve genel olarak matematik bilimini Hristiyanlığa aykırı olduğu gerekçesiyle kınadı. Galileo, görüşlerine ilgi gösterdiğini ifade etmiş olan II. Cosimo de' Medici'nin annesi Büyük Düşes Christina'ya hitaben yazdığı bir mektupla yanıt verdi. Bu eser muhtemelen Haziran 1615'te tamamlanmış olsa da, ancak 1636'da *Bilim Konularında İncil'den Alıntılarının Kullanılması Hakkında Toskana Büyük Düşesi Madam Christina'ya Mektup* adıyla yayımlandı. Galileo burada kutsal metinlerin, bilimin Dünya'yla ilgili keşfettiği gerçeklere göre yorumlanması gerektiğini ileri sürdü. Galileo'ya göre ne İncil ne de doğa yanıltır, fakat doğayı araştırmak bilim insanların göreviyken, teologlar bilimsel gerçekleri kutsal metinlerin diliyle uzlaştırmalıdır. Galileo ayrıca, "İncil bize astronomi öğretmek için yazılmamıştır," der. Galileo, İncil'deki bir açıklamanın yorumunun, Aristoteles'in yer-merkezli modelinden ziyade Kopernik teorisiyle daha uyumlu olabileceğine ilişkin olarak Yeşu kitabından bir örnek verir:

Eğer yanılmıyorsam, küçümsemeden dikkate almamız gereken şeylerden biri de Kopernik sisteminin yardımıyla aynı mucizede, “Güneş *gökkubbenin tam ortasında* sabit durur,” diye doğrudan, açık ve kolaylıkla okuyabileceğimiz bir açıklama vardır... Fakat onlar [teologlar] “*gökkubbenin ortasında*” sözcüklerini zorlama ve karışık bir yorumla, “Güneş yarıküremizdeyken, yani ufkumuzun üzerindeyken sabit durur,” diye değerlendirirler. Fakat yanılmıyorsam, Kopernik sistemiyle uyumlu olacak şekilde Güneş’i gök-sel yörüngelerin ve dönen gezegen sistemlerinin “ortasına” yani merkezine yerleştirirsek, bu ve bunun gibi karmaşıklıklardan kaçınabiliriz; yapmamız gereken en önemli şey budur. Aksi takdirde, ister öğlen isterse akşama doğru bir saat olsun, günün herhangi bir saatini ele alacak olursak, Güneş *göğün ortasında, yani merkezinde sabit durursa*, gün uzar ve bütün gök hareketleri durur. Bu anlam, sözcükleri çok daha iyi karşılamaktadır... Çünkü gökyüzü gibi küre şeklindeki bir şeyin tek gerçek “ortası”, merkezidir.

Protestanlar için o dönem ciddi bir önem teşkil eden İncil’in yorumlanmasıyla ilgili tartışmalardan rahatsız olan Papa V. Paulus, Dünya’nın hareketiyle ilgili soruna çözüm aramak üzere bir heyet görevlendirdi. Heyet, Kopernik’in öğretilerinin büyük olasılıkla İncil’e aykırı olduğuna karar verince, 28 Şubat 1616’da Kardinal Bellarmine, Galileo’ya artık Güneş-merkezli teoriyi savunamayacağını söyledi. Bellarmine, 3 Mart’ta Galileo’nun Papa’nın uyarısına karşı çıkmadığını ve şimdilik konuyu kapattığını bildirdi.

5 Mart 1616’da Roma’daki Engizisyon Mahkemesi, Kopernik’in eserlerini ve Kepler başta olmak üzere bu eserleri destekleyen diğer bütün eserleri, Katoliklerin okumasının yasak olduğu kitaplar listesine ekledi. Karara göre, Güneş’in Dünya’nın hareketsiz merkezi olduğuna inanmak aptalca ve saçmaydı, felsefi olarak yanlıştı ve resmi olarak da kafirlikti. Papa V. Paulus, Kardinal Bellarmine’ye talimat verdi ve Galileo’nun bundan böyle Kopernik’in öğretilerini benimsemesini veya savunmasını yasakladı.

Galileo yasaklandıktan sonra Floransa yakınlarındaki Arcetri’de bulunan villasına geri dönerek yedi yıl boyunca sessizliğe gömüldü. Fakat

Papa V. Paulus'un 1623'te ölümünün ardından yerine Galileo'nun yakın arkadaşı Kardinal Maffeo Barberini'nin Papa VIII. Urbanus adıyla papalığa seçildiğini öğrenince yeniden umutlandı. Arkadaşının seçilmesiyle cesaretlenen Galileo, aynı yılın sonlarında *Il saggiatore* [Denemeler] adıyla bir eser yayımlayarak VIII. Urbanus'a ithaf etti.

Il saggiatore, kuyruklu yıldızların yapısı hakkında Galileo'yla Peder Horatio Grassi adlı Cizvit bir astronom arasında geçen tartışmadan doğdu. Bu tartışma 1618'de art arda üç kuyruklu yıldız görülmesiyle ateşlendi. Bu yıldızlardan üçüncüsü ve en parlak 1619 Ocak ayına kadar da görülebildi. Grassi isimsiz bir metin yazarak, Tycho Brahe'nin kuyruklu yıldızların göksel bölgelerde meydana gelen hadiseler olduğu görüşünü esas alarak Kopernik teorisine karşı bir tez olarak kullandı. Tycho modeline göre, Merkür ve Venüs Güneş'in etrafında dönerken, Güneş ve diğer görünür yıldızlar hareketsiz duran Dünya etrafında dönmekteydi. O dönemde artık yatalak hale gelen Galileo, kuyruklu yıldızları talebesi Mario Giudecci'yle tartıştı. Giudecci, Floransa Akademisi'nde konuyla ilgili iki konferans verdi. Konferans metni Giudecci'nin adıyla yayımlandı, fakat giriş kısmında, metinde yer alan görüşlerin büyük ölçüde Galileo'ya ait olduğu belirtiliyordu. Konferanslarda, özellikle Kopernik teorisine karşı Tycho modelini savunduğu için isimsiz cizvitin görüşleri ismi zikredilmeden eleştirildi. Lotario Sarsi müstear ismiyle yazan Grassi, 1619'da yayımladığı kitabıyla yanıt vererek doğrudan Galileo'nun görüşlerine şiddetli eleştiriler yöneltti. Galileo bu eleştirilere uzun bir gecikmeden sonra *Il saggiatore*'yle yanıt verdi. Talebesi Virginio Cesarini'ye hitaben kaleme alınmış bir mektup biçiminde kaleme aldığı eser, 1623'te Vaşaklar Akademisi tarafından yayımlandı.

Galileo artık Kopernik teorisini savunamadığından *Il saggiatore*'de, Dünya'nın hareketi sorununa girmekten kaçındı, fakat göksel olgulara genel bir bilimsel yaklaşım sundu. Tycho Brahe gibi bir otoritenin görüşlerini eleştirdiği için suçlanan Galileo şöyle yanıt verdi: "Sarsi'ye bakılırsa ben, felsefe yaparken insanın kendi görüşlerini ünlü bir yazarın görüşleriyle desteklemesi gerektiğini düşünüyordum. Sanki başkasının düşünceleriyle uyuşmadığı sürece, zihinlerimiz kısır ve verimsiz kalmak zorundaymış gibi." Galileo savunmasına devam ederek felsefenin, İlyada veya Orlando Furioso gibi, "yazılanların gerçekliğinin önemli

olmadığı” bir kurgu kitabına benzemediğini, bir doğa kitabının matematisel nitelikte yazıldığını belirterek şu ünlü sözlerini söyledi:

Evet Sarsi, meseleler öyle değil. Felsefe bu büyük kitapta, yani kainatta yazılmıştır ve her daim gözlemlerimize açıktır. Kainat dediğimiz kitap, yazıldığı dil ve harfler öğrenilmedikçe anlaşılamaz. O, matematik dilinde yazılmıştır; harfleriyse üçgen, daire ve diğer geometrik şekillerdir. Bu dil ve harfler olmaksızın kitabın bir tek sözcüğünü anlamaya olanak yoktur. Bu dili bilmezseniz, ancak onun karanlık labirentlerinde dolanır durursunuz.

Il saggiatore Vatikan’da olumlu karşılandı. Bunun üzerine Galileo 1623 ilkbaharında Roma’ya gitti ve Papa tarafından altı kez kabul edildi. Papa kitabı övdü, fakat Kopernik teorisine karşı verilmiş 1616 fermanını iptal etmeyi reddetti. Buna karşın, kendi döneminde olsa bu yasağı koymayacağını da bildirdi. Galileo, Kopernik teorisini bir kitapta ele alma konusunda Urbanus’tan izin istedi. Urbanus, Aristoteles-Batlamyus modelinin de eşit ve tarafsız sunulması şartıyla kitabın yazılmasına izin verdi.

Urbanus’la yaptığı diyaloglardan cesaret alan Galileo, sonraki altı yılını *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog*’u yazmakla geçirdi. Kitap 1630’da tamamlandı ve Şubat 1632’de basıldı. Eser, üç arkadaş arasında geçen dört günlük bir diyalog şeklindedir: Kopernikçi Salvati, Galileo’nun sözcülüğünü yapar; Aristotelesçi Simplicio, Aristoteles’in ünlü yorumcusu Simplicius’u temsil eder; eğitimli, fakat deneyimsiz ve saf Sagredo ise Galileo’nun son zamanlardaki arkadaşını temsil eder. Diyalogda Salvati ve Simplicio’nun her biri Sagredo’nun görüşlerini kendi lehlerine değiştirmeye çalışır.

İlk gün, Aristotelesçi kozmoloji eleştirel bir biçimde irdelenir. Özellikle yer ve gök bölgeleri arasındaki ayırım, Dünya’nın evrenin hareket-siz merkezi olduğu düşünceleri üzerinde konuşulur ve her iki düşünce de reddedilir. Bununla birlikte, Aristoteles’in gökcisimlerinin doğal hareketlerinin dairesel olduğu şeklindeki teorisi kabul edilir, fakat Galileo dairesel hareketin dönen Dünya üzerindeki cisimler için de geçerli olduğunu ileri sürer. Galileo, ayrıca Aristoteles’in hareketi sürekli bir neden gerektiren bir süreç olarak tanımlamasını da reddeder. Bunun yerine, öl-

çülebilecek bir tanım vererek şöyle der: “İki cismin kat ettiği mesafe, kat edilen süreyle orantılıysa, hızların eşit olduğunu söyleyebiliriz.”

İkinci günde, Dünya'nın hareketlerine dair itirazlar fiziksel temellere dayanılarak çürütülür. Galileo'nun buradaki tezlerinin birçoğu ikna edici olsa da yanlış bir görüşe dayanmaktadır: dairesel hareket, dönen Dünya üzerindeki cisimler için de geçerlidir. Galileo önsözünde, Dünya ister dönsün ister sabit dursun, yapılan herhangi bir deneyin aynı sonucu vereceğini söyler. Aristoteles'in çekim teorisiyle ilgili, Sagredo'nun ağzından Simplicio'ya verdiği yanıtta Galileo, cisimlerin aşağı doğru düşmesini sağlayan şeyin yerçekimi olduğunu herkesin bildiğini söyler:

Yanılıyorsun Simplicio; herkesin bunun çekim olarak adlandırıldığını bildiğini söylemelisin. Fakat sana meselenin ismini değil, özünü soruyorum. Bununla ilgili bildiklerin, dönen yıldızlarla ilgili bildiklerinden bir nebze bile daha fazla değil. Bu konuyla ilgili her gün binlerce kez kullandığımız ifadeleri hariç tutuyorum. Fırlatılan bir taşın aşağı doğru hareket etmesini sağlayan prensibi veya kuvveti, söz konusu taşın yukarı doğru hareket etmesini sağlayan şeyden veya Ay'ın hareket etmesini sağlayan kuvvetten daha fazla anlayamayız. Belirttiğim gibi, biz sadece ilkinde daha spesifik ve daha kesin bir dille *çekim*, ikincisine daha genel bir terim olarak *baskılı kuvvet (vita impressa)* ve sonuncusuna, ister yardımcı isterse bilgilendirici olsun, zeka adını verdik. Diğer sınırsız hareketlerin nedeni olarak da *doğayı* gösterdik.

Üçüncü gün, Dünya'nın Güneş etrafındaki yıllık hareketiyle ilgili Kopernik teorisinin lehine ve aleyhine ileri sürülen tezlerle ilgilidir. Galileo, Salvati'nin ağzından duyusal kanıtlara aykırı olsa bile uslamlama yoluyla ulaştıkları teorileri nedeniyle Aristarkus'u ve Kopernik'i över.

[Güneş-merkezli] teoriyi savunan ve doğru kabul eden insanların yüksek zekasına duyduğum hayranlığı ne kadar belirtsem azdır. Kendi duyularına karşı öyle şiddetli eleştirilerde bulunuyorlar ki, duyusal deneyimleri aksini göstermesine karşın aklın kendilerine dikte ettiğini tercih edebiliyorlar... Aristarkus ve Kopernik'te, ak-

lın nasıl onların duyularına tecavüz ettiğini ve duyulara rağmen kendilerini inancın metresi haline getirmede nasıl başarılı olduğunu görmek hayranlık uyandırıcıdır.

Galileo “kesin zafere ulaşınca” Kopernik teorisini destekleyen birkaç gök olayını açıklar, fakat bu tezlerin astronomiyi sadece basite indirgeyeceğini ve “doğanın dayattığı herhangi bir zorunluluğa” işaret etmeyeceğini söyler. Burada iki dünya sistemini karşılaştıran Galileo, eleştirilerinde genellikle adaletli değildir ve Güneş-merkezli teorinin üstün olduğu iddialarını abartır.

Dördüncü gün, Galileo’nun gelgit olayıyla ilgili yanlış teorisine ayrılmıştır. Galileo, gelgit hareketini Kopernik’in üç aşamalı dünya hareketleri teorisine dayandırıyor ve bunun Dünya’nın döndüğünün nihai kanıtı olduğuna inanıyordu.

Söz konusu noksanlıklarına rağmen Kopernikçi tezler son derece ikna edicidir ve Aristotelesçi zavallı Simplicio her defasında yenilgiye uğrar. Simplicio’nun kapanıştaki, “yine de İlahi kuvveti ve bilgeliği, bazı kişisel düşüncelerle sınırlamak fazlasıyla cüretkardır” sözleri, Galileo’nun tartışmada nihai kararı henüz vermediğini gösterir. Bu ifade, açık biçimde 1623’te Papa Urbanus’un Galileo’ya söylediklerinden yapılmış alıntıdır. Urbanus Galileo’nun kitabını okuduğunda bu sözleri hatırlar ve son derece gücenir. Galileo’nun kendisiyle alay ettiğini ve arkadaşlık ilişkilerinden istifade ederek Kopernik öğretisine karşı alınmış 1616 فرمانını ihlal ettiğini düşünür. Floransa büyükelçisi Francesco Niccolini, *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog*’u Urbanus’la tartıştıktan sonra Papa’nın çok sinirlendiğini ve şöyle dediğini bildirir: “Senin Galileo’n bulaşmaması gereken işlere ve bugünlerde tahrik edilebilecek en ciddi ve en tehlikeli konulara burnunu sokma cüretinde bulunuyor.”

Urbanus, Engizisyon Mahkemesi’ne olayı soruşturma talimatı verdi ve Galileo’yu Roma’ya çağırdı. 1633’te Roma’ya ulaşan Galileo’nun yargılaması Nisan’a kadar başlamadı. Mahkemede Galileo, Engizisyon’un Kopernik’in öğretisini yayma yasağı getiren 1616 kararına uymamakla suçlandı. Mahkeme Haziran’a kadar konuyu inceledi. Bu arada Galileo Floransa büyükelçisinin sarayında hapsedilmişti. Galileo bir kez daha mahkemeye getirildi ve Kopernikçi “kafirliği” savunmada ileri gittiğini

ve bu “sapkınlıktan” artık döndüğünü bildiren bir beyanda bulunmaya ikna edildi. Galileo'nun dönmesiye önceden belirlenmiş bir metin üzerinden ilan edildi: “Ben, Floransalı Vincenzio Galilei'nin 70 yaşındaki oğlu Galileo Galilei... Güneş'in kainatın merkezinde ve hareketsiz olduğu, Dünya'nınsa kainatın merkezinde olmadığı ve hareket ettiği şeklindeki yanlış düşüncemden vazgeçiyorum.”

Bu ifade üzerine Galileo ömür boyu hapse mahkum edildi ve *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog* kitabı yasaklı kitaplar listesine alındı. Hapis cezası kısa sürede ev hapsine çevrilerek Medici ailesinin Roma'daki konutlarından birinde kalmasına izin verildi. Sonrasında Siena'ya giden Galileo'nun 1634'te de Arcetri'deki villasına dönmesine izin verildi.

Galileo evine döndükten sonra, çeyrek asır önce yarım bıraktığı araştırmalarını, özellikle hareket bilimini yeniden ele aldı. Bu araştırmaları sonucunda son ve en büyük eserini yazdı: *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar*. Galileo bu eseri, talebesi Vincenzo Viviani'ye dikte etmiştir. Eser 1636'da tamamlandığında Galileo yetmiş iki yaşındaydı ve gözleri yeterince görmüyordu. Eserleri üzerindeki yasak sebebiyle İtalya'da basılamayan kitap, Hollanda'nın Leiden şehrinde 1638'de yayımlandığında Galileo artık tamamen kör olmuştu.

İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar, *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog*'la aynı biçimde, üç arkadaş arasında geçen dört günlük diyalog tarzında tasarlanmıştı. İlk günde geçen diyaloglar Galileo'nun tam olarak çözemediği konuları, özellikle de maddenin atom teorisine ilişkin düşüncelerini içerir. İkinci günde, iki yeni bilimden birini oluşturan ve günümüzde makine mühendisliği alanında maddelerin dayanımı olarak bilinen konuyla ilgili diyaloglar geçer.

Üçüncü ve dördüncü günler, iki yeni bilimden biri olan kinematik ile ilgilidir: Sabit hızda hareket; serbest düşüş olayında olduğu gibi hızı düzenli olarak artan hareket; bir sarkacın salınımında olduğu gibi hızı düzensiz bir şekilde artan hareket ve fırlatılan cismin hareketinde olduğu gibi iki boyutlu hareket dahil olmak üzere, hareketin matematiksel tanımı üzerine diyaloglar. Ortaçağdaki Latin bilginler, hareketin bütün muhtemel çeşitleri üzerinde durmuş olsalar da Galileo doğada bulunan hareketler üzerine odaklanır; çünkü der Galileo, “bir kimse hareketin tesadüfi herhangi bir çeşidini keşfedebilir ve özelliklerini tartışabilir... Fakat

biz, hızı giderek artan cisimlerin düşüşünü, doğada meydana geldiği şekliyle ele almaya ve yaptığımız bu tanımın, hızı artan hareketin gözlemlenen temel özelliklerini ortaya koymasına karar verdik.”

“Yerel Hareket Üzerine” bölümü, üçüncü günde tartışılır ve hızı düzenli olarak artan hareket için Galileo’nun oluşturduğu tanım burada ifade edilir. Bu tanıma göre, hızı düzenli olarak artan harekette, “cisim, hareketsiz bir durumdan hareket eden bir duruma geçtiğinde, eşit zaman aralıklarında eşit miktarda hız kazanır”. Galileo, bu ilkeyi kabul ettiğini söyler, çünkü doğa “en genel, basit ve kolay yolu seçer”.

Bu tanım günümüzde $v=at$ şeklinde ifade edilen denkleme tekabül eder. v , hızı; a , sabit ivmeyi ve t de zamanı temsil eder. Örneğin eğer a saniyede 60 santimetreyse, bir saniye sonra $v=60$, iki saniye sonra $v=120$; üç saniye sonra $v=180$, vb. olur. Oresme’in bulgularından yararlanarak grafiksel analiz kullanan Galileo, s , yani kat edilen mesafenin her saniye başına 30, 90, 150, ... cm arttığını göstermiştir. Bu açıklamanın günümüzdeki formülü şöyledir: $s=\frac{1}{2}at^2$. Bu iki denklem, yani $v=at$ ve $s=\frac{1}{2}at^2$, hareketsiz durumdan hareket eder duruma geçen bir cismin düzenli olarak hız kazanan hareketi için modern kinematik biliminde kullanılan temel kanunlardır. Böylelikle, kinematik kanunları ilk kez dinamik teorisinden bağımsız ve hareketin matematiksel tanımı olarak ifade edilmiştir. Galileo’nun bu kanunları formüle etmesiyle ilgili Salviati şöyle der:

Mevcut durumda, müellifimizin amacı sadece hızı artan hareketin (bu artışın sebebi ne olursa olsun) bazı özelliklerini araştırmak ve açıklamaktır. Hızı artan hareket, bir cismin hızının momentumunun, cismin hareketsizliğinin sona ermesinden sonra zamanla orantılı bir şekilde artmaya devam etmesi demektir. Bu da eşit zaman aralıklarında cismin eşit miktarda hız kazandığını gösterir. Ayrıca, [hızı artan hareketin] özelliklerini serbest düşmede ve hızlanan cisimlerde de görürsek, buradaki tanımın ağır cisimlerin hareketini de içerdiğini ve hareketin süresi boyunca hızın artmaya devam ettiğini anlayabiliriz.

Üçüncü gün, Galileo fırlatılan cismin izlediği yolun iki hareketten oluştuğunu gösterir: Birincisi yatay doğrultudaki sabit hız, diğeryse aşağı-

ğ ı doğru düzenli hız kazanan hareket. Bu iki hareket birleşerek bir paraböl oluşturur. Galileo aynı zamanda, fırlatılan cismin yatay düzlemdeki menzilin, 45° 'lik yükseliş açısında maksimum olacağını ve bu dereceden daha küçük ve büyük belirli açılarının menzillerinin birbirlerine eşit olacağını gösterdi. Salviati bu durumun, tamamen deneysel yaklaşımla kıyaslandığında, bir teorisyenin daha önce fark edilmemiş sonuçları görmekteki üstünlüğünü gösterdiğini belirtir:

Tek bir olay hakkında, o olayın nedenlerinin keşfedilmesi yoluyla elde edilen bilgi, beyni deneye başvurma ihtiyacı duymaksızın diğer olayları öğrenme ve anlamaya hazırlar. Tam da mevcut vakada olduğu gibi... Burada yazar azami menzilin, yükseliş açısı 45° olduğunda meydana geldiğini çıkarım yoluyla ve tam bir kesinlikle ispatlar. Bu yüzden, yazar belki de deneyle hiçbir zaman gözlemlenmemiş bir olguyu, yani 45° 'lik açının üzerindeki veya altındaki atışlarda, açılar 45° 'ye eş uzaklıktaysa menzillerin de eşit olduğunu kanıtlar.

Galileo 8 Ocak 1642'de, yetmiş sekizinci doğum gününden otuz sekiz gün önce Arcetri'de öldü. Toskana Büyük Dükü, Galileo'nun anısına bir anıt dikmek istedi, fakat yakın çevresi Engizisyon'u kızdırabileceğini söyleyerek böyle bir şey yapmamasını tavsiye etti; zira Papa, Galileo'nun "Hıristiyanlık âleminde bugüne kadar görülmüş en büyük skandala imza attığını" söylemişti.

Galileo'nun ölümünden sonra, elinde *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog'un* ön sayfalarının üzerine yazılmış bir not bulundu. Bu not muhtemelen Engizisyon'un kendisini Kopernikçi "kafirlikten" dolaşı hapse mahkum etmesinden sonra yazılmıştı.

Teologlar, dikkat edin; Güneş'in ve Dünya'nın sabitliğini bir inanç ve sav meselesi haline getirmekle öyle bir risk alıyorsunuz ki, Dünya'nın dönüp Güneş'in sabit durduğu ispatlandığında -bence nihayetinde öyle olacak- bunun tersini, yani Dünya'nın durduğunu ve Güneş'in döndüğünü söyleyenleri mahkum etmek zorunda kalacaksınız.

DEVLERİN OMZUNDA

Kopernik, Tycho Brahe, Kepler, Galileo ve diğer bazı çağdaşlarının çıkış açan gözlemleri ve yeni teorileri, Bilimsel Devrim olarak adlandırılan entelektüel yükselişin bir parçasıdır. Söz konusu Bilimsel Devrim on 17. yüzyılın tamamı ve 18. yüzyılın ilk yarısını kapsayan süreç boyunca devam etti. Bu dönemde Batı Avrupa'nın dünya görüşü kökten değişti ve modern bilimsel kültür ortaya çıktı.

Günümüzde bazı tarihçiler Bilimsel Devrim kavramına karşı çıkmaktadır. Örneğin tarihçi ve sosyolog Steven Shapin, konu üzerine yazdığı tanımlayıcı eserinde bu husus üzerine şu dikkat çekici tespiti yapar:

Birçok tarihçi, “belirli” bir Bilimsel Devrim olarak nitelendirilebilecek, belirli bir an ve mekanda gerçekleşmiş, farklı ve dikkat çeken bir olayın varlığı hususunda artık hemfikir değildir. Söz konusu tarihçiler, 17. yüzyılda devrimsel bir değişime yol açacak ve “bilim” olarak adlandırılacak tutarlı tek bir şey olduğu düşüncesini bile reddediyorlar. Daha ziyade doğal dünyayı anlama, açıklama ve kontrol altına almayı amaçlayan çeşitli kültürel uygulamalar söz konusuydu. Bu kültürel uygulamaların her biri farklı özelliklere ve farklı değişim süreçlerine sahipti. Bugün, hem “bilimsel bir yöntemin” –bilimsel bilgi elde etmek için kullanılan kültürel, evrensel ve etkili usuller dizisi- varlığı konusunda, hem de bu bilimsel yöntemin temellerinin 17. yüzyıla dayandığı ve sorunsuz olarak bize kadar ulaştığı iddiası hakkında daha fazla şüphe duyuyoruz.

Doğa felsefesinin 17. yüzyılda doğan etkili sistemlerinden biri mekanikçilikti. Mekanikçilik, bütün doğa olaylarının tek bir değişim türüne, yani maddenin hareketine bağlı olarak meydana geldiğini savunur. Mekanikçi doğa felsefesi, Fransız Katolik rahip Pierre Gassendi (1592-1565) tarafından kapsamlı bir şekilde özetlenmiştir. Gassendi 1647'de yayımladığı bir eserde, atom teorisini Hristiyan doktrinle uzlaştırmaya çalışır. "Nedeni olmayan hiçbir sonuç yoktur; hiçbir neden hareket olmadan eyleme geçmez ve hiçbir şey doğrudan kendisi veya bir araç ya da iletim olmadan uzaktaki şeyleri etkilemez; bir şeye doğrudan ya da bir araç veya bir başka cisim aracılığıyla temas edilmedikçe, o şey hareket etmez."

Gassendi'nin mekanikçiliği, atom teorisinin Lukretius yorumuna dayanıyordu. Buna göre, bileşen parçalarının büyüklüğü ve şekli, bileşenlerin oluşturduğu toplamın fiziksel özelliklerini belirler. Gassendi, Isaac Beeckman'dan (1566-1637) derinden etkilendi. Beeckman, mekanikçiliğin parçacık formunu şu açıklamasıyla ifade eder: "Bütün özellikler, [temel parçacıkların] hareketi, şekli ve büyüklüğünden doğar. Dolayısıyla bu unsurların üçü de göz önünde bulundurulmalıdır."

17. yüzyılda bilimsel araştırma için bir dizi farklı yaklaşım formüle edildi. Bunlardan biri Francis Bacon (1561-1626) tarafından ileri sürülen tümevarım yöntemi; diğeryse René Descartes (1596-1650) tarafından ileri sürülen kuramsal yaklaşım, yani tümdengelim yaklaşımıdır.

Bacon'a göre yeni bilim, esas olarak gözlem ve deneye dayanmalıdır ve doğanın dikkatli ve derinlemesine bir incelemesinden sonra genel kanunlara ulaşmalıdır. Bacon, 1620'de yayımlanan *Yeni Organon*'da bilimsel bilginin mevcut durumunu eleştiriyordu. "Doğa, zihnin kolaylıkla algılayamayacağı ve anlamayacağı düzeyde bir inceliğe sahiptir, dolayısıyla insanoğlunun düşünceleri, kurmacaları ve uydurmaları temelsizdir, fakat hiç kimse bu gerçeği kabul edip dile getirmez. Ve nasıl ki sahip olduğumuz bilimler pratik kullanım için gereken keşiflerin yapımında yarar sağlamıyorsa, mevcut mantık da bilimlerin keşfi için faydasızdır."

Bacon, bir varsayım olarak adlandırdığı Kopernik teorisini asla benimsemedi ve Batlamyus ve Kopernik'i, "doğanın özünde olan ve gerçekten doğru olan.... felsefeden" ziyade, birtakım "hesaplamalar ve öngörülerden" başka bir şey sunmamakla eleştirdi.

Descartes, matematik kanunlarıyla aynı kesinlikte fizik kanunları sunmaya çalışmıştır. Marin Mersenne'e gönderdiği bir mektubunda şöyle yazar: "Fizikte, yalnızca olguların nasıl meydana geldiğini açıklayabiliyor ve başka bir şekilde olamayacağını açıklayamıyorsam, bir şey bilmediğimi düşünmeliyim. Bu, fiziği matematiğe indirgemekle mümkündür ve ben de bunu kendi dar bilgi dağarcığımla yapabileceğimi düşünsem de, bunu makalelerimde hiç yapmadım."

Descartes, öncelikle matematiğe uygulamış olduğu dört "akıl yürütme yasasını" nasıl tasarladığını yazar:

Bu yöntemle hem geometri hem de cebirdeki en iyi kanunları kullanabileceğime ve birinin yardımıyla diğerindeki kusurları gidebileceğime inandım. Ve aslında söz konusu kuralların dikkatli bir şekilde incelenmesi, bu iki bilimdeki bütün soruları çözmemde bana yardımcı oldu. İki veya üç ay boyunca yaptığım deneylerle, daha önce bana son derece zor görünen bu soruların çözümüne ulaşmakla kalmadım, aynı zamanda hakkında hiçbir bilgi sahibi olmadığım soruların -tabii bir çözüm bulunması mümkünse- çözümünü mümkün kılacak araçları da belirleme kabiliyetine de sahip oldum.

Descartes felsefeye insanın varoluşuyla (*Cogito ergo sum*: Düşünüyorum, öyleyse varım) başlarken, fiziğe de maddenin varlığı, mekandaki yeri ve hareketiyle başlar. Descartes'e göre doğadaki her şey, hareket halindeki maddeye indirgenebilir. Madde, farklı parçacıklar halindedir ve bu parçacıklar sürekli hareketleri aracılığıyla birbirleriyle birleşirler; her bir parçacık süreç içinde hızını değiştirir, fakat evrendeki toplam "hareket miktarı" sabit kalır. Descartes, bu kanunun ilahi kaynağını *Felsefenin İlkeleri*'nde (1644) yazdı. Bu eser, parçacık mekaniği teorisine dayanan ayrıntılı ve kapsamlı bir fizik evreni modelini ele alır. Descartes Tanrı'dan şöyle bahseder: "Her şeye kadir olan Tanrı, başlangıçta maddeyi yarattı. Maddeyi hem duran hem de hareket eden haliyle yarattı ve sadece kendi düzenli iradesi sayesinde, maddi evren için başlangıçta belirlediği hareket ve durma miktarını bugün de korur."

Descartes kullandığı yöntemi, 1628'de tamamlanan fakat ölümün-

den sonra yayımlanan *Aklın Yönetimi için Kurallar* ve 1637'de yayımlanan *Yöntem Üzerine Konuşma* ve son eserle birlikte yayımlanan *Optik*, *Geometri* ve *Meteoroloji* adlı eklerde açıkladı. Doğanın üç yasasının son halini de *Felsefenin İlkeleri*'nde (1644) anlattı. Bunlardan ilki olan eylemsizlik kanununa göre, "Her şey, başka bir şey onu değiştirmedeği sürece bulunduğu durumda kalır ve bu yüzden de bir şey hareket halindeyse hareket etmeye devam eder". Doğrusallıkla ilgili ikinci kanuna göre, "bütün hareketler doğrusaldır... Her madde, başlı başına düşünülduğünde, eğri değil düz bir çizgi üzerinde hareket etmeye eğilimlidir". Üçüncü yasa çarpışmalarla ilgilidir: "Hareket halindeki bir cisim, kendinden daha güçlü bir cisimle çarpıştığında hareketinden bir şey kaybetmez, fakat kendinden daha güçsüz bir cisimle çarpıştığında, kendi hareketinden diğer cisme verdiği oranda kaybeder".

Optik ekinde Descartes, ışığın mekaniği teorisini açıklar. Bu teoriye göre bir dizi dalgadan oluşan ışık, makroskopik cisimlerin arasındaki alanı dolduran ve düzgün bir şekilde dağılmış mikro-parçacıklar yoluyla yayılır ve herhangi bir müdahaleye izin verecek bir boşluk bırakmaz. Descartes bu model sayesinde doğru kırılma kanununa ulaşır, fakat ışığın sudaki hızının havadaki hızından daha yüksek olduğu yönündeki çıkarımı yanlıştır.

Descartes *Geometri*'yi antik Yunanların, özellikle de Pappus ve Diophantus'un "gerçek matematiği" olarak adlandırdığı disiplinden etkilenerek yazdı. Descartes, eserinde cebirsel işlemler için geometrik esaslar ortaya koyar. Bir kısmı ilk olarak Harezmi tarafından ortaya konan bu esaslar, bazı bilginler tarafından bir dereceye kadar zaten belirlenmişti. Descartes'ın kullandığı rakam ve işaretler sistemi, cebir ve matematiğin diğer kollarında kısa sürede büyük gelişmeye yol açtı. *Geometri*, günümüzde analitik geometri olarak bilinen ve temelleri Pierre Fermat (1539-1565) tarafından atılan matematik kolunun ortaya çıkmasına yol açtı. Diophantus ve Apollonius'tan etkilenen Fermat, modern sayı teorisinin ve olasılık teorisinin de kurucusudur.

Meteoroloji eki Descartes'ın gökkuşağı modelini ele alır. Descartes eserde ana ve ikinci gökkuşağının görüldüğü açıların doğru değerlerini elde etmek için yansıma ve kırılma kanunlarını kullanır. Descartes açıklamasına, gökkuşaklarının sadece gökyüzünde değil, aynı zamanda kay-

nak ve fışkiyelerde de meydana geldiğini, dolayısıyla sadece göksel olmayıp ışık ve su damlacıklarıyla da ilgili olduğunu söyleyerek başlar. Descartes bu konuyla ilgili bir deney yaparak varsayımını test etti: Küre şeklindeki deney tüpüne su doldurdu ve eline aldığı deney tüpünü kol mesafesinde güneş ışınlarının vuracağı şekilde aşağı yukarı hareket ettirdi ve böylelikle renkler meydana geldi. Descartes deneyini şöyle anlatır:

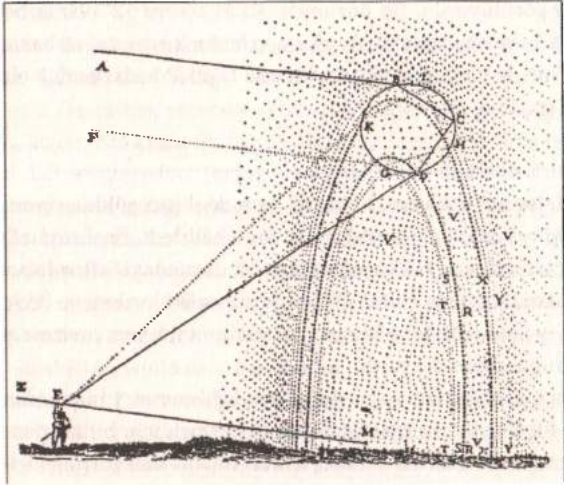
Sırtımı Güneş'e döndüğümde ve güneş ışığı gökyüzünün AFZ olarak belirlenen kısmından geldiğinde gözüm de E noktasındaydı. Bu küreyi BCD noktasına koyduğumda D bölümü bana, kırmızıdan çok daha parlak bir kırmızı olarak göründü. Küreye doğru yürüyeyim ya da ondan uzaklaşayım, sağına veya soluna doğru hareket edeyim veya kendi eksenim etrafında döneyim, DE doğrusu, EM doğrusuyla daima 42° lik bir açı çizdi. Bu açının gözün merkeziyle Güneş'in merkezi arasındaki açı olduğu düşünülmelidir ki, o sırada D her zaman eşit kırmızılıktaydı. Fakat ben DEM açısını biraz bile artırdığımda, kırmızılık derhal kayboldu. Açıyı biraz azalttığımdaysa, kırmızılık hemen kaybolmasa da, öncekinden daha az parlak iki bölüme ayrıldı. Bu bölümlerde sarı, mavi ve diğer renkler görülüyordu. Bu durumda, KEM açısını 52° olarak belirleyerek küre üzerinde K olarak işaretlenen kısma doğru baktığımda, K'nin de kırmızı renkte olduğunu fakat D kadar parlak olmadığını gördüm.

Daha sonra siyah bir kağıt parçasıyla güneş ışınlarının seçilen kısımlarını perdeleyen Descartes, hem ana hem de ikinci gökkuşağının çeşitli renklerini ortaya çıkaran ışınların yolunu belirledi. Freiburglu Dietrich gibi Descartes da ana gökkuşağının her bir damladaki iki kırılma ve bir iç yansımadan oluştuğu, ikinci gökkuşağının ise iki kırılma ve iki iç yansımayla meydana geldiği ve ikinci yansımanın tayfı ters çevirme etkisine sahip olduğu sonucuna vardı.

Descartes, ardından ışığın renklere dağılımının yansımadan değil, yalnızca kırılmadan kaynaklandığını göstermek için birkaç deney yaptı. Bu deneylerden birinde, güneş ışınlarının bir cam prizmada dağılmasını sağlayarak renkleri bir pano üzerinde gözlemledi. Güneş ışınları yü-

zeye dikey olarak geldiğinde, camdan geçerek karanlık tabandaki dar bir deliğe ulaşır, burada kırılır ve pano üzerindeki HFG şeridinde en üstte mor, en altta kırmızı ve arada diğer renkler olmak üzere renklerine ayrılır. Descartes dağılmanın neden meydana geldiğini ve “kırılma, yansıma ve ışık aynı şekilde meydana gelse de aşağıdaki ve yukarıdaki renklerin neden farklı olduğunu” açıklamaya çalıştı. İleri sürdüğü açıklama, mikro-parçacık madde teorisine dayanan son derece ayrıntılı bir mekanik modeldi. Descartes’ın bu teoride ileri sürdüğü varsayımlardan biri, ışığın su ve cam gibi yoğun ortamlarda havadadan daha hızlı yayıldığıydı, fakat bu görüşün doğru olmadığını ortaya çıkmıştır.

Descartes, *Le monde*’un [Dünya] sekizinci bölümünden on ikinci bölümüne kadar ortaya koyduğu mekanik kozmolojiyi açıklar; bu da kendi belirlediği maddenin hareket kanunlarına dayalı bir teoridir. Tanımladığı bu varsayımsal “yeni dünya”, her birinin merkezinde bir yıldızın olduğu sonsuz sayıda girdaptan oluşuyordu. Descartes yıldızların da tıpkı Güneş gibi birer ışık kaynağı olduklarını, çünkü “sabit yıldızların Güneş’ten çok uzak olmalarına rağmen ne kadar parlak ve aydınlık olduğunu göz önünde bulunduracak olursak, onların da ışık kaynağı oldukla-



Descartes’ın gökkuşağı modeli.

rını rahatlıkla söyleyebileceğimizi” ileri sürer. “Dolayısıyla bu yıldızlardan birine Güneş’e olduğumuz kadar yakın olsaydık, söz konusu yıldız da Güneş kadar büyük ve parlak görünürdü,” der. Descartes bu yıldızlardan her birinin bir gezegen sisteminin merkezi olduğunu ve bu sistemin bütün uzayı doldurduğuna inandığı üç tip madde parçacığının hareketiyle döndüğünü savunur.

Descartes’ın girdap teorisi başlangıçta genel kabul görse de, Christian Huygens’in (1629-1695) araştırması bu teorinin tamamen yanlış olduğunu ortaya koydu. Huygens dinamik üzerine yaptığı araştırmalar sonucunda girdap teorisini reddetti. Deneylerinden birinde, dönen bir platformun ortasında duran bir adam, kurşun bir topa bağlanan ipi elinde tutar. Platform dönerken, ipi elinde tutan adam ipte bir merkezkaç kuvveti hissederken, topun üzerine etki eden kuvvet merkezci bir kuvvet olur. Huygens topun üzerine etkide bulunan merkezci kuvvetin, topun kütlesi ve hızının karesiyle doğru orantılı, dairesel yörüngenin yarıçapıyla da ters orantılı olduğunu keşfederek dairesel hareketler dinamiğinin temellerini oluşturdu. Hem bu araştırması hem de çarpışma kanunları üzerine yaptığı araştırmalar Huygens’ı, Kartezyen kozmolojinin yanlış olduğu sonucuna götürdü. Nitekim 1693’te, Descartes’ın “bütün fizik ve metafizik teorilerinde, doğruluğunu tasdik edebileceğim neredeyse hiçbir şey bulamadım,” demiştir.

Huygens, Descartes’ın çarpışmalarla ilgili kanunlarının tutarlı olmadığını da gösterdi. Descartes hem hareketin göreliliğini hem de hareketin korunumunu savunurken, Huygens bu teorilerin birbiriyle çeliştiğini gördü. Bunun üzerine, çarpışmalarda hareketin göreliliğinin ne anlam ifade ettiğini açıklığa kavuşturması gerektiğine karar verdi.

İlk baskısı 1550’nin ortalarında tamamlanan *De motu corporum ex percussione* [Çarpışan Cisimlerin Hareketi Üzerine] eserinde Huygens zekice bir düşünce deneyini anlatır. Deneyde, adamın biri sabit hızda giden bir sandalın içerisinde nehir boyunca seyahat ederken, bir diğeri kıyıda durmaktadır. Sandalda birbirinin aynı iki metal küre vardır. Metal kürelere bağlanan ipleri kolları iki yana açık ellerinde tutan sandaldaki adam, kıyıdaki adamı geçtiği anda iki topun esnek çarpışmasını sağlamak için ayrı duran ellerini yavaş yavaş birleştirir. Kıyıdaki adam da aynı anda ellerini birleştirerek sandaldaki adama uyum sağlar. Eğer san-

dal cisimlerden biriyle aynı hızda hareket ediyorsa, kıyıdaki adamın göreceği şey, hareket eden bir cismin durmakta olan cisme çarpması ve böylelikle ikinci cismin, birinci cismin çarpışma öncesinde sahip olduğu hıza sahip olmasıdır. Fakat sandaldaki adam, iki cismin karşılıklı olarak hızlarını değiştirdiğini görür. Birbirinin aynı iki cismin çarpışmasını içeren bütün diğer durumlarla ilgili, elimizdeki simetrik deney üzerinden sadece sandalın hızının değiştirilmesiyle çıkarım yapılabilir.

Aynı olayı iki farklı perspektifle inceleyen Huygens, bir elastik çarpışmada sistemin çekim merkezinin değişmediğini gösterdi. Yani eğer çekim noktası sabitse, yani kıyıda duran adamın bulunduğu noktadan bakılacak olursa, çarpışma meydana gelse de çekim sabit kalır; buna karşın, eğer çekim merkezi sabit hızda hareket ediyorsa, yani sandalda duran adamın konumundan bakılacak olursa, çekim merkezi hareket etmeye devam eder.

Huygens ayrıca sarkaçlı saat üzerine yazdığı ve 1673'te yayımlanan *Horologium oscillatorium*'da [Sarkaçlı Saat] hareket üzerine çığır açıcı bir çalışma yaptı. Eserde, 1656'da icat ettiği eşit zaman aralıklarına sahip sarkaçlı saati anlatır. Saat içindeki sarkaç, sikloidal bir yüzeyde sallanır ve açılarının genişliğinden bağımsız olarak kendi zaman dilimini oluşturur. Huygens deneyin önemini şöyle anlatır: "Geniş hareketler dar hareketlerden daha yavaş gerçekleştiğinden basit sarkaç hassas ve eşit za-



Huygens'in hareketin göreceliliği teorisinin gösterimi.

man ölçümü yapamaz. Fakat geometrik yöntem sayesinde, sarkacı sallamak için farklı ve daha önce bilinmeyen bir yöntem bulduk ve eğriliği sayesinde sarkaç için gereken eşitliği mükemmel ve oldukça mantıklı biçimde sağlayacak bir hat keşfettik.”

Horologium’un ikinci bölümü, dinamik üzerine ileri sürülen üç hipotezle başlar. Eylemsizlik prensibini açıkça ifade eden ilk hipoteze göre herhangi bir çekim olmaması durumunda bir cisim sahip olduğu hızı korur, yani sabit hızla doğrusal hareket etmeye devam eder. İkinci hipoteze göre çekim, cismin sahip olduğu sabit hızlı harekete daima aşağı doğru bir bileşen uygulayacak şekilde davranır. Üçüncü hipoteze göre de bu hareketler birbirinden bağımsız olarak gerçekleşir.

Descartes’ın boşluğun mevcut olmadığını iddia eden Aristotelesçi görüşünün yanlışlığı Evangelista Torricelli (1608-1647) ve Blaise Pascal (1623-1662) başta olmak üzere pek çok çağdaşı tarafından ortaya kondu. 1643’te barometreyi keşfeden Torricelli, cıva sütununun üzerinde kalan üstü kapalı alanın en azından kısmi boşluğu ifade ettiği ve U-borusunun iki kolu arasındaki yükseklik farkının tüm atmosferdeki hava katmanının ağırlığını gösterdiği sonucuna vardı. Pascal, Fransa’nın orta kısımlarında yer alan Puy de Dôme tepesine bir barometre yerleştirdi ve deniz seviyesine kıyasla iki sütun arasındaki yüksekliğin burada daha az olduğunu gözlemleyerek Torricelli’nin elde ettiği sonuçları doğruladı. Bu deneyin sonuçlarını gören Pascal, bütün Aristotelesçi bilginlerden, Aristoteles’in öğretilerinin bu sonuçları açıklayıp açıklayamadığı konusunda fikir beyan etmelerini istedi ve çağrısına şöyle devam etti: “Aksi takdirde fizikte, deneylerin takip etmemiz gereken gerçek öğretmenler olduğunun ve dağlarda yapılan deneyin, doğada boşluk bulunmadığı şeklindeki genel inancı tersine çevirdiğinin kabul edilmesine müsaade ediniz.”

Alman mühendis Otto von Guericke (1602-1680) havayı da su gibi pompalamanın mümkün olduğunu ve bu durumun, mekanik olarak bir boşluk yaratmaya olanak tanıdığını keşfetti. 1657’de Magdeburg’da yaptığı ünlü deneyinde, iki bakır yarımküreyi birbirine monte ederek elde ettiği kürenin havasını pompa yardımıyla boşalttı. Sonuçta ortaya çıkan fark basıncı o kadar yüksekti ki kürenin iki tarafına bağladığı atların gücü bile küreyi bölmeye yetmedi.

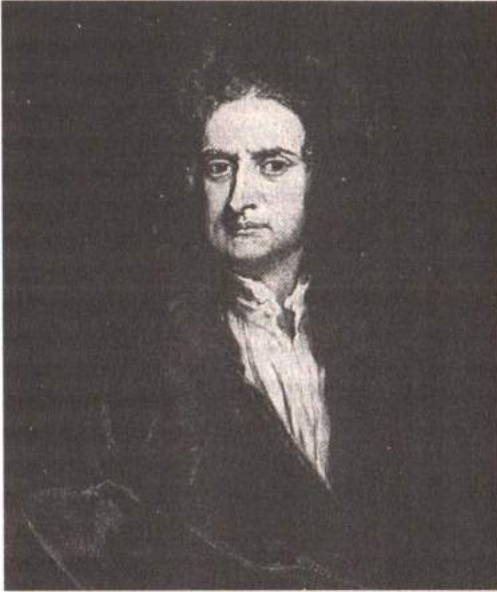
Guericke'nün deneyinden esinlenen İrlandalı kimyacı Robert Boyle (1627-1691), çeşitli cihazlar imal eden Ralph Greatorex'e bir vakum pompası yaptırdı. Pompanın tasarımı daha sonra İngiliz Fizikçi Robert Hooke (1635-1703) tarafından daha da geliştirildi. Boyle, pompayı Torricelli barometresine monte ederek tüp boşaldıkça civa seviyesinde meydana gelen değişiklikleri kaydetti. Daha sonra pompayı pnömatik araştırmalarında da kullandı ve bu araştırmalarını 1660'ta *New Experiments Psycho-Mechanicall, Touching the Spring of Air and Its Effects* [Havayı ve Etkilerini İnceleyen Yeni Fiziko-Mekanik Deneyler] adı altında yayımladı. Boyle, kısmi olsa da bir boşluk yaratılabildiği, sesin boşlukta yayılmadığı ve havanın yaşam veya tutuşma için gerekli olduğu sonucuna vardı. Ayrıca havanın esnek olduğunu, kendisine karşı direnç gösteren her şeye basınç uyguladığını ve dış etkenlerin sınırlamasından kurtulduğunda genişlediğini tespit etti: "Hava eteri öyle parçalardan oluşur ya da öyle parçalara sahiptir ki, bu parçalar termosferin yerleşik kısmı tarafından bükülür veya sıkıştırılırlarsa, buna yol açan cisimlere baskı uygulayarak söz konusu cisimlerin baskısından güçleri oranında kurtulma gayreti gösterirler." Eserinin 1662'de yayımlanan ikinci baskısına yazdığı ekte günümüzde Boyle Yasası olarak bilinen bağıntıyı ortaya koydu. Bu kanuna göre bir gazın basıncı, söz konusu gazın hacmiyle ters orantılıdır.

Boyle hem Francis Bacon'ın ampirizminden hem de Descartes'ın mekanik doğa görüşünden etkilenirken, Pierre Gassendi'nin yeniden canlandırdığı Epikürcü doğa felsefesinden de etkilendi. Böylelikle, mekanizmin, parçacık teorisini ilahi buyruk olarak gören yorumunu benimsedi. Boyle, söz konusu mekanik teorisini 1674'te yayımlanan *Some Thoughts About the Excellence and Grounds of the Mechanical Philosophy* [Mükemmellik Üzerine Bazı Düşünceler ve Mekanik Felsefenin Temelleri] eserinde açıkladı. Mekanizmin evrenselliğine ilişkin olarak Boyle şöyle der: "Mekanik prensipler o kadar evrenseldir ve dolayısıyla birçok başka şeye de uygulanabilir ki diğer hipotezleri, en azından doğada bulunan herhangi bir varsayımı dışlamak yerine içermeye uygundur."

Kopernik'ten Galileo'ya kadar meydana gelen bilimsel gelişmeler Isaac Newton'la (1642-1727) zirveye ulaştı. Newton, üstün zekası sayesinde modern bilimin doğuşunda önemli bir şahsiyet haline geldi.

Newton, Galileo'nun öldüğü yıl, yani 25 Aralık 1642'de İngiltere'nin Lincolnshire kentinde Woolsthorpe malikanesinde doğdu. Babası, okuma yazması olmayan bir çiftçiydi ve Newton doğmadan üç ay önce ölmüştü. Annesi üç yıl sonra tekrar evlense de sekiz yıl sonra yeniden dul kaldı. Newton on iki yaşına geldiğinde Grantham köyü yakınlarındaki gramer okuluna kaydoldu ve on sekiz yaşına kadar da burada öğrenim gördü. Yeğeninin yetenekli olduğunu gören Cambridge mezunu amcası, Newton'un annesini Cambridge'e göndermeye ikna edince, Newton'u 1661'de Trinity Koleji'ne kaydoldu.

Newton Cambridge'te Aristotelesçi bilim ve kozmolojinin yanı sıra, Kopernik, Kepler, Galileo, Fermat, Descartes, Huygens ve Boyle'un yeni fizik, astronomi ve matematiğini de öğrendi. 1663'te yeni atanmış matematik ve doğa felsefesi profesörü Isaac Barrow'dan (1630-1677) ders almaya başladı. Isaac Barrow, Newton'un da yardımıyla Öklid, Arşimet ve Apollonius'un eserlerini yayına hazırlarken, kendisine ait geometri ve optik eserlerini de yayımladı.



Isaac Newton, 1702.

Kendi anlatımına bakılırsa, Newton matematik ve fizik araştırmalarına 1664'ün sonlarında başladı, fakat kısa bir süre sonra bir ayaklanmanın baş göstermesiyle Cambridge Üniversitesi kapandı ve evine dönmek zorunda kaldı. Sonraki iki yıl, Newton'un mükemmel yılları oldu. Matematik ve ışığın dağılımı üzerine araştırmalara başlayan Newton, evrensel yerçekimi ve hareket kanunlarının yanı sıra merkezci kuvvet ve ivme doktrinlerini keşfetti.

1665'in başlarında, sonsuz serileri belirli bir değere yaklaştırmaya yöntemi ve herhangi bir binomun derecesini söz konusu dişiye indirgemenin kuralını buldum. Aynı yıl Mayıs'ta Gregory ve Slusius'un tanjantlarını, Kasım'da doğrudan türev alma yöntemi, ertesi yıl Ocak'ta renkler teorisini ve Mayıs'ta ters türev alma yöntemi buldum. Aynı yıl, Ay'a kadar uzanan yerçekimi üzerine düşünmeye başladım. Gezegenlerin yörüngelerine olan uzaklığının bir buçuk katı olan periyodik zaman kanunundan yararlanarak bir kürenin içinde dönen başka bir kürenin, içinde döndüğü kürenin yüzeyine uyguladığı basınca neden olan kuvveti hesaplamayı buldum. Gezegenleri yörüngelerinde tutan kuvvetin, etrafında döndükleri merkeze olan uzaklıklarının karesinin tersi olduğu sonucuna vardım: Ve Ay'ı yörüngesinde tutmak için gerekli kuvveti, Dünya'nın yüzeyindeki yerçekimi kuvvetiyle karşılaştırdım ve oldukça yakın cevaplar buldum. Bütün bunları 1665 ve 1666'daki ayaklanma sürecinde başardım; o yıllarda icat, matematik ve felsefe alanında altın çağını yaşıyordum.

Bu alıntı, Newton'un merkezci kuvvet ve ivme kanununu 1666'ya gelindiğinde, yani Huygens'dan aşağı yukarı yedi yıl önce bulunduğunu gösterir. Fakat bu kanunu o tarihlerde yayımlamadı. Newton bu kanunu, günlük dönüşü yüzünden Dünya'nın yüzeyinde meydana gelen merkezci kuvveti hesaplamak için kullandı ve merkezci hızın yerçekimine bağlı hızdan iki yüz elli kat daha az olduğunu hesapladı; dolayısıyla Dünya'nın dönüşü sırasında nesnelerin neden fırlamadığı sorusunu da yanıtlamış oldu. Newton ayrıca Ay'ı yörüngesinde tutmak için gereken merkezci kuvveti de hesaplayarak, Dünya'nın yüzeyindeki yerçekimi-

ne bağılı hızla karşılaştırdı ve söz konusu hızların Dünya'nın merkezine uzaklığın kareleriyle ters orantılı olduğunu buldu. Newton, Kepler'in üçüncü gezegen yasasını merkezci hız kanunuyla birlikte kullanarak güneş sistemi için yerçekiminin ters kare yasasını doğruladı. Aynı zamanda kalkülüsün temellerini oluşturdu ve beyaz ışığın bileşen renklerine ayrılması teorisini de formüle etti.

1667'nin ilkbaharında ayaklanma bittiğinde Newton Cambridge'e geri döndü. İki yıl sonra Barrow'un yerine matematik ve doğa felsefesi alanlarında Lucasian profesörü olarak atandı. Newton bu görevi yaklaşık otuz yıl yürütecekti.

Newton profesör olduktan sonraki birkaç yıl boyunca zamanının çoğunu optik ve matematik alanında yaptığı araştırmalara ayırdı. Işık üzerine deneylerine devam eden Newton, ışığın prizmalarda ve cam plakalarda kırılması üzerine testler uyguladı ve renkler teorisinin ayrıntılarını inceledi. Yaklaşık kırk kat büyütme gücüne sahip aynalı bir teleskop ve ardından gezegen ve kuyruklu yıldızları gözlemlemede kullanmak için yüz elli kat büyütme kapasitesine sahip olduğunu söylediği bir refraktör yaptı. İcat ettiği refraktör Kraliyet Cemiyeti'nin dikkatini çekti ve Cemiyet Newton'u 11 Ocak 1672'de üye olarak seçti.

Newton, üyelik görevlerinin bir parçası olarak optik deneyleri üzerine bir makale yazdı ve Cemiyet toplantısında okunmak üzere 28 Şubat 1672'de Cemiyet'e teslim etti. Daha sonra *Philosophical Transactions of the Royal Society* [Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi Çalışmaları] kapsamında yayımlanan makalede, Newton'un güneş ışığının -ışık, cam prizma gibi ışık kırıcı bir ortamdan geçerek ayrılabilen- sürekli bir renk yelpazesinden oluştuğunu gösteren keşfi açıklanıyordu. "Mavi rengi oluşturan ışık, kırmızı rengi oluşturan ışıktan daha fazla kırılmaya uğrar" sonucuna varan Newton güneş ışığının, ışınlardan oluşan bir karışım olduğunu ve bazı ışınların diğerlerinden daha fazla kırılmaya uğradığını buldu. Ayrıca ışık bir kez bileşen renklerine ayrıldı mı bir daha ayrıışmaz. Bu durum, kırılımda görülen renklerin, ışığın içinde öz olarak var olduğunu ve ışık kırıcı ortamın verdiği bir nitelik olmadığı anlamına gelir.

Makale, Newton'un herhangi bir bilimsel araştırmaya gösterdiği yaklaşımın özelliklerini taşır. Daha sonra, ilk makalesinde ortaya çıkan bir ihtilaftan dolayı, Newton kendi bilimsel yöntemini tarif edecekti.

Felsefe yapmanın en iyi ve güvenli yöntemi, öncelikle şeylerin niteliklerini özenle araştırmak ve deney yoluyla bu nitelikleri belirlemek, ardından daha yavaş adımlarla hipotezlere vararak söz konusu nitelikleri açıklamaktır. Zira hipotezler yalnızca şeylerin niteliklerini açıklamak için oluşturulmalıdır, fakat deneyler aracılığıyla kanıt ileri sürmediği sürece bu hipotezler nitelikleri belirlemede kullanılmamalıdır. *

Newton'un çağdaşları başka nedenlerle makaleyi kapsamlı olarak eleştirdiler. İlk itiraz, makalenin herhangi bir doğa felsefesini onaylamaması veya reddetmemesiydi. İkinci itirazsa mekanikçilerin, Newton'un bulgularını mekanik prensiplere dayanarak açıklamanın imkansız olduğunu ileri sürmesiydi. Ayrıca bazı bilginler de Newton'un deneysel bulgularının yanlış olduğunda ısrar ettiler, çünkü Newton'un ileri sürdüğü olgulara kendilerinin ulaşmadıklarını belirttiler. Newton bütün bu eleştirilere sabırla yanıt verdi; fakat bir süre sonra çalışmasını kamuoyuna açıkladığı için pişmanlık duydu.

Newton'un makalesini eleştirenlerden biri de 1662 Kasım'ında, yeni kurulan Kraliyet Cemiyeti'nde deneylerin sorumlusu olarak atanan ve bu görevi 1703'te ölünceye dek sürdüren mekanik, optik, astronomi, teknoloji, kimya ve jeoloji üzerine birçok önemli keşif yapan Robert Hooke'tur. Hooke, Newton'u eleştirdiği uzun makalesinde, Newton'un ulaştığı sonuçları reddederken, yürüttüğü bütün deneyleri bizzat uyguladığını da ima eder.

Bu durum Newton'un 1673 başlarında Kraliyet Cemiyeti'nden istifa etmesine yol açtı, fakat Cemiyet'in sekreteri Henry Oldenburg, Newton'un istifasını kabul etmedi ve kalmaya ikna etti. Ardından 1676'da Hooke'un aleni bir eleştirisinden sonra Newton, hem Oldenburg hem de Kraliyet Cemiyeti'yle bütün bağlarını kopardı. Ertesi yıl Oldenburg öldü ve yerine Hooke geçti. Hooke görevi devralır almaz Newton'a bir uzlaşma mektubu yazarak, ona duyduğu hayranlığı ifade etti. Hooke, Newton'un renkler teorisine atıfta bulunarak şöyle dedi: "Bu görüşlerin yayılmasından ve geliştirilmesinden son derece mutluyum. Ben de uzun süredir bu konuda araştırmalar yapıyorum, fakat yeterince vakit bulmadığım için bu araştırmaları tamamlayamadım."

Newton da yine uzlaşmacı bir tonda yanıt vererek Descartes'ın optik üzerine yaptığı araştırmalardan söz etti. "Descartes'ın yaptıkları iyi bir adımdı. Sen bunlara birçok konuda katkıda bulundun, özellikle ince plakaların renklerinin felsefi olarak değerlendirilmesi hususunda."

Fakat bu dostane duygulara rağmen ikili hiçbir zaman tam olarak barışmadı ve Newton sessizliğini korudu. Yine de yazışmaya devam ettiler ve aralarındaki bu yazışmalar yeni ihtilafların ortaya çıkmasına yol açtı. En şiddetli ihtilafta Hooke'un çekim yasasını Newton'dan önce keşfettiğini ileri sürmesiydi.

1684'e gelindiğinde, Hooke ve Newton'un dışında başka bilginler de gezegenleri yörüngelerinde tutan şeyin çekim kuvveti olduğuna ve söz konusu çekim kuvvetinin, gezegenlerin Güneş'e olan uzaklığının ters karesine göre değiştiğine ikna oldular. Bunlardan biri de Newton'un iyi arkadaşlarından ve Kraliyet Cemiyeti üyesi astronom Edmund Halley'dir (1656-1742). Halley, Ağustos 1684'te Cambridge'e özel bir yolculuk yaparak Newton'a, kavis olarak düşündüğü gezegenlerin Güneş'e karşı çekim kuvvetinin Güneş'e olan mesafelerinin karesiyle ters olan eğrinin ne olabileceğini sordu.

Newton hemen yanıt vererek söz konusu kavisin bir elips olduğunu fakat yedi veya sekiz yıl önce yaptığı hesaplamayı bulamadığını söyledi. Newton problemi yeniden ele alıp çözerek aynı yılın Kasım'ında Halley'e gönderdi.

Probleme karşı ilgisi yeniden uyanan Newton, güz döneminde Cambridge'te *De motu corporum* [Cisimlerin Hareketi] başlığı altında dokuz konferans verecek kadar materyal biriktirdi. *De motu*'yu okuduğunda, eserin büyük önem taşıdığının farkına varan Halley, Newton'dan metni yayımlaması için Kraliyet Cemiyeti'ne göndereceğine dair söz aldı. 1684'te metni yayına hazırlayan Newton, eserin ilk kitabını 28 Nisan 1686'da Kraliyet Cemiyeti'ne gönderdi.

Halley 22 Mayıs'ta Newton'a bir mektup göndererek Kraliyet Cemiyeti'nin eserin basımı için kendisini görevlendirdiğini söyledi. Fakat Hooke'un çekim kuvvetinin ters karesini kendisinin keşfettiğini ileri sürdüğünü ve dolayısıyla Newton'un bu bilgiyi önsözde paylaşmasını istediğini bildirdi. Newton bu durumdan son derece rahatsız oldu ve Hooke'a gönderdiği yanıtta çekimin ters karesini nasıl keşfettiğini uzun uzun

anlattı ve Hooke'un elde edilen sonuçlarda hiçbir katkısının olmadığını söyledi.

Newton'un eserinin ilk baskısı 1687'nin ortalarında, Kraliyet Cemiyeti eserin basılması için kaynak ayıramayacağını bildirince, masrafları Halley tarafından karşılanarak yayımlandı. Newton, eserine *Philosophiæ naturalis principia mathematica* [Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri] adını verdi ve kısaca *Principia* olarak adlandırdı. *Principia*, Halley'in Newton'a ithaf ettiği bir şiirle başlar. Şiirin ardından Newton'un, eserinin kapsamını ve felsefesini ana hatlarıyla anlattığı bir önsöz yer alır:

Mevcut eserimiz doğa felsefesinin matematiksel ilkelerini açıklar. Zira felsefenin temel problemi, hareket olguları aracılığıyla doğanın kuvvetlerini keşfetmek, ardından bu kuvvetlerden yola çıkarak diğer olguları açıklamaktır... Gezegenlerin, kuyruklu yıldızların, Ay'ın ve denizlerin hareketleri, aynı zamanda matematiksel olan önermelerle söz konusu kuvvetlerden çıkarsanır. Keşke doğanın diğer olgularını da aynı akıl yürütme yoluyla mekanik prensiplerden elde edebilsek!

1. Kitap, sekiz tanımlamayla başlar. Bunlardan ilk beşi Newtoncu dinamğin temel ilkeleridir. İlk olarak “maddenin miktarı” veya kütle tanımlanır. Bu tanıma göre kütle, maddenin özgül ağırlığının hacimle çarpımına eşittir. İkinci olarak, “hareketin miktarı”, yani daha sonra “momentum” olarak adlandırılacak nicelik, kütleyle hızın çarpımı olarak tanımlanır. Üçüncü tanımında, Newton “maddenin içkin kuvvetini” veya ataleti, “duran bir cismin, hareket etmeye karşı; düz bir çizgide sabit bir hızda ilerleyen hareket halindeki bir cisminse durmaya karşı gösterdiği mukavemeti sağlayan kuvvet” olarak tanımlar. Dördüncü tanıma göre, “uygulanan kuvvet, sabit duran veya düz bir çizgide ileri doğru sabit bir hızda hareket eden bir cismin mevcut durumunu değiştirmek için uygulanan eylemdir”. Diğer tanımlar ise merkezci kuvveti açıklar: merkezci kuvvet, maddeleri “bir merkeze göre belirli bir noktaya doğru gitmeye zorlar veya yöneltir”. Newton buna örnek olarak Güneş'in, gezegenleri yörüngesinde tutan çekimini verir.

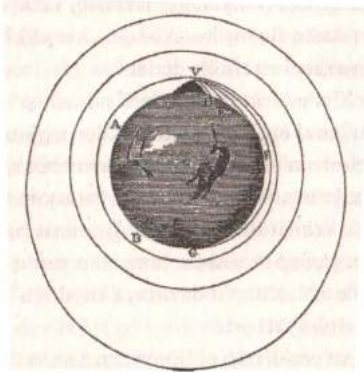
Yerçekimiyle ilgili olarak, bir dağın tepesinden belirli bir hızda ve

ufka paralel fırlatılan kurşun birtop örneğini verir. Newton, eğer başlangıç hızı çok yüksekse, topun yere değmeden önce daha da hızlanacağını, Dünya'nın etrafındaki yörüngeye ve hatta uzay boşluğuna kadar gidebileceğini söyler.

Tanımların ardından mutlak ve görelî zaman, uzay, mekan ve hareketle ilgili düşüncelerini belirten uzun bir yorum yazar. Newton burada esas olarak göreliliğin klasik yasalarını tanımlar. Bilindiği üzere yirminci yüzyılın başlarında bu teorinin yerini Einstein'ın özel ve genel görelilik teorileri alır.

Bu teorinin ardından Newton aksiyomlarından bahseder. Günümüzde Newton'un hareket yasaları olarak bilinen bu aksiyomlar üçe ayrılır ve Newton her biri için açıklamalar yaparak bir çıkarımda bulunur.

- Birinci Yasa:** Başka bir kuvvetten etkilenmedikçe, duran veya hareket halindeki her cisim mevcut durumunu korur.
- İkinci Yasa:** Bir hareketteki değişiklik, harekete geçiren kuvvetle orantılıdır ve kuvvetin uygulandığı doğrultudaki düz bir çizgide meydana gelir.
- Üçüncü Yasa:** Her etkiye karşı daima ters ve eşit bir tepki vardır; bir başka deyimle iki cismin birbirini üzerindeki etkisi daima eşittir ve zıt doğrultudadır.



*Dünyanın etrafındaki yörüngede yer alan fırlatılmış bir cisim.
Newton'un Principia eserinden.*

Birinci yasa eylemsizlik prensibidir ve aslında ikinci yasanın, net kuvvetin sıfıra eşit olduğu halini ifade eder. Günümüzde ikinci yasa için kullanılan formül, bir cisme uygulanan kuvvetin (F), momentumundaki (p) değişim hızına eşit olduğunu ve p 'nin kütleyle (m) hızın (v) çarpımına eşit olduğunu; eğer kütle sabitse, o zaman $F=ma$ olduğunu ifade eder. Bu durumda a ivmeyi, yani hızdaki değişim hızını gösterir. Üçüncü yasa göre, iki cisim etkileşimde bulunduğu anda, birbirlerine uyguladıkları kuvvet büyüklük olarak eşittir ve yön olarak zıt yönlerdedir.

Principia'nın girişinden sonra, "Cisimlerin Hareketi" başlıklı 1. Kitap gelir. Bu bölümde, özellikle matematiksel hesaplamalar kullanılarak hareketin genel bir analizi yapılmaktadır. Newton öncelikle yörüngelerle çeşitli merkez kuvvetler arasındaki ilişkileri analiz eder. Bu analizi sayesinde, çekim kuvveti ancak ve ancak kuvvetin merkeziyle olan mesafenin karesine ters orantılı olarak değişirse, yörüngenin, çekim merkezi tek bir odak noktasında bulunan bir elips şeklinde olacağını gösterdi ve böylelikle Kepler'in ikinci hareket yasasını kanıtlamış oldu. 1. Kitap'ın başka bölümlerinde, Kepler'in birinci ve ikinci yasasını da ispatladı. Ayrıca üçüncü hareket yasasını kullanarak, birbirini karşılıklı olarak çeken iki cisimle ilgili problemi de ele aldı. İncelediği problemde her iki cismin de hareket halinde olduğunu varsaydı: "Çünkü çekimler daima cisimlere yönelir ve -üçüncü yasaya göre- çeken ve çekilen cisimlerin hareketleri karşılıklı ve eşittir; dolayısıyla eğer iki cisim varsa ne çeken ne de çekilen cisim hareketsizdir, aksine her ikisi de... karşılıklı çekim nedeniyle ortak bir çekimin merkezi etrafında döner."

İkinci Kitap da "Cisimlerin Hareketleri" adını taşır, çünkü bu kitabın da büyük bir kısmı harekete karşı çeşitli sıvıların gösterdiği direnç kuvvetlerini ele alır. Newton'un bu analizi yapmasındaki amaçlardan biri, Descartes'ın kozmolojisinde ileri sürdüğü varsayımsal eterin gezegen hareketleri üzerinde etkisinin olup olmadığını anlamaktır. Yaptığı araştırmalar, Kartezyen girdap teorisinin tamamen yanlış olduğunu gösterdi, çünkü *Principia*'nın 2. Kitap'ında ortaya koyduğu dirençli bir ortamdaki hareket yasalarına aykırıydı.

Principia'nın 3. ve son Kitap'ı "Dünyanın Sistemi" başlığını taşır ve üç yasadan oluşan "Doğa Felsefesinin Kanunları" ile başlar. Bu bölümden sonra altı "olgu" üzerine bir bölüm yer alır. Olgular bölümünü, kırk

iki önermenin yanı sıra bu önermelere ilişkin teorem ve önsavlar, zaman zaman da yorumlar takip eder. Bölüm sonunda, “Dünyanın Sistemi” başlıklı genel bir yorum ve sonuç kısmı yer alır.

Altı olgu, gezegenlerin ve Ay’ın hareketleriyle Kepler’in gezegensel hareketlerin ikinci ve üçüncü yasalarına ilişkin yaptığı gözlemlerle ilgilidir. Newton, “merkezden gezegene çizilen yarıçapların taradığı alanın zamanla orantılı olduğunu ve periyotlarının –sabit yıldızların hareket-siz olduğunu varsayarsak– söz konusu merkezle aralarındaki mesafenin $3/2$ kuvvetine eşit olduğu” sonucuna varır.

Bu bölümde Newton, hem yer hem de gök hareketlerinin sonuçlarına ilişkin çeşitli önermelerde ve önsavlarda bulunur. Newton’un evrensel çekim yasasına göre, “çekim her cisimde evrensel olarak vardır ve her cisimdeki maddenin miktarıyla orantılıdır”. Bu yasa ayrıca iki cisim arasındaki çekim kuvvetinin, söz konusu cisimlerin kütle merkezleri arasındaki mesafenin karesine ters orantılı olarak değiştiğini gösterir. Söz konusu ters kare çekim kuvveti, Güneş etrafında dönen gezegenlerin, Jüpiter’in uydularının ve Ay’ın hareketinin yanı sıra Dünya’daki yerçekimini de açıklar. On üçüncü önerme, Kepler’in birinci ve ikinci gezegensel hareket yasasını tanımlar: “Gezegenler, Güneş’in merkezindeki bir odak noktasına sahip elipsler doğrultusunda hareket eder ve merkezle arasındaki mesafenin yarıçaplarıyla, zamana orantılı alanları tararlar.”

Teleskopla yapılan gezegen gözlemleri, gezegenlerin kutuplardan basık küreler olduğunu ortaya koymuştur. Newton on sekizinci önermesinde: “Gezegenlerin eksenleri, eksenlere dikey olan yarıçaplarından daha küçüktür,” der, yani gezegenler kutuplardan basık kürelerdir. Newton, bu etkinin gezegenlerin eksenel dönüşünden doğan merkezkaç kuvvetlerden kaynaklandığını ve örneğin Dünya’nın da kutuplara doğru düz, ekvator civarında şişkin olduğunu doğru bir şekilde tespit eder.

Newton gelgit hareketiyle ilgili teorisini yirmi dördüncü önermede açıklar: “Denizin kabarması ve alçalması, Güneş ve Ay’ın hareketlerinden kaynaklanır.” Newton bu teoriyle Aristoteles dönemine kadar uzanan bir probleme de çözüm getirmiş oldu. Otuz dokuzuncu önermedeyse, bir başka antik dönem problemine değinilmektedir: Güneş ve Ay’ın Dünya üzerindeki çekim kuvvetleri dahil olmak üzere “ekinoksların presesyonunun bulunması”. Newton, “ekinoksların presesyonunun yıl-

lık 50 [açısal] saniye az veya fazla" olacağını doğru hesaplayarak astronomları yaklaşık iki bin yıl boyunca meşgul eden bir başka problemi de çözmüş oldu.

Antik dönemden beri çözülmemiş bir başka problem de Newton'un dördüncü önsavda dile getirdiği "kuyrukluysıldızlar Ay'dan daha yüksektedir ve gezegensel bölgelerde hareket eder" teorisidir. Konuyu takip eden önsavlar ve önermelerde Newton kuyrukluysıldızların hareketini ele alarak, kuyrukluysıldızların Güneş'in etrafındaki elips yörüngelerde hareket ettiğini, bu yüzden de periyodik olarak kaybolup yeniden görüldüğünü gösterdi. Örneğin Halley kuyrukluysıldızı, yetmiş beş yıl önce kaybolup 1682'de tekrar gözlemlenebilmiştir. Kepler gibi Newton da kuyrukluysıldızların yapısı üzerinde tahminlerini dile getirerek, bir kuyrukluysıldızın kuyruğunun, söz konusu kuyrukluysıldızın Güneş'e yaklaşmasıyla meydana gelen buharlaşmadan ibaret olduğunu ileri sürer.

Bu bölümden sonra Newton genel bir yorum yaparak mekaniğin tek başına evreni açıklayamayacağını, evrendeki düzenin, kendisine evrenin bir Tanrısal tasarım olduğunu gösterdiğini söyler. "Güneş, gezegenler ve kuyrukluysıldızlardan oluşan bu en mükemmel sistem, akıllı ve güçlü bir varlığın tasarımı ve idaresi olmadan meydana gelemez."

Principia'nın ikinci baskısı 1713'te, üçüncü baskısıysa 1726'da yapıldı. Her iki baskının da önsözü Newton tarafından yazıldı. Bu arada Newton 1704'te, çoğu eski araştırmalarına dayanan, ışık üzerine yazdığı eserini yayımladı. Latince yazılmış *Principia*'dan farklı olarak *Işığın Yansımaları, Kırılmaları, Bükülmeleri ve Renkleri Üzerine İnceleme* altbaşlığını taşıyan *Opticks* [Optik] adlı yeni eserini İngilizce yazdı. İlk Latince baskı 1706'da yayımlanırken, İngilizce baskılar 1717/1718, 1721 ve 1730'da yayımlandı. Newton'un ölümünden üç yıl sonra yapılan son baskısında, "yazarın kendisi tarafından düzeltilmiş ve ölümünden önce yayıncısına teslim edildi," açıklaması yer alıyordu.

Principia gibi *Opticks* de üç kitaptan oluşuyordu. 1. Kitap'ın başında, Newton eserini hazırlamadaki amacını şöyle açıklar: "Bu kitabı hazırlamadaki amacım, ışığın özelliklerini hipotezlerle açıklamak değil, akıl ve deney yoluyla tespit etmek ve ispatlamaktır."

1. Kitap'ın ele aldığı konular arasında kırılma ve yansıma kanunları, görüntülerin oluşumu, ışığın cam bir prizmadan geçerek bileşen renk-

lerine ayrılması yer alır. Newton bu bölümde merceklerin ve aynalı teleskopun özelliklerini, insan gözünün optik yapısını, gökkuşağı teorisini ve kapsamlı bir renk incelemesini de ele alır. Newton kırılma yasasını, ışığın camda havada olduğundan daha hızlı ilerlediği yanlış görüşüne dayandırarak ispatlamaya çalıştı. Aynı yanlış Descartes da yapmıştı. Bu hatanın nedeni, her ikisinin de ışığın doğadaki parçacıklardan oluştuğunu düşünmesiydi.

Newton'un ışığın parçacık teorisini öne sürmesi atom teorisini kabul etmesinden ileri gelir. "Boşluğu, atomları, atomların çekimini, felsefelerinin ilk ilkeleri olarak kabul eden en eski ve en ünlü Yunan filozoflarına hayranım... Bütün bunları göz önünde bulundurduğumda, Tanrı'nın başlangıçta maddeyi katı, sert, bükülmez, hareket edebilen parçacıklardan yarattığını ve bu parçacıklara Tanrı tarafından kendileri için öngörülen son hallerine kavuşmasını sağlayacak şekilde büyüklükler ve şekiller, özellikler ve konum verdiğini düşünüyorum."

2. Kitap, "İnce Saydam Cisimlerin Yansımaları, Kırılmaları ve Renklerine İlişkin Gözlemler" bölümüyle başlar. Newton'un incelediği bu etkiler günümüzde girişim olguları olarak adlandırılmaktadır. Newton'un bu hususla ilgili gözlemleri, ışığın dalgalı bir yapıya sahip olduğunun da ilk kanıtıdır.

Newton 2. Kitap'ta, 1676'da ışığın hızını hesaplayan Danimarkalı astronom Olaus Roemer'in (1644-1710) eseri üzerine de yorum yapmıştır. Roemer bu hesaplamayı Jüpiter Dünya'dan uzaklaşırken, uydusu Io'nun birbirini takip eden tutulmalarındaki gecikmeleri gözlemleyerek gerçekleştirdi. Roemer'in ışığın hızı için bulduğu değer, günümüzde kabul edilen ve saniyede 300.000 kilometreden biraz az olan değerın dörtte biri oranındaydı, fakat her şeye rağmen doğanın temel sabitlerinden birinin büyüklüğüyle ilgili yapılan ilk hesaplamadır. Roemer, ışığın Dünya'ya on iki dakika içinde ulaştığını söylerken, günümüzde kabul edilen değer sekiz dakika yirmi saniyedir. Newton'un ışığın hızını Roemer'e göre daha iyi tahmin ettiği görülüyor. *Opticks* eserinin 2. Kitap'ında şöyle der: "Işık parlak cisimlerden zaman içinde yayılır ve Güneş'ten Dünya'ya yedi veya sekiz dakika içinde ulaşır."

Newton 3. Kitap'ın başlangıç bölümünde, ışığın kırılımı üzerine yaptığı deneyleri açıklar. Kitabın geri kalanı sadece ışık üzerine değil, aynı

zamanda fizik ve felsefenin çeşitli konularıyla ilgili varsayımlardan oluşmaktadır. *Opticks*'in ilk baskısında bu sorulardan on altısı, ikincisinde yirmi üçü, üçüncü ve dördüncüsündeysen kırk ikişer tanesi yer almaktadır. Kariyerinin tan vaktine gelen Newton daha önce açıklamadığı bazı spekülâtif düşüncelerini de açıklayarak bu soruları, doğa araştırmalarının da kendisini takip edeceklerine araştırmaları için miras bıraktı.

Bu arada Newton'la büyük Alman matematikçi ve filozof Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) arasında bir ihtilaf yaşandı. Tartışma konusu hangisinin kalkülüsü daha önce keşfettiği idi. Kendi ifadesine göre Newton, "türev yöntemini" ilk olarak 1665-1666 yıllarında yazmış, fakat ancak 1687'de *Principia*'da açıklamıştı. Kalkülüs üzerine ilk bağımsız eseriniyse 1711'de yayımladı. Leibniz genel kalkülüs yöntemlerini 1675'te geliştirmeye başladı, fakat konuyla ilgili araştırmalarını 1684'te yayımladı. Leibniz'in formüle ettiği ve günümüzde kullanılan formülasyona oldukça benzeyen kalkülüs versiyonu, özellikle Avrupa'da Newton'un kalkülüsünden daha fazla rağbet gördü. Newton bu tartışmaya o kadar öfkelenmişti ki, *Principia*'nın üçüncü baskısındaki Leibniz referanslarının tümünü sildi. Leibniz de ölünceye dek Newton'u eser hırsızlığıyla suçladı.

Bilim eserlerinin yanı sıra Newton zamanının büyük kısmını da simya, kehanet, teoloji, mitoloji, kronoloji ve tarihe ayırdı. Bilimsel olmayan en önemli eseri *Observations on Daniel and The Apocalypse of St. John*'dur [Daniel'in Kehanetleri ve Aziz John'un Mahşeri Üzerine Gözlemler]. Eser, Newton'un simyanın "dört metalı" ve mahşerin dört yarattığı arasında benzerlik kurmasının da gösterdiği üzere, simya araştırmalarında kullandığı yöntemin temel anahtarı olarak değerlendirilmektedir.

1689'da Newton, Cambridge Üniversitesi tarafından parlamenter olarak seçildi. Mart 1696'da darphane sorumlusu olarak atanınca Cambridge'teki Lucasian profesörlüğünde kendisine yardımcı olması için William Wiston'ı görevlendirdi. Sonunda ikinci kez parlamenter seçildikten kısa bir süre sonra, 10 Mart 1710'da profesörlükten istifa etti. 16 Nisan 1705'te Trinity Kolej'de Kraliçe Anne tarafından şövalye ilan edildi; 17 Mayıs 1706'da üniversitenin parlamentodaki temsilcisi olmak için üçüncü kez seçime girdi, fakat seçimi kaybetti.

Newton 1703'ten itibaren başkanlığını yaptığı Kraliyet Cemiyeti'nin bir toplantısına başkanlık ettikten dört gün sonra, 20 Mart 1727'de

Londra'da öldü. Naaşı 4 Nisan'a kadar bekletildi ve görkemli bir törenle Westminster Manastırı'nda defnedildi. Barok tarzında süslenen mezar taşında Newton yaslanmış bir pozisyonda otururken, yanında astronomiyi temsilen ağlayan bir kadın figürü bulunur, üst kısımda yer alan kürenin üzerindeyse Bilimlerin Kraliçesi oturmaktadır. Mezar taşı üzerindeki yazı şöyle biter: "Faniler, insan ırkının böylesi büyük bir gurur kaynağı olduğu için sevinmelidir."

Çağdaşları, Newton'un başarılarını mekanik doğa felsefesinin mükemmelleştirilmesinden ibaret görüyorduydu da, 20. yüzyılın ortalarında tarihçiler bu çalışmaların Bilimsel Devrim'in zirvesi olduğunu düşünüyordu. Her ne kadar yeni binyılın birçok tarihçisi Bilimsel Devrim kavramına itiraz etse de Newton'un çalışmalarının, Avrupa biliminin uzun süren gelişiminin zirvesi olduğu ve modern çağın bilimsel kültürünün yolunu açan bir sentez yarattığı fikri genel kabul görmektedir.

Newton, Hooke'a verdiği yanıtta, "eğer ben Descartes'ten daha fazlasını gördüysem, devlerin omzunda [aynen metinde olduğu gibi] durduğum içindir," diyerek seleflerine hakkını teslim etmiştir. Newton bu sözleriyle, beş asır önce Bernard Silvestre tarafından dile getirilen ifadeyi tekrarlıyordu.

Bernard, Avrupa'nın ilk üniversiteleri kurulmadan önce yazdığı eserleriyle Greko-İslam bilimi ve felsefesini Latin Avrupa'ya taşımıştı. Bu yüzden, bahsettiği selefler İrlanda ve İngiltere, ardından da bütün kıtanın manastırlarında gizlice çalışıp çabalayan bilgin keşişlerdi. Greko-Romen yıkıntılardan kurtulan klasik bilgi kırıntılarını inceleyerek çevrelerindeki dünyayı anlamaya çalışan bu bilginler, henüz doğuş aşamasındaki bilimsel geleneği işleyerek, bu geleneğin Kopernik, Kepler, Galileo ve Newton'un eserleriyle olgunlaşmasının temellerini atmış oldular.

Newton sadece Avrupalı seleflerine değil, aynı zamanda Thales ve Pisagor'dan Sokrates öncesi bilginlere, Demokritos, Platon, Aristoteles, Öklid, Arşimet, Apollonius, Aristarkus, Eratosthenes ve eserleri Büyük İskenderiye Kütüphanesi'nin yakılmasıyla kaybolan Batlamyus'a kadar, tüm antik Yunan filozofları ve bilim insanlarına da atıfta bulunuyor. Kayıp bilgiler ortaçağ Bizans'ında, İslam dünyasında ve Avrupa'da yavaş yavaş geri kazanıldı ve daha da geliştirilerek Newtoncu sentezin temellerini oluşturdu.

GALİLEO'DAN ÖNCE

Galileo'dan bin yıl önce başlayıp, düşüncelerin bir düşünürden diğere aktarılmasıyla devam eden aydınlanma, karanlığı yavaş yavaş dağıttı ve modern bilim çağının şafağını başlattı.

•

•

TEŞEKKÜR

Bu kitap için yaptığım araştırmalarda bana yardımcı olan Boğaziçi Üniversitesi Kütüphanesi çalışanlarına ve eserin yayına hazırlanmasında bana çok değerli yardımlarını sunan editörüm Dan Crissman'a teşekkür ediyorum.

KAYNAKÇA

KISALTMALAR

DSB *Dictionary of Scientific Biography*. 16 cilt, Charles Coulston Gillispie (ed.), New York, 1970-1980.

Tradition, Transmission, Transformation

Ragep, F. Jamil; Sally P. Ragep ve Steven Livesey (ed.) (1996). *Tradition, Transmission, Transformation*, Leiden.

Africa, Thomas W. (1961). "Copernicus' Relation to Aristarchus and Pythagoras", *Isis* 52(3): 403-9.

Ahmad, S. Maqbal. "Al-Idisi", *DSB*, 7, 7-9.

Aristoteles (1984). *Complete Works*. 2 cilt. Jonathan Barnes (ed.), Princeton, New Jersey.

Armitage, Angus (2004). *Copernicus and Modern Astronomy*, New York.

____ (1947). *Sun Stand Thou Still; The Life and Works of Copernicus the Astronomer*, New York.

Armstrong, A. H. (ed.) (1967). *The Cambridge History of Later Greek and Early Medieval Philosophy*, Cambridge.

Bacon, Francis (1960). *The New Organum and Related Writings*. Fulton H. Anderson (ed.), New York.

Baker, Robert H. (1930). *Astronomy: An Introduction*, New York.

Bald, R. C. (1971). *John Donne, a Life*, Oxford.

Bede (1930). *The Ecclesiastical History of the English People*, Londra.

____ (2004). *The Reckoning of Time*, Liverpool.

Borndörfer, Rolf, Martin Grötschel ve Andreas Löhal (Kasım 1995). "Alcuin's Transportation Problems and Integer Programming", *Konrad-Zuserum für Infomationsteknik*, Berlin, s. 1-3.

Bos, H. J. M. "Huygens, Christiaan", *DSB*, 6, 597-612.

Boyer, Carl B. (1968). *A History of Mathematics*, New York.

Brown, Peter (1971). *The World of Late Antiquity, AD 150-750*, New York.

Brown, Theodore M. "Descartes: Physiology", *DSB*, 4, 51-65.

Burnet, John (1950). *Greek Philosophy, Thales to Plato*, Londra.

Burnett, Charles (1997). *The Introduction of Arab Learning into England*, Londra.

- Bussard, H. L. L. "Viète, Françoise", *DSB*, 14, 18-25.
- Butterfield, Herbert (1957). *The Origins of Modern Science, 1300-1800*, New York.
- Büyük Plinius (1942-1963). *Natural History*, 10 cilt, çev. H. Rackham vd., Cambridge, Massachusetts.
- Byebyl, Jerome J. "Harvey, William", *DSB*, 6, 150-62.
- Cahill, Thomas (1995). *How the Irish Saved Civilization*, New York.
- Callus, Daniel A. (ed.) (1955). *Robert Grosseteste, Scholar and Bishop*, Oxford.
- Cantor, Norman F. (1993). *The Civilization of the Middle Ages*, New York.
- Caspar, Max (1962). *Kepler*, çev. C. Doris Hellman, New York, 1962.
- Chatillon, Jean. "Giles of Rome", *DSB*, 5, 402-3.
- Chaucer, Geoffrey (1961). *The Canterbury Tales*, Londra.
- Clagett, Marshall. "Adelard of Bath", *DSB*, 1, 61-64.
- _____(ed.) (1964). *Archimedes in the Middle Ages, Vol I: The Arabo-Latin Tradition*, Madison, Wisconsin.
- _____(2001). *Greek Science in Antiquity* (Londra, 2001).
- _____. "John of Palermo", *DSB*, 7, 133-34.
- _____. "Oresme, Nicole", *DSB*, 10, 223-30.
- _____(1959). *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, Wisconsin.
- Cobban, Alan B. (1975). *The Medieval Universities, Their Development and Organization*, Londra.
- Cohen, I. Bernard (1985). *Revolution in Science*, Cambridge, Massachusetts.
- Colish, Marcia L. (1997). *Medieval Foundations of the Western Intellectual Tradition 400-1400*, New Haven, Connecticut ve Londra.
- Collins, Roger (1991). *Early Medieval Europe, 300-1100*, Basingbroke.
- Copernicus, Nicolaus (2002). *De revolutionibus (On the Revolutions of the Celestial Spheres)*, çev. Glen Wallis, ed. Stephen Harking, Philadelphia.
- Cottingham, John (1986). *Descartes*, Oxford.
- _____(ed.) (1992). *The Cambridge Companion to Descartes*, Cambridge.
- Cottingham, John, Robert Stoothoff ve Rugald Murdoch (1985). *The Philosophical Writings of Descartes*, 2 cilt, Cambridge.
- Crombie, A. C. "Descartes", *DSB*, 4, 51-55.
- _____. "Grosseteste, Robert", *DSB*, 5, 548-54.
- _____(1963). *Medieval and Early Modern Science*, 2 cilt, 2. baskı, Cambridge, Massachusetts.
- _____(1953). *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*, Oxford.
- _____(ed.) (1963). *Scientific Change; Historical Sketches in the Intellectual, Social*

- and Technical Conditions for Scientific Discovery and Technical Invention from Antiquity to the Present*, New York.
- Crombie, A. C. ve North, J. D. "Bacon, Roger", DSB, 1, 377-85.
- Crosby, H. Lamar (ed.) (1955). *Thomas of Bradwardine, His Tractatus de Proportionibus*, Madison, Wisconsin.
- Dales, Richard (1973). *The Scientific Achievements of the Middle Ages*, Philadelphia.
- Daly, John F. "Sacrobosco, Johannes de (John of Holywood)", DSB, 12, 60-63.
- Dante (1908). *The Divine Comedy*, çev. H. F. Cary, New York.
- Davies, Norman (1996). *Europe, a History*, Oxford ve New York.
- _____(1999). *The Isles, a History*, New York.
- De Santillana, Giorgio (1955). *The Crime of Galileo*, Chicago.
- Descartes, René (1985 (Cilt 1 ve 2), 1991 (Cilt 3)). *The Philosophical Writings of Descartes*, 3 cilt, çev. John Cottingham, Robert Stoothoff ve Dugald Murdoch, Cambridge.
- Dictionary of Scientific Biography* (DSB), 16 cilt, çev. Charles Coulston Gillispie, New York, 1970-1980.
- Donne, John (1968). *The Complete Poetry of John Donne*, çev. John T. Shawcross, Londra.
- _____(1992). *The Complete Poetry and Selected Prose of John Donne*, John Hayward (ed.), Londra.
- Drake, Stillman (çev.) (1952). *Discoveries and Opinions of Galileo*, Garden City, New York.
- _____. "Benedetti, Giovanni Battista", DSB, 1, 604-9.
- _____. "Galilei, Galileo", DSB, 5, 237-48.
- Dreyer, J. L. E. (1953). *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, New York.
- _____(1963). *Tycho Brahe*, New York.
- Dronke, Peter (ed.) (1988). *A History of Twelfth-Century Western Philosophy*, Cambridge.
- Easton, Joy B. "Dee, John", DSB, 4, 5-6.
- _____. "Digges, Thomas", DSB, 4, 97-98.
- _____. "Reorde, Robert", DSB, 11, 338-40.
- Eicholz, David E. "Pliny", DSB, 11, 38-40.
- Encyclopedia of the Scientific Revolution*, William Applebaum (der.), New York, 2000.
- Ferguson, Kitty (2002). *Tycho and Kepler: The Unlikely Partnership That Forever Changed Our Understanding of the Heavens*, New York.
- Folkerts, Menso. "Regiomontanus' Role in the Transmission and Transformation of Greek Mathematics", *Tradition, Transmission, Transformation*, s. 89-113.

- Fox, Robert (2000). *Thomas Harriot: An Elizabethan Man of Science*, Farnham, Surrey.
- Freely, John (2009). *Aladdin's Lamp: How Greek Science Came to Europe Through the Islamic World*, New York.
- _____. (2004). *The Emergence of Modern Science, East and West*, İstanbul.
- Freemantle, Anne (1954). *The Age of Belief: The Medieval Philosophers*, New York.
- Furley, David J. "Lukretius", DSB, 8, 536.
- Gade, John A. (1947). *The Life and Times of Tycho Brahe*, Princeton, New Jersey.
- Galilei, Galileo (1967). *Dialogue Concerning the Two World Systems, Ptolemaic and Copernican*. çev. Stillman Drake, Berkeley, California.
- _____. (1914). *Discourses Concerning Two New Sciences, of Mechanics and of Motion*, New York.
- Gassendi, Pierre (2003). *The Life of Copernicus (1473-1543)*, Olivier Thill'in açıklamalarıyla birlikte, Fairfax, Virginia.
- Gaukroger, Stephen (1995). *Descartes: An Intellectual Biography*, Oxford.
- _____. (2006). *The Emergence of a Scientific Culture: Science and the Shaping of Modernity 1210-1685*, Oxford.
- Geanakoplos, Dino John (1962). *Greek Scholars in Venice: Studies in the Dissemination of Greek Learning from Byzantium to Western Europe*, Cambridge, Massachusetts.
- Geymonat, Ludovico (1965). *Galileo Galilei: A Biography and Inquiry into His Philosophy of Science*, New York.
- Gingerich, Owen (2004). *The Book Nobody Read: Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus*, New York.
- _____. "Kepler, Johannes", DSB, 7, 289-312.
- _____. "Reinhold, Erasmus", DSB, 11: 365-67.
- Glick, Thomas F. "Leo the African", DSB, 8, 190-92.
- Glozzi, Marion. "Evangelista Torricelli", DSB, 13, 433-40.
- Grant, Edward (2001). *God and Reason in the Middle Ages*, Cambridge.
- _____. "Jordanus de Nemore", DSB, 7, 171-79.
- _____. "Peregrinus, Peter", DSB, 10, 532-40.
- _____. (1971). *Physical Science in the Middle Ages*, New York.
- Guerlac, Henry (1968). "Copernicus and Aristotle's Cosmos", *Journal of the History of Ideas* 29(1): 109-13.
- Gutas, Dimitri (1998). *Greek Thought, Arabic Culture: The Graeco-Arabic Translation Movement in Baghdad and Early Abbasid Society*, Londra.
- Guthrie, William K. C. (1962-1981). *A History of Greek Philosophy*, 6 cilt, Cambridge.
- Hall, A. R. (1956). *The Scientific Revolution, 1500-1800*, Boston.

- Hall, Marie Boas. "Boyle, Robert", DSB, 2, 377-82.
- _____. (1958). *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry*, Cambridge.
- Hammond, Nicholas (ed.) (2003). *The Cambridge Companion to Pascal*, Cambridge.
- Hannam, James (2009). *God's Philosophers: How the Medieval World Laid the Foundations of Modern Science*, Londra.
- Haring, Nikolaus M. "Thierry of Chartres", DSB, 13, 339-41.
- Harkness, Deborah E. (2007). *The Jewel Box: Elizabethan London and the Scientific Revolution*, New Haven, Connecticut.
- Haskins, Charles Homer (1957). *The Renaissance of the Twelfth Century*, New York.
- _____. (1923). *The Rise of Universities*, New York.
- _____. (1924). *Studies in the History of Mediaeval Science*, Cambridge.
- Heath, T. L. (1959). *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*, Oxford.
- _____. (1964). *Diophantus of Alexandria: A Study in the History of Greek Algebra*, New York.
- Hellman, C. Doris. "Brahe, Tycho", DSB, 2, 401-14.
- Hellman, C. Doris ve Swerdlow, Noel M. "Peurbach, Georg", DSB, 15, 473-79.
- Heniger, Johann. "Leeuwenhoek, Antoni van", DSB, 8, 126-30.
- Heninger, S. K. (1974). *Touche of Sweet Harmony: Pythagorean Cosmology and Renaissance Poetics*, San Marino, California.
- Henry, John (2002). *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*, New York.
- Hesse, Mary. "Bacon, Francis", DSB, 1, 372-77.
- Hirst, Anthony ve Silk, Michael (2004). *Alexandria, Real and Imagined*, Aldershot, Hampshire.
- Hofmann, Joseph E. "Cusa, Nicholas", DSB, 3, 512-16.
- _____. "Leibniz, Gottfried Wilhelm", DSB, 8, 149-68.
- Huff, Toby E. (1993). *The Rise of Early Modern Science: Islam, China and the West*, Cambridge.
- Irby-Massie, Georgia L. ve Paul T. Keyser (2002). *Greek Science of the Hellenistic Era: A Sourcebook*, Londra.
- Jayawardene, S. "Pacioli, Luca", DSB, 10, 269-72.
- Jeanne, Edouard. "Bernard Silvestre", DSB, 2, 21-22.
- Jerome (1954). *Selected Letters*, çev. F. A. Wright, Cambridge, Massachusetts.
- Johnson, Francis R. (1937). *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore.
- _____. (Haziran 1936). "The Influence of Thomas Digges in the Progress of Modern Astronomy in Sixteenth-Century England", *Osiris* 1: 390-410.

- _____. (Aralık 1946) "Marlowe's Astronomy and Renaissance Skepticism", *Journal of English Literary History* 3(4): 241-54.
- Jones, Charles W. "Bede, The Venerable", DSB, 1, 564-66.
- Kantorowicz, Ernst (1931). *Frederick the Second, 1194-1250*, çev. E. O. Lorimer, New York.
- Keats, John (1988). *The Complete Poems*, çev. John Barnard, New York.
- Keele, Kenneth D., Ladidiao Reti, Augusto Marinoni ve Marshall Claggett. "Leonardo da Vinci", DSB, 8, 192-245.
- Kelly, Suzanne. "Gilbert, William", DSB, 5, 396-401.
- Kirk, G. S. ve J. E. Raven (1962). *The Presocratic Philosophers*, Cambridge.
- Kline, Morris (1990). *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*, 3 cilt, New York.
- Koestler, Arthur (1959). *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*, Londra.
- Kopal, Zdenek. "Roemer, Olaus", DSB, 11, 525-27.
- Koran (1953). *The Meaning of the Glorious Koran*, çev. Mohammed Marmaduke Pickthall, New York.
- Koyré, Alexandre (1973). *The Astronomical Revolution: Copernicus, Kepler, Borelli*, çev. R. E. W. Madison, New York: Ithaca.
- _____. (1958). *From the Closed World to the Infinite Universe*, New York.
- _____. (1965). *Newtonian Studies*, Cambridge, Massachusetts.
- Krafft, Fritz. "Guericke, Otto von", DSB, 5, 574-76.
- Kren, Claudia. "Alain de Lille", DSB, 1, 91-92.
- _____. "Gundissalinus, Dominicus", DSB, 5, 591-93.
- _____. "Hermann the Lame", DSB, 6, 301-3.
- _____. "Roger of Hereford", DSB, 11, 503-4.
- Kuhn, Thomas S. (1957). *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Cambridge, Massachusetts.
- _____. (1976). *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago.
- Leff, Gordon. "Duns Scotus, John", DSB, 4, 254-56.
- Lemay, Richard. "Gerard of Cremona", DSB, 15, 173-92.
- Levey, Martin. "Abraham Bar Hiyya Ha-Nasi (Savasorda)", DSB, 1, 22-23.
- _____. "Ezra, Abraham Ibn", DSB, 4, 502-3.
- Levy, Tony. "Hebrew Mathematics in the Middle Ages", *Tradition, Transmission, Transformation*, s. 71-88.
- Lindberg, David C. (1992). *The Beginnings of European Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious and Institutional Context, 600 BC to AD 1450*, Chicago.
- _____. "Pecham, John", DSB, 10, 473-76.

- _____. (ed.) (1978). *Science in the Middle Ages*, Chicago.
- _____. (1983). *Studies in the History of Medieval Optics*, Londra.
- _____. (1976). *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, Chicago.
- _____. "Witelo", DSB, 14, 457-62.
- Lindberg, David C. ve Robert S. Westman (ed.) (1990). *Reappraisal of the Scientific Revolution*, Cambridge.
- Little, A. G. (ed.) (1914). *Roger Bacon Essays*, Oxford.
- Lloyd, G. E. R. (1970). *Early Greek Science, Thales to Aristotle*, Londra.
- _____. (1973). *Greek Science After Aristotle*, Londra.
- Lohne, J. A. "Harriot, Thomas", DSB, 6, 124-29.
- Lorris, Guillaume de ve Jean de Meun (1962). *The Romance of the Rose*, çev. Harry W. Robbins, New York.
- Lukretius (1937). *De rerum natura (On the Nature of the Universe)*, çev. W. H. D. Rouse, Londra ve Cambridge, Massachusetts.
- Lundquist, Stig (ed.) (1992). *Nobel Lectures in Physics, 1971-1980*, Göteborg.
- Lyons, Jonathan (2009). *The House of Wisdom: How the Arabs Transformed Western Civilization*, Londra.
- Machamer, Peter (ed.) (1996). *The Cambridge Companion to Galileo*, Cambridge.
- MacLeod, Roy (ed.) (2000). *The Library of Alexandria, Centre of Learning in the Ancient World*, Londra.
- Mahoney, Michal S. "Descartes: Mathematics and Physics", DSB, 4, 55-61.
- _____. "Fermat, Pierre de", DSB, 4, 566-76.
- Makdisi, George (1981). *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West*, Edinburgh.
- _____. (1990). *The Rise of Humanism in Classical Islam and the West*, Edinburgh.
- Manuel, Frank E. (1968). *A Portrait of Isaac Newton*, Cambridge, Massachusetts.
- Marlowe, Christopher (2003). *The Complete Plays*, Frank Romany ve Robert Lindsey (ed.), Londra.
- Masotti, Arnaldi. "Maurolico, Francesco", DSB, 9, 190-94.
- Masson, Georgina (1957). *Frederick II of Hohenstauffen, a Life*, Londra.
- Matthew, Donald (1992). *The Norman Kingdom of Italy*, Cambridge.
- McCluskey, Stephen C. (1998). *Astronomies and Cultures in Early Medieval Europe*, Cambridge.
- McVaugh, Michael. "Constantine the African", DSB, 3, 393-95.
- Menocal, Maria Rosa (2002). *The Ornament of the World: How Muslims, Jews, and Christians Created a Culture of Tolerance in Medieval Spain*, Boston.
- Milton, John (1961). *Paradise Lost*, Edward Le Comte (ed.), New York.
- _____. (1937). *Paradise Regained*, Merritt Y. Hughes (ed.), New York.

- Minio-Paluello, Lorenzo. "Boethius", DSB, 2, 228-36.
- _____. "James of Venice", DSB, 7, 65-67.
- _____. "Michael Scott", DSB, 9, 361-65.
- _____. "William of Moerbeke", DSB, 9, 434-40.
- _____. "Pierre Abailard (Peter Abelard)", DSB, 11, 1-4.
- _____. "Plato of Tivoli", DSB, 11, 31-23.
- Mitchell, Stephen (2007). *A History of the Later Roman Empire AD 284-641: The Transformation of the Ancient World*, Oxford.
- Molland, A. C. "John of Dumbleton", DSB, 7, 116-17.
- Monfasani, John (1995). *Byzantine Scholars in Renaissance Italy: Cardinal Bessarion and Other Emigres; Selected Essays*, Brookfield, Vermont.
- _____. (2004). *Greeks and Latins in Renaissance Italy: Studies on Humanism and Philosophy in the 15th Century*, Brookfield, Vermont.
- Montgomery, Scott L. (2000). *Science in Translation: Movements of Knowledge Through Cultures and Time*, Chicago.
- Moody, Ernest A. "Albert of Saxony", DSB, 1, 93-95.
- _____. "Buridan, Jean", DSB, 2, 603-8.
- _____. (1951). "Galileo and Avempace: The Mechanics of the Leaning Tower Experiment", *Journal of the History of Ideas* 12: 375-422.
- _____. "Ockham, William of", DSB, 10, 223-30.
- Murdoch, John. "Bradwardine, Thomas", DSB, 2, 390-97.
- Murdoch, John ve Edith Dudley Sylla. "Burley, Walter", DSB, 2, 608-12.
- _____. "Swineshead, Richard", DSB, 13, 184-213.
- Netz, Reviel ve William Noel (2007). *The Archimedes Codex: Revealing the Blueprint of Modern Science*, Londra.
- Newton, Isaac (1952). *Opticks, or a Treatise on the Reflections, Refractions, Inflections, and Colours of Light*, Londra.
- _____. (1999). *Principia (Mathematical Principles of Natural Philosophy)*, çev. I. Bernard Cohen ve Anne Whitman, Berkeley, California.
- North, John David (1995). *The Norton History of Astronomy and Cosmology*, New York.
- _____. "Richard of Wallingford", DSB, 11, 414-16.
- O'Leary, De Lacy (1949). *How Greek Science Passed to the Arabs*, Londra.
- O'Neil, W. M. (1986). *Early Astronomy from Babylonia to Copernicus*, Sydney.
- _____. (1975). *Time and the Calendar*, Sydney.
- Osler, Margaret (ed.) (2000). *Rethinking the Scientific Revolution*, New York.
- Pannekoek, Anton (1961). *A History of Astronomy*, New York.
- Payne-Gaposchkin, Cecelia (1954). *Introduction to Astronomy*, New York.

- Permuda, Loris. "Abano, Pietro d'", DSB, 1, 4-5.
- Pingree, David. "Leo the Mathematician", DSB, 8, 190-92.
- Platon (1997). *Complete Works*, John M. Cooper (der.), Indianapolis.
- Pouille, Emmanuel. "John of Saxony", DSB, 7, 139-41.
- _____. "John of Sicily", DSB, 7, 141-42.
- _____. "William of St. Cloud", DSB, 14, 389-91.
- Ragep, F. Jamil (2005). "Ali Qushji and Regiomontanus: Eccentric Transformations and Copernican Revolutions", *Journal for the History of Astronomy* 36: 359-71.
- _____. (2004). "Copernicus and His Islamic Predecessors: Some Historical Remarks", *Filozofski vestnik* 25(2): 125-42.
- Ragep, F. Jamil, Sally P. Ragep ve Steven Livesey (ed.) (1996). *Tradition, Transmission, Transformation*, Leiden.
- Rashdall, Hastings (1936). *The Universities in Europe in the Middle Ages*, 3 cilt, Londra.
- Rochot, Bernard. "Gassendi, Pierre", DSB, 5, 284-90.
- Ronan, Colin A. (1983). *The Cambridge Illustrated History of the World's Science*, Londra.
- _____. "Halley, Edmond", DSB, 6, 67-74.
- Rosen, Edward. "Commandino, Federico", DSB, 3, 363-65.
- _____. "Copernicus, Nicholas", DSB, 3, 401-11.
- _____. "Mastlin, Michael", DSB, 9, 167-71.
- _____. "Osiander, Andreas", DSB, 10, 245-46.
- _____. "Regiomontanus, Johannes", DSB, 11, 348-52.
- _____. "Rheticus, George Joachim", DSB, 11, 395-98.
- _____. (1959). *Three Copernican Treatises*, New York.
- _____. (Ekim 1983). "Was Copernicus a Neoplatonist?" *Journal of the History of Ideas* 44(4): 667-69.
- Rosinska, Grazyna (1974). "Nasir al-Din al-Tusi and Ibn al-Shatir in Krakow?" *Isis* 65(2): 239-43.
- Rubenstein, Richard E. (2001). *Aristotle's Children: How Christians, Muslims, and Jews Rediscovered Ancient Wisdom and Illuminated the Middle Ages*, New York.
- Rudnicki, Jozef (1943). *Nicolaus Copernicus*, Londra.
- Runciman, Steven (1970). *Byzantium and the Renaissance*, Tucson.
- _____. (1970). *The Last Byzantine Renaissance*, Cambridge.
- Sabra, A. I. "The Appropriation and Subsequent Naturalization of Greek Science in Medieval Islam: A Preliminary Statement", *Tradition, Transmission, Transformation*, s. 3-27.
- _____. (1967). *Theories of Light, from Descartes to Newton*, Londra.

- Sadi-i Şirazi (1928). *Tales from the Bustun*, çev. Reuben Levy, Londra.
- Saliba, George (2007). *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*, Cambridge, Massachusetts.
- Sambursky, Samuel (1956). *The Physical World of the Greeks*, Londra.
- _____. (1959). *Physics of the Stoics*, New York.
- _____. "John Philoponus", *DSB*, 7, 135-6.
- Samso, Julio. "Levi ben Gerson", *DSB*, 8, 279-82.
- Sarton, George (1955). *The Appreciation of Ancient and Medieval Science During the Renaissance, 1459-1600*, Philadelphia.
- _____. (1952, 1959). *A History of Science*, 2 cilt, Cambridge, Massachusetts.
- _____. (1927-1948). *Introduction to the History of Science*, 3 cilt, Baltimore.
- Schneidler, F. "Schöner, Johannes", *DSB*, 12, 199-200.
- Scott, J. F. "Wren, Christopher", *DSB*, 14, 509-11.
- Seneca (1910). *Natural Questions*, çev. J. Clarke, Londra.
- Settle, Thomas W. "Borelli, Giovanni Alfonso", *DSB*, 2, 306-14.
- Shakespeare, William (1951). *The Complete Works*, Peter Alexander (der.), Londra.
- Shank, Michael H. "The Classical Scientific Tradition in Fifteenth-Century Vienna", *Tradition, Transmission, Transformation*, s. 115-36.
- Shapin, Steven (1996). *The Scientific Revolution*, Chicago.
- Sharpe, William D. "Isidore of Seville", *DSB*, 7, 28-30.
- Singer, Charles, E. J. Holmyard ve A. R. Hall (1954-1984). *A History of Technology*, 2 cilt, Oxford.
- Siraisi, Nancy (1990). *Medieval and Early Renaissance Medicine: An Introduction to Knowledge and Practice*, Chicago.
- Spenser, Edmund (1927). *The Faerie Queene*, 2 cilt, New York.
- Stahl, William H. (1945). "The Greek Heliocentric Theory and Its Abandonment", *Transactions and Proceedings of the American Philological Society* 76: 321-32.
- _____. "Macrobius", *DSB*, 9, 1-2.
- _____. "Martianus Capella", *DSB*, 9, 140-41.
- Steel, Duncan (2000). *Marking Time: The Epic Quest to Invent the Perfect Calendar*, New York.
- Stern, S. M. "Isaac Israeli", *DSB*, 7, 22-23.
- Strabon (1969). *The Geography*, 8 cilt, çev. Horace Leonard Jones, Cambridge, Massachusetts.
- Struik, D. J. "Gerbert d'Aurillac", *DSB*, 5, 364-66.
- Sullivan, J. W. N. (1928). *Isaac Newton, 1642-1727*, New York.

- Swerdlow, N. M. ve O. Neugebauer (1984). *Mathematical Astronomy in Copernicus' De Revolutionibus*, 2 cilt, New York.
- Talbot, Charles H. "Stephen of Antioch", DSB, 13, 38-39.
- Taton, René (1964-1966). *History of Science*, 4 cilt, çev. A. J. Pomerans, New York.
- _____. "Pascal, Blaise", DSB, 10, 330-42.
- Thomas, Phillip Drennon. "Alcuin of York", DSB, 1, 104-5.
- _____. "Alfonso el Sabio", DSB, 1, 122.
- _____. "Cassiodorus", DSB, 3, 109-10.
- Thoren, Victor E. "Flamsteed, John", DSB, 5, 22-26.
- Thorndike, Lynn (1923-1956). *A History of Magic and Experimental Science*, 8 cilt, New York.
- _____. (1966). *Michael Scot*, Londra.
- Toomer, G. J. "Campanus of Novara", DSB, 3, 23-29.
- Tukididis (1987). *History of the Peloponnesian War*, çev. Rex Warner, Harmondsworth.
- Urquhart, John (14 Ocak 2006). "How Islam Changed Medicine...", *British Medical Journal* 332:120.
- Van Helden, Albert (1985). *Measuring the Universe: Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*, Chicago.
- Vescovini, Graziella Federic. "Francis of Meyronnes", DSB, 5, 115-17.
- Vitruvius (1996). *The Ten Books on Architecture (De Architectura)*, çev. Morris Hicky Morgan, New York.
- Vogel, Kurt. "Byzantine Science", *Cambridge Medieval History*, 2. baskı, Cilt 4, Böl. 2, s. 264-305.
- _____. "Fibonacci, Leonardo (Leonardo of Pisa)", DSB, 4, 604-13.
- Wallace, William A. "Albertus Magnus, Saint", DSB, 1, 99-103.
- _____. "Aquinas, Saint Thomas", DSB, 1, 196-200.
- _____. "Dietrich of Freiberg", DSB, 4, 92-5.
- _____. "Galileo's Pisan Studies in Science and Philosophy", Peter Machamer (ed.), *The Cambridge Companion to Galileo*, s. 27-52.
- _____. "William of Auvergne", DSB, 14, 388-89.
- Ward-Perkins, Brian (2006). *The Fall of Rome and the End of Civilization*, Oxford ve New York.
- Ward, Benedikta (1990). *The Venerable Bede*, Harrisburg, Pennsylvania.
- Watt, W. Montgomery (1982). *The Influence of Islam on Medieval Europe*, Edinburgh.
- Webb, J. F. (çev.) (1988). *The Age of Bede*, New York.
- Westfall, Richard S. (1980). *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton*, Cambridge.

GALILEO'DAN ÖNCE

- Whitfield, Peter (1991). *Landmarks in Western Science: From Prehistory to the Atomic Age*, Londra.
- Wilson, Curtis A. "Heytesbury, William", DSB, 6, 376-80.
- Wilson, Nigel (1992). *From Byzantium to Italy: Greek Studies in the Italian Renaissance*, Londra.
- Wipple, John F. ve Allan B. Walker (1960). *Medieval Philosophy from St. Augustine to Nicholas of Cusa*, New York.
- Yates, Frances A. "Bruno, Giordano", DSB, 2, 539-44.
- ____ (1991). *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*, Chicago.
- Youshevitch, A. P. "Newton, Isaac", DSB, 10, 42-103.

- Abdurrahman, I , 80
 Abdurrahman, II, 80
 Abdurrahman, III, 80
 Abraham bar Hiyya Ha-Nasi
 (Savasorda), 82
 Accademia Cimento, 275
 Accademia dei Lincei, 275
 Adalboro, 64
 Adelard, Bathlı, 77-79, 83-84, 90
 Aetius (Plutarkhos mahlasını
 kullanan), 235
 Agora, 23
 Akademi, 29-31, 104
 Albert, Saksonyalı, 165, 171
 Albertus Magnus, 107-115, 118-119,
 186, 209
 Albion ("hepsi bir arada"), 203
 Alcuin, 58-61
 Alfred, Sareshelli, 84
Algorismus vulgaris, 147
 Algoritma, 67, 82, 146
 Anaksagoras, Klazomenaili, 22, 28
 Anaksimandros, 18-19, 111
 Anaksimenes, 19
 Anselm (Havelberg piskoposu), 93-94
 antiperistasis, 28, 42, 148-149
apeiron, 19
 "Apelles", bkz. Scheiner, Christopher
 Apollonius, Pergeli, 18, 34-36, 71,
 179, 250, 255, 276, 290, 297, 309
 Aquinas, Thomas, 96, 107-109, 113-
 119, 209, 277
arche, 19, 21-22
 Aristarkus, Sisamlı, 18, 33-34, 71, 214-
 215, 227, 230, 233-236, 282, 309
 Aristetas Judaeus, 31
 Aristoteles, 27, 97, 107-119
 ve antiperistasis, 28, 42, 148-149
 ve *De Generatione Animalium*, 111-112
 ve etkiledikleri, 44-45, 84, 86, 88, 90,
 104, 151, 184
 ve *Fizik*, 68, 71, 108
 ve gökkuşağı, 109, 175
 ve Grossesseste, 123-126
 ve *Historia Animalium*, 86, 111
 ve İslami düşünce, 67-90
 ve kozmoloji, 11, 27-29, 97, 161, 163,
 239, 244, 277
 ve *Meteorologica*, 42-43, 94-95, 113,
 186
 ve nedensellik, 27, 100
 ve Roma Katolik dogması, 107-119
 ve tercüme, 48, 67, 83, 88, 93-94,
 96, 98, 111
 ve *Topica*, 68
 ve yasaklama, 116
 ve zaman, 125
 Armitage, Angus, 233
 Arşimet, 18, 26, 33-34, 71, 83, 93, 96,
 146, 154, 230, 236, 248, 250, 255,
 261-262, 265-268, 276, 297, 307
Articella, 76, 102
 atom teorisi, 21, 30, 36, 43-44, 49,
 243, 284, 288, 307

- Averroës, *bkz.* İbn Rüşd
- Aziz Augustinus, Hippolu, 44, 53, 125
- Aziz Benedikt, 47, 52
- Aziz Benedikt Biscop, 51
- Aziz Columba, 11, 14, 51
- Aziz Columbanus, 51
- Aziz Jerome, 17, 52, 60
- Bacon, Francis, 288, 296
- Bacon, Roger, 89-90, 109, 130-140, 153, 177-178, 182, 284-186, 189
- Bahçe, 30
- Barrow, Isaac, 297, 299
- Bartholomew, İngiliz, 112
- Batlamyus, 36-39, 42, 93, 95-96, 104, 127, 146, 194-195, 202, 214, 219, 231-234, 258
- ve bilimsel araçlar, 121
- ve cetveller, 198, 260
- ve dışmerkez ve dış çember, 81, 129, 135, 223, 226, 232, 244, 254, 256
- ve *El-Mecisti*, 36, 69, 71-72, 74, 83, 95, 186, 197, 210-211, 213
- ve *Geographike Hyphegesis*, 39, 42, 85
- ve göksel küreler, 135
- ve Grosseteste, 194
- ve İslam dünyasında bilim, 69-74
- ve *Planisphaerium*, 146
- ve Sacrobosco, 195
- ve *triquetrum*, 222
- ve yer-merkezli teori, 214, 226, 228, 239
- Battani, Muhammed bin Cabir el-Battani, 72, 129, 198, 200, 202, 233-234
- Bede, 14, 16, 52-54, 56-58, 66, 101, 196
- Beeckman, Isaac, 264, 288
- Bellarmine, Robert, 275, 279
- ben Gerson, Levi, 202
- Benedetti, Giovanni Battista, 184, 265-266
- Bernardus Silvestris, 100-101
- Bessarion, Basilios, 208-211, 213, 215
- Beyt'ül Hikmet, 67, 70
- Bilimsel Devrim, 11, 13, 227, 264, 275, 287, 309
- Billingsley, Sir Henry, 78
- Blundeville, Thomas, 240
- Boethius, Anicius Manlius Severinus, 13, 47-48, 63, 93
- Borro, Girolamo, 261
- Boşluk, 21, 30, 125, 131, 164, 266, 290, 295-296
- Boyer, Carl B., 146, 212
- Boyle, Robert, 296-297
- Brabant Kraliçesi Marie, 200
- Bradwardine, Thomas, 153-157, 159-160
- Brahe, Tycho, 184, 213, 244, 252, 254, 260, 280, 287
- Brahmagupta, 69
- Broglie, Louis de, 179
- Brudzewski, Albert, 218
- Bruno, Giordano, 242-244
- Bullen, Thomas, 12
- Buonamici, Francesco, 261, 264-265
- Burgundio, Pisalı, 94
- Buridan, Jean, 160-168, 172
- Caccini, Thomas, 278
- Campanus, Novaralı, 197-199
- Cantimpreli Thomas, 112
- Capella, Martianus, 45-46, 62-63
- Cassiodorus, 13, 48, 63
- Cesarini, Virginio, 280
- Cesi, Federigo, 275
- cetveller, astronomi (*efemeris*), 69-70, 77, 80, 130, 197, 201, 207, 239-241, 253
- Alfons Cetvelleri*, 199-202, 213, 218, 227, 245

- Batlamyus'un cetvelleri, 222
Efemeris (Feild), 36, 240, 245
Fars Cetvelleri, 207
Harezmi'nin cetvelleri, 77-80
Peurbach'ın cetvelleri, 218, 227
Prutenic Cetveller (Reinhold), 240, 245
Rudolf Cetvelleri (Kepler), 253-254, 256, 258, 260
Tabulae directionum, 212, 218
Tabulae eclipsium, 211, 213
Toledo Cetvelleri (Marsilya Cetvelleri), 198-201
Walcher'ın cetvelleri, 75
Chalcidius, 98
Chaucer, Geoffrey, 102, 199
Chioniades, Gregory, 207
Chrysoloras, Manuel, 209
Cicero, Marcus Tullius, 42, 45-46, 218
Cigoli, Lodovico, 278
Clagett, Marshall, 170
Clavius, Christopher, 265, 274-275
Codex Amiatinus, 52
Colombe, Lodovico delle, 276
Commentarii, 45-46
computus, 54, 57, 59
corpus astronomicum, 193, 197-198
Cremonino, Cesare, 275
Crescenti, Peter, 112
Crombie, Alistair Cameron, 12-14, 111, 121, 125, 127, 133, 136-137, 148, 150-151, 153-155, 163, 171-172, 179, 182, 189-190, 263, 265-266, 269
Crosby, H. Lamar, 155-156
çekim, 110, 150-151, 162, 166, 169, 172
da Vinci, Leonardo, 166, 171-172, 185, 266
Dales, Richard C., 156
Dante, 90, 204
Dazlak Karl, 61
De Monte, Robertus, 94
De nuptiis Philologiae et Mercurii, 46, 62
De peste, 73
De revolutionibus, 229
De scientia stellarum, 72
Desphaera, 129, 194-197, 244
Dee, John, 78, 241, 257
Demokritos, 18, 21, 30, 243-244, 309
Demonstratio de minutiis, 146
Demonstratio Jordani algorismo, 147
Descartes, René, 84, 189, 264, 288-297, 301, 304, 307, 309
Desiderius (Papa III. Victor), 76
Devlet, 23, 71
Dietrich, Freiburglu, 186-190, 291
Digges, Thomas, 241, 244, 257
Dimitrios, Phaleronlu, 31-32
Diodorus, Tarsuslu, 52
Dionisius Petavius, 58
Dionysius Exiguus, 57, 62
Dionysius, Areopagite lakaplı, 62
Diophantus, İskenderiyeli, 18, 41, 72, 290
Dioskorides, 18, 40, 48-49, 71, 96
Doğanın geometrikleştirilmesi, 23, 33, 125
Domenico Maria da Novara, 219
Domingo de Soto, 268-269
Domingo Gundisalvo, 81-82
Donne, John, 259
Donner, George, 229
dört yüksek ilim, 82, 103
Drake, Stillman, 275-277
Dünya'nın yarıçapı, 198, 224, 234
yörüngenin yarıçapı, 293
Ebu'l Abbas Seffah, 80
Efemeris, bkz. cetveller, astronomi

- Egbert (York başpiskoposu), 98
 El-Ferganî, 195, 197-198
 El-Hâsib, Habeş, 70
 El-İdrisi, 85, 97
 El-Kindî, Yakup bin İshak, 70, 82-83, 184, 218
 El-Mesûdî, 67
 El-Razi, 73, 83
 El-Zerkali, 198-199, 201, 234
 elementler, 28, 113, 130
 Empedokles, 21, 28
 Endülüs, 77-81, 198-199
 Engelbert, Ulrich, 113
 Enrico Aristippo, 95, 207
entelekheia, 27
 Epikür, Sisamlı, 18, 30, 40, 43, 243-244, 296
 Epiphanius, Salamisli, 32
 Eratosthenes, 18, 32-33, 42, 50, 264, 309
 Eriugena, Johannes Scottus, 61-62
 Eşmerkezli küreler, 26, 28, 45, 99, 223
 eter, 22, 28, 56, 125, 300, 304
Etymologiae, 49, 56
 Eudoxus, Knidoslu, 26, 28-29, 223
 Eugene (Emir), 95
 Eylemsizlik, 149, 162-164, 277, 290, 295, 304
 Fabricius, David, 255
 Fabricius, Johannes, 276
 Fanton, Filippo, 261
 Farabi, 72
 Fazıl bin Nevbaht, 69
 Feild, John, 240-241
Felsefenin Tesellisi, 47, 49
 Fermat, Pierre, 41, 290, 297
 Ferrara-Floransa Konsili, 207-209
 Fibonacci, Leonardo, 87-88, 97, 105
 Filelfo, Francesco, 209
 Filyon, Bizantiyonlu, 36
 Frankfurt Konsili, 61
 Friedrich, II. (Hohenstauffen hükümdarı), 85-88, 97, 114
 Galenos, Bergamalı, 18, 39-40, 48-49, 71, 73, 76, 83, 94, 96, 102, 104, 111-112
 Galilei, Galileo, 168, 251, 261-286, 296-297
 Çincede, 274
 ve Kepler, 251, 257-259, 261
 ve teleskop, 257
 Galilei, Vincenzo, 264
 Gassendi, Pierre, 218, 221, 260, 264, 288, 296
 Gerard, Brükselli, 154, 157
 Gerard, Cremonalı, 82, 90, 201
 Gerbert, Aurillacı (Papa II. Silvester), 62-66, 75, 90, 101
 Gibbon, Edward, 44
 Giese, Tiedemann, 228-229
 Gilbert, William, 143, 184, 244
 Gingerich, Owen, 236, 258
 Girdap teorisi, 293, 304
 Giudecci, Mario, 280
 gökkuşakları, 109, 128, 130, 135-136, 175-191, 291-293
 gramer, 43, 54, 60, 103, 161, 206
 Grant, Edward, 145
 Greatorex, Ralph, 296
 Grassi, Horatio, 280
 Grosseteste, Robert, 109, 125, 227
 bilimsel yöntem, 123-124
De finitate motus et temporis, 128
De iride, 128
 etkiledikleri, 136, 140, 147, 150, 175-178
 takvim reformu, 129
 ve Aristoteles üzerine yorumları, 123
 ve Bacon, 131-136
 ve kırılma, 127

- ve matematik, 124
 ve optik, 124, 126-128, 175-178, 185-186
 Guericke, Otto von, 295-296
 Gutenberg İncili, 217
 Guthrie, William, 99
 Güneş saati, 32, 71, 75
 Haccâc bin Yûsuf bin Matar, 69
 Hadrian, Afrikalı, 52, 219
 Hakem, II, 80
 Haller, Johann, 218
 Halley, Edmond, 260, 301-302, 306
 Harezmi, 68-69, 77-78, 83-84, 198, 290
 Haring, Nikolaus, 100
 Harriot, Thomas, 184, 257, 259, 276
 Haskins, Charles Homer, 83, 98, 101-102
 Hegel, Georg Wilhelm Friedrich, 62
 Helbing, Mario, 264
 Hellman, Doris, 213
 Herakleitos, Pontuslu, 29, 45-46, 235
 Heraklitos, Efesli, 19-20
 Heron, İskenderiyeli, 18, 36, 95-96, 177, 179
Hesaplayıcılar, 157
 Heytesbury, William, 153, 157-159
 Hız, 19-20, 28, 144, 153-173, 266, 268, 285-299, 302, 304
 hidrolik denge, 262
 hidrostatik, 171, 263, 275-276
 Hipokrat, 18, 26, 48-49, 70, 76, 94, 104
 Hipparkhos, İznikli, 18, 36, 63, 72, 75, 110, 129, 195, 265
Historia ecclesiastica gentis Anglorum, 53
 Hooke, Robert, 296, 300-302, 309
 Huneyn bin İshak (Johannitus), 70-71
 Huygens, Christiaan, 179, 293-294, 297-298
 İbn el-Şatir, 218, 232, 234
 İbn Heysem, 74, 83, 90, 145, 177-178, 180, 182, 184-186
 İbn Kuteybe, 67
 İbn Rüşd, 80-82, 88, 98, 109, 116-117, 119, 186, 202, 234
Idiota, 206
 İkinci Lyon Konsili, 95, 108
 impetusteorisi, 42, 73, 110, 148, 154, 162, 166, 168-169, 171-172, 265-266, 268
Institutiones Divinarum et Saecularium Litterarum, 48
 İsidore, Sevilalı, 49-50, 56, 101
 İskenderiye, 31-34
 İskenderiye Kütüphanesi, 13, 18, 31, 42, 46, 90, 309
 istavroz çubuğu, 245
 ışık hızı, 74, 290, 307
 Jacob Çubuğu, 202
 James, Venedikli, 94
 Jandun, Jean de, 150
 Janssen, Zacharias, 257
 Jarrow Manastırı, 52, 58
 John, Dumbletonlu, 153, 159-160
 John, Gmundenli, 210
 John, Lignèresli, 201-201
 John, Palermolu, 86-87
 John, Saksonyalı, 201-202
 John, Sicilyalı, 201
 Jowett, Benjamin, 98
 kadran, 75, 194
 kalkülüs, 299, 308
 Kallimakhos, Kireneli, 32
 Kamu okulları, 61
 Kardinal Maffeo, 280
 Karolenj Rönesansı, 61-62, 66, 98
Kayıp Cennet, 256
 Keats, John, 190

- Kemaleddin el-Farisi, 189
- Kepler, Johannes, 160, 233, 249-260
- kırılma, *ayrıca bkz.* optik, optik bi-
limi, 39, 74, 109, 124, 126-128,
135-136, 176, 178, 180-183, 185,
189-190, 256, 264, 290-292, 299,
306-307
- Kilwardby, Robert, 117
- kinematik, 153-155, 165, 168, 172-
173, 268, 284-285
- Kitab-ül-Menazır*, 74, 145, 178, 184
- Klaudyos Batlamyus, *bkz.* Batlamyus
- Kleanthes, Assoslu, 34
- Konstantin, Afrikalı, 75-76, 102
- Kopernik, 11-13, 217-237, 240-245,
247-252, 259
- “üç hareket”, 231
- Commentariolus*, 223, 226
- felç, 229
- Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*,
219, 222, 226, 228-230, 234, 236-
237, 239-241
- matematiksel yöntemi, 223, 226
- varsayımlar, 224
- ve Arap astronomlar, 232
- ve Aristotelesçili, 119k
- ve Ay, 232
- ve Brudzewski, 218
- ve Buridan, 165
- ve gezegenler, 231-235
- ve Oresme, 170
- ve Peurbach, 212
- ve Regiomontanus, 214
- ve Roma, 227
- ve tıp, 220
- Kral X. Alfonso, 199
- Ktesibios, İskenderiyeli, 36
- Kuhn, Thomas, 13
- Kusta bin Luka, 71
- Lauchen, Georg Joachim van, *bkz.*
- Rheticus
- Leibniz, Gottfried Wilhelm, 12, 151,
160, 171, 308
- Leukippos, 21, 30
- Libri, Giulio, 275
- Lindberg, David C., 119, 177, 183, 204
- Lise, 27, 30-31
- Londra Kraliyet Cemiyeti, 260, 275,
299, 302, 308
- Ludwig, Dindar, 61
- Lukretius, 43, 49, 243, 288
- machina mundi*, 194, 196
- Macrobius, 45-46
- Maestlin, Michael, 250
- Mansur, 67
- manyetizma, 140, 143, 150-151, 244
- Marco Polo, 97, 105
- Marlowe, Christopher, 242
- Marsh, Adam, 130, 135
- McCluskey, Stephen C., 193, 195, 197
- “Medici Yıldızları”, 269
- Mehdi, 67-68
- mekanik, 288, 296, 306
- Meliteniotes, Theodore, 207
- Memun, 67-70
- Mersenne, Marin, 264, 289
- Merton ortalama hız kuralı, 158-159,
168
- Meton, 57
- Meun, Jean de, 176
- mıknatıs, 140-143
- Miechow, Matthias de, 223
- Milton, John, 23, 256
- Monte Cassino, 47-48, 76, 114
- Moody, Ernest A., 147, 165-166
- Mosè del Brolo, 94
- Muhterem Bede, *bkz.* Bede
- Muller, Johann, *bkz.* Regiomontanus,
Johannes
- Musa bin Nusayr, 79

- Napier, John, 260
Natio Germanorum, 219
 Nemorarius, Jordanus, 143-147
 neo-Platonculuk, , 45-46, 62, 108, 116, 125
 Newton, Isaac, 11-12, 14, 19, 28, 36, 115, 124, 189, 260, 296-309
 çekim, 150, 230-231
 eylemsizlik, 149
 hareket yasaları, 154, 163, 172
 ışık, 179
 fizik ve matematik, 160
Principia, 260
 gökkuşağı, 136, 176, 190
 Niccolini, Francesco, 283
 Nicolaus Copernicus, *bkz.* Kopernik
 Nicolaus Cusanus, 205, 208, 230, 250
 Niketas (Nikomedia başpiskoposu), 94
notae, 54
Nous, 22
 Ockham, *bkz.* William, Ockhamlı
 Oldenburg, Henry, 300
 Oliver, Brittanyli, 193
 Oluş, 19
 Ondalık sayılar, 194
 Optik bilimi, 70, 72-73, 83, 98, 121-137, 171, 175-179, 181-182, 184-187, 189, 256-258, 264, 290, 299-301
 Oresme, Nicole, 166-172, 184, 285
 Osiander, Andreas, 229-230
 Otto, III, 65
 Öklid, 69, 179
Catoptrica, 95
Elementler, 34, 48, 69, 71-72, 74, 77, 79, 146, 196-197, 199
 etkiledikleri, 127, 146, 154, 184, 186, 199, 250-251
Optica, 95
Peri diaipeseon biblion, 82
 teoremleri, 26, 33
 ve Gerard, 82-83
 ve ışık, 70
 ve yansıma kanunu, 39
 ölçekli cetvel, 268
 “*Panta rhei*”, 19
 Papa XXI. İoannes, 108
Paradise Regained, 23
 Parmenides, 20-21
 Parsburg, Manderup, 245
 Pascal, Blaise, 203, 295
 paskalya, 54-55, 57, 59, 129-130, 194
 Pecham, John, 117, 184-186
 Peregrinus, Peter, 139-141, 143
 Perikles, 22-23
Periphyseon, 61
Perspectiva (Witelo), 96, 177-178
Perspectiva communis (Pecham), 184-185
 “perspektif gözlüğü”, 257
 Perspektif kanunları, 70
 Peter, Abanolu, 96, 104, 107
 Petreius, Johannes, 229
 Petrus Alfonsi, 75
 Peurbach, Georg, 210-211, 213, 218, 227, 239
 Philoponus, John, 41, 73, 148, 154, 162, 172, 265-266
physikoi, 19
Pinakes (Listeler), 32
 Pisagor, 20
Placita philosophorum, 235
 Plaisance, Aymeric de, 186
 Platon, 23, 235
 kozmoloji, 27, 45, 99
 doğanın geometrikleştirilmesi, 23, 33, 125
 etkiledikleri, *ayrıca bkz.* neo-Platonculuk, 40, 42, 45-46, 98, 101, 108-109, 208, 210

- Plethon, George Gemistus, 12, 208-209
 Plinius, Büyük, 44, 56
 Plotinus, 45
pneuma, 19
 Pompei, 42
 Porfiryus, 45, 48
 Posidonius, 42-43
 Poulle, Emmanuel, 201
 pre-Sokratik, 18
Propositiones ad acuendos juvenes, 59
 pusula, geometrik ve askeri, 268
 radyus (alet), 245
 Raymond (Toledo başpiskoposu), 81
 Recorde, Robert, 77, 240
rectangulus, 203
 Regiomontanus, Johannes, 146, 184, 189, 210-215, 218, 227
 Reichenau, Hermann Von, 75
 Reinhold, Erasmus, 239-240, 245
 Rheticus, 219, 227-230, 237, 239
 Ricci, Ostilio, 261
 Richard, Wallingfordlu, 203
 Robert, Chesterli, 83
 Roemer, Olaus, 307
 Roger, Herefordlu, 84, 97
 Rosen, Edward, 211-213
 Ruger, II, 85-86, 95
 Runciman, Steven, 208
 Russell, J. L., 259
 Saat, mekanik, 203-204
 Sabit bin Kurra, 71, 83, 129, 218, 234
 Sacrobosco, Johannes de, 195-197, 199, 218, 244
 Sadi-i Şirazi, 72
 Sagredo, Giovan Francesco, 281, 282
 Salviati, 285-286
 Sandivogius, Czeccelli, 218
 Sarpi, Paolo, 268
 Sarsi, Lotario, 280-281
 Savasorda, bkz: Ha-Nasi
 Scheiner, Christopher, 276-277
 Schopenhauer, Arthur, 62
 Schöner, Johann, 228
 Scot, Michael, 86-88-91, 111
 Scotus, John Duns, 147
 sekstant, 245
 sektör, 268
 Seneca, Genç, 44, 218
 Shapin, Steven, 287
 Siger, Brabantlı, 116
 Snellius, Willebrord, 264
 Sokrates, 13, 23, 309
 Spenser, Edmund, 21
 Stahl, William H., 46
 Stefan, Antakyalı, 76
 Stevin, Simon, 184, 263-264
 Stoacı, 30, 100
 Strabon, 18, 50
 Straton, Lampsakoslu, 31
 Swerdlow, Noel, 213
 Swineshead, Richard, 153, 160
 Synod, Whitbyli, 53
 Şarlman, 58-61
 takvim, 52, 54, 57-60, 123, 129-130, 135, 193, 196, 200-201, 219, 241, 258
 teleskop, 110, 121, 127, 134, 244, 257-258, 269-271, 273-275, 299, 305, 307
 Tempier, Etienne, 117
terrella, 141
 Thales, 18-19, 215, 309
The Faerie Queene, 21
 Theodorus, Antakyalı, 86-88
 Theodosius, I, 18
 Theodulf, 61
theologoi, 19
 Theophrastus, 13, 18, 30-32, 44-45, 111
Theorica planetarum, 197-199

- Theoricae novae planetarum*, 211-213, 239
- Thierry, Chartresli, 99-101
- Thomizm, 114, 119
- Thorndike, Lynn, 88
- Tıp Kanunu*, 73, 83, 111
- Timaëus*, 42, 45-46, 71, 98-99, 101
- Timocharis, 36
- Torricelli, Evangelista, 295-296
- Tractatus albionis*, 203
- Tractatus de perspectiva* (Pecham), 185
- Trapezuntios, George, 208, 210-211
- triquetrum*, 222
- tutulma, 33, 36, 44, 54, 57, 75, 186, 194-196, 202, 211-213, 218-219, 223, 244-245, 250, 307
- Urquhart, John, 83
- usturlap, 63, 75, 78, 84, 121, 135, 142, 194-195, 203, 222
- üç yüksek ilim, 82, 100
- vakum pompası, 296
- van Helden, Albert, 198
- Varro, Marcus Terentius, 43
- Vaşaklar Akademisi, *bkz.* Accademia dei Lincei
- veba, 154, 204, 240
- Venedik Taciri*, 20
- Viète, François 146
- Villon, François, 165
- Viviani, Vincenzo, 284
- Walcher, Malvernli, 75
- Walter, Henleyli, 112
- Watzenrode, Lucas, 217
- Wearmouth, 52-53, 58
- Welser, Mark, 276-277
- Widmanstadt, Johann, 227
- Wiles, Andrew, 41
- William, Conchesli, 100
- William, Malmesburyli, 61-65
- William, Moerbekeli, 95-96, 177-178
- William, Ockhamlı, 147-148, 150, 153
- William, Saint-Cloudlu, 200
- Wiston, William, 308
- Witelo, 96, 177-186, 189-190
- Yannis Komnenos, II., 93
- Yates, Frances A., 243
- Yedi temel bilim, 97, 100
- York Okulu, 58-59
- Zenodotos, Efesli, 32
- Zenon, Kıbrıslı, 30



Modern bilim tarihi anlatıları genellikle Bilimsel Devrim'in ateşini yakan ve Isaac Newton'un dünyayı değiştiren keşiflerine zemin hazırlayan Galileo'nun Katolik Kilisesi'yle giriştiği kahramanca mücadeleye başlar ve Galileo'dan önceki bilginlerden hemen hemen hiç söz edilmez. Aslında Rönesans'tan yüzyıllar önce çok sayıda bilgin Galileo, Newton, Kopernik ve diğerlerine atfedilen heyecan verici keşiflerin yolunu açmıştır.

Fizikçi ve tarihçi John Freely bu kitapla, modern biliminin doğuşunu hazırlayan pek çok bilgini ve keşiflerini odağa koyarak bilim tarihindeki önemli bir boşluğu dolduruyor.

"Galileo'dan Önce, antik Yunan'dan ortaçağa kadar bilimsel düşüncenin detaylı bir tarihini sunuyor." - Publishers Weekly



KOLEKTİF.  KİTAP

info@kolektifkitap.com

