Thomas S. Kuhn

Çevirenler: Halil Turan
Dursun Bayrak
Sinan K. Çelik

KOPERNİK DEVRİMİ

Batı Düşüncesinin Gelişiminde Gezegen Astronomisi



İMGE kitabevi

İMGE kitabevi

Thomas Samuel Kuhn, 18 Temmuz 1922'de Cincinnati, Ohio'da doğdu. 1949 yılında, Harvard Üniversitesi'nde kuramsal fizik alanında doktorasını tamamladı. Harvard Üniversitesi'nde (1951-1956), Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley'de (1956-1964), Princeton Üniversitesi'nde (1964-1979) ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (1979-1991) felsefe ve bilim tarihi dersleri verdi. 17 Haziran 1996'da öldü.

Kuhn'un Eserleri:

- *The Structure of Scientific Revolutions* (University of Chicago Press, 1962, 1970).
  The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change (University of Chicago Press, 1977)
  Black Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912 (Clarendon Press, 1978)
  Bilimsel Devrimlerin Yapısı (Alan Yayıncılık, 1982)
  Asal Gerilim (Kabalcı Yayınevi, 1994)
  Kopernik Devrimi, Batı Düşüncesinin Gelişiminde Gezegen Astronomisi (İmge Kitabevi Yayınları, 2007)

Halil Turan, 1961'de İstanbul'da doğdu. 1985'te ODTÜ Fizik bölümünden lisans, 1990 yılında aynı üniversitenin Felsefe bölümünden yüksek lisans ve 1999 yılında yine aynı bölümden doktora derecesini aldı. 1994 yılından bu yana ODTÜ Felsefe bölümünde çalışmaktadır. Teo Grünberg, Adnan Onart ve David Grünberg'le birlikte, *Mantık Terimleri Sözlüğü*'nün yazarlarındandır. Çeşitli dergi ve kitaplarda yayınlanmış felsefe makaleleri ve George Berkeley'den yaptığı *İnsan Bilgisinin İlkeleri Üzerine* adlı bir kitap çevirisi bulunmaktadır.

Dursun Bayrak, 1953 yılında Erzincan, Tercan'da doğdu. Hacettepe Üniversitesi'nde Jeoloji Mühendisliği öğrenimi gördü (1971-1977). Mezuniyeti sonrasında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nde çalıştı; 2003 yılında emekli oldu. Çalıştığı süre içinde alanıyla ilgili çeviriler yaptı. William Ryan ve Walter Pitman'dan çevirdiği *Nuh Tufanı* adlı kitap 2003 yılında yayınlanmıştır.

Sinan Kadir Çelik, 1974 yılında Ankara'da doğdu. 1998'de ODTÜ Metalurji Mühendisliği ve Malzeme Bilimi bölümünden mezun olduktan sonra aynı üniversitede Felsefe bölümünde yüksek lisans çalışmalarına başladı. ODTÜ Felsefe bölümünde doktora çalışmalarını yürütmekte ve araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Çeşitli felsefe ve edebiyat dergilerinde yayınlanmış yazıları bulunmaktadır.

İmge Kitabevi Yayınları

Ankara / Kızılay
Konur Sokak No: 17
Tel: (312) 419 46 10-11
(532) 471 09 88
Faks: (312) 425 29 87
E-Posta: imge@imge.com.tr

İstanbul / Beyoğlu / Taksim
İstiklal Cad. Zambak Sok. No: 2/4
Tel: (532) 696 05 74
E-Posta: yayinci@imge.com.tr

İmge Dağıtım

Ankara / Kızılay
Konur Sokak No: 43/A
Tel: (312) 417 50 95-96 / 418 28 65
Faks: (312) 425 65 32
E-Posta: dagitim@imge.com.tr

İstanbul / Cağaloğlu
Ankara Caddesi No: 45/A
Tel: (212) 527 40 57
Faks: (212) 527 41 45
E-Posta: cagaloglu@imge.com.tr

Thomas S. Kuhn

Kopernik Devrimi

Batı Düşüncesinin Gelişiminde Gezegen Astronomisi

İngilizce Aslından Çevirenler
Halil Turan • Dursun Bayrak
Sinan Kadir Çelik

İMGE kitabevi

İmge Kitabevi Yayınları
Genel Yayın Yönetmeni
Şebnem Çiler Tabakçı

ISBN 978-975-533-566-7

Özgün Adı
The Copernican Revolution, Planetary Astronomy in the Development of Western Thought

© Thomas S. Kuhn, Harvard University Press, 1957
Genişletilmiş Baskı, 1985
© İmge Kitabevi Yayınları, 2007

Tüm hakları saklıdır.
Yayıncı izni olmadan, kısmen de olsa
fotokopi, film vb. elektronik ve mekanik
yöntemlerle çoğaltılamaz.

1. Baskı: Ekim 2007

Yayına Hazırlayan
Senem Timuroğlu

Kapak
Aslı Sezer

Dizgi
Yalçın Ateş

Baskı ve Cilt
Pelin Ofset Tipo Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti.
Mithatpaşa Cad. No: 62/4 Kızılay-Ankara
Tel: (312) 418 70 93-94 • Faks: 418 10 46
www.pelinofset.com.tr

İmge Kitabevi
Yayıncılık Paz. San. ve Tic. Ltd. Şti.
Konur Sok. No: 3 Kızılay 06650 Ankara
Tel: (312) 419 46 10-11 • Faks: (312) 425 29 87
İnternet: www.imge.com.tr • E-Posta: imge@imge.com.tr

L. K. Nash'a
Coşkulu İşbirliği İçin

İçindekiler

Sunuş 9
Önsöz (James B. Conant) 15
1. Bölüm: Eski İki Küreli Evren 27
2. Bölüm: Gezegenler Sorunu 89
3. Bölüm: Aristotelesçi Düşüncede İki Küreli Evren 139
4. Bölüm: Geleneği Yeniden Biçimlendirmek:
Aristoteles'ten Kopernikçilere 173
5. Bölüm: Kopernik'in Yeniliği 225
6. Bölüm: Kopernikçi Astronominin Özümlenmesi 303
7. Bölüm: Yeni Evren 369
Teknik Ek 425
Göndermeler 447
Kaynakça Notları 453
Dizin 467

Sunuş

Kopernik Devriminin öyküsü daha önce birçok kez anlatılmıştır; ancak bildiğim kadarıyla, hiçbir zaman tam olarak burada hedeflenen alan ve amaç gözetilerek anlatılmamıştır. Devrimin adı tekil olsa da, olayın kendisi çoğuldu. Özü matematiksel astronomide bir dönüşümdü; ancak kozmoloji, fizik, felsefe ve dindeki kavramsal değişimleri de kuşattı. Devrimin bu yönleri ayrı ayrı defalarca incelenmiştir; bu incelemelerden çıkan sonuçlar olmasaydı, bu kitap yazılamazdı. Devrimin çoğulluğu birincil kaynakları inceleyerek çalışan tek bir araştırmacının gücünü aşar. Ancak, hem uzmanlaşmış çalışmalar hem de bunları örnek alarak yazılmış giriş çalışmaları Devrimin en temel ve büyüleyici ayırt edici niteliklerinden birini – Devrimin bu çoğulluğundan kaynaklanan bir niteliği – ister istemez gözden kaçırır.

Kopernik Devrimi çoğulluğuyla, pek çok farklı alanın kavramlarının, tek bir düşünce dokusunda nasıl ve hangi etkiyle iç içe geçtiğini ortaya çıkarmak için eşi

bulunmaz bir fırsat sunmaktadır. Kopernik'in kendisi bir uzman, gezegenlerin konum cetvellerini hesaplamakta kullanılan içrek (ezoterik) teknikleri düzeltmekle uğraşan bir matematikçi astronomdu. Ancak araştırmasının yönünü çoğu kez astronomiye oldukça yabancı olan gelişmeler belirlemiştir. Bunların arasında, taşların düşmesine ilişkin çözümlemelerde ortaçağdaki değişiklikler, Güneş'i Tanrı'mn görüntüsü olarak kabul eden eskiçağ mistik felsefesinin Rönesans'ta yeniden canlanması ve Rönesans insanının yeryüzü ufkunu genişleten Atlantik ötesi deniz yolculukları vardı. Kopernik'in yapıtının yayınlanmasından sonraki dönemde değişik düşünce alanları arasında daha da güçlü akrabalık ilişkileri ortaya çıkmıştır. Kopernik'in *De Revolutionibus*'u, temelde matematik formüllerinden, cetvellerden ve çizimlerden oluşsa da, yalnızca yeni bir fizik, yeni bir uzay anlayışı ve insanın Tanrı'yla ilişkisinde yeni bir tasavvur yaratabilen insanlar tarafından özümlenebildi. Disiplinlerarası bunlara benzer yaratıcı bağların Kopernik Devriminde pek çok ve çeşitli rolleri olmuştur. Uzmanlaşmış anlatımların amaçları ve yöntemleri, bu bağların doğasını ve insanın bilgisinin gelişimi üzerindeki etkilerini incelemelerine engeldir.

Bu nedenle, Kopernik Devriminin bu anlatımı, Devrimin çoğulluğunun önemini sergilemeyi amaçlamaktadır ve bu amaç belki de kitabın getirdiği en önemli yeniliktir. Ancak bu hedefin peşine düşmek ikinci bir yeniliği zorunlu kılmıştır. Bu kitap, "bilim" okurlarını "tarih" ve "felsefe" okurlarından ayıran kurumsallaşmış sınırları sürekli olarak ihlal etmektedir. Bu çalışma kimi zaman, biri bilimle, diğeri ise düşünce tarihiyle ilgili iki kitap gibi görünebilir.

Oysa, Kopernik Devriminin çoğul yapısına yaklaşılırken, bilimle düşünce tarihinin bir araya getirilmesi zorunludur. Devrimin merkezi astronomidedir. Devrimin ne doğası ve zamanlaması, ne de nedenleri gezegen astronomlarının araçları olan veriler ve kavramlar iyice kavranmadan anlaşılabilir. Bu nedenle, astronomik gözlemler ve kuramlar, kitabımın ilk iki bölümüne hâkim olan ve kitabın geri kalanı boyunca da tekrarlanan temel "bilimsel" bileşeni oluşturuyor. Ancak, tüm kitap bunlardan oluşmuyor. Gezegen astronomisi hiçbir zaman kendisine ait değişmez kesinlik, yeterlik ve kanıtlama ölçütleri olan, büsbütün bağımsız bir uğraş olmamıştır. Astronomlar başka bilimlerde de eğitim alıyorlardı; çeşitli felsefe ve din dizgelerine de bağlıydılar. Astronomların pek çok astronomi dışı inancı, Kopernik Devriminin önce geciktirilmesinde, daha sonra da şekillendirilmesinde en önemli etkenler olmuştur. Bu astronomi dışı inançlar, ikinci bölümden sonra bilimsel bileşene koşut olan "düşünce tarihi"nin bileşenini oluşturur. Kitabın amacı düşünüldüğünde, ikisi de aynı ölçüde temeldir.

Öte yandan, bu iki bileşenin gerçekten farklı olduğuna da ikna olmuş değilim. Tek tük bazı monografiler dışında, bilim ve düşünce tarihinin birleştirilmesi alışılmış bir şey değildir. Bu nedenle, ilk bakışta bu tutarsız gibi görünebilir. Oysa, kendi içinde hiçbir uyumsuzluk olamaz. Bilimsel kavramlar fikirdir ve bu sıfatından dolayı da tarihin konularıdır. Çok ender olarak bu biçimde ele alınmışlardır; bunun tek nedeni de pek az tarihçinin bilimsel kaynaklarla ilgilenecek teknik eğitime sahip olmasıdır. Ben kendi adıma, düşünce tarihçilerinin geliştirdiği tekniklerin, bilimin başka hiçbir yoldan elde edemeyeceği bir anlama biçimi sağlayacağın-

dan kesinlikle eminim. Hiçbir giriş kitabı bu savı tam anlamıyla gösteremeyecek olsa da elinizdeki kitap en azından bir ön kanıt sunuyor olsa gerek.

Gerçekte zaten bir kanıt getirmiştir. Kitap, Harvard Üniversitesi'ndeki genel bilim eğitimi derslerinden birinden, 1949 yılından beri her yıl verilen bir dizi dersten geliştirilmiştir; teknik ve düşünsel-tarihsel malzemenin birleşimi bu uygulamada bütünüyle başarılı olmuştur. Bu genel eğitim dersinin öğrencileri bilim çalışmalarını sürdürmeyi düşünmedikleri için, öğrendikleri teknik olgular ve kuramlar, kendi başlarına yararlı bilgi kırıntıları olarak değil, her şeyden önce paradigma olarak işe yarar. Ayrıca, teknik bilimsel gereçler zorunlu olsalar da bilimin hangi yollarla geliştiğini, otoritesinin doğasını, insan yaşamını hangi biçimde etkilediğini aydınlatacakları tarihsel ya da düşünsel bir çerçeveye yerleştirilene kadar pek işe yaramazlar. Halbuki, Kopernik sistemi ya da herhangi bir bilimsel kuram böyle bir çerçeveye yerleştirildiğinde, bilim topluluğu ya da lisans öğrencilerinden daha geniş bir okur topluluğu için ilgi uyandırıcı ve çekici olur. Kitabı yazmaktaki ilk amacım Harvard'daki ders ve ona benzer dersler için okuma malzemesi sağlamaktıysa da bu bir ders metni değildir ve genel okuyucuya da seslenmektedir.

Tavsiyeleri ve eleştirileriyle pek çok arkadaşımın ve meslektaşımın bu kitabın biçimlenmesine yardımı olmuştur; ancak hiçbirinin etkisi Büyükelçi James B. Conant kadar geniş kapsamlı ve anlamlı olmamıştır. Onunla çalışmak beni her şeyden önce, tarih çalışmasının bilimsel araştırmanın yapısına ve işlevine yeni bir anlayış getirebileceğine inandırmıştır. Fikir babası olduğu kişisel Kopernik Devrimim olmasaydı, ne bu kitap,

ne de bilim tarihi konusundaki diğer denemelerim yazılmış olacaktı.

Bay Conant müsveddeleri de okudu; bunların ilk bölümlerinde onun yapıcı eleştirilerinden pek çok iz vardır. Kitabın çeşitli yerlerinde yararlı önerilerinin sonuçlarını fark edecek olan diğer kişiler arasında Marie Boas, I. B. Cohen, M. P. Gilmore, Roger Hahn, G. J. Holton, E. C. Kemble, P E. LeCorbeiller, L. K. Nash ve F. G. Watson bulunuyor. Her biri en azından bir bölümü ustalıkla eleştirdi; bazıları elyazmalarının ilk biçimini birkaç kez okudu ve hepsi de hataların, belirsizliklerin önüne geçmekte bana yardımcı oldular. Mason Hammond ve Mortimer Chambers'ın tavsiyeleri, bazı yerlerdeki Latince çevirilerimin başka türlü olamayacakları kadar güvenilir olmalarını sağladı. Arnolfo Ferruolo beni Ficino'nun *De Sole*'siyle ilk kez tanıştırdı ve Kopernik'in Güneş'e karşı tutumunun, sanatta ve edebiyatta bilimlerdekinden bile daha çarpıcı olan bir Rönesans geleneğinin ayrılmaz bir parçası olduğunu gösterdi.

Şekillerde Bayan Polly Horan'ın becerisi açıkça görülecekse de benim belirsiz yönlendirmelerimi bıkıp usanmadan kolay anlaşılır simgelere dönüştürmekteki sabrı pek fark edilemeyecektir. J. D. Elder ve Harvard Üniversitesi Yayınları çalışanları, ne bilimsel, ne de tarih yayını kurallarına uygun olan elyazması, zahmetlerle dizilirken bana her zaman anlayışla yol gösterdiler. Dizin, W. J. Charles'ın çalışkanlığının ve zekâsının kanıtıdır.

Elyazmamın büyük bölümü Harvard Üniversitesi ve John Simon Guggenheim Memorial Vakfı'nın ortak cömertlikleriyle sağladıkları bir yıllık izin döneminde ortaya çıkmıştır. Kaliforniya Üniversitesi'ne de, elyazma-

sının son biçime kavuşturulmasında ve kitabın basımının aksamadan yürütülmesinde katkıda bulunan küçük bağışları için minnettarım.

Eşim kitabın gelişim sürecinde baştan sona etkin bir katılımcı olmuştur; ancak bu eşimin kitaba yaptığı katkıların en önemsizidir. Zihnin yaratıları, özellikle de bir başkasınınkiler, ev halkının en haşarı üyeleridir. Onun sürekli hoşgörüsü ve sabrı olmasaydı, bu kitap kesinlikle var olamazdı.

T. S. K.
Berkeley, Kaliforniya
Kasım 1956

Yedinci Baskı İçin Not. Bu baskıda, daha önceki Harvard baskılarında yanlışlıkla atlanmış bir dizi düzeltme ve metin değişikliği vardır. Bunda ve bundan sonraki basımlarla, daha önce Random House ve Vintage ciltsiz baskılarındaki değişikliklerin tümü ve ciltsiz baskılar hazırlandıktan sonra yapılmış birkaç küçük değişiklik Harvard ciltsiz baskısına da eklenmiştir.

Önsöz

Demir Perde'nin batısındaki Avrupa'da eğitimdeki yazınsal gelenek egemenliğini hâlâ sürdürmektedir. Eğitimli bir erkek ya da kadın, birkaç dilde ustalık kazanmış ve Avrupa sanatı ve yazın konusunda etkin bilgilerle donanmış bir kişidir. Etkin bilgi derken ne eskiçağ ya da modern dönem klasiklerine bilgince bir hâkimiyetten, ne de biçeme ya da biçime ilişkin duyarlı bir eleştirel yargı gücünden söz ediyorum; aklımdaki daha çok uygun bir toplumsal ortamda kolayca konuşma konusu olabilen bir bilgi. Sınırları özenle çizilmiş bir yazınsal gelenek temeline oturan bir eğitimin açık üstünlükleri vardır: Nüfusun böyle bir eğitim alan % 5'i ya da % 10'u ile diğerleri arasındaki fark, kadınlı erkekli sohbetlerde neredeyse kendiliğinden ortaya çıkar. Sanattan, yazından ve müzikten gerçekten tat alanların rahatlatıcı bir dayanışma duyguları vardır. Kendilerini bu konulara ilişkin bir tartışmaya girmek zorunda hisseden diğerlerininse hareket alanları uygun sınırlar içindedir; okulda

sıkıntılara katlanarak edinilmiş bilginin bir bölümünü taze tutmak için öyle fazla bir çaba gerekmez. Bir Avrupa ulusunun kültür geleneğine kabul edilmenin bedeli gençlikte ödenir biter. Kuramsal olarak bu bedel, ders programları Eski Yunan ile Roma'nın dil ve edebiyatlarına odaklanmış özel okullarda, sekiz ya da dokuz yıllık zorlu bir çalışmadır. Kuramsal olarak diyorum, çünkü uygulamada modern diller üzerine çalışmalar, Yunanca çalışmalarının ve bir ölçüye kadar da Latince bilgisinin yerine geçmiştir. Ancak bu değişiklikler bile, az sayıda insan için, Avrupa dillerine ve yazınına adanmış, uzun yıllar süren bir okul çalışmasının sonucunda edinilen bir eğitim düşüncesini temelden değiştirmemiştir.

Bu eğitim biçimine en azından bir yüzyıl boyunca zaman zaman karşı çıkılmıştır. Fizik bilimleri, ders programında daha büyük pay almak için istemlerini dayatmış, bu iddialar da genellikle eski dillerin yerine modern dillerin geçirilmesi talepleriyle birleştirilmiştir. Kalkülüs de içinde olmak üzere kapsamlı bir matematik çalışmasının, öğrenciyi üniversiteye hazırlayan bu özel okulların tüm ders programlarında yer alması uzun zamandır doğal sayıldığından, matematiğin yeri pek tartışma konusu olmamıştır. Birkaç kuşak önce, klasik ders programına kesin bir seçenek olarak, fizik, kimya, matematik ve modern dillere dayanacak bir çalışma programı önerilmişti. Ancak, klasik eğitim taraftarları hâlâ güçlü ve etkilidirler. En azından Almanya'da, bu tartışmanın sonucunda bazı uzlaşmalara varılmış gibi görünüyor. Ancak dil çalışmalarının ne kadar önemli sayıldığını düşünürsek, yazınsal geleneğin hâlâ baskın olduğunu söylemek durumu abartmak sayılmaz. Zamanın çoğunu bilime ayıran okullarda bile bilimsel gele-

neğin yazınsal geleneğin yerini almış olduğunu söylemek pek doğru olmayacaktır. Daha çok, üniversiteye giren Alman öğrencilerin fizik bilimlerinde farklı düzeylerde önemli bilgiler edinmiş oldukları söylenebilecektir. Ancak, böyle bir bilginin daha sonra bilimsel bir eğitime devam etmeyenlerin tutumlarını etkileyip etkilemediği en azından açık bir sorudur. Öyle görünüyor ki bilimci olmayanların bilimi daha iyi anlamaları için eğitim yöntemlerinde yapılan değişikliklerle ya pek az ilgilenilmekte ya da hiç ilgilenilmemektedir. Aslında, ağırlıklı olarak yazınsal bir eğitim görenlerin bilimi anlamanın bilimcilerden ya da mühendislerden başkası için önemli olup olmadığını sorgulamaları garip sayılmayacaktır.

ABD'de, eğitimin temeli olarak Avrupa yazınsal geleneği yaklaşık yüz yıl önce ortadan kalkmış ya da tanınmayacak bir duruma gelmiştir. Ancak bunun yerini fizik bilimleri, matematik ve modern dillere dayanan bir eğitim almamıştır. Bazıları açıkça hiçbir değişiklik olmadığını söyleyecektir. Ancak kim ne derse desin, ulusun kültürel yaşamı için, Anglosakson yazınsal geleneğini olduğu kadar fizik bilimlerini, biyolojiyi, sosyal bilimleri ve değişik kültürlerden sanat formlarının incelenmesini de kapsayacak kadar geniş bir taban sağlamaya yönelik girişimler hep olmuştur. Ulusun gelişen kültürüne gelecekte coşkulu bir katılımcı olacak bir demokrasi yurttaşını yaratmaya yönelik bu tür girişimlerin, Amerika'da kültür ruhunu yaşatmak için yeterince uygun bir ortam yaratıp yaratmadığı sorulabilir. Ancak hiç kimse, bu girişimlerden sorumlu olanların, birkaç istisna dışında, bilimsel geleneğe uygun bir yer bulmaya çabaladıklarını yadsıyamayacaktır.

Ancak deneyimler, hem ABD'deki hem de Avrupa'daki modern okullarda bilim eğitimini edebiyat, sanat ya da müzik eğitimlerinin dayandığı zemine benzer bir yere oturtmanın ne kadar güç olduğunu göstermiştir. Bir bilimadamı ya da mühendis resme, kitaplara ya da oyunlara ilişkin bir tartışmaya canlı bir biçimde katılabilir; ancak fizik bilimleri konusundaki bir konuşmayı sürdürmek, katılımcıların çoğunluğu bilimadamı ya da mühendis olmadığında gerçekten çok güçtür. (Kolayca konuşabilmenin eğitimin amaçlarından biri olduğunu yadsıyacakların başında gelsem de toplumsal toplantılarda konuşulanlara kulak kabartmak tanı koymak için kabul edilebilir bir yöntem olsa gerek.)

Okulda ya da kolejde görülen bilim eğitimi ile yazın eğitiminden öğrencinin aklında aynı tür bilgi kalmadığı çok açıktır. İnsanın gereksinimleri açısından, metal kimyasına ilişkin bilgi ile Shakespeare'in oyunları konusundaki bilgi tümüyle farklı bilgi türleridir. Kuşkusuz, doğa bilimlerinden bir örnek seçmek de zorunlu değildir; önceki tümcedeki "metal kimyası" yerine "Latince dilbilgisi" sözcükleri de kullanılabilirdi. Çok basit olarak ifade edecek olursak, bu farklılık, Shakespeare'in oyunlarının sonu gelmez tartışmalara konu olmuş olmalarından, hâlâ tartışılmalarından, biçem ve karakterleri açısından akla gelebilecek her yönden eleştirilmiş olmalarından ve her zaman kuvvetli hayranlık ya da kınama sözcükleriyle anılacak olmalarından gelir. Ne metallere ya da metal tuzlarının tepkimesine hayranlık duyan vardır, ne de onları kınayan.

Hayır, eğitimli insanların, ABD kültürünün bile hâlâ temelinde varlığını sürdüren yazınsal geleneğin yanı sıra bilimsel geleneği de kabul etmelerini sağlamak için,

bilimin düzenli bir bilgi bütünü olarak çalışılmasından, bilimsel kuramların anlaşılmasından daha fazla bir şey gerekmektedir. Bu, bilimin Batı kültürü tarafından özümlenmesi yüzyıllar geçtikçe güçleştiği için gereklidir. XIV. Louis zamanında bilim akademileri oluşturulduğunda, bilimdeki yeni buluşlar ve kuramlar eğitimli insanlar için bugün olduğundan çok daha erişilebilir durumdaydı; Napolyon Savaşları döneminde de durum aynıydı. On dokuzuncu yüzyılın başlarında, Sir Humphrey Davy çarpıcı deneylerle örnekleyerek anlattığı kimya dersleriyle Londra sosyetesini büyülüyordu. Elli yıl sonra, Londra'da Royal Institution konferans salonunda Michael Faraday'i dinlemeye gelen genç ve yaşlı izleyiciler çok memnun kalıyordu; Faraday'in mumun kimyası üzerine verdiği dersle, bilimi halka sevdirmenin klasik örnekleridir. Zamanımızda, benzer girişimler hiç de eksik değildir; ancak yıllar geçtikçe aşılması gereken engeller çoğalmıştır. Gösterişli konferans masası deneyleri artık kültürlü dinleyicileri bir zamanlar olduğu gibi hayrete düşürmüyor, zevk vermiyor; yaygınlaşan mühendislik neredeyse her gün bunları geride bırakıyor. Yılın bilimsel yenilikleri, meraklılar arasında bir konuşma konusu olamayacak kadar çok ve karmaşıktır. O kadar hızlı ve o kadar çok cephede gelişme olmaktadır ki bunların haberi meraklıların başını döndürmektedir; üstelik bilimsel bir atılımın önemini kavramak isteyen kişinin, bilimin bu başarılı çıkıştan önceki durumu konusunda kapsamlı bir bilgi sahibi olması gerekir. Belli bir bilim dalında öğrenim görmüş olanlar bile, kendilerine uzak bir alanda neler olup bittiğini anlamakta güçlük çekerler. Örneğin, fizikçiler, genetikçilerin diğer genetikçiler için yazdıkları makale özetlerini bile okuyamayacak

durumdadırlar genetikçiler de fizikçilerinkileri. Bilimdeki genel gelişmeleri yakından izlemeyi sürdürmek isteyen bilim ve mühendislik öğrenimi almış geniş bir grup insan için çok iyi kimi dergiler vardır; zaman zaman da yararlı kitaplar yayınlanmaktadır. Ancak, bilimi popüler kılma çabasının fizik ya da biyoloji bilimleriyle ya da bunların uygulamalarıyla doğrudan ilgisi olmayan kimselere ulaşıp ulaşmadığı konusunda çok kuşkuluyum. Kimi popülerleştirme girişimleriyse bilimin bilimci olmayanlarca anlaşılması için bir temel sağlama amacı bakımından hiçbir değer taşımayacak kadar sığ ve sansasyoneldir.

Son on ya da on beş yılda, Amerikan kolejlerine yönelik olarak, fizik ve biyoloji bilimlerinin ders programı içindeki yeri konusuna gittikçe daha fazla ilgi duyulur olmuştur. Bütün öğrencilerin birlikte ders aldığı birinci yıl fizik, kimya ve biyoloji derslerinin, fen, mühendislik ya da tıpta yoğun eğitim görme eğiliminde olmayan öğrencilerin çoğu için yetersiz olduğunu pek çok kişi fark etmiştir. Çeşitli öneriler getirilmiş, özgür sanatların (liberal arts) ya da genel eğitim programının parçası olacak yeni bilim dersi türlerini devreye sokan çeşitli deneyler yapılmıştır. Özel olarak bilim tarihine daha fazla vurgu yapılması salık verilmiştir; bu öneriye ben de yürekten katılmıştım. Aslında Harvard Üniversitesi birkaç yıllık belli tip tarihsel yaklaşım deneyimi, özellikle de bu yaklaşım bilimin kendilerine dayanarak geliştiği çeşitli yöntemleri çözümleyen bir çalışmayla birleştirildiğinde, bilim tarihi çalışmasında olanaklar bulunduğu yolundaki inancımı artırmıştır. Son üç yüz yıllık bilim tarihinin baştan başa incelenmesinin eğitim açısından ne kadar değerli olduğunun farkında olmakla birlikte,

fizik, kimya ve biyolojinin gelişimlerindeki belirli dönemlerin yoğun bir biçimde çalışılması yoluyla daha çok şey kazanılabileceğine inanıyorum. Bu kanı, *Harvard Case Histories in Experimental Science* (Deneysel Bilimde Harvard Vaka Tarihleri) başlıklı bir kitapçık dizisinde dile getirilmişti.

Harvard dizisinde ele alınan vakalar hem kronoloji hem de konuları bakımından göreceli olarak dar alanlarla sınırlandırılmıştır. Amaç, öğrencinin kuram ile deney arasındaki karşılıklı ilişkiyi belli bir ölçüde anlamasını, bir varsayımın sınanmasını gerçek deneysel sonuçlara bağlayan karmaşık düşünce zincirini belli bir ölçüde kavramasını sağlamaktı. Bu amaçla, özgün bir bilimsel makale, vakanın temelini oluşturmak üzere yeniden basılıyor, okuyucu, editörlerin yorumları aracılığıyla, araştırmacının kendi usavurma çizgisini olabildiğince izlemeye yönlendiriliyordu. Sözkonusu vakayı bilimin gelişmesini yaygın bir cepheden ele alan daha geniş bir çerçeve içine oturtmak, dersin profesörlerine bırakılıyordu.

Harvard vaka tarihlerinin genel okuyucu için kapsamları sınırlıdır; deneysel ayrıntılar ve yöntemlerin çözümlenmesi üzerinde fazla dururlar. Üstelik, seçilmiş dönemlerin tümü fizik, kimya ve biyoloji tarihinde önemli de olsa, deneyimsiz olan birisi bunların anlamını hemen açıkça göremez. Okuyucu çok geçmeden, elindeki kitabın böyle eksikliklerinin olmadığının farkına varacaktır. Dünya'yı merkez alan Aristotelesçi bir evrenden Kopernikçi evrene dönüşümün Batı kültürü üzerindeki etkisini herkes bilir. Profesör Kuhn, bilim tarihindeki belli bir olayla değil, ilgi alanları astronomi alanından oldukça uzak olan bilgili insanların tutumundan etkilenen ve

peşi sıra bu insanların tutumunu etkileyen birbirine bağlı bir dizi olayla ilgilenmektedir. Kuhn, devrim döneminde astronominin gelişim öyküsünü yalnızca yeniden anlatmak gibi göreli olarak kolay bir amaç seçmemiştir. O daha çok kuramla gözlem ve inanç arasındaki bağıntının bir çözümlemesini sunmaya girişmiş ve doğayı inceleyen parlak, adanmış ve tümüyle samimi öğrencilerin gezegenlerin Güneş merkezli dizilimini benimsemekte neden o kadar gecikmiş oldukları gibi rahatsız edici soruları yüreklilikle irdelemiştir. Bu kitap bilimcilerin çalışmalarını kesinlikle yüzeysel bir biçimde anlatmamakta, bilimsel çalışmaların belli bir evresini baştan başa yorumlamaktadır; dikkatli bir okuyucu bu kitaptan, modern bilimin özü olan ancak bilimci olmayanlarca pek iyi bilinmeyen, varsayım ile deneyin (ya da astronomik gözlemin) garip etkileşimini öğrenebilecektir.

Ancak, bu önsözde amacım, bilimi anlamaya yönelik olarak Profesör Kuhn'un yazdıklarından çıkarılacak derslerin bir özetini hap olarak sunmaya kalkışmak değil. Ben daha çok, bu kitapta sunulan bilim yaklaşımının, Birleşik Devletler kültüründe bilimsel geleneğin yazınsal gelenek yanında yerini alabilmesi için gerek duyulan yaklaşım olduğuna inancımı belirtmek istiyorum. Bilim, parlak zaferlerle olduğu kadar, hatalar ve yanlışlarla dolu bir girişim olagelmiştir; bilim, yanılmaya oldukça yatkın ve çoğu kez de epeyce heyecanlı insanların yürüttüğü bir iş olmuştur; bilim bize sanatı, edebiyatı ve müziği vermiş olan Batı dünyasının yaratıcı etkinliklerinin yalnızca bir evresidir. İlerideki sayfalarda betimlenen insanın evrenin yapısına ilişkin görüşlerindeki değişimler, zamanımızın eğitimli her bireyinin ba-

kış açısını belli bir ölçüde etkiler; konunun kendi içinde ve kendi başına derin bir anlamı vardır. Ancak, bu istisnai astronomik devrimin önemi bir yana, Profesör Kuhn'un konuyu ele alışı ilgiye değer; yanılmıyorsam, eğer bilim, zamanımızın kültürü içinde özümlenecekse, Kuhn bize izlenmesi gereken yolu göstermektedir.

James B. Conant

Kopernik Devrimi

1
Eski İki Küreli Evren



Kopernik ve Modern Düşünce

Kopernik Devrimi fikirlerde bir devrim, insanın evreni kavrayışında ve onunla olan ilişkisinde bir dönüşümdür. Rönesans düşünce tarihindeki bu evrenin, Batılı insanın entelektüel gelişiminde çığır açan bir dönüm noktası olduğu sıklıkla dile getirilmiştir. Oysa, sözkonusu devrim astronomi araştırmalarının en çapraşık ve en güç anlaşılır incelikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Nasıl olup da böylesine bir anlam kazanmış olabilir? "Kopernik Devrimi" deyişi ne anlama gelir?

Kopernik 1543 yılında, daha önceleri Dünya'ya bağlanmış olan çoğu astronomik işlevi güneşe aktararak astronomi kuramını kesinlik ve yalınlık açısından geliştirmeyi önerdi. Dünya, daha önce, astronomi bilginlerinin yıldızların ve gezegenlerin dönüşlerini hesaplamada temel aldıkları durağan bir merkez sayılmıştı. Bir yüzyıl

sonraysa Güneş, en azından astronomide, gezegen devinimlerinin merkezi olma anlamında, Dünya'nın yerini almış ve Dünya dolanan bir dizi gezegenden biri durumuna gelerek, benzersiz astronomik konumunu yitirmiştir. Modern astronominin temel başarılarının çoğu bu yer değiştirmeye dayanır. Bu nedenle, Kopernik Devriminin taşıdığı anlamlardan ilki, astronominin temel kavramlarında bir reformdur.

Ancak, astronomide reform Devrimin tek anlamı değildir. Kopernik'in *De Revolutionibus* (Göksel Kürelerin Dönüşleri Üzerine) adlı yapıtının 1543 yılında yayınlanmasından sonra insanın doğayı kavrayışı diğer alanlarda da köklü bir biçimde ve hızla değişmeye başlamıştır. Yaklaşık yüz elli yıl sonra, Newtoncu evren tasarımında doruğuna ulaşan bu yeniliklerin çoğu, Kopernik'in astronomi kuramının önceden kestirilemeyen yan ürünleri olmuştur. Kopernik, Dünya'nın devinimini, gökcisimlerinin astronomik konumlarını kestirmede kullanılan yöntemleri geliştirme amacıyla önermişti. Bu öneri, diğer bilimlerde yepyeni sorunlar doğurmuş ve bu sorunlar çözümlenene değin, astronomların evren tasarımı diğer bilim insanlarınınkiyle uyuşmamıştır. On yedinci yüzyılda diğer bilimlerle Kopernikçi astronominin uzlaştırılması, günümüzde bilimsel devrim olarak bilinen genel entelektüel mayalanmada önemli bir etken olmuştur. Bilim, sözkonusu bilimsel devrim yoluyla, o dönemden beri Batı toplumu ve Batı düşüncesinin gelişimindeki o büyük yeni rolü edinmiştir.

Bu devrimin taşıdığı anlamlar, bilimsel sonuçlarla da sınırlı değildir. Kopernik, politik, ekonomik ve entelektüel yaşamdaki hızlı değişimlerin, çağdaş Avrupa ve Amerika uygarlığının temellerini hazırladığı bir dönem-

de yaşamış ve çalışmıştır. Kopernik'in gezegenler kuramı ve ona eşlik eden Güneş merkezli evren kavrayışı, insanın evren ve Tanrı'yla ilişkisini etkiler gibi göründükleri için, ortaçağdan modern Batı toplumuna geçişte aracı olmuştur. Klasik astronominin yalnızca teknik ve ileri düzeyde matematiksel yöntemlerle gözden geçirilmesiyle başlayan Kopernik kuramı, Amerika'nın keşfini izleyen iki yüzyıllık dönemde, modern düşüncenin eğilimini belirleyen, din, düşün ve toplumsal kuramdaki büyük tartışmaların odaklarından biri oldu. Yeryüzündeki yurtlarının, yalnızca sonsuz sayıdaki yıldızlardan birinin çevresinde körce dolanan bir gezegen olduğuna inanan insanlar, kozmik düzendeki yerlerini, yeryuvarını eşi benzeri olmayan ve Tanrının yaratısının odağı olarak görmüş olan öncellerinden tümüyle farklı bir biçimde değerlendirmişlerdir. Bu nedenle, Kopernik Devrimi, Batı insanının değerleri algılayışındaki dönüşümün de bir parçasıdır.

Bu kitap, Kopernik Devrimini, birbirinden pek ayıramayacağımız bu üç anlamıyla – astronomik, bilimsel ve düşünsel – öykülüyor. Gezegenler astronomisinin bir gelişim evresi olarak bu Devrim, ister istemez, üzerinde en fazla durduğumuz konu olacaktır. İlk iki bölümde, çıplak gözle göklerde neyin görülebildiğini ve yıldızları gözleyenlerin baktıkları yerde gördüklerine başlangıçta nasıl tepki verdiklerini keşfederken, neredeyse tek ilgi alanımız astronomi ve astronomlar olacaktır. Ancak eski dünyada geliştirilmiş olan başlıca astronomi kuramlarını incelediğimizde, bakış açımız değişecektir. Eski astronomi geleneğinin güçlü yönlerini inceler ve bu gelenekten köklü bir ayrılmayı gerekli kılan nedenleri araştırırken, yerleşik bir bilimsel kavramın etkinlik alanını

tek bir bilimle ya da bilimler grubuyla sınırlamanın ne ölçüde güç olduğunu aşama aşama ortaya çıkaracağız. Bu nedenle, üçüncü ve dördüncü bölümlerde astronominin uygulandığı entelektüel ve bir ölçüde de toplumsal ve ekonomik çevreye kıyasla astronominin kendisiyle daha az ilgileneceğiz. Bu bölümlerde öncelikli olarak, zamanın taçlandırdığı bir astronomik kavramsal taslağın, astronominin dışında bilim, din ve günlük yaşam açılarından taşıdığı anlam ele alınacaktır. Bu bölümler, matematiksel astronomi kavramlarındaki bir değişimin nasıl devrimci sonuçlar doğurabildiğini gösterecektir. Son olarak, son üç bölümde Kopernik'in yapıtına, onun nasıl karşılandığına ve yeni bir bilimsel evren kavrayışına yaptığı katkılara eğildiğimizde, bütün bu bileşenleri bir arada ele almış olacağız. Yeryüzünün bir gezegen olduğu anlayışını Batı düşüncesinin bir öncülü olarak yerleştiren bu büyük çatışma, tek başına Kopernik Devriminin modern düşünce açısından taşıdığı anlamı yeterince temsil edebilir.

Kopernik Devrimi, teknik ve tarihsel sonuçları açısından, tüm bilim tarihindeki en göz kamaştırıcı evrelerden biridir. Ancak, kendi özgül konusunu aşan bir anlamı da vardır: Günümüzde kavramaya çok gerek duyduğumuz bir sürece ışık tutar. Çağdaş Batı uygarlığı, gerek günlük felsefesi ve gerekse günlük yaşamın vazgeçilmezleri açısından, bilimsel kavramlara geçmişteki herhangi bir uygarlıktan çok daha fazla bağımlıdır. Ancak, günlük yaşantımızda bu denli büyük yer kaplayan bilimsel kuramlar en son kuramlar olacak gibi görünmüyor. Çevresinde dolandığımız Güneş'in de aralarında olduğu yıldızların sonsuz bir uzay içinde şuraya buraya saçılmış olduğu görüşünü geliştiren astronomi anlayışı,

dört yüz yıldan daha az bir zaman önce ortaya çıkmış ve daha şimdiden eskimiştir. Kopernik ve ardıllarının geliştirmiş oldukları bu kavramdan önce, insanın göklerde gözlediği görüngüleri açıklamak için evrenin yapısına ilişkin başka kavramlar kullanılmıştı. Bu eski astronomi kuramlarının çoğuyla günümüzde kabul edilen kuramlar arasında köklü farklar vardır; oysa bunların çoğuna, geçerli oldukları dönemlerde, bugün kendi kuramımıza gösterdiğimize eşdeğer bir kararlılıkla bağlanılmıştı. Üstelik, bunlara aynı nedenlerle inanılmıştı: Önemli görünen sorulara aklın benimseyebileceği yanıtlar vermekteydiler. Diğer bilimlerde de kazanç hanesine yazılmış bilimsel inanışların geçici olduklarına ilişkin benzer örnekler vardır. Astronominin temel kavramları aslında bunların çoğundan daha kalıcı olmuştur.

Temel kavramlarının değişebilir olması, bilimi yadsımak için bir kanıt değildir. Her yeni bilimsel kuram, öncellerinin sağlamış olduğu bilginin özünü korur ve bu öze katkı yapar. Bilim, eski kuramların yerine yenilerini koyarak ilerler. Ancak, çağımız gibi bilimin hükmettiği bir çağ, fazlasıyla geçerli saydığı bilimsel inanışları sınamak için belli bir bakış açısına gerçekten gerek duyar; işte tarih böyle bir bakış açısı için önemli bir kaynaktır. Bazı modern bilimsel kavramların kökenini ve bunların daha önceki bir çağın kavramlarının yerini nasıl almış olduğunu ortaya çıkarabilirsek, sözkonusu kavramların yürürlükte kalma olasılığını akla yakın bir biçimde değerlendirebiliriz. Bu kitap öncelikle astronomik kavramlarla ilgilenmektedir; ancak bunlar pek çok başka bilimde kullanılanlara çok benzerler; bu kavramların gelişimini irdeleyerek, genelde bilimsel kuramlar konusunda bazı şeyler öğrenebiliriz. Örneğin: Bilim-

sel bir kuram nedir? Onu hangi temelde ele almamız gerekir? İşlevi ve kullanımı nedir? Kalıcı olma gücü ne kadardır? Tarihsel çözümleme böyle sorulara yanıt veremeyebilir; ancak onları aydınlatıp anlamlı kılabilir.

Kopernik kuramı pek çok açıdan tipik bir bilimsel kuram olduğu için, bu kuramın tarihi, bilimsel kavramların evrim geçirerek öncellerinin yerlerini alma süreçlerinin bazılarını aydınlatabilir. Oysa Kopernik kuramı bilimdışı sonuçları açısından tipik değildir: Çok az bilimsel kuram bilimdışı düşüncede böylesine büyük bir rol oynamıştır. Ancak tek örnek de değildir. On dokuzuncu yüzyılda Darwin'in evrim kuramı da benzeri bilimdışı soruların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yaşadığımız yüzyılda Einstein'ın görelilik ve Freud'un psikanaliz kuramı Batı düşüncesinde köklü yeni yönelişlere yol açabilecek tartışmalar için odak noktaları oluştururlar. Freud'un kendisi de Kopernik'in yeryüzünün yalnızca bir gezegen olduğunu ortaya çıkarmasıyla kendisinin insan davranışlarının çoğunu bilinçaltının denetlediği bulgusunun benzer etkileri olduğunu vurgulamıştı. Kuramları konusunda bilgi sahibi olsak da olmasak da, Kopernik ve Darwin gibi insanların entelektüel mirasçılarıyız. Tıpkı Einstein ve Freud'un çalışmalarının çocuklarımızın ya da torunlarımızın düşüncelerini biçimlendireceği gibi, bizim temel düşünce süreçlerimizi de Kopernik ve Darwin'in çalışmaları biçimlendirmiştir. Bilimin iç gelişimini kavramaktan daha fazlasına gerek duyuyoruz. Bir bilim insanının görünüşte önemsiz olan ilerı derecede teknik bir soruna getirdiği çözümün, insanların günlük yaşamın temel sorunları karşısındaki tutumlarını bazen nasıl temelden değiştirebildiğini de anlamamız gerekiyor.

Bu kitapta daha çok astronomi gözlemleriyle kuramlarının eskiçağ ve erken modern kozmoloji düşüncesi üzerindeki, yani insanın evrenin yapısına ilişkin bir dizi görüşü üzerindeki etkileri ele alınacaktır. Günümüzde, astronominin kozmolojiyi etkileyeceğini kabul ederiz. Evrenin biçimini, Dünya'nın evrendeki konumunu ya da Dünya'nın Güneş ile ya da Güneş'in diğer yıldızlarla bağıntısını anlamak istediğimizde, astronoma ya da belki fizikçiye danışırız. Onlar göklere ve Dünya'ya ilişkin ayrıntılı nicel gözlemler yapmışlardır; evren konusundaki bilgilerinin güvencesi, evrenin nasıl davrandığını öngörmede ulaştıkları kesinliktir. Günlük evren kavramımız ya da popüler kozmolojimiz, onların özenli araştırmalarının bir ürünüdür. Ancak astronomi ve kozmolojinin bu yakın birlikteliği, hem belli bir zamana hem de belli bir coğrafyaya özgüdür. Kayıtlarına ulaşabildiğimiz her uygarlık ve kültürün, "Evrenin yapısı nedir?" sorusuna bir yanıtı olmuştur. Ancak yalnızca Helen Yunanistan'ından türemiş olan Batı uygarlıkları bu yanıta varmakta göklerin görünümüne çok önem vermişlerdir. Kozmoloji kurma dürtüsü, gökleri sistemli bir biçimde gözleme gereksiniminden çok daha eski ve daha ilkeldir. Dahası, kozmolojik dürtünün ilkel biçimi, bugün tanışık olduğumuz daha teknik ve soyut kozmolojilerde örtülü kalmış olan özellikleri aydınlatması nedeniyle özellikle bilgilendiricidir.

İlkel evren görüşlerinin aralarında önemli farklar olsa da bunların hepsi öncelikle bu sistemleri tasarlayanları doğrudan etkileyen yeryüzü olayları tarafından biçimlendirilmişlerdir. Bu türden kozmolojilerde gökler,

yalnızca Dünya'yı içine alacak biçimde betimlenmiştir; gökleri, yurtları gökler olan ve rütbeleri, tinsel güç hiyerarşisindeki konumları genellikle yeryüzünden uzaklaştıkça artan mitolojik varlıklar devindirmektedir. Örneğin, Mısır kozmolojisinin temel bir biçiminde Dünya yayvan bir tabak olarak çizilmişti. Tabağın uzun kenarı Nil'e paraleldi; düz tabanı, Mısır uygarlığının sınırını belirleyen alüvyon havzası, kıvrımlı ve dalgalı kenarlarıysa yeryüzünü çevreleyen dağlardı. Çanak üzerinde, kendisi bir tanrı olan, ters çevrilmiş bir tabak-kubbeyi, yani gökleri taşıyan hava vardı. Yeryüzü tabağıysa, başka bir tanrı olan suya yaslanmıştı, su da evreni alttan simetrik bir biçimde sınırlayan üçüncü bir tabağın üzerinde durmaktaydı.

Bu evren modelinin Mısırlının tanıdığı dünyaya göre biçimlendirildiği açıktır: Mısırlı, keşifler yaptığı biricik yöndeki suyla sınırlanan dar ve uzun bir çanakta yaşamaktaydı; açık bir günde ya da gecede gözlenen gökyüzü kubbe biçiminde görülüyordu bugün de öyledir. Kendisine ilişkin hiçbir gözlem olmadığından, evrenin alt sınırının simetrik bir biçimde tasarlanması en kolay yoldu. Astronomik görüntüler ihmal edilmemiş olsa da bunlar kesin olmaktan ziyade söylenceyle ele alınan şeylerdir. Güneş, Mısır'ın en önemli tanrısı, biri gündüzleri havada ve diğeri geceleri su boyunca yol alması için iki teknesi bulunan *Ra*'ydı. Yıldızlar, gökkubbeye resmedilmiş ya da çakılmıştı; bunlar küçük tanrılar olarak deviniyor, kozmolojinin kimi biçimlerindeyse, her gece yeniden doğuyorlardı. Yer yer, "yorulmak bilmeyen" ya da "yıkım bilmeyen" olarak tanımlanan dolaykutupsal (circumpolar) yıldızlar (hiçbir zaman ufuk düzleminin altına inmeyen yıldızlar) örneğinde olduğu gibi,

daha ayrıntılı gözlemler de yapılmıştı. Bu gözlemlere dayanılarak, kuzey gökleri ölümün hiç giremeyeceği, sonsuza değin kutsanmış bir yaşam sonrası alan sayılmıştı. Ancak, gök gözlemlerine ilişkin böyle belirtiler enderdi.

Mısırlılarınkini andıran kozmolojilere ilişkin fragmanlar, Hint ve Babil gibi elimizde kayıtları olan tüm eski uygarlıklarda bulunabilir. Diğer kaba kozmolojiler modern antropologların araştırma konusudur ve çağdaş ilkel toplulukların özelliklerini belirtir. Öyle görünüyor ki, evrenin yapısına ilişkin tüm bu taslaklar, temel bir psikolojik gereksinimi karşılamaktadır: İnsanın günlük işleri ve tanrılarının etkinlikleri için bir sahne hazırlamaktadır. İnsanın yaşam alanı ile doğanın geri kalan kısmı arasındaki fiziksel bağıntıyı açıklayarak, evreni insan için bütünleştirir ve onu evi gibi görmesini sağlar. Kozmoloji insanın pratik ve tinsel her işine nüfuz eden ve bu işlere anlam veren bir dünya görüşü sağlar; bu yüzden insan bir kozmoloji icat etmeksizin uzun bir süre varolamaz.

Bir kozmolojinin karşıladığı psikolojik gereksinimler bir bakıma aynı gibi görünseler de bu gereksinimleri karşılayabilecek kozmolojiler bir toplumdan ya da bir uygarlıktan diğerine çok büyük değişiklikler gösterir. Bizler bir kozmolojinin inanılabilir olması için ek standartlar belirlemiş olan bir uygarlığın üyeleri olduğumuzdan, yukarıda değinilen ilkel kozmolojilerden hiçbiri bizlerin beklediği bir dünya görüşünü veremezler. Örneğin, fiziksel dünyanın günlük davranışını açıklamakta tanrıları işe koşan bir kozmolojiye inanamayız; en azından son yüzyıllarda daha mekanik açıklamalar konusunda diretmişizdir. Daha da önemlisi, biz bugün

doyurucu bir kozmolojinin doğanın davranışında gözlenen ayrıntıların pek çoğunu açıklamasını bekleriz. İlkel kozmolojiler yalnızca doğanın etkinliğinin karşısında şematik karalamalardır; doğa etkinliğinin pek azı kozmolojiyle bütünleştirilmiştir. Güneş tanrısı *Ra*, her gün teknesiyle göklerin bir ucundan diğerine yolculuk eder; ancak, Mısır kozmolojisinde ne bu yolculuğun düzenli olarak yinelenmesini, ne de teknenin rotasının mevsimlere bağlı olarak değişmesini açıklayacak bir şey vardır. Bunlara benzer ayrıntıların açıklanması yalnızca bizim Batı uygarlığımızda kozmolojinin görevi sayılmıştır. Eski olsun modern olsun, başka hiçbir uygarlık benzer bir gereksinme duymamıştır.

Bir kozmolojiden *hem* psikolojik açıdan doyurucu bir dünya görüşü sağlaması *hem de* gündoğumu yerinin günlük olarak değişmesi gibi gözlem görüngülerine açıklama getirmesinin beklenmesi kozmolojik düşüncenin gücünü çok artırmıştır. Bu durum, tüm insanlık için geçerli olan evreni evi gibi görme gereksinimini, daha önce örneği görülmemiş olan bir bilimsel açıklama bulma gayretine yönlendirmişti. Batı uygarlığının kendine özgü pek çok başarısı, kozmolojik düşünceye bu farklı taleplerle yaklaşılmasına bağlıdır. Ancak, sözkonusu farklı talepler her zaman uygun olmamıştır. Bu, modern insanı, kozmolojilerin kurulmasını uzmanlara, özellikle de modern kozmolojilerin inanılır olmak için pek çok ayrıntılı gözleme dayanmak zorunda olduğunu bilen astronomlara ödev olarak yüklemeye zorlamıştır. Oysa gözlem bir yandan kozmolojiyi doğrulayabilecek bir yandan da onunla çatışabilecek iki ucu keskin bir kılıç olduğu için, bu görevlendirmenin sonuçları yıkıcı olabilecektir. Astronom bazen, tümüyle uzmanlık ala-

nına özgü nedenlerle, evreni daha önceleri bütün bir uygarlığın uzman olan ya da olmayan üyeleri için anlamlı kılmış bir dünya görüşünü yıkabilir.

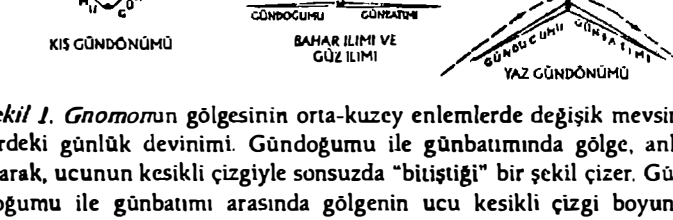
Buna çok benzeyen bir gelişme Kopernik Devrimi döneminde olmuştur. O halde, bunu kavramak için bizler de bir ölçüde uzman olmak zorundayız. Özellikle de tümüne çıplak gözle erişilebilen ve batının iki ana bilimsel kozmolojisinin, Batlamyus ve Kopernik kozmolojilerinin dayanağını oluşturan başlıca gözlemleri bilmemiz gerekir. Burada göklere panoramik bir bakış yeterli olmaz. Açık bir gecede gözlenen gök, her şeyden önce bilimsel imgeleme değil de şiirsel imgeleme seslenir. Gece gökyüzüne bakan birinin, Shakespeare'in yıldızları "gecenin mumları" olarak nitelemesine ya da Milton'un Samanyolu'nu "altın tozlu yıldızlarla döşenmiş büyük bir yol" olarak imgelemesine karşı söyleyecek sözü olamaz. Ancak bunlar ilkel kozmolojilerde cisimleşen betimlemelerdir. Astronomun konuya ilişkin sorularına hiçbir açıklama getirmezler: Samanyolu, Güneş, Jüpiter gezegeni hangi uzaklıktadır? Bu ışıklı noktalar nasıl devinirler? Ay'ı oluşturan malzeme, Dünya'nınkine mi, Güneşinkine mi, yoksa bir yıldızınkine mi benzer? Bu türden sorular, uzun bir zaman boyunca biriktirilen, sistemli, ayrıntılı ve nicel gözlemler gerektirir.

Bu nedenle bu bölümde Güneş ve yıldız gözlemleriyle ve bu gözlemlerin eski Yunanistan'da ilk bilimsel kozmolojilerin kurulmasındaki rolüyle ilgileneceğiz. Bunu izleyen bölümdeyse, Kopernik Devrimini hazırlayan teknik sorunları ortaya çıkaran gökcisimleri, gezegenler tanımlanarak çıplak gözle yapılan gök gözlemlerinin dökümü tamamlanacaktır.

Babilliler ve Mısırlılar, MÖ ikinci binyılın bitiminden önce (belki de çok daha önce) Güneş'in devinimlerini sistemli olarak gözlemeye girişmişlerdi. Bu amaçla pürüzsüz ve düz bir toprak parçasına düşey olarak dikilmiş ve boyu ölçülmüş bir çubuktan, yani *gnomon*dan oluşan ilkel bir güneş saati geliştirmişlerdi. Güneşin gözle görülür konumundan dolayı, *gnomon*un ve gölgesinin uçları, bulutsuz bir günün her anında düz bir çizgi boyunca dizildiklerinde gölgenin uzunluğu ve yönü Güneş'in doğrultusunu tam olarak belirler. Gölge kısa olduğunda, Güneş gökyüzünde yüksektedir; gölge, örneğin doğuyu gösterdiğinde, Güneş'in batıda olması gerekir. O halde, *gnomon*un gölgesi sürekli olarak gözlenirse, Güneş'in konumunun günlük ve yıllık değişimi konusundaki ortak ama belirsiz bir bilgi yığını sistemleştirilip nicel kılınabilecektir. Eskiçağdaki bu tür gözlemlerle güneşten bir zaman sayacı ve takvim kayıt sistemi olarak yararlanılmıştı; bu uygulamalar gözlem tekniklerini sürekli olarak kullanmak ve daha hassas sonuçlar verecek biçimde geliştirmek için önemli bir gerekçe oluşturmuştur.

*Gnomon*un gölgesinin gerek uzunluğu, gerekse yönü herhangi bir gün boyunca yavaşça ve sürekli olarak değişir. Gölgenin yaklaşık olarak karşıt yönleri gösterdiği zamanlar olan gündoğumu ve günbatımında gölge en uzundur. Gündüz saatlerindeyse gölge, eski gözlemcilerin ulaşabildikleri yerlerde, Şekil 1'de gösterilenlerden birine çok benzeyen simetrik yelpaze biçimindeki bir şekil üzerinde yavaşça gezinir. Çizimde görüldüğü gibi, yelpazenin biçimi her gün farklıdır; ancak, burada

değişmeyen çok önemli bir özellik vardır. *Gnomon*un gölgesi her gün, en kısa olduğu anda her zaman aynı yönü gösterir. Bu basit düzenlilik, daha ileri tüm astronomik ölçümler için iki temel başvuru çerçevesi sağlar. Her gün için, en kısa gölgenin gösterdiği sabit yön tam olarak kuzeyi belirler diğer yönler de bundan türer; gölgenin en kısa olduğu an, zamanda bir başvuru noktasını, yerel öğle vaktini gösterir ve birbirini izleyen iki yerel öğle arasındaki zaman aralığı temel zaman birimini, görünen Güneş gününü tanımlar. MÖ birinci binyılda Babilliler, Mısırlılar, Yunanlar ve Romalılar, Güneş gününü, daha küçük alt zaman dilimlerine bölmek için ilkel yer sayaçlarından, özellikle de su saatinden yararlanmışlardı; bizim kullandığımız saat, dakika ve saniye gibi çağdaş zaman birimleri de bu birimlerden gelmektedir.*

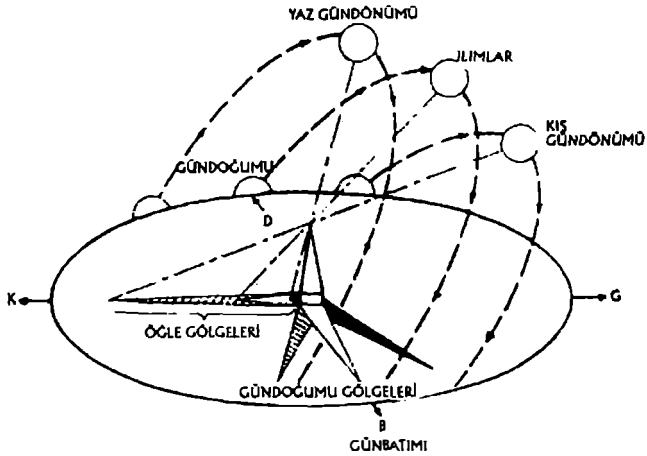


*Şekil 1. Gnomon*un gölgesinin orta-kuzey enlemlerde değişik mevsimlerdeki günlük devinimi. Gündoğumu ile günbatımında gölge, anlık olarak, ucunun kesikli çizgiyle sonsuzda "bitiştiği" bir şekil çizer. Gündoğumu ile günbatımı arasında gölgenin ucu kesikli çizgi boyunca yavaşça gezinir; gölge öğleyin her zaman tam kuzeyi gösterir.

Astronomik amaçlar açısından yıldızlar, Güneş'e göre daha uygun zaman sayaçlarıdır. Ancak yıldızlar aracılığıyla belirlenmiş bir zaman ölçeğinde görünen Güneş gününün uzunluğu yılın değişik mevsimlerinde yaklaşık bir dakika kadar değişir. Eski astronomlar görünen Güneş zamanındaki bu küçük fakat önemli düzensizliği ayırt etmiş olmalarına karşın, biz burada bu konu üzerinde durmayacağız. Bu farklılığın nedeni ve zaman ölçeği tanımı üzerindeki etkisi *Teknik Ek*, birinci kısımda tartışılmaktadır.

Güneşin günlük devinimi aracılığıyla tanımlanmış olan yönler ve zaman birimleri, bu devinimde bir günden diğerine değişiklikleri betimlemek için bir taban oluşturur. Gündoğumu her zaman doğuda bir yerde, günbatımı ise batıda bir yerdedir; ancak, gündoğumunun yeri, *gnomon*un öğle gölgesinin uzunluğu ve gündüz saatlerinin sayısı mevsimler değiştikçe bir günden diğerine değişir (Şekil 2). Kış gündönümü (modern takvimde 22 Aralık) Güneş'in ufukta tam doğu ve batı noktalardan güney yönünde en uzakta doğduğu ve battığı gündür. Bu tarihte gün ışığı saatleri daha azdır ve *gnomon*un öğle gölgesi diğer herhangi bir günde olduğundan daha uzundur. Kış gündönümü ertesinde Güneş'in doğduğu ve battığı noktalar ufuk boyunca yavaşça kuzeye kayar ve öğle gölgeleri kısalmaya başlar. Bahar ılımında (21 Mart) Güneş tam doğu ve tam batıya en yakın noktalarda doğar ve batar; günler ilerledikçe gündoğumu ve günbatımı noktaları kuzeye kaymayı sürdürür ve gündüz saatleri, Güneş'in doğuş ve batışının en kuzeyde olduğu yaz gündönümüne (22 Haziran) değin giderek artar. 22 Haziran günün en uzun sürdüğü ve *gnomon*un öğle gölgesinin en kısa olduğu gündür. Yaz gündönümünün ardından gündoğumu noktası yeniden güneye yönelir ve geceler uzamaya başlar. Güz ılımında (23 Eylül) Güneş bir kez daha yaklaşık olarak tam doğu ve tam batıda doğar ve batar; ardından kış gündönümüne değin güneye kaymayı sürdürür.

Gündönümünün ve ılımın çağdaş isimlerinin de çağrıştırdığı gibi, gündoğumunun ufuk boyunca ileri geri devinimi mevsimlerin döngüsüne karşılık gelir. Bu nedenle, eski toplulukların çoğu Güneş'in mevsimleri denetlediğine inanmıştır. Bu topluluklar Güneş'i bir tanrı



Şekil 2. Gündoğumu konumu, Güneş'in öğle yüksekliği ve *gnomon*un gölgesinin mevsimlik değişimi arasındaki bağıntı.

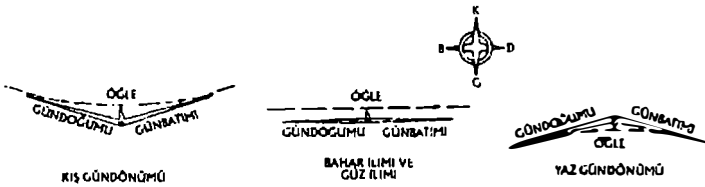
olarak kutsamış ve aynı zamanda onu bir takvim kayıtçısı, tarımsal etkinliklerinin bağlı olduğu mevsim geçişlerinin kullanışlı bir göstergesi olarak gözlemişlerdir. İngiltere, Stonehenge'deki dev taşlardan oluşan gizemli yapı gibi tarihöncesi kalıntılar, Güneş'e olan bu iki yönlü ilginin ne kadar eskiye gittiğini ve ne kadar güçlü olduğunu kanıtlar. Stonehenge, erken taş devri uygarlığının insanlarınca, bazıları neredeyse otuz ton ağırlığa ulaşan dev taşlar kullanılarak büyük zahmetlerle kurulmuş olan önemli bir tapınaktı. Bu yapının aynı zamanda bir tür kaba gözlemevi olduğuysa neredeyse kesindir. Taşlar öyle yerleştirilmişti ki sıranın merkezinde duran bir gözlemci günün doğuşunu eski yaz ortası gününde, yani yaz gündönümünde, "Topuk Taşı" (Friar's Heel) adı verilen, özel olarak yerleştirilmiş bir taşın üzerinden görüyordu.

Mevsim çevriminin uzunluğu – bir bahar ılımı ile bir sonraki arasındaki zaman aralığı – tıpkı Güneş'in günlük deviniminin günü tanımladığı gibi, temel takvim birimini, yani yılı tanımlar. Ancak yıl, güne göre çok daha güç ölçülebilen bir birimdir ve bu nedenle de kullanışlı uzun dönem takvimlerine olan gereksinim, astronomları sürekli olarak bir sorunla, on altıncı yüzyılda öne çıkmasıyla Kopernik Devriminde doğrudan rol oynayan bir sorunla karşı karşıya bırakmıştır. Eskiçağın ilk güneş takvimleri, Babillilerin altmışlık sayı sistemine uygun, düzgün bir yuvarlak sayı olan 360 günlük bir yıl temeline dayandırılmıştı. Ancak, mevsimlerin döngüsü 360 günden fazlasını kapsar; bu yüzden bu ilk güneş takvimlerinin "yeni yıl günü", mevsimler boyunca kış, güz, yaz, bahar döngüsünde aşamalı olarak kayıyordu. Mısır'da Nil'in taşması gibi önemli mevsimlik olayların birbirini izleyen yıllarda giderek daha geç ortaya çıkması gibi nedenlerle, bu takvim uzun zaman aralıklarında pek de yararlı değildi. Bu nedenle Mısırlılar, güneş takviminin mevsimlerle uyumunu sağlamak için kendi yıllarına beş gün, bir tatil dönemi eklemişlerdir.

Ancak, mevsim döngüsünde tam bir gün sayısı yoktur. 365 günden oluşan bir yıl da kısadır ve kırk yıllık bir dönem sonunda Mısır takvimi mevsimlerden on günlük bir sapma gösterir. Bu nedenle Julius Caesar, Mısırlı astronomların teknik yardımıyla takvim reformu yaparken, yeni takvimini 365¼ gün uzunluğundaki bir yıla dayandırmıştı; 365 günlük üç yılı, 366 günden oluşan bir yıl izliyordu. Jülyen takvimi, tüm Avrupa'da MÖ 45 yılındaki başlangıcından Kopernik'in ölümünden sonraki yıllara kadar kullanılmıştır. Ancak, mevsimlere bağlı yıl aslında 365¼ günden 11 dakika 14 saniye daha kısadır ve bu nedenle de bahar ılımı, Kopernik'in yaşa-

dığı döneme kadar, 21 Mart'tan 11 Mart'a geri kaymıştı. Ortaya çıkan takvim reformu gereği (bkz. dördüncü ve beşinci bölümler), astronominin kendisinin de reformdan geçirilmesi için bir gerekçe oluşturmuş ve Batı dünyasına modern takvimini kazandıran reform, *De Revolutionibus*'un yayınlanmasından yalnızca otuz dokuz yıl sonra yapılmıştır. Papa XIII. Gregorius'un 1582 yılında Hıristiyan Avrupa'nın çoğu yerinde kullanımını dayattığı bu yeni takvimde artıkyıl, her dört yüz yılda üç kez dikkate alınmaz. Jülyen takvimine göre 1600 yılı bir artıkyıldı ve 2000 de artıkyıl olacaktır; ancak tümü de artıkyıl olan 1700, 1800 ve 1900 yılları Gregoryen takviminde yalnızca 365 gündü ve 2100 yılı da yeniden 365 günlük olağan bir yıl olacaktır.

Yukarıda tartıştığımız tüm gözlemlerde Güneş yaklaşık olarak, hemen bütün eski gözlemlerin yapılmış olduğu Yunanistan, Mezapotamya ve kuzey Mısır'ı kapsayan orta kuzey enlemlerdeki bir astronoma görüneceği gibi gösterilmiştir. Ancak bu alan içinde, Güneş'in etkinliğinde belirli açılardan dikkate değer nicel değişimler vardır; ayrıca Mısır'ın en güney bölgelerinde nitel bir değişim de görülür. Bu değişimlerin bilgisi de eski astronomik kuramların yapılandırılmasında rol oynamıştır. Bir gözlemci doğuya ya da batıya doğru yol aldığında hiçbir değişim gözlenmez. Ancak güneye doğru gidildikçe, aynı günde, *gnomon*un öğle gölgesi kuzeyde olduğundan daha kısa, Güneş de gökyüzünde daha yüksekte olacaktır. Yine, gün uzunluğu sabit olsa da gündüz ile gece süreleri arasındaki fark orta kuzey enlemlerin güneyindeki bölgelerde daha az olacaktır. Bu bölgede Güneş de yıl boyunca ufukta kuzeye ve güneye pek o kadar ilerlemez.



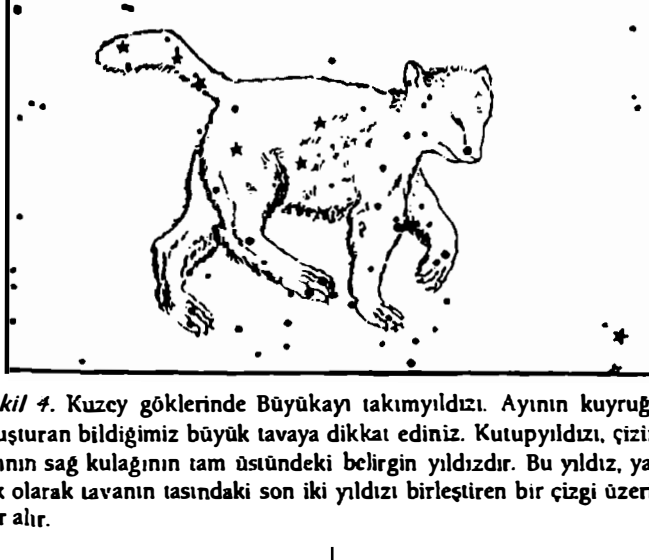
Şekil 3. Kuzey sıcak kuşakta *gnomon*un gölgesinin değişik mevsimlerdeki günlük devinimi.

Bu değişikliklerin hiçbiri yukarıda verilmiş olan nitel betimlemeleri değiştirmez. Ancak, bir gözlemci yaz boyunca Mısır'ın uzağa, güney bölgelerine gittiğinde, *gnomon*un öğle gölgesinin günden güne, sonunda tümüyle yokoluncaya kadar kısaldığını ve ardından da güneyi gösterecek biçimde yeniden görünür duruma geldiğini görecektir. Mısır'ın en güney bölgelerinde *gnomon*un gölgesinin yıllık değişimi Şekil 3'te gösterilmiştir. Daha güneye ve yine daha kuzeye yapılacak yolculuklarda, Güneş'in gözlenen devinimlerinde başka türlü sapmalar görülecektir. Ancak bunlar, eskiçağda gözlenmemişti. Bu sapmaları daha gözlemlenmeden kestirmeyi olanaklı kılmış astronomik kuramları ele alıncaya dek bunları tartışmayacağız. (s. 72)

Yıldızlar

Yıldızların devinimleri Güneş'in deviniminden çok daha yalın ve daha düzenlidir. Ancak bu düzenlilik, gece göğünün sistemli olarak incelenmesi, belli yıldızları gökte nerede görünüyorlarsa orada seçebilme ustalığını gerektirdiğinden, pek de kolayca anlaşılmaz. Modern dünyada yalnızca uzun süreli deneyimlerle kazanılabilen bu

ustalık oldukça enderdir. Zamanımızda çok az insan geceleri binaların dışında uzun bir zaman geçirir; geçirseler bile yüksek binalar ve sokak ışıkları göğün görüntüsünü belirsizleştirir. Üstelik, göklerin gözlenmesinin sıradan insanın yaşamında artık doğrudan bir işlevi de yoktur. Oysa eskiçağda yıldızlar sıradan bir insanın çevresinin dolaysız parçalarıydı; gökcisimlerinin zaman sayaçları ve takvim kayıt araçları olarak evrensel bir işlevleri vardı. Bu koşullarda yıldızları bir bakışta saptama ustalığı oldukça yaygındı. Kaydedilmiş tarihin başlangıcından çok önce, uğraşları gereği gece göğünü sürekli görmek olanağını bulan insanlar yıldızlara zihinlerinde bir düzen vermiş, onları burçlara, yani komşu yıldızlardan oluşan kümelere, değişmeyen desenleriyle görülüp



Şekil 4. Kuzey göklerinde Büyükayı takımyıldızı. Ayının kuyruğunu oluşturan bildiğimiz büyük tavaya dikkat ediniz. Kutupyıldızı, çizimde ayının sağ kulağının tam üstündeki belirgin yıldızdır. Bu yıldız, yaklaşık olarak tavanın tasındaki son iki yıldızı birleştiren bir çizgi üzerinde yer alır.

seçilen kümelere ayırıp sıralamışlardı. Bir gözlemci göklerin sayısız yıldızı arasında belli bir yıldızı bulmak için, ilk olarak bu yıldızın içinde bulunduğu tanıdık yıldız deseninin yerini saptar, yıldızı da bu resimden seçerdi.

Modern astronomların kullandığı takımyıldızların çoğu eskiçağ mitolojik figürlerinin adlarını taşımaktadır. Bunların bazıları Babil çivi yazısı tabletlerine kadar izlenebilir birkaçı da MÖ 3000'e kadar gider. Modern astronomi tanımlarını değiştirmiş olsa da belli başlı takımyıldızlar kaydı bulunan en eski kalıtlarımız arasındadır. Bu kümelerin ilk kez nasıl seçildikleri hâlâ belirsizdir. Çok az kişi, Büyükayı takımyıldızının yıldızlarında bir ayı "görebilir" (Şekil 4); diğer takımyıldızlar için de görselleştirme açısından benzer sorunlar vardır. O halde, yıldızlar başlangıçta kolaylık için kümelendirilmiş ve keyfi olarak adlandırılmış olabilir. Ancak böyle olsa da yıldızlar çok garip bir biçimde kümelendirilmişlerdi. Eski takımyıldızların sınırları çok düzensizdir ve gökyüzünde birbirlerinden çok farklı büyüklükteki alanları kaplarlar. Modern astronomların takımyıldızların sınırlarını değiştirmiş olmalarının bir nedeni, bunların kullanışlı seçimler olmayışlarıdır. Belki de tıpkı bizim bazen bulutlarda ya da bir ağacın çizgilerinde yüzler "gördüğümüz" gibi, saatler boyunca göklere bakan eski çoban ya da denizci, yıldızlarda kendi tanıdığı mitolojik kişilerin izlerini gerçekten "görüyordu." Modern Geştalt psikolojisi deneyleri, görünüşte gelişigüzel kümelenmelerde bildik resimler bulma yönünde evrensel bir gereksinme olduğunu gösterir; ünlü "mürekkep lekesi" ya da Rohrschach testlerinin dayandığı temel işte bu gereksinmedir. Eğer takımyıldızların tarihsel kökenleri konusunda daha çok bilgimiz olsaydı, onları ilk kez izleyen

ilkel toplulukların zihinsel özellikleri konusunda yararlı bilgiler edinebilirdik.

Takımyıldızları öğrenmek bir haritaya aşinalık kazanmak gibidir ve amaç aynıdır: takımyıldızlar gökte yol bulmayı kolaylaştırır. Takımyıldızları bilen biri "Cygnus"da (Kuğu) olduğu bildirilen bir kuyrukluyıldızı kolayca bulabilir; onun yalnızca "gökte" olduğunu biliyor olsa, kuyrukluyıldızı bulamayacağı neredeyse kesindir. Ancak, sürekli devinim halinde oldukları için, takımyıldızlara dayanan harita alışılmadık bir harita olsa da biçimlerini ve göreli konumlarını koruyup tümü birlikte devindiklerinden, devinim bu haritaların yararlı olduğu gerçeğini değiştirmez. Kuğu içindeki bir yıldız her zaman Kuğu'nun içinde olacak ve Kuğu, Büyükayı'dan her zaman aynı uzaklıkta kalacaktır.* Ancak ne Kuğu ne de Büyükayı gökte uzun zaman aynı konumda kalır. Dönen bir plağa yapıştırılmış bir harita üzerindeki kentler gibidirler.

Yıldızların göreli sabit konumları ve devinimleri Şekil 5'te gösterilmektedir; burada (Büyükayı'nın parçası olan) büyük tavanın kuzey göğünde aynı gecedeki üç ayrı andaki konumu ve yönü verilmiştir. Yedi yıldızlı tavanın biçimi her görünümde aynıdır. Yine, Kutupyıldızı'nın Büyükayı'yla bağıntısı da aynıdır: Tavanın tasının açık tarafında, son iki yıldız boyunca düz bir çizgide her zaman 29°'de bulunur. Başka çizimler de göklerdeki diğer yıldızlar arasındaki benzer değişmez geometrik ilişkileri gösterir.

---

*"Uzaklık" burada "açısal uzaklık" anlamındadır; ayrılma uzaklığı ölçülecek olan iki gökcismine gözlemcinin gözünden yöneltilen iki doğru arasındaki açı derecesi anlamını taşır. Bu, astronomların dolaysızca, evrenin yapısına ilişkin bir kurama dayanan hesaplamalar yapmaksızın ölçebilecekleri tek uzaklık türüdür.

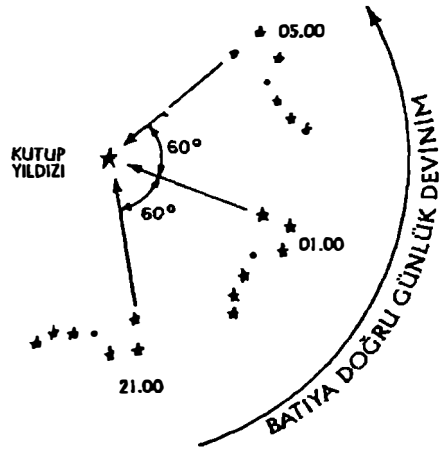
Şekil 5'te, yıldız devinimlerinin bir başka önemli özelliği görülüyor. Takımyıldızlar ve onları oluşturan yıldızlar gökyüzünde birlikte salınırlarken, Kutupyıldızı neredeyse devinimsizdir. Dikkatli bir gözlem bu yıldızın gerçekte hiçbir gece tam anlamıyla devinimsiz olmadığını gösterir. Ancak Şekil 5'te bu yıldıza atfedilen özellikleri tam olarak taşıyan, gökyüzünde şimdi Kutupyıldızı'ndan 1°'den daha az uzaklıkta olan başka bir nokta vardır. Bu nokta kuzey gökkutbu olarak bilinir. Kuzey enlemlerinde belli bir yerde bulunan bir gözlemci onu saatler ve geceler boyunca ufkundaki tam kuzey noktasının üzerinde aynı sabit uzaklıkta her zaman bulabilir. Kutbu göstermesi için sabitleştirilen düz bir çubuk, yıldızlar devindikçe kutbu göstermeyi sürdürecektir. Ancak, gökkutbu aynı zamanda bir yıldız gibi de davranır. Yani, kutbun yıldızlarla olan geometrik ilişkileri uzun bir zaman boyunca aynı kalmaktadır.* Kutup, gezegendeki her gözlemci için sabit bir nokta olduğundan ve yıldızlar devindikçe bu noktadan uzaklıkları değişmediğinden, her yıldız merkezi gökkutbu olan bir çemberin yayı boyunca gezinirmiş gibi görünür. Şekil 5, Büyükayı'nın tavasındaki yıldızların sözkonusu çembersel devinimlerinin bir bölümünü göstermektedir.

Yıldızların dolaykutupsal devinimleriyle çizilen eşmerkezli çemberler, yıldızların günlük çemberleri ola-

---

Yıllar boyu, uzun aralıklarla yapılan gözlemler, kutbun yıldızlar arasındaki konumunun çok yavaşça (180 yılda 1° dolayında) değiştiğini gösterir. Ilım noktalarının yalpalaması olarak bilinen etkinin parçası olan bu yavaş devinimi, Teknik Ek Kesim 2'ye değin göz ardı edeceğiz. Eskiler MÖ ikinci yüzyılın sonlarına doğru yalpalamanın farkına varmış olsalar da bu onların astronomik kuramlarının inşasında ikincil bir rol oynamıştı; bu durum yukarıda tanımlanan kısa dönemli gözlemleri de değiştirmez. Ufukta tam kuzey noktası üzerinde aynı uzaklıkta bir kuzey gökkutbu daima olmuştur; ancak bu kutbun yanında her zaman aynı yıldızlar olmamıştır.

rak bilinir ve yıldızlar bu çemberlerde tam olarak saatte 15° hızla dönerler. Yıldızlar bir tam çemberi günbatımı ile gündoğumu arasında tamamlamasalar da açık bir gecede kuzey göklerini gözleyen birisi yıldızları kutup yakınlarında yaklaşık olarak bir yarım çember boyunca izleyebilir ve bir sonraki gecede de onları tekrar aynı çemberler üzerinde aynı hızla deviniyorlarken görür. Dahası, bu yıldızları düzenli dönüşlerini araya giren gündüz boyunca sürdürmüş olsalar tam olarak varacakları konumlarda bulur. Eskiçağdan beri, bu düzenlilikleri anlayabilecek bilgisi olan pek çok gözlemci, doğal olarak, yıldızların gece olduğu gibi gündüz de varolduklarını ve devindiklerini, ancak güçlü güneş ışığının onları gündüzleri çıplak göze görünmez kıldığını varsaymıştır. Bu yoruma göre, yıldızlar tam çemberler boyunca düzenli olarak salınır; her bir yıldız, bir çemberi 23 saat 56 dakikada tamamlar. 23 Ekim akşamı saat 21.00'de

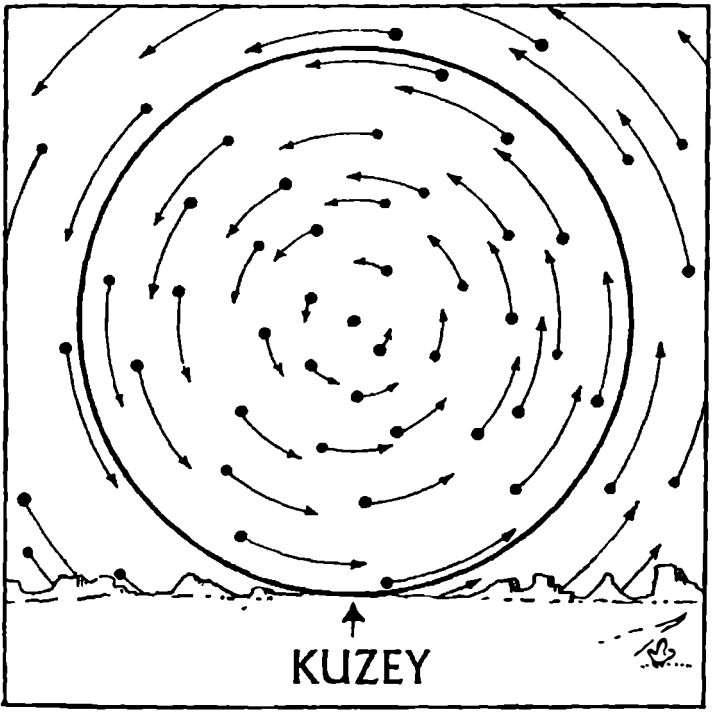


Şekil 5. Ekim ayının sonuna doğru bir gecede tavanın birbirini izleyen dört saatlik aralıklarla konumu.

kutup noktasının hemen altındaki bir yıldız, aynı konuma 24 Ekim akşamı 20.56'da ve 25 Ekim'de 20.52'de dönecektir. Yıl sonuna doğru kutup altındaki konumuna günbatımından önce ulaşacağı için bu konumda görülemeyecektir.

Orta kuzey enlemlerde gökkutbu, ufukta en kuzeydeki noktanın yaklaşık olarak 45° yukarısındadır. (Kutbun yüksekliği gözlemcinin enlem açısına eşittir; bu, enlemi ölçmenin bir yoludur.) Bu nedenle, kutba 45° ya da gözlemcinin konumunun enlemi ne ise o kadar uzaklıkta olan yıldızlar ufkun altına hiç inmez ve açık bir gecede herhangi bir saatte görülebilirler. Bunlar dolaykutupsal, eskiçağ Mısır kozmologlarının sözleriyle "yıkım nedir bilmeyen" yıldızlardır. Bu yıldızlar aynı zamanda, devinimlerinin çembersel olduğu kolayca anlaşılabilecek yegâne yıldızlardır.

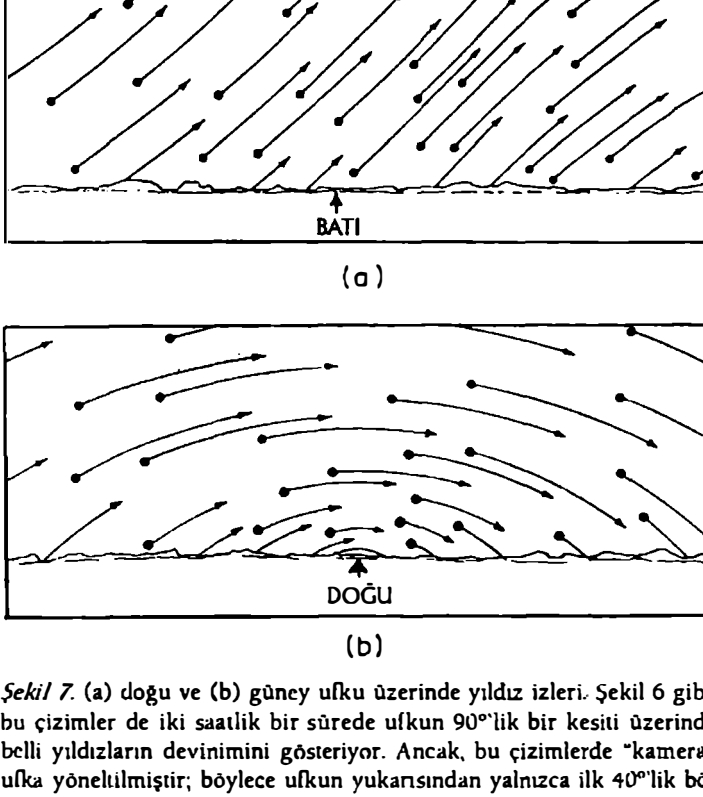
Kutuplardan daha uzak yıldızlar da günlük çemberleri boyunca gezinirler; ancak bu çemberlerin bir bölümü ufkun altında kalır (Şekil 6). Bu nedenle, bu tür yıldızlar bazen ufkun üstünde görünüp bazen de altına kayarak, doğarken ya da batarken görülebilirler; gece boyu her zaman görülebilir değillerdir. Böyle bir yıldız kutuptan daha da uzaksa, günlük çemberinin daha ufak bir bölümü ufkun üzerindedir ve yolunun görünen bölümünün bir çemberin parçası olduğunu anlamak daha güçtür. Örneğin, tam doğuda doğan bir yıldızın kendi günlük çemberinin sadece yarısı görülebilir. Bu yıldız, yukarı ve güneye doğru, doğuya bakan bir gözlemcinin sağ omzu üzerinde bir noktada en yüksek noktasına ulaşan bir eğri boyunca yükselir (Şekil 7a) ve sonra aşağı ve kuzeye doğru bir eğri boyunca alçalıp tam batıda batarak, Güneş'in ılımlardan biri civarında izlediği



Şekil 6. Kuzey göğünde iki saatlik bir sürede belli yıldızların çizdiği bir grup kısa dairesel yay. Ufka teğet olan koyu çember, dolaykutupsal yıldızları, doğup batan yıldızlardan ayırır.

Bunlara benzer yıldız izleri, sabit bir fotoğraf makinesinin *gökkutbuna* yöneltilerek objektifin gökler döndükçe açık bırakılması yoluyla kayda alınabilir. Fazladan her bir saatlik poz, her izin uzunluğuna 15° ekler. Ancak, yükseltilmiş kamera açısının aldatıcı bir çarpılma ortaya çıkardığına dikkat ediniz. Eğer kutup ufkun 45° üzerindeyse (orta kuzey enlemlerdeki karakteristik yükseklik), bu durumda koyu çemberin en üstünde görünen bir yıldız aslında tam gözlemcinin başının üzerindedir. Kamera açısına bağlı çarpılma anlaşıldığında, bu çizimde gösterilen yıldız izleriyle Şekil 7a ve b'de daha şematik olarak gösterilenler arasında bağlantı kurulabilecektir.

yolun hemen hemen aynısını izler. Kutuptan daha da uzak yıldızlar, güney ufku üzerinde yalnızca kısa bir süre görünürler. Tam güney noktası yakınında doğduktan hemen sonra batarlar ve ufuk düzlemi üzerinde hiçbir zaman çok yükseğe çıkmazlar (Şekil 7b). Yılın yaklaşık yarısında gündüz doğup gündüz battıkları için, pek çok gece hiç görünmezler.

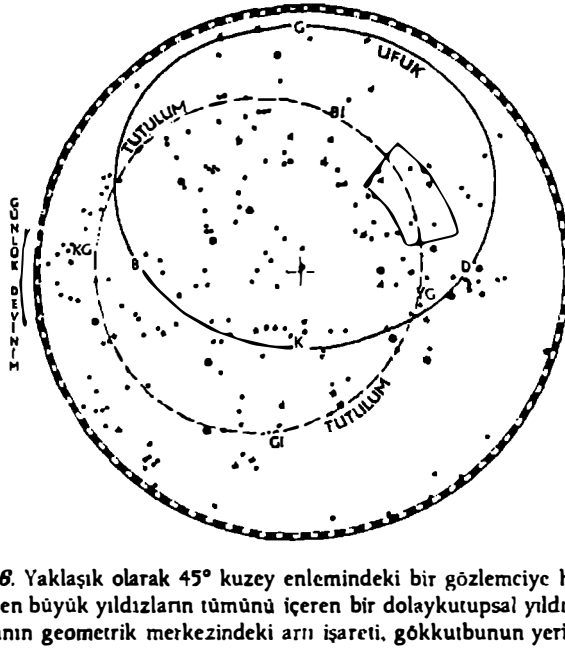


Şekil 7. (a) doğu ve (b) güney ufku üzerinde yıldız izleri. Şekil 6 gibi, bu çizimler de iki saatlik bir sürede ufkun 90°'lik bir kesiti üzerinde belli yıldızların devinimini gösteriyor. Ancak, bu çizimlerde "kamera" ufka yöneltilmiştir; böylece ufkun yukarısından yalnızca ilk 40°'lik bölüm gösterilmektedir.

Gece göğünün bu nitel özellikleri, eskiçağda astronomik gözlemlerin yapılmış olduğu tüm bölgelerde ortaktır; ancak nitelendirme hatın sayılır nicel farkları gizlemiştir. Bir gözlemci güneye gittikçe, her 69 milde bir, kuzey ufku üzerindeki kutbun yüksekliği güney yönündeki devinimden yaklaşık olarak 1° azalır. Yıldızlar kutup çevresinde günlük çemberlerinde devinmeyi sürdürürler; ancak kutup ufka daha yakın olduğu için daha güneydeki bir gözlemci, kuzeyde dolaykutupsal olan bazı yıldızların doğduğunu ve battığını görür. Tam doğuda ve tam batıda doğan ve batan yıldızlar ufukta aynı noktalarda görünmeye ve kaybolmaya devam ederler; ancak güneye doğru bunlar ufka düşeye daha yakın bir doğru boyunca yol alır görünürler ve en büyük yüksekliğe gözlemcinin başı üzerine daha yakın bir noktada erişirler. Güney göğünün görünümü daha da çarpıcı bir biçimde değişir. Kutup kuzey ufkuna doğru alçaldıkça güney göğündeki yıldızlar, kutuptan aynı açısal uzaklıkta kaldıkları için, güney ufku üzerinde daha yükseklere çıkarlar. Kuzeyden izlendiğinde ufkun üzerine ancak çıkabilen bir yıldız, daha güneyden gözlendiğinde daha yükseğe çıkacak ve daha uzun bir zaman boyunca görülecektir. Güneydeki bir gözlemci yine kendi ufkunun en güney noktası üzerinde kısa bir süre görünüp kaybolan yıldızlar görecektir fakat bunlar kuzeydeki astronomun asla görmediği yıldızlar olacaktır. Gözlemci güneye doğru yol aldıkça, giderek daha az sayıda dolaykutupsal yıldız, yani gece boyunca izlenebilen yıldız görür. Ancak güneydeki bu insan, belli bir zamanda, kuzeydeki bir gözlemcinin asla göremediği yıldızları gözleyecektir.

Yıldızlarla gökkutbunun birbirlerine göre konumları saatten saate, geceden geceye aynı kaldığı için, tümünü bir gök haritası üzerine, yani bir yıldız haritası üzerine kalıcı olarak yerleştirmek olanaklıdır. Şekil 8'de bir tür yıldız haritası görülüyor; başka türlü yıldız haritaları sıradan bir atlasta ya da bir astronomi kitabında bulunabilir. Şekil 8'deki haritada, orta kuzey enlemlerdeki bir gözlemci tarafından görülebilecek tüm parlak yıldızlar vardır; ancak tümü ufkun üzerinde hep birlikte bulunmadığından aynı ânda görülemezler. Gecenin belli bir ânında haritadaki yıldızların yaklaşık olarak beşte ikisi ufuk altında kalır.

Görülebilen yıldızlar ve göründükleri gök parçası gözlemin tarihine ve saatine bağlıdır. Örneğin, haritada pusulanın dört yönü, K, D, G ve B ile ayrılan kesiksiz koyu siyah çizgi, orta kuzey enlemlerdeki bir gözlemciye 23 Ekim akşamı saat 21.00'de görünen gök parçasını sınırlandırmaktadır. O halde, bu çizgi gözlemcinin ufkunu temsil etmektedir. Gözlemci haritayı alt tarafı kuzeyi gösterecek biçimde başının üzerine kaldırıp tutacak olursa, haritadaki dört pusula yönü yaklaşık olarak gözlemcinin fiziksel ufkundaki yönlerle çakışacaktır. Bu durumda harita, yılın ve gecenin bu zamanında Büyükayı'nın tavasının kuzey ufkunun hemen üzerinde göründüğünü ve yine, örneğin, Koltuk (Cassiopeia) takımyıldızının da ufuk penceresinin merkezi yakınında, gökte yaklaşık olarak başın üstüne denk gelen bir konumda bulunduğunu gösterir. Yıldızlar konumlarına tam olarak yirmi dört saatten dört dakika daha az bir zamanda geri döndükleri için, haritanın aynı durumu, yıl-



Şekil 6. Yaklaşık olarak 45° kuzey enlemindeki bir gözlemciye her zaman görünen büyük yıldızların tümünü içeren bir dolaykutupsal yıldız haritası. Haritanın geometrik merkezindeki artı işareti, gökkutbunun yerini göstermektedir.

Harita, önyüzü yere doğru ve sayfa tabanı kuzeyi gösterecek biçimde başın üstünde yatay olarak tutulursa, 23 Ekim akşamı saat 22.00'de orta kuzey enlemlerdeki bir gözlemciye göründüğü biçimiyle yıldızların yerlerini gösterecektir. Ufuk penceresini sınırlayan koyu çizgi içindeki yıldızlar, gözlemcinin görebildikleridir; çizgi dışındakiler sözkonusu gün ve saatte ufuk altındadırlar. Haritada ufuk penceresi içinde K noktası yakınında bulunan yıldızlar, fiziksel ufukta tam kuzey noktasının hemen üzerinde görüleceklerdir (tavaya dikkat ediniz); doğu noktası D, yanında olanlar tam doğuda doğuyor olacaklardır. vb. Yıldızların 23 Ekim'de daha geç bir saatteki yerlerini bulmak için, ufuk penceresi sabit olarak düşünülmeli ve dairesel harita bunun arkasında, kutup çevresinde saat karşıtı yönde, saat 21.00'i izleyen her saat için 15° döndürülmelidir. Bu devinim kutbu sabit bırakır; buna karşılık yıldızları doğu ufku üzerinde yukarıya, batı ufku ardında aşağıya taşır. Yıldızların daha sonraki bir gün saat 21.00'deki yerlerini bulmak için haritanın, sabit ufuk penceresi arkasında, 23 Ekim'i izleyen her bir gün için saat yönünde 1° döndürülmesi gerekir. Bu iki işlemi birleştirmekle, yılın herhangi bir gecesinin herhangi bir saatinde yıldızların yerleri bulunabilir.

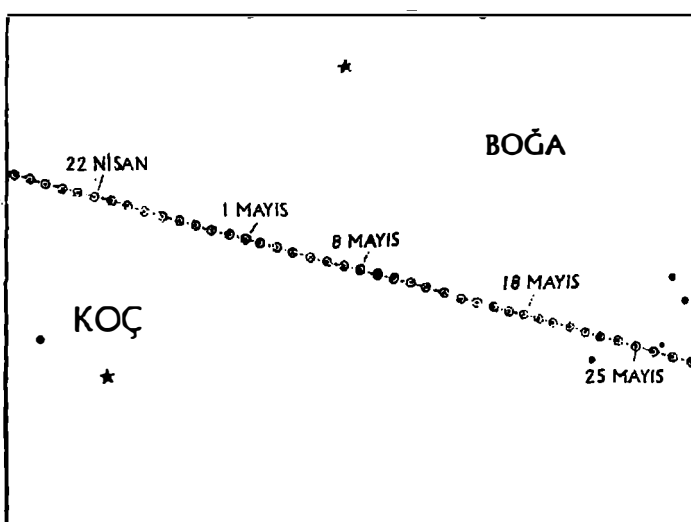
Çizimde kutbu çevreleyen kesikli çizgi, tutulumdur. Güneş'in yıldızlar arasından göründüğü yoldur (bkz. s. 57). Haritanın sağ üst çeyreğinde tutulumun bir bölümünü içine alan kutu, Şekil 9 ve Şekil 15'te genişletilmiş biçimde gösterilen gök bölgesini kapsamaktadır.

dızların 24 Ekim akşamı 20.56'daki, 25 Ekim'de 20.52' deki, 30 Ekim'de 20.32'deki vb. konumlarını gösterecektir.

Şimdi, gözlemcinin görüş alanını çevreleyen koyu siyah ufuk çizgisinin sayfada gösterilen konumda sabit tutulduğunu ve bunun ardındaki tüm harita diskinin merkez kutup çevresinde olmak üzere saat yönünün tersi yönde yavaşça döndürüldüğünü düşünün. Disk 15° döndürüldüğünde, ufuk penceresinin içine tam olarak 23 Ekim akşamı saat 22.00'de ya da 24 Ekim akşamı saat 22.56'da vb. izlenebilen yıldızlar girecektir. 45°'lik bir dönüş, ufuk çizgisinin içine 23 Ekim geceyarısında izlenebilen yıldızları taşır. Tüm parlak yıldızların herhangi bir gecenin herhangi bir saatindeki konumları bu yolla bulunabilecektir. Şekil 8'deki gibi sabit bir ufuk penceresi olan hareketli bir yıldız haritasına genellikle "yıldız bulucu" (*star finder*) denir.

Ancak yıldız haritaları, yıldızlar gibi göreli olarak sabit konumlarda kalan gökcisimlerinin yerlerini saptama dışında başka uygulamalarda da kullanılırlar. Bu haritalar aynı zamanda Ay, kuyrukluyıldızlar ya da gezegenler gibi, yıldızlar arasındaki konumlarını yavaşça değiştiren gökcisimlerinin davranışlarını tanımlamada da kullanılabilir. Örneğin, eskilerin bildiği gibi, Güneş'in devinimi, yıldızlarla karşılaştırılarak incelendiğinde çok yalınlaşır. Yıldızlar günbatımının hemen ardından görünmeye başladıkları için devinimlerini izlemeyi bilen bir gözlemci günbatımının zamanını ve ufuk konumunu kaydedip, günbatımı ile yıldızların ilk ortaya çıkışları arasındaki zamanı ölçebilir; ardından da güneş battığında hangi yıldızların bu ufuk konumunda olduğunu saptamak üzere haritayı geriye doğru çevirerek Güneş'i bir yıldız haritasına yerleştirebilir. Yıldız haritası üzerin-

de Güneş'in konumunu art arda birkaç akşam boyunca yıldız haritasına işaretleyen bir gözlemci, onu her defasında neredeyse aynı konumda bulacaktır. Şekil 9, Güneş'in bir yıldız haritası üzerinde birbirini izleyen akşamlarda bir ay boyunca aldığı konumları göstermektedir. Art arda gelen iki gözlemde Güneş harita üzerinde aynı konumda değildir; ancak çok da öteye gitmemiştir. Gözlemci Güneş'i, her akşam bir önceki akşamki konumundan yaklaşık olarak 1° ötede bulur; 1° göreceli olarak küçük, güneşin açısal çapının yaklaşık olarak iki katı olan bir uzaklıktır.



Şekil 9. Güneş'in Koç ve Boğa takımyıldızları arasındaki devinimi. Daireler Güneş'in Nisan ortasından Mayıs sonuna dek birbirini izleyen akşamlarda günbatımında yıldızlar arasındaki konumunu belirtmektedir.

Bu gözlemler, yıldızlar arasında günden güne yavaşça yol alan bir cisim gibi düşünüldüğünde Güneş'in hem günlük deviniminin hem de daha yavaş bir devi-

nim olan ufuk boyunca kuzeye ve güneye kaymasının uygun bir biçimde çözümlenebileceği fikrini verirler. Belli bir gün için yıldızlar arasındaki konumu belirlendiğinde Güneş'in o günkü devinimi, haritada onun yerindeki bir yıldızın günlük devinimiyle neredeyse tam olarak aynı olacaktır. Dönen haritada her ikisi de doğudan yukarıya ve güneye doğru bir çizgi boyunca eğimli olarak yükselen ve daha sonra batıda batan noktalar gibi yol alacaklardır. Bir ay sonra Güneş yine bir yıldızın günlük devinimini yapacak, ancak bu kez, bir ay önce devinimini taklit ettiği yıldızın konumundan 30° ötedeki bir yıldıza çok benzer bir biçimde devinecektir. Araya giren bir ay içinde Güneş, haritada birbirinden 30° uzak bu iki konum arasında yavaşça ve düzenli olarak yol almıştır. Güneşin devinimi her gün neredeyse bir yıldızınki gibi, göklerde kutup çevresindeki bir çemberin parçası olmuştur; ancak art arda iki gün tam olarak aynı yıldız gibi devinmemiştir.

Güneş'in konumu bir yıldız haritası üzerinde her gün işaretlenir ve ardışık akşam konumlarını gösteren noktalar birleştirilirse, yıl sonunda kapanan düzgün bir eğri elde edilir. Bu, Şekil 8'deki yıldız haritasında kesikli çizgi ile gösterilen, tutulum denilen eğridir. Güneş her zaman bu eğri üzerinde bir yerde bulunur. Tutulum yıldızların genel günlük devinimiyle gök boyunca hızlı bir biçimde taşındıkça Güneş de onunla birlikte taşınır; o da çizginin belli bir yerindeki bir noktadaki bir yıldız gibi doğar ve batar. Ancak bu arada Güneş tutulum boyunca yavaşça yol almakta, her gün her saat ya da her dakika öncekinden biraz farklı bir konuma geçmektedir. Böylece Güneş'in karmaşık sarmal devinimi, çok daha basit iki devinimin sonucu olarak çözümlenebilir. Güneşin

toplam görünen devinimi, günlük devinimi (tüm haritanın saat yönünün tersine devinimine bağlı olan batı yönlü çember) ile eşzamanlı doğu yönündeki yavaş deviniminin (haritada kutup çevresinde saat yönündeki) bileşimidir.

Bu çözümlemeye göre, Güneş'in devinimi ile bir atlıkarıncadaki biletçinin devinimi arasında yakın benzerlikler vardır. Atlıkarıncanın platformu döndükçe biletçiyi hızlı bir biçimde döndürür. Ancak biletçi yavaşça yürüyerek atlardan biletleri toplarken oyuncakların binicilerinkiyle tam olarak aynı devinimi yapmaz. Platformun dönüş yönünün ters yönünde yürürse, yere göre devinimi platformunkinden biraz daha yavaş olacak ve biniciler bir çemberi ondan biraz daha çabuk tamamlayacaklardır. Bilet toplamak için platformun merkezine doğru ya da merkezinden uzağa gidecek olursa, zemine göre toplam devinimi çembersel olmayacak, bir dönüş sonunda bir ucu diğerine bağlanmayan karmaşık bir eğri olacaktır. Biletçinin durağan zemin üzerindeki yolunu saptamak kuramsal açıdan mümkün olsa da toplam devinimini iki bileşen parçasına ayırmak çok daha kolaydır; bu bileşenler platformla birlikte düzenli hızlı dönüşü ve platforma göre daha yavaş ve daha düzensiz olan devinimidir. Astronomlar eskiçağdan beri, Güneş'in görünen devinimini çözümlemek için benzer bir bölümleme yaptılar. Güneş her gün *yıldızlarla birlikte* batıya doğru hızla devinir (bu günlük devinimi olarak bilinir); aynı zamanda tutulum boyunca *yıldızların arasında* ya da *yıldızlara göre* yavaşça doğuya doğru yol alır (bu da yıllık devinimidir).

Toplam devinimi iki bileşene ayrıldığında, Güneş'in nasıl davrandığı, tutulum boyunca geçtiği yakın nokta-

ların gün ve saat belirtilerek işaretlenmesiyle kolaylıkla ve kesin olarak belirlenebilecektir. İşaretlenen noktalar dizisi Güneş'in deviniminin yıllık bileşenini belirler; geriye kalan günlük bileşense bütün haritanın gündelik dönüşüyle belirlenir. Örneğin, Şekil 8'de tutulum biraz biçimsiz ve merkezden önemli ölçüde kaymış bir çember olarak göründüğü için, tutulum üzerinde tek bir noktanın, merkezdeki kutba diğer noktalardan daha yakın olması gerekir; bu nokta *YG*'dir. Tutulum üzerindeki diğer hiçbir nokta, kuzeye *YG* kadar yakın doğup batmaz ve diğer hiçbir nokta haritanın dönüşü sırasında ufuk penceresi içinde *YG* kadar uzun süre kalmaz. O halde, *YG* yaz gündönümüdür ve Güneş'in merkezinin bu noktadan 22 Haziran civarında geçmesi gerekir. Benzer biçimde, Şekil 8'deki *GI* ve *BI* noktaları ılım noktalarıdır; bunlar tutulum üzerinde tam doğuda doğan ve tam batıda batan ve haritanın her dönüşünün tam yarı süresi boyunca ufuk penceresi içinde kalan iki noktadır. Güneş'in merkezinin bu noktalardan sırasıyla 23 Eylül ve 21 Mart'ta, yine tutulum üzerinde kutuptan en uzak nokta olan *KG*'yi de 22 Aralık'ta ya da yakınlarında geçmesi gerekir. Başta yılın günleri olarak ortaya çıkan gündönümlerine ve ılımlarına, şimdi daha kesin ve astronomik açıdan daha kullanışlı bir tanım verilmiş olmaktadır. Bunlar bir yıldız haritasındaki ya da gökteki noktalardır. Tutulum üzerinde karşılık gelen tarihlerle (ya da Güneş'in merkezi bu noktalardan bir ânda geçtiği için ânlarla) işaretlenmiş bu noktalar, Güneş'in yıllık deviniminin yönünü ve yaklaşık hızını belirler. Bunlar ve benzeri işaretlerle, günlük devinimi yıldız haritasını çevirerek örneklemeyi bilen birisi, gündoğumu, günbatımı saatlerini, konumlarını ve Güneş'in erişeceği en büyük yüksekliği yılın her günü için saptayabilecektir.

Gündönümleri ve ılımlar tutulum üzerinde ölçek olarak işaretlenen yegâne konumlar değildir. Bir yıldız haritasına çizilen tutulum zodyak işaretleri olarak bilinen belirgin bir takımyıldız içinden geçecektir. Uzak eskiçağdan kalan bir geleneğe göre bu işaretler tutulumu eşit uzunluktaki on iki parçaya böler. Güneş'in belli bir "burçta" bulunduğunu söylemek, tutulum üzerindeki konumunu yaklaşık olarak saptamak demektir; bu aynı zamanda mevsimi de saptamaktır. Güneş'in on iki burç arasından geçerek yaptığı yıllık yolculuk mevsimlerin çevrimini belirliyormuş gibi gözükür; bu gözlem, ileride üçüncü bölümde ele alacağımız astroloji biliminin ya da sahte biliminin dayandığı temellerden biridir.

Bilimsel Kozmolojinin Doğuşu - İki Küreli Evren

Son üç kısımda betimlenen gözlemler, eskiçağ astronomlarınca evrenin yapısını çözümlemede kullanılan verilerin önemli bir bölümünü oluşturuyordu. Ancak, bu gözlemler kendi başlarına evrenin yapısına ilişkin hiçbir dolaysız bilgi vermezler. Gökcisimlerinin bileşimi ya da uzaklıkları hakkında hiçbir şey söylemez, Dünya'nın boyutu, konumu ya da biçimi konusunda hiçbir kesin bilgi vermezler. Gözlemleri aktarma yöntemi bunu belirsizleştiriyor olsa da bu gözlemler gökcisimlerinin gerçekten devindiğini bile göstermez. Bir gözlemcinin emin olabileceği şey yalnızca bir gökcismi ile ufuk arasındaki açısal uzaklığın sürekli olarak değiştiğidir. Bu değişimin nedeni gökcisminin devinimi olabileceği gibi rahatlıkla ufkun devinimi de olabilir. Doğrusu günbatımı, gündoğumu ve bir yıldızın günlük devinimi gibi terimler gözlem kayıtlarında yer almazlar. Bu terimler

verilerin belli bir biçimde yorumlanmasına bağlıdır; sözkonusu yorum, gözlemleri değerlendirmekte kullanılan söz dağarcığından kolayca ayrı tutulamayacak kadar doğal olsa bile, gözlemlerin içeriğini kesinlikle aşmaktadır. İki astronom gözlemin sonuçları konusunda tümüyle uyuşabilirken, yıldızların deviniminin gerçekliği gibi sorulara verilecek yanıtlar konusunda hiç anlaşamayabilirler.

Öyleyse, yukarıda incelediğimiz gözlemler ve benzerleri yalnızca astronomların icat ettikleri kuramlarla çözmeyi denedikleri bir bulmacanın ipuçlarıdır. Sözkonusu ipuçları bir anlamda nesneldir, doğa tarafından verilmişlerdir; bu türden gözlemlerin sayısal sonuçları gözlemcinin imgelemine ya da kişiliğine çok az bağlıdır (oysa verilerin nasıl düzenlendiği bunlara bağlı olabilir). Bu gözlemlerden türetilen kuramlar ya da kavramsal taslaklar ise gerçekten de bilimcilerin imgelemine bağlıdır. Bunlar baştan aşağı özneldirler. Bu nedenle önceki kısımlarda tartışığımız gözlemler, evrenin yapısına ilişkin inanışları eski Mısırlılarınki gibi olan insanlar tarafından bir araya getirilebilmiş ve bunlara sistemli bir biçim verilebilmiştir. Bu gözlemler yalnız başlarına *doğrudan* hiçbir kozmolojik sonuca götürmezler; kozmolojilerin kurulmasında ciddiye alınmalarına pek gerek yoktur; nitekim binlerce yıl boyunca da böyle olmuştur. Kozmolojik düşünce için başlıca ipuçlarını ayrıntılı astronomik gözlemlerde arama geleneği, temel özellikleri açısından Batı uygarlığına özgüdür. Bu gelenek eski Yunan uygarlığının bize miras bıraktığı en önemli ve kendine özgü yeniliklerinden biri gibi görünüyor.

Yunan kozmoloji düşüncesinin en eski fragmanlarında yıldız ve gezegen gözlemlerini açıklamaya yönelik

bir ilginin varlığı açıkça görülmektedir. MÖ altıncı yüzyılda Miletoslu Anaksimandros şunları öğretiyordu:

> Yıldızlar ateşle dolu (dönen) tekerlek biçiminde sıkıştırılmış hava parçalarıdır ve belli noktalarındaki küçük yarıklardan alev saçarlar. (...)
>
> Güneş, dünyanın yirmi sekiz katı büyüklüğünde bir çemberdir; kasnağı oyuk ve içi ateşle dolu bir araba tekerleğine benzer, üzerindeki belli bir noktadan, körüğün ağzına benzeyen bir delikten ateşi dışarıya verir, ışıldatır. (...)
>
> Güneş tutulmaları ateşin dışarı çıktığı aralığın kapanmasından olur.
>
> Ay, dünyanın on dokuz kat büyüklüğünde bir çemberdir; Güneş çemberi gibi, kasnağı oyuk ve içi ateşle dolu bir araba tekerleği gibidir ve Güneş'inki gibi, eğik durur; körüğün ağzı gibi bir deliği vardır; tutulmaları tekerleğin dönüşlerine bağlıdır.[1]

Bu görüşler astronomik açıdan Mısırlılarınkinden çok ileridir. Tanrıların yerini dünya üzerindeki tanıdık düzenekler almıştır. Yıldızların boyutu ve konumu tartışılmaktadır. Verilen yanıtlar son derece basit gibi görünse de olgun, iyi düşünülmüş çözümlerin sunulmasından önce, sorunların ortaya konulması gerekiyordu. Alıntılanan fragmanda gökcisimleri dönen tekerleklerin kasnaklarındaki delikler gibi görülerek yıldızların ve Güneş'in günlük çemberleri, başarılı denebilecek bir biçimde incelenmiştir. Tutulmalar ve Güneş'in yıllık yolculuğu (ikincisi Güneş çemberinin eğik duruşuyla açıklanır) için düzenekler daha az başarılıdır; ancak en azından açıklamaya girişilmiştir. Astronomi, kozmolojik düşüncede büyük bir rol oynamaya başlamıştır.

Yunan düşünürlerinin ve astronomlarının tümü Anaksimandros ile aynı görüşte değildir. Kimi çağdaşla-

rı ve ardılları başka kuramlar geliştirmişler, ancak bunu aynı sorunlar için ve aynı teknikleri kullanarak yapmışlardır. Bizim için önemli olan, sorunlar ve tekniklerdir. Çekişen kuramları izlemek pek gerekli değildir; üstelik, tarihsel kayıtlar, en eski Yunanlıların evren görüşlerinin evrimi konusunda tahminden fazlasına izin vermeyecek kadar az olduğu için, bu görüşleri tam olarak ortaya çıkaramayız. Kayıtlar ancak MÖ dördüncü yüzyılda yaklaşık olarak güvenilir bir duruma gelir ve o zamana gelinceye kadar kozmolojinin temelleri üzerinde, uzun bir evrim sürecinin sonucu olarak, büyük ölçüde uzlaşmaya varılmıştır. Dördüncü yüzyıldan sonra çoğu Yunan astronomu ve düşünürü için Dünya, yıldızları taşıyarak dönen çok daha büyük bir kürenin geometrik merkezinde asılı, devinimsiz küçük bir küreydi. Güneş, uçsuz bucaksız uzayda Dünya ile yıldızlar küresi arasında deviniyordu. Dıştaki kürenin ötesinde kesinlikle hiçbir şey – ne uzay ne de madde – yoktu. Bu eskiçağdaki tek evren kuramı olmasa da en çok yandaş bulan kuramdı; eskilerden ortaçağ ve modern dünyaya miras kalan, bu kuramın geliştirilmiş bir uyarlamasıdır.

Bundan böyle "iki küreli evren" olarak adlandıracağım şey, insanlar için bir iç küre, yıldızlar için de bir dış küreden oluşan evrendir. Bu ifade, hiç kuşkusuz anakronizmdir. Bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi, yerküre ve gökküresine inanan filozoflar ve astronomlar, aynı zamanda Güneş'i, Ay'ı ve gezegenleri bu iki küre arasındaki uzayda taşıyacak kimi ek kozmolojik gereçler de varsaydılar. Öylese, iki küreli evren aslında bir kozmoloji değil, yalnızca kozmoloji için yapısal bir çerçevedir. Dahası, bu yapısal çerçevenin içine, dördüncü yüzyıldan Kopernik dönemine kadarki on dokuz yüzyıl

boyunca birbirinden farklı ve tartışmalı pek çok astronomik ve kozmolojik taslak girmiştir. Pek çok iki küreli evren vardı. Ancak, iki küreli çerçeve başlangıcından beri neredeyse hiç sorgulanmamıştır. Yaklaşık iki bin yıl boyunca astronomların ve filozofların imgelemini yönlendirmiştir. Bu bir çerçeve de olsa, Batı'nın temel astronomi geleneğini tartışmaya iki küreli evreni, şu veya bu astronomun onu tamamlamak için öne sürdüğü gezegen astronomisi gereçlerinden soyutlayarak ele almakla başlamamızın nedeni de budur.

İki küreli taslağın kökeni belirsiz olsa da etkileme gücünün nereden geldiği bellidir. Gökküresi, Mısırlıların ve Babillilerin kubbe biçimindeki göğünden sadece bir adım ileridedir ve gök gerçekten de kubbe gibi görünür. Mısırlıların göklere atfettiği uzanım, Nil gibi bir ırmağa dayanmayan bir toplumda kaybolur ve geriye yarımküre biçiminde bir kabuk kalır. Dünya'nın üstündeki kubbe, aşağıdaki simetrik bir kubbeyle birleştirildiğinde, evren uygun ve doyurucu bir biçimde kapatılmış olur. Bu yolla ortaya çıkan kürenin döndüğünü yıldızlar göstermektedir; birazdan göreceğimiz gibi, dış küre her 23 saat 56 dakikada bir sürekli olarak döndüğünde tam da daha önce betimlediğimiz günlük çemberleri meydana getirecektir.

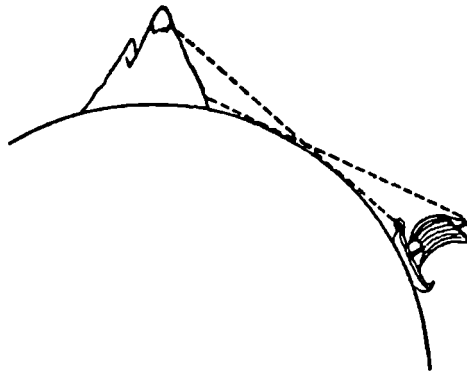
Buna ek olarak, küresel evrenden yana, estetik özellikte olan bir kanıt daha vardır. Yıldızlar görebildiğimiz en uzak nesneler gibi algılandıkları ve hep birlikte hareket ettikleri için, evrenin dış yüzeyi üzerindeki işaretler olduklarını ve onunla birlikte yol aldıklarını düşünmek doğaldır. Dahası, yıldızlar sonsuza dek kusursuz bir düzenlilikte yol aldıkları için, üzerinde devindikleri yüzeyin kendisi de kusursuzca düzenli olmalı ve sonsu-

za dek aynı biçimde yol almalıdır. Bu koşulları daha iyi karşılayacak şekil hangisi, tek mükemmel simetrik yüzey ve deviniminin her ânında tam olarak aynı alanı kaplayarak sonsuza dek bulunduğu yerde dönebilen birkaç şekilden biri olan küreden başka hangisi olabilir? Bu, aslında Yunan düşünür Platon'un (MÖ dördüncü yüzyıl) yaratılışın alegorik bir öyküsü olan ve evrenin bir canlı varlık, bir hayvan olarak karşımıza çıktığı *Timaeus*'unda kullandığı uslamlamadır.

> (Yaratıcı'nın) amacı, en başta hayvanın olabildiğince kusursuz bir bütün ve kusursuz parçalardan oluşmuş olmasıydı: ikincisi, bir olmalı, kendi dışında bu tür başka dünyaların yaratılabileceği hiçbir artık parça bırakmamalıydı: ve yaşlanmaz (ebedi) ve hastalıktan etkilenmez (bozulmaz) olmalıydı (...) Bu nedenlerle, dünyayı bir torna tezgâhından çıkmış gibi yuvarlak, her yöndeki sınırları merkezden aynı uzaklıkta olan, tüm biçimlerin en kusursuzu, en kendine benzeyeni olan küre olarak yarattı; çünkü benzerin farklıya göre sonsuzca daha iyi ve güzel olduğunu düşünmüştü. Yüzeyin her yerini pürüzsüz ve yuvarlak bir duruma getirerek cilaladı; bunun pek çok nedeni vardı; ilkin bu canlı varlığın kendisi dışında göreceği hiçbir şey kalmadığından gözlere hiç gereksinimi yoktu; tıpkı duyacağı hiçbir şey olmadığından kulaklara gereksinimi olmadığı gibi; çevreleyen bir atmosfer, solunacak hava da yoktu; içine giren ya da dışına giden hiçbir şey olmadığı için, besinini almasına ya da sindirdiğini dışarı atmasına yardımcı olacak organlar hiçbir işe yaramazdı: kendisinden başka hiçbir şey yoktu çünkü. Bir amaca göre böyle, artığı besini olacak, yaptığı ya da maruz kaldığı her şey kendinde ve kendinden olacak bir biçimde yaratılmıştı. Çünkü Yaratıcı kendi kendine yeten bir varlığın herhangi bir şeyin yoksunluğunu duyan bir varlıktan çok daha kusursuz olacağını, herhangi birinden bir şey almaya ya da herhangi birine karşı kendini savunmaya gerek

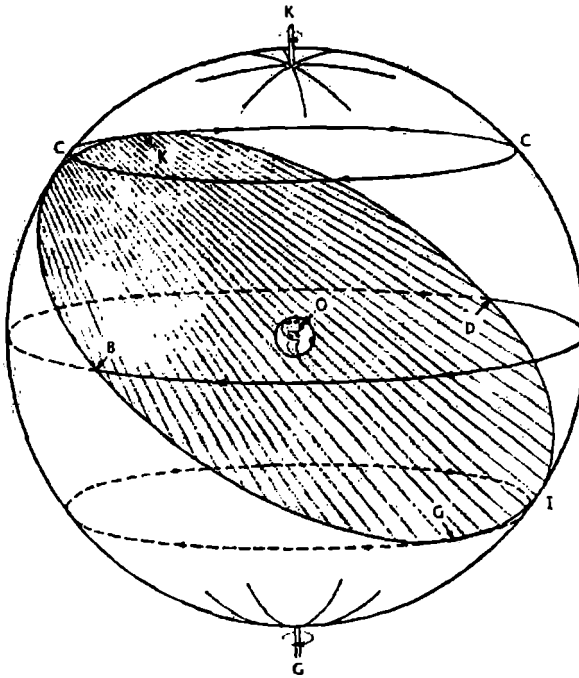
> duymayacağını tasarladığı için ona el bağışlamayı düşünmedi: ne ayaklara, ne de diğer yürüme araçlarına gereksinimi vardı; ona küresel biçimine uygun olan devinim bahşedildi; (...) kendi sınırları içinde aynı biçimde ve aynı noktada, bir çember boyunca dönecek biçimde yapıldı.[2]

Dünya'nın küreselliği üzerine eskiçağ uslamlamalarının kimileri aynı türdendir: insanın evi olan Dünya'ya, evrenin yaratıldığı kusursuz biçimden daha uygun biçim hangisi olabilir? Ancak, açıklamaların çoğu daha somut ve bildiktir. Kıyıdan yelken açan bir geminin gövdesi, direk ucundan daha önce görünmez olur. Yüksekteki bir gözlem noktasından, geminin ve denizin alçak bir noktadan görülen kısmından daha büyük bir kısmı görülür (Şekil 10). Bir ay tutulmasında Dünya'nın Ay üzerindeki gölgesinin her zaman çember biçimli bir sınırı vardır. (Tutulmalara getirilen bu açıklama MÖ dördüncü yüzyılın öncesinde bile geçerli sayılıyordu; konu Teknik Ek'in üçüncü kısmında tartışılmaktadır). Bu uslamlamaları göz ardı etmek ya da çürütmek hâlâ güçtür; eskiçağdaysa bunların etkisi, benzeştirme yoluyla Dünya'dan göklere uzanmıştı: Dünya'nın biçimini yansıtan bir gök bölgesi özellikle uygun görünüyordu. İki kürenin benzerliği ve simetrik düzenlemesinden başka uslamlamalar da türetildi. Örneğin, Dünya'nın merkezde olması onu küresel evrende devinimsiz yapıyordu. Bir cisim, kürenin merkezinden hangi yöne düşebilirdi? Merkezde hiç "aşağı" yoktu ve her yön eşit ölçüde "yukarı"ydı. Bu nedenle Dünya, evren onun çevresinde dönerken merkezde asılı, sonsuza dek sabit duruyor olmalıydı.



Şekil 10. Dünya'nın küreselliği için eski (ve modern) bir kanıt. Dağın eteğindeki bir gözlemci dünyanın çıkıntısı üzerinde yalnızca gemi direğinin ucunu görebilir. Dağın tepesinden ise direğin tümü ve teknenin bir bölümü görülür.

Simetriye dayanan bu uslamlamalar bugün için yadırgatıcı olabilirler (gözden düşen bir yargı lehindeki uslamlamalar genellikle yadırgatıcı görünürler), ancak eskiçağ, ortaçağ ve erken modern düşüncede çok önemliydiler. Platon'unki gibi bir simetri tartışması, iki küreli kozmolojinin ne kadar uygun olduğunu ortaya koyar; evrenin niçin küresel biçimde yaratıldığını açıklar. Daha da önemlisi, üçüncü ve dördüncü bölümlerde göstereceğimiz gibi, iki kürenin simetrisi, astronomik, fiziksel ve teolojik düşünce arasında önemli bağlantılar kurulmasını sağladı; çünkü bu tümü için gerekliydi. Beşinci bölümde Kopernik'in, devinimli gezegen Dünya'yı içine alacak biçimde kurulan bir evrende eski kozmolojinin zorunlu saydığı simetriyi korumak için nasıl boşuna çabaladığını göreceğiz. Şimdi daha çok iki küreli evrenin astronomik işlevleriyle ilgileniyoruz ve burada durum tümüyle açıktır. Astronomide iki küreli kozmoloji iş görür; üstelik çok



Şekil 11. İki küreli evrenin astronomik işlevleri. En dış çember, KG ekseni çevresinde düzenli olarak doğuya doğru dönen yıldızlar küresinin bir enine kesitidir. *O*'daki gözlemci, bu kürenin taralı ufuk düzlemi GBKD'nin üzerinde bulunan tüm bölümlerini görebilir. Çizim ölçeğe uygun çizilseydi, Dünya çok küçülecek ve ufuk düzlemi gözlem noktasında Dünya'ya teğet olacaktı. Ancak ölçeğe uygun bir çizim Dünya'yı çok küçük boyutlara indirgeyeceği için, düzlem burada yıldızlar küresinin merkezinden geçecek biçimde çizilmiş ve gözlemciye göre konumu, gözlemciden Dünya'nın merkezine çizilen doğruya dik tutulmasıyla korunmuştur.

Çizimdeki yatay çemberler, küre kendi günlük dönüşünü sürdürdüğünde küre üstünde seçilmiş noktaların izlediği yollardır. O halde, bu çemberler seçilmiş yıldızların günlük çemberleridir; bunlar gözlemciye göründükleri yerlerde koyu, ufuk altında kaldıklarında kesikli çizgilerle belirtilmiştir. Orta çember, gök ekvatoru üzerindeki bir yıldızın izlediği çemberdir. Bu yıldız gözlemcinin tam doğusundaki *D*'de doğar ve güneye eğik bir çizgi boyunca yukarı doğru yol alır, vb. En üstteki ve en alttaki çemberler, ufukla yalnızca bir noktada bitişen yıldızların izlediği çemberlerdir. Üst çember, *CC*, en güneydeki dolaykutupsal yıldızın günlük çemberidir; alt çember, *II*, *O*'daki gözlemcinin göremeyeceği yıldızların en kuzeyde olanının izlediği çemberdir.

da iyi iş görür. Yani iki küreli model tam olarak bu bölümün ilk kısmında betimlediğimiz gök gözlemlerine açıklama getirmektedir.

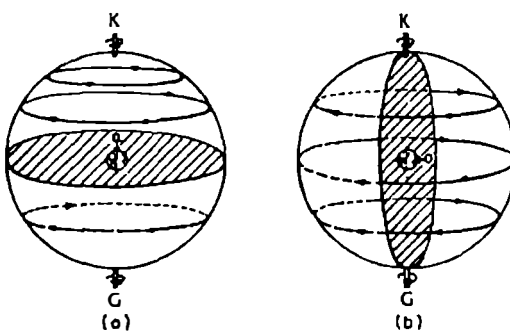
Şekil 11'de, daha büyük bir yıldızlar küresinin merkezinde bulunan, boyutu çok abartılmış küresel bir Dünya görülüyor. Dünya üzerinde okla gösterilen konumdaki bir gözlemci, *O*, kürenin yalnızca yarısını görebilir. Ufku, bulunduğu noktada Dünya'ya teğet olan bir düzlemle (çizimde taralı bölge) sınırlıdır. Eğer Dünya yıldızlar küresiyle karşılaştırıldığında çok küçükse, bu teğet düzlem, dış küreyi biri gözlemcinin görebildiği, diğeriyse dünya yüzeyinin engellemesi nedeniyle ondan gizli kalan neredeyse eşit iki parçaya bölecektir. Yıldızlar gibi dış küre üzerine sabit olarak yerleştirilen bütün nesneler, çok küçük olan merkezdeki Dünya'dan bakıldığında göreli konumlarını olduğu gibi korurlar. Küre, çapın karşıt noktaları *K* ve *G*'den geçen bir eksen çevresinde düzenli bir biçimde dönerse, tüm yıldızlar, gerçekten *K*'de ya da *G*'de konumlanmamışlarsa, küreyle birlikte devineceklerdir. Şekilde gözlemci *G*'yi görmediği için, *K* göğündeki tek durağan nokta gözlemcinin gökkutbudur ve *O*'da, orta kuzey enlemlerdeki bir noktadaki bir gözlemci için olması gerektiği gibi, gerçekten de ufkundaki tam kuzey noktasının yaklaşık 45° üzerinde yer alır.

Dış küre üzerindeki *K* noktasına yakın nesneler *O*'daki gözlemciye, kutup çevresindeki çemberlerde yavaşça döner görünürler; küre her 23 saat 56 dakikada bir kez dönerse, bu nesneler kendi çemberlerini yıldızlar gibi aynı zaman aralığında tamamlarlar; bunlar modelde yıldızları temsil ederler. Şekilde *CC* çemberinin içinde kalacak kadar kutba yakın olan tüm yıldızlar,

kürenin dönüşüyle ufkun altına hiçbir zaman taşınmadıkları için, dolaykutupsal yıldızlardır. *K*'den daha uzakta, *CC* ve *II* çemberleri arasında kalan yıldızlar, kürenin her dönüşünde ufukla bir açı yaparak doğar ve batarlar; *II* çemberine en yakın yıldızlarsa güney ufkunun üzerinde çok az yükselir ve yalnızca kısa bir süre görünürler. Son olarak, *O*'daki gözlemci, *II* çemberi içinde, *G* yakınında bulunan yıldızları asla göremez; bu yıldızlar hep gözlemcinin ufku tarafından örtülür. Halbuki, iç kürede diğer noktalardaki bir gözlemci bunları görebilirdi; *G*, göklerde izlenmesi en azından olanaklı olan sabit bir nokta, ikinci bir kutuptur. Buna güney gökkutbu ve *K*'de görünen noktaya da kuzey gökkutbu diyelim.

Şekildeki gözlemci *O*'dan kuzeye doğru (yani, iç kürede kuzey gökkutbunun tam altındaki bir noktaya doğru) gidecek olursa ufuk düzlemi de kendisiyle taşınacak ve gözlemci yeryüzü kutbuna yaklaştıkça ufuk düzlemiyle yıldızlar küresinin ekseni arasındaki açı da dikaçıya yaklaşacaktır. O halde, gözlemci kuzeye doğru gittikçe gökkutbu ufuktaki kuzey noktasından gitgide uzaklaşacak ve en sonunda gözlemcinin başının üstünde görünecektir. Aynı zamanda, ufuk üzerinde en kuzey noktaya her zaman teğet çizilen *CC* çemberi, gitgide daha çok yıldız dolaykutupsal olacak biçimde genişleyecektir. Gözlemci kuzeye doğru gittiğinde *II* çemberi genişleyeceğinden, görünmeyen yıldızların sayısı da artacaktır. Gözlemci güneye doğru gidecek olursa, bu etkilerin tam tersi görülür; kuzey kutbu ufuk üzerindeki kuzey noktasına giderek yaklaşır; *CC* ile *II* çemberleriyse gözlemci ekvatora vardığında yalnızca kuzey ve güney gökkutuplarını kapsayacak duruma gelene kadar

büzülerek küçülürler. Bu iki sınır durum, yani dünyanın kuzey kutbundaki bir gözlemciyle dünya ekvatorundaki bir gözlemcinin durumları Şekil 12'de gösteriliyor. Birinci durumda ufuk yatay gösteriliyor; kuzey gökkutbu gözlemcinin başının tam üzerindedir; kürenin üst yarısındaki yıldızlar sürekli olarak ufka paralel çemberlerde salınırlar; alt yarımküredeki yıldızlarsa hiç görülmezler. İkinci çizim ufuk düşeydir; kuzey ve güney gökkutupları ufuk üzerindeki kuzey ve güney noktalarında sabittirler; bütün yıldızlar şu ya da bu zaman görülebilecek; ancak hiçbiri yarın çemberden daha uzun bir çizgi boyunca izlenemeyecektir.



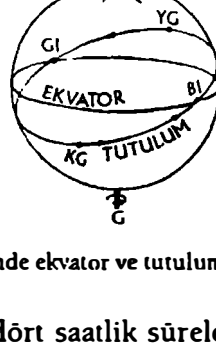
Şekil 12. İki küreli evrende (a) kuzey gezegen kutbundaki ve (b) ekvatordaki bir gözlemcinin gördüğü yıldız devinimleri.

Eskiçağda bu son üç örneklere ilişkin gözlemler yapılmamıştı; ancak iki küreli evren modeli daha önce incelediğimiz ve gerçekten yapılmış yıldız gözlemleriyle eksiksiz bir uyum içindedir. İki küreli kozmoloji adına daha ikna edici bir uslamlama da yoktur.

İki küreli evrende Güneş'in deviniminin tam olarak değerlendirilebilmesi, Güneş'in merkezdeki Dünya ile çevresinde dönen yıldızlar küresi arasındaki konumunun açıklanabilmesi için kozmolojinin daha ayrıntılı bir duruma getirilerek geliştirilmesi gerekir. Bu geliştirme bir sonraki bölümde inceleyeceğimiz daha önemli bir soruna, gezegenler sorununa da bağlıdır. Ancak, yukarıda tanımlanan ve yalmzca iskeleti olan kozmoloji bile Güneş'in görünen deviniminin betimlemesinde çok büyük bir sadeleştirmeye olanak vermektedir. Güneş'in devinimi, merkezdeki Dünya'dan yıldızlar küresinin oluşturduğu arka plana karşı izlendiğinde, yıldızlar merkezinde Dünya bulunan ve dönen bir küreye yerleştirilmeden izlendiğinde fark edilemeyecek bir düzenlilik kazanır.

Güneş'in görünen deviniminin bu yeni yalın durumu Şekil 13'te gösteriliyor; bu indirgenmiş taslakta yıldızlar küresinin kuzey kutbunun çevresinde batı yönündeki günlük dönüş yönü okla belirtilmiştir. Kuzey ve güney gökkutuplarının tam arasına büyük bir çember, gök ekvatoru çizilir; bunun üzerinde tam doğudan doğup tam batıdan batan bütün yıldızlar (ve küre üzerindeki bütün noktalar) bulunmaktadır. Büyük bir çember, bir kürenin yüzeyi üzerinde çizilebilen tüm eğrilerin en basit olanıdır; bu çember, kürenin yüzeyi ile küre merkezinden geçen bir düzlemin yüzeyinin kesişimidir. Güneşin deviniminin yalınlaşması, tutulumun da gökküreyi iki eşit parçaya bölen böyle büyük bir çember olmasından kaynaklanır. Şekil 13'te tutulum, gök ekvatorunu çapın iki karşıt uç noktasında 23½°'lik açıyla ke-

sen eğimli çemberdir; bu çemberin üzerinde, Dünya'daki bir gözlemcinin Güneş'in merkezini yıldızlar küresine karşı gördüğü tüm noktalar bulunmaktadır. Güneş'in merkezi her zaman bu büyük çember üzerindeki bir noktada görünür ve tüm kürenin batı yönündeki günlük devinimine katılır; ancak, Güneş aynı zamanda yavaşça doğuya doğru kayarak (şekildeki oklar) tutulum çevresinde bir yılda tamamladığı bir yolculuk yapmaktadır.



Şekil 13. Gökküre üzerinde ekvator ve tutulum.

Güneş, yirmi dört saatlik süreler boyunca tutulum üzerinde belli bir noktanın çok yakınlarında durur gibi göründüğünden, her gün bir yıldızınkine çok benzeyen günlük bir çember üzerinde devinecektir. Ancak Güneş, küre batıya doğru hızla dönerken, küreye göre doğuya doğru yavaşça yol alır. O halde Güneş, kendi günlük çemberini yıldızların kendi çemberlerini kat ettiğinden biraz daha yavaş kat edecek, yıldızlarla yaptığı yarışta her gün biraz daha geride kalacak, yıldızlar da ona her yıl bir kez "tur bindirecek"lerdir. Daha açık söylersek, Güneş tutulumu baştan başa geçmek için 360° boyunca yol alacağı ve bu yolculuğunu üç yüz altmış beş günden biraz uzun bir sürede tamamlayacağı için, tutulum bo-

yunca doğuya doğru devinimi her gün için 1°'den biraz az olacaktır ve bu değer daha önce gözlemle saptanmıştır (s. 23). Bu, Güneş'in yıldızlara göre geri kaldığı uzaklıktır. Ayrıca, günün uzunluğu Güneş'in günlük devinimiyle tanımlandığı ve (her saat 15° ya da her 4 dakika 1° yol alan) yıldızlar her gün Güneş'in 1° önüne geçtiği için, örneğin bu gece, tam geceyarısında başımızın üstünde olan bir yıldız, yarın gece günlük devinimini tamamlayıp aynı konuma geceyarısından tam olarak 4 dakika önce gelecektir. İşte göğün davranışının bir ayrıntısı daha, başlangıçta çeşitli gözlemlerden (s. 16) biri olarak sunulan bir ayrıntı daha iki küreli evrendeki tutarlı bir resmin bir parçası olmuştur.

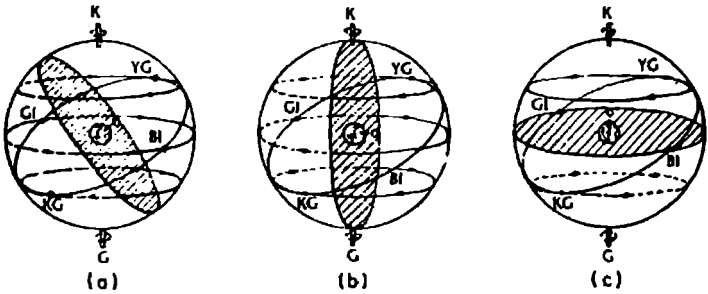
Ilımların ve gündönümlerinin yıldızlar küresi üzerinde aldıkları konumlarda da benzer bir düzenlilik göze çarpar. İki ılımın yıldızlar küresi üzerinde, tutulumun gök ekvatorunu kestiği yerde taban tabana karşıt iki konum olması gerekir. Bunlar tutulum üzerinde tam doğudan doğan ve tam batıdan batan biricik noktalardır. Benzer biçimde, iki gündönümü de tutulum üzerinde gök ekvatorundan kuzeye ve güneye doğru en uzakta bulunan noktalar oldukları için, iki ılım arasındaki yolun ortasında olmaları gerekir. Güneş, bu noktalardan birine geldiğinde, başka zamana göre tam doğu noktasının daha kuzeyinde (ya da daha güneyinde) doğacaktır. Güneş yaz gündönümünden güz ılımına doğru düzenli olarak doğuya doğru yol aldığı için, bütün ılımlar ve gündönümleri küre üzerinde hemen saptanabilir. Bunlar Şekil 13'te tutulum üzerinde işaretlenmiştir; tutulum bir kez bu biçimde çizilip işaretlenirse, Güneş'in davranışının Dünya yüzeyi üzerindeki herhangi bir noktadan gözlendiğinde yıl boyunca nasıl değişiklik göste-

receği, yıldızlar küresi içine uygun bir ufuk düzlemi yerleştirilerek bulunabilecektir. Yılın değişik mevsimlerinde Güneş'in deviniminin üç önemli örneği, Şekil 14'teki çizimlerinde iki küreli kavramsal taslaktan türemiştir. Kavramsal taslağın tüm gücü bu çizimlerde ortaya çıkmaktadır.

Bir Kavramsal Taslağın İşlevleri

Bu bölümün ilk kısımlarında betimlenen gözlemlerden farklı olarak, iki küreli evren insan imgeleminin bir ürünüdür. Bu, gözlemlerden türeyen, ancak aynı zamanda onları aşan bir kavramsal taslak, bir kuramdır. İki kürcli kozmoloji henüz bütün gökcisimlerinin devinimlerinin nedenini açıklayamadığı için (özellikle gezegenler buraya kadar göz ardı edilmiştir) tamamlanmış değildir. Fakat, bu taslak, bilimsel kuramların, onları geliştiren ya da kullanan insanlar için görebileceği kimi mantıksal ve psikolojik işlevleri ikna edici bir biçimde örneklemektedir. Astronomik ya da başka türden herhangi bir bilimsel kavramsal taslağın evrimi, bu işlevleri nasıl gördüğüne bağlıdır. İki küreli evreni bundan sonraki iki bölümde ayrıntılı bir biçimde ele almadan önce, bu noktalardan bazılarını, açıklığa kavuşturursak, Kopernik Devrimine ilişkin bu çalışmada öne çıkacak en temel sorunlardan birkaçını önceden aydınlatmış oluruz.

İki küreli evrenin belki de en çarpıcı özelliği, astronomun belleğine yardımcı olmasıdır. Bir kavramsal taslağın bu özelliğine genellikle kavramsal ekonomi denir. Önceki kısımlarda incelediğimiz Güneş ve yıldız gözlemleri dikkatle seçilmiş ve sistemli bir biçimde sunul-



Şekil 14. Güneş'in, Dünya üzerinde değişik yerlerden gözlenen devinimi.

(a) Orta kuzey enlemlerdeki bir gözlemci: Yaz gündönümünde Güneş tam doğu noktasından kuzey yönünde, uzaktaki bir noktadan eğik bir çizgi boyunca yükselir; günlük çemberinin yarısından daha fazlası ufuk üzerinde kalır; böylece de gündüzler gecelerden daha uzundur. Ilımlarda, Güneş tam doğudan doğar ve günlük çemberinin sadece yarısı görülebilir. Kış gündönümünde Güneş güney yönünde uzaktaki bir noktadan yükselir ve gündüzler gecelerden daha kısadır. Güneş'in ufuk üzerindeki azami günlük yüksekliği yazın en büyük değere ulaşır, ancak bütün mevsimlerde Güneş'in öğle gölgesinin tam kuzeyi göstermesi gerekir.

(b) Ekvatordaki bir gözlemci: Güneş'in tutulum üzerindeki yeri ne olursa olsun, ufuk düzlemi Güneş'in günlük çemberini iki eşit parçaya böler. Gündüzler ve geceler her zaman eşit uzunluktadır ve mevsimlik iklim değişimi çok azdır. Yılın yarısında (bahar ılımından güz ılımına) Güneş tam doğu noktasının kuzeyinde doğar ve öğle gölgesi tam güneyi gösterir. Yılın diğer yarısında Güneş doğu noktasının güneyinde doğar ve öğle gölgesi kuzeyi işaret eder.

(c) Kuzey gezegen kutbundaki bir gözlemci: Tutulumun yarısı her zaman ufkun altındadır; öyle ki yılın yarısı boyunca (güz ılımından bahar ılımına) Güneş hiç görünmez. Bahar ılımında Güneş ufuk üzerinde gözükmeye başlar ve yaz gündönümüne kadar günlük olarak ufuk çevresinde yavaşça yükselen bir spiral üzerinde salınır. Ardından geriye, ufka doğru, yavaşça alçalan bir spiral çizer ve güz ılımında ufuk altında ağır ağır gözden yitir. Bahar ve güz ılımları arasında Güneş batmaz.

muş olsalar bile, bunlar toplu halde son derece karmaşıktırlar. Gökleri iyi tanımayan birisi için, Güneş'in üzerinde yükseldiği eğimli çizginin yönüne ya da bunun karşılığı olan *gnomon*un gölgesinin yönüne ilişkin bir gözlem, gökkutbunun konumu ya da yıldızların güney göğünde çok kısa süre görünmelerine ilişkin bir başka gözlemle ilintisiz gibidir. Her gözlem, gökteki çıplak olgulardan oluşan uzun bir listede apayrı bir başlıktır ve bütün listeyi bir arada bellekte tutmak güçtür.

İki küreli evrende böyle bir sorun yoktur: Yıldızları içeren devasa bir küre sabit bir eksen üzerinde düzenli olarak her 23 saat 56 dakikada bir batı yönünde; Güneş de bu küre üzerinde gök ekvatoruna 23½° eğik büyük bir çember olan tutulum çevresinde düzenli olarak her 365¼ günde bir doğuya doğru dönmektedir; Güneş ve yıldızlar dev yıldızlar küresinin merkezinde yer alan çok küçük sabit bir küreden gözlenirler. Bu kadarı bellekte tutulabilir; bunlar anımsandıklarında da gözlem listesi artık unutulabilecektir. Model, listenin yerini almıştır; çünkü az önce gördüğümüz gibi gözlemler modelden türetilebilmektedir. Genellikle bunları türetmeye bile gerek kalmaz. Gökleri zihnine iki küreli evreni iyice yerleştirmiş olarak gözleyen bir insan, kavramsal taslağın başka türlü ilintisiz olacak gözlemler arasındaki bir dokuyu açığa çıkardığını, gözlemler listesinin ilk kez tutarlı bir bütün oluşturduğunu ve bu listedeki parçaların her birinin bu nedenle daha kolay anımsandığını görecektir. Kuramların sağladığı bu düzenli özetler olmasaydı, bilim doğa hakkında böylesine uçsuz bucaksız ayrıntılı bilgi yığınlarını bir araya getiremezdi.

Çok büyük sayıdaki önemli gözlem malzemesinin derli toplu bir özetini sağladığı için iki küreli evren bu-

gün pek çok kişi tarafından etkin olarak kullanılmaktadır. Hem denizcilikte hem de haritacılıkta kuram ve uygulama, Şekil 11'de belirtilen özelliklere göre kurulmuş modeller tarafından büyük bir sadelik ve kesinlikle geliştirilebilir. Modern astronominin gerektirdiği model çok daha karmaşık olduğu için bu konuları öğretirken iki küreli evren doğal olarak Kopernikçiliğe tercih edilmektedir. Çoğu denizcilik ya da haritacılık elkitabı şunun gibi bir tümceyle başlar: "Şimdiki amaçlarımız açısından Dünya'nın, merkezi kendisinden çok daha büyük olan ve dönen bir yıldızlar küresinin merkeziyle çakışan küçük bir durağan küre olduğunu varsayacağız." O halde, ekonomi açısından değerlendirildiğinde iki küreli evren eskiden neyse hâlâ öyledir: Son derece başarılı bir kuramdır.

Ancak diğer açılardan, iki küreli evren artık hiç de başarılı değildir ve durum Kopernik Devriminden bu yana böyledir. Hâlâ ekonomik olmayı sürdürmesinin tek nedeni ekonominin salı mantıksal bir işlev olmasıdır. Modelin gerçekliği temsil ettiği düşünülsün ya da düşünülmesin, eskiçağ astronomlarının bildiği, modern denizcilerin yararlandığı gök gözlemleri iki küreli evren modelinin mantıksal sonuçlarıdır. Bilimcinin duruşunun, kavramsal taslağın "doğruluğuna" inancının, taslağın ekonomik bir özet sağlamak için mantıksal gücü üzerinde etkisi yoktur. Ancak, kavramsal taslakların mantıksal işlevleri kadar psikolojik işlevleri de vardır ve bunlar bilimcinin inanışına ya da kuşku duyuşuna gerçekten bağlıdırlar. Örneğin, ikinci kısımda tartıştığımız psikolojik açıdan kendini evinde hissetme arzusunun doyurulması için, ancak halihazırda bilineni özetlemek için uygun bir araçtan daha fazla bir şey olduğu

düşünülen bir kavramsal taslak gerekir. Eskiçağda ve ortaçağ sonlarında Avrupa dünyası iki küreli evren görüşüne fazladan bu sorumluluğu da yüklemişti. Bilimciler de bilimdışı kimseler de yıldızların gerçekten insanın yeryüzü evini simetrik bir biçimde kuşatan devasa bir küre üzerindeki parlak noktalar olduğuna inanıyorlardı. Sonuç olarak, iki küreli kozmoloji yüzyıllar boyunca pek çok insana bir dünya görüşü sunmuş ve bunu insanların yaratılan dünyadaki yerlerini tanımlayarak ve tanrılarla ilişkilerine fiziksel bir anlam katarak yapmıştır. Üçüncü ve dördüncü bölümlerde göreceğimiz gibi, inanılan ve bu nedenle bir kozmolojinin parçası olarak işlev gören bir kavramsal taslağın bilimsel anlamından daha fazla bir anlamı vardır.

İnanış aynı zamanda kavramsal taslakların bilimlerde nasıl işlev göreceğini de etkilemektedir. Tümüyle mantıksal bir işlev olarak ekonomi ile tümüyle psikolojik bir işlev olarak kozmolojik doyum bir tayfın karşıt uçlarında yer alırlar. Bu tayfın iki ucu arasında, hem kuramın mantıksal yapısına hem de psikolojik çekiciliğine ve inancı canlandırma yetisine bağlı olan başka birçok önemli işlev vardır. Örneğin, iki küreli evrenin geçerliliğine inanan bir astronom, bu kuramın, görünüşlerin sadece elverişli bir özetini sunmadığını, niçin öyle olduklarını *açıklayıp* bu görünüşleri *anlamasına* olanak tanıdığını da fark edecektir. Öyle görünüyor ki, "açıklama" ve "anlama" gibi sözcükler kavramsal taslakların mantıksal ve aynı zamanda psikolojik yönlerine gönderme yapmaktadırlar. Mantıksal açıdan bakılırsa, iki küreli evren yıldızların deviniminlerini açıklamaktadır; çünkü bu devinimler çok daha basit olan modelden çıkarsanabilmektedir. Karmaşıklık indirgenmektedir ve

bu türden mantıksal indirgeme, açıklamanın özündeki bir bileşendir. Ancak sözkonusu olan yalnızca bu da değildir. Psikolojik açıdan, gerçek olduğuna inanılmadığı sürece iki küreli evren hiçbir açıklama sunmaz. Günümüzün denizcisi kendi işinde iki küreli evreni kullanır; ancak yıldızların devinimini dış kürenin dönüşüyle açıklamaz. Denizci yıldızların günlük deviniminin yalnızca görünen bir devinim olduğuna inanmaktadır ve bu nedenle onu, Dünya'nın gerçekten dönüyor olmasının sonucu olarak açıklamak zorundadır.

Bir bilimcinin açıklamalarda bir kavramsal taslağı kullanmaya istekli olması onun bu taslağa bağlı olduğunu, kendi modelinin geçerli tek model olduğuna inandığını gösterir. Böyle bir bağlılık ya da inanış her zaman bir acelecilik, bir ihtiyatsızlık içermektedir; çünkü "doğruluk" ne anlama gelirse gelsin, ekonomi ve kozmolojik doyum doğruluğu güvence altına alamayacaktır. Bilim tarihi bir zamanlar ateşli bir biçimde inanılan kavramsal taslakların kalıntılarıyla doludur; o dönemlerden beri bu kuramların yerlerine onlarla çelişen kuramlar geçmiştir. Bir kavramsal taslağın sonuncu taslak olduğunu kanıtlayacak hiçbir yöntem yoktur. Ancak, ister acelecilik olsun, ister olmasın, bir kavramsal taslağa bağlılık bilimlerde sıklıkla karşılaşılan ve vazgeçilmez gibi görünen bir durumdur; vazgeçilmez gibi görünür, çünkü kavramsal taslaklara çok önemli bir işlev daha vermektedir. Kavramsal taslaklar kapsamlıdırlar; sonuçları zaten bilinmekte olanla sınırlı değildir. Buna göre, örneğin iki küreli evrene bağlanan bir astronom, doğanın bu kavramsal taslağın öngördüğü ancak henüz gözlenmemiş olan kimi başka özellikleri göstereceği beklentisi içinde olacaktır. Astronoma göre bu kuram bilinenin

ötesine geçecek ve onun gözünde her şeyden önce bilinmeyeni önceden kestirmek ve keşfetmek için güçlü bir araç olacaktır. Bu kuram, bilimin geçmişini olduğu kadar, geleceğini de etkileyecektir.

İki küreli evren, bilimciye, Güneş'in ve yıldızların, Dünya'nın hiç gidip görmediği bölgelerindeki (güney yarımküre ve kutuplar gibi) davranışlarını açıklar. Bunun yanında, hiçbir zaman sistemli olarak gözlemediği yıldızların devinimi konusunda da bilgi verir. Yıldızlar yıldız küresine iliştirildikleri için, bu yıldızların da diğer yıldızlar gibi günlük çemberlerde dönmeleri gerekir. Bu, başta gözlemden değil de doğrudan kavramsal taslaktan türetilen yeni bilgidir ve bu tür bir yeni bilgi son derece önemli olabilir. Örneğin, iki küre kozmolojisi Dünya'nın çevresinin bir uzunluğu olduğunu ortaya koyar ve astronomun bu çemberin hangi büyüklükte olduğunu bulabileceği bir dizi gözlem için fikir verir (bu konu Teknik Ek'in dördüncü kısmında tartışılmaktadır). Bu türden bir dizi gözlem (kötü oldukları fazlasıyla küçük bir çember değeri vermelerinden anlaşılan bir dizi gözlem) Kolomb'u kürenin çevresini denizlerden dolaşmanın kolay bir iş olduğuna inandırmıştı; yolculuklarının sonuçları bilinmektedir. Bu yolculuklar ve sonraları Macellan'ın (Magalhães) ve diğerlerininkiler, daha önceleri yalnızca kuramdan türetilmiş olan inanışlar için gözlemsel kanıtlar sağlamış ve bilime pek çok beklenmedik gözlemler sunmuştur. Bir kavramsal taslak yol göstermemiş olsaydı bu yolculuklara çıkılmayacak, bilimlere yeni gözlemler de katılmayacaktı.

Kolomb'un yolculukları bir kavramsal taslağın verimliliğine yalnızca bir örnek oluşturur. Bu örnekler, kuramların bilimciye nereye bakması gerektiğini ve neyi

bulmayı umabileceğini söyleyerek bilinmeyene yolculuğunda nasıl kılavuzluk edebildiğini gösterir; işte bu, belki de, kavramsal taslakların bilimdeki en önemli biricik işlevidir. Ancak, kavramsal taslakların yönlendirmesi ender olarak yukarıda örneklendiği kadar doğrudan ve açıktır. Bir kavramsal taslak genellikle açık yönergeler yerine araştırmanın örgütlenmesi için fikirler verir ve çoğu kez bu fikirlerin peşinden gidilmesi, bu fikirleri veren kavramsal taslağın genişlemesini ya da değiştirilmesini gerektirir. Örneğin, başlangıçta iki küreli evren her şeyden önce yıldızların günlük devinimlerini ve gözlemcinin Dünya üzerindeki yerine bağlı olarak bu devinimlerin nasıl değiştiğini açıklamak için geliştirilmişti. Ancak bu yeni kuram, geliştirilir geliştirilmez Güneş'in deviniminin gözlemlerine de bir düzen vermek ve onları sadeleştirmek için kolayca genişletildi. Bu kavramsal taslak, Güneş'in karmaşık davranışının altında yattığından kuşku duyulmayan düzenliliği de açığa çıkararak, gezegenlerin daha da düzensiz olan devinimlerinin incelenebileceği bir çerçeve sundu. İşte bu sorun göklerdeki tüm devinimler düzenli bir duruma getirilene dek üstesinden gelinemeyecek bir şey gibi görünmüştü.

Bu kitabın büyük bir bölümü belli kavramsal taslakların verimlilikleriyle, yani araştırma için nasıl yol gösterici, bilginin örgütlenmesinde temel yapı olarak nasıl etkili olduklarıyla ilgilidir. Özellikle bu bölümü izleyen iki bölümde, eskiçağda iki küreli evrenin, ilk olarak gezegenler sorununun ardından da tümüyle astronomi dışında kalan bazı sorunların çözümündeki rolü irdelenecektir. Daha sonra, Kopernik'in yeniliğinin, Dünya'yı devinimli bir gezegen olarak kavrayışının bilimsel araştırmaya oldukça değişik bir biçimde nasıl yol gösterdi-

ğini göreceğiz. Ancak verimliliğe en iyi örnek, bu kitabın tümünde anlatılan öyküdür. Kopernikçi evrenin kendisi, iki küreli evrenin olanaklı kıldığı bir dizi araştırmanın ürünüdür: Dünya'nın gezegen olduğu görüşü, bununla çelişen tek ve merkezi Dünya görüşünün bilime yol göstermesinin en etkileyici örneğidir. Kopernik Devrimine ilişkin bir tartışmanın, sonunda Kopernikçiliğin yürürlükten kaldırdığı iki küre kozmolojisine ilişkin bir çalışmayla başlamak zorunda olmasının nedeni de budur. İki küreli evren Kopernik evreninin atasıdır; hiçbir kavramsal taslak hiçlikten doğmaz.

İki Küreli Evrenin Eski Rakipleri

İki küreli evren görüşü, eskiçağ Yunanistanı'nda önerilen tek kozmoloji değildi. Ancak bu, çok sayıda insanın, özellikle de astronomların en ciddiye aldığı, daha sonraki Batı uygarlığının da en başta Yunanlılardan kalıt aldığı kozmolojiydi. Yine de, eskiçağda önerilen ve dışlanan alternatif kozmolojilerin çoğu modern kozmolojik inanışlara iki küreli evrenden çok daha yakın benzerlikler gösterirler. İki küreli kozmolojinin gücünü, üstünkörü bir bakışla modern görünen seçeneklerinden birkaçıyla karşılaştırılması kadar açıkça örnekleyecek, onu yıkmakta karşılaşılacak güçlükleri bu denli açıklıkla görmemizi sağlayacak başka bir yöntem yoktur.

MÖ beşinci yüzyıl gibi erken bir dönemde, Yunanlı atomcular Leukippos ve Demokritos evreni tüm yönlerde devinen sonsuz sayıdaki bölünemez küçük parçacıkların ya da atomların doldurduğu sonsuz boş bir uzay olarak tasarladılar. Onların evreninde Dünya, atomların rasgele kümelenmesiyle oluşan, temelde birbirine ben-

zeyen gökcisimlerinden yalnızca biriydi. Benzersiz değildi, ne durağan ne de merkezdeydi. Aslında, sonsuz bir evrenin hiçbir merkezi yoktur; uzayın bütün parçaları diğerlerine benzer; bu nedenle, bir bölümü Dünyamızı ve Güneşimizi oluşturmak için kümelenen sonsuz sayıdaki atom, boş uzayın ya da boşluğun diğer bölümlerindeki sayısız başka dünyaları oluşturmuş olsa gerekti. Atomculara göre yıldızlar arasında başka güneşler ve başka dünyalar vardı.

Beşinci yüzyılda daha sonraları Pythagoras'ın ardılları, Dünya'yı devinir kılan ve benzersiz konumundan kısmen yoksun bırakan ikinci bir kozmoloji önerdiler. Pythagorasçılar yıldızları devasa bir devingen küre üzerine yerleştirseler de bu kürenin merkezine ayrıca Dünya'dan görülmeyen Zeus Sunağı dedikleri çok büyük bir ateş yerleştirdiler. Bu ateş, Dünya'daki yerleşim bölgeleri her zaman ateşin ters yönüne baktığı için görülemiyordu. Pythagorasçılara göre Dünya, Güneş'in de aralarında olduğu ve tümü de merkezdeki ateşin çevresindeki çemberlerde devinen çok sayıdaki gökcisminden yalnızca biriydi. Bir yüzyıl sonra Pontus'lu Herakleides (MÖ dördüncü yüzyıl) göklerin görünen devinimini, çevredeki yıldızlar küresinin dönüşünün değil de merkezdeki Dünya'nın günlük dönüşünün ortaya çıkardığını öne sürdü. Herakleides ayrıca Merkür ve Venüs gezegenlerinin merkezdeki Dünya'nın çevresindeki bağımsız çembersel yörüngelerde değil de Güneş çevresindeki çemberlerde döndüklerini öne sürerek, iki küreli evrenin simetrisini de bozuyordu (bkz. ikinci bölüm). Daha sonraları, MÖ üçüncü yüzyıl ortalarında, astronomik boyutları nasıl ustalıklı ve etkileyici bir biçimde ölçtüğünü Teknik Ek'te anlattığımız Sisam'lı Aristarkhos,

kendisine "eskiçağın Koperniği" unvanını kazandıran önerisini ortaya attı. Aristarkhos'a göre, Güneş çok genişletilmiş bir yıldızlar küresinin merkezindeydi; Dünya ise Güneş çevresindeki bir çemberde devinmekteydi.

Bu alternatif kozmolojiler, özellikle ilki ve sonuncusu, dikkati çekecek ölçüde bizim modern görüşlerimize benzerler. Bugün biz Dünya'nın Güneş çevresinde dolanan bir dizi gezegenden yalnızca biri, Güneş'in de kimilerinin gezegenleri de olan sayısız yıldızdan yalnızca biri olduğuna inanıyoruz. Bu kurgusal önerilerin bazıları eskiçağda azınlıkta kalan önemli geleneklerin yolunu hazırlamış ve bunların hepsi Kopernik gibi yenilikçiler için entelektüel açıdan her zaman uyarıcı bir kaynak oluşturmuş olsalar da o zamanlar bu öneriler bugün bizim onlara inanmamızı sağlayan savlarla desteklenmemiş ve bu türden savlar olmadığı için de eskiçağ düşünürlerinin çoğu ve astronomlarının neredeyse tümü bu önerileri reddetmişti. Bunlar ortaçağda ya alay konusu oldular ya da göz ardı edildiler. Reddetme gerekçeleri mükemmeldi. Bu alternatif kozmolojiler evrenin yapısına ilişkin olarak duyulardan gelen ilk ve en temel çağrışımlara aykırıydı. Dahası, sağduyu bu aykırılığa karşılık görünümleri açıklama konusunda herhangi bir iyileşme de sağlanamıyordu. En iyi durumda bile bunlar iki küreli evrenden daha ekonomik, daha verimli ve daha kesin değillerdi ve bunlara inanmak çok daha zordu. Bunları açıklama olarak ciddiye almak güçtü.

Bu alternatif kozmolojilerin tümü Dünya'nın devinimini bir öncül olarak kabul eder ve (Herakleides'in sistemi dışında) tümü de Dünya'yı bir dizi gökcisminden biri olarak devindirirler. Ancak, duyuların en başta gelen çağrışımı Dünya'yı ve gökleri birbirlerinden ayır-

maktır. Dünya göklerin parçası değildir; gökleri gördüğümüz platformdur. Bu platformla, üzerinden gözlenen gökcisimleri arasında görünüşte ya pek az ortak özellik vardır ya da hiç yoktur. Gökcisimleri parlak ışık noktaları gibi görünürler; Dünya ise ışımayan büyük bir çamur ve kaya küresidir. Göklerde pek az değişiklik gözlenir: Yıldızlar bir geceden diğerine aynıdır ve görünüşe bakılırsa, eski kayıtların kapsadığı yüzyıllar boyunca da öyle kalmışlardır. Dünya ise, bunun tam tersi olarak, doğumun, değişimin ve yıkımın yuvasıdır. Bitki örtüsü ve hayvanlar haftadan haftaya değişiklik gösterirler; uygarlıklar yüzyıldan yüzyıla yükselir ve çöker; efsaneler taşkınların, fırtınaların Dünya üzerinde yavaş yavaş ortaya çıkardığı topografya değişimlerine tanıklık ederler. Dünya'yı, en belirgin özellikleri değişmeyen bir düzenlilik olan gökcisimlerine benzetmek saçma görünmektedir; bozulabilir Dünya'da bu düzenliliğe hiçbir zaman ulaşılamayacaktır.

Dünya'nın döndüğü düşüncesi de başta aynı derecede saçma görünür. Devinim hakkında tüm bildiklerimizi beş duyumuzdan ediniriz; oysa duyularımız bize Dünya'yı devinir halde göstermezler. Yeni baştan biçimlendirilene, eğitilene değin sağduyu bize, eğer Dünya deviniyorsa, onunla teması olmayan havanın, bulutların, kuşların ve diğer nesnelerin geride kalması gerektiğini söyler. Sıçrayan bir insan, kendisi havada kaldığı süre içinde altındaki Dünya devineceği için, sıçradığı noktadan uzağa düşecektir. Kayaların, ağaçların, ineklerin, insanların dönen bir Dünya'dan, sapandan savrulan taşlar gibi savrulmaları gerekir. Bu etkilerin hiçbiri görülmediğine göre Dünya devinimsizdir. Gözlem ve sağduyu bunu kanıtlamak adına birlik olurlar.

Bugün Batı dünyasında yalnızca çocuklar böyle bir uslamlama yapar; Dünya'nın devinimsiz olduğuna da yalnızca çocuklar inanır. Küçüklüklerinde öğretmenlerinin, ailelerinin ve metinlerin egemenliği altında çocuklar, Dünya'nın gerçekten bir gezegen olduğuna ve devindiğine inandırılır; sağduyuları yeni baştan eğitilir ve böylece günlük deneyimden gelen kanıtların etkisi azalır. Ancak bu yeniden eğitim çok önemlidir. Bu olmadığında yukarıdaki gerekçeler büyük ölçüde ikna edicidirler; eskilerinse bugün bizlerin ve çocuklarımızın değer verdiği pedagojik otoriteleri yoktu. Yunanlar yalnızca gözleme ve usa dayanabiliyorlardı; oysa bunlar Dünya'nın devinimini kanıtlayamıyordu. Teleskopun ya da doğrudan astronomiyle bir ilintisi olmayan ayrıntılı matematik kanıtların yokluğunda Dünya'nın gezegen olduğuna ilişkin hiçbir kanıt ortaya konulamaz. Çıplak gözle yapılabilen gözlemler iki küreli evrene gayet uygundur (uygulamacı denizcinin ve haritacının evrenini anımsayın); bunların başka hiçbir doğal açıklaması da yoktur. Eskilerin iki küreli evrene niçin inandıklarını kavramak zor değildir. Sorun bu görüşten niçin vazgeçildiğini ortaya çıkarmaktır.

2
Gezegenler Sorunu

Görünüşteki Gezegen Devinimi

Güneş ve yıldızlar çıplak gözle görülebilen biricik gökcisimleri olsaydı, modern insan iki küreli evrenin temel ilkelerini yine de benimseyebilirdi. Bu ilkeleri, elbette teleskopun icadına kadar, yani Kopernik'in ölümünden yarım yüzyıldan biraz daha uzun bir süre sonrasına kadar benimseyebilecekti. Ancak göze çarpan başka gökcisimleri, en başta gezegenler vardır; astronomun bu cisimlere ilgisi de Kopernik Devriminin başlıca kaynağıdır. Yine yorumlayıcı açıklamaları ele almadan önce gözlemleri inceleyeceğiz. Yorumları tartıştığımızda ise bir kez daha bilimsel inancın anatomisi konusunda yeni ve temel bir sorunla karşı karşıya geleceğiz.

Gezegen terimi "gezinen" anlamına gelen Yunanca bir sözcükten türemiştir. Bu terim Kopernik'in yaşadığı

dönemin sonrasına kadar, yıldızlar arasında yol alan ya da "gezinen" gökcisimlerini, konumları göreli olarak sabit olan yıldızlardan ayırt etmek için kullanıldı. Yunanlılara ve ardıllarına göre, Güneş yedi gezegenden biriydi. Diğerleri ise Ay, Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn'dü. Eskiçağda gökcisimleri olarak bilinen cisimler yalnızca yıldızlar ve bu yedi gezegendi. 1781 yılına, Kopernik kuramı kabul edildikten çok sonrasına kadar başka gezegen bulunmadı. Eskiçağ dünyasında iyi bilinen kuyrukluyıldızlar ise Kopernik Devriminden önce gökcismi sayılmıyordu (Bölüm 6).

Gezegenlerin düzenli devinimleri daha karmaşık olsa bile, tümü de bir bakıma Güneş gibi davranırlar. Bütün gezegenlerin yıldızlarla birlikte batıya doğru günlük devinimleri vardır ve tümü yaklaşık olarak ilk konumlarına dönünceye dek yıldızlar arasında yavaş yavaş doğuya doğru da yol alırlar. Gezegenler devinimleri boyunca bazen kuzeye bazen de güneye sapsalar da tutulumun yakınlarında kalır, tutulumun altında ve üstünde sekizer derece uzanan hayali bir kuşaktan, burçlar kuşağından çok ender olarak ayrılırlar. Bu noktada gezegenler arasındaki benzerlikler biter ve gezegen düzensizliklerinin incelenmesine geçilir.

Ay, tutulum çevresinde Güneş'ten daha hızlı ve daha düzensiz bir biçimde yol alır. Burçlar kuşağı içindeki bir yolculuğunu ortalama olarak $27^{1}/_{3}$ günde tamamlar; ancak belli bir yolculuk için gereken zaman ortalamadan yedi saat kadar sapabilir. Ayrıca, Ay tekerinin görünümü de Ay yol aldıkça belirgin olarak değişir. Yeniayda teker ya hiç görünmez ya da çok belirsizdir; ardından, yeniaydan yaklaşık bir hafta sonra, yarı dairesel bir dilim oluşturana kadar giderek büyüyecek olan ince

parlak bir hilal ortaya çıkar. Yeniaydan yaklaşık iki hafta sonra tam dairesel teker görünür; bundan sonraysa evre çevrimi tersine döner; Ay önceki yeniaydan yaklaşık bir ay sonra tekrar yeniaya dönüşmek üzere yavaşça küçülür. Evreler de, Ay'ın burçlar kuşağı işaretleri arasındaki yolculuğu gibi çevrimlidir; ancak, bu iki çevrimin birbirine adım uydurmadığı açıkça görülür. Yeniay ortalama 29½ günlük bir aralıkla yinelenir (belli çevrimler bu ortalamadan ½ gün kadar sapabilir) ve bu süre burçlar kuşağı çevresindeki ortalama bir yolculuk döneminden iki gün kadar daha uzun olduğu için, birbirini izleyen yeniayların aldıkları konumların takımyıldızlar arasında yavaşça doğuya kayması gerekir. Yeniay, belli bir ayda bahar ılımı konumunda ortaya çıkarsa, Ay 27⅓ gün sonra bahar ılımına döndüğünde hâlâ küçülüyor olacaktır. Yeniay yaklaşık iki gün daha ortaya çıkmayacak, bu süre içinde de Ay ılımdan neredeyse 30° kadar doğuya kaymış olacaktır.

Ayın evreleri, kolayca görülebildikleri ve uygun bir biçimde konumlandıkları için, en eski takvim birimlerine kaynak olmuşlardır. Haftanın ve ayın ilkel biçimleri MÖ üçüncü binyıldan kalan bir Babil takviminde görülmektedir; bu takvimde ay, yeniayın ortaya çıkışıyla başlamakta ve çevriminin yinelenen "çeyrekleri"yle, yedinci, on dördüncü ve yirmi birinci günlerde altbölümlere ayrılmaktadır. Uygarlığın doğuşunda insanlar zaman aralıklarını ölçmek için yeniayları ve çeyrekleri saymış olsalar gerek; uygarlık geliştikçe de sürekli olarak bu temel birimleri uzun dönemli ve tutarlı bir takvimde – tarihsel kayıtların derlenmesine ve gelecekte belli bir tarihte karşılığı alınacak sözleşmelerin yapılabilmesine olanak tanıyacak bir takvimde – örgütlemeye çabaladılar.

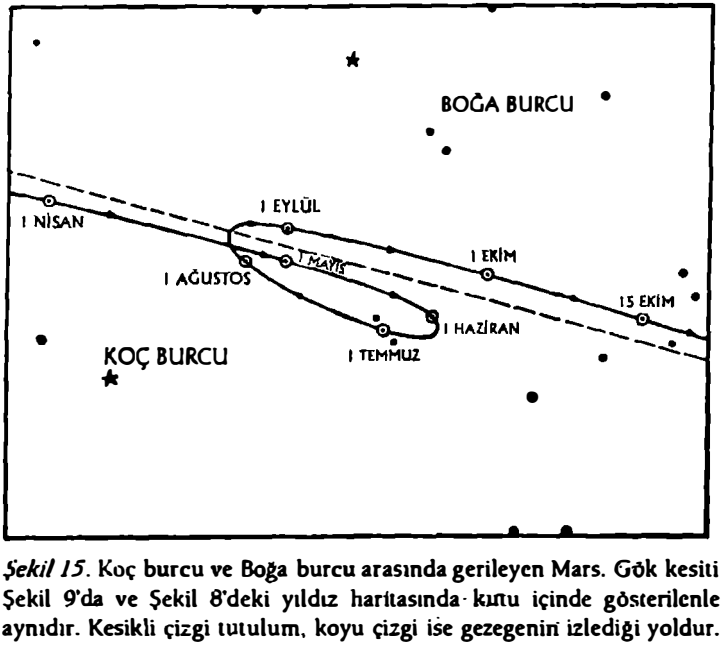
Ancak bu noktada basit ay biriminin işe yaramayacağı anlaşıldı. Birbirini izleyen yeniaylar arasında ya 29 ya da 30 günlük bir süre vardır; gelecekte belli bir ayın uzunluğu ise ancak kuşaklar boyu sistemli gözlem ve çalışma gerektiren karmaşık bir matematiksel kuramla saptanabilir. Ortalama Ay ve Güneş çevrimlerinin karşılaştırılamayacak uzunluklarından kaynaklanan başka güçlükler de vardır. Çoğu toplum (ancak tümü değil, çünkü yalnızca aya dayalı takvimler Ortadoğu'nun bazı bölgelerinde hâlâ kullanılmaktadır) takvimini Güneş'in yönettiği yıllık iklim değişimine uydurmak zorundadır ve bu amaçla 12 aylık (354 gün) temel bir yıl içine kimi durumlarda on üçüncü bir ay eklemek için sistemli bir yöntem düşünülmesi gerekir. Bunlar eskiçağ astronomisinin karşılaştığı ilk güç teknik sorunlar olsa gerek. Nicel gezegen gözleminin ve kuramının doğuşunda bu sorunlar diğerlerine göre çok daha önemli bir rol oynamışlardır. MÖ sekizinci ve üçüncü yüzyıllar arasında, sonunda bu güçlüklerin üstesinden gelen Babilli astronomlar çoğu temel veriyi derlediler; bu dönemin neredeyse tümü boyunca Yunan bilimi henüz emekleme dönemindeydi. Bu veriler daha sonra geliştirilen iki küreli evren yapısına eklendi.

Güneş ile Ay'dan farklı olarak, diğer beş gezegen göklerde yalnızca ışık noktaları olarak görünürler. Eğitimsiz bir çıplak göz gözlemcisi bunları yıldızlardan ancak tutulum çevresindeki yavaş devinimlerini ortaya çıkaran bir dizi gözleme dayanarak güvenilir bir biçimde ayırabilir. Genellikle gezegenler takımyıldızlar arasında doğuya doğru yol alırlar: Bu, onların "olağan devinimi" olarak bilinir. Merkür'ün ve Venüs'ün burçlar kuşağı (zodyak) boyunca tam bir dolanım için ortalama bir yıl

gerekir; Mars'ın çevriminin uzunluğu ortalama 687 gün tutar; Jüpiter'in ortalama devri 12 yıldır; Satürn'ünki ise 29 yıl. Ancak, bütün bu örneklerde belli bir yolculuk için gereken zaman, gezegenin ortalama devrinden oldukça farklı olabilir. Bir gezegen yıldızlar arasında doğuya doğru yol alırken bile sabit bir hızda ilerlemez.

Kaldı ki gezegenin devinimi hep doğuya doğru da değildir. Güneş ile Ay dışında tüm gezegenlerin olağan devinimi, kısa aralıklarla batıya doğru ya da "gerileme" devinimiyle (retrograde motion) kesintiye uğrar. Şekil 15'teki Boğa takımyıldızında gerileyen Mars'ı, Güneş'in Şekil 9'da (bkz. s. 57) gösterilen Boğa burcu içindeki olağan devinimiyle karşılaştırın. Mars bu çizime olağan (doğuya doğru) devinimde girerken görülmektedir; ancak ilerledikçe giderek yavaşlar ve sonunda yönünü tersine çevirip batıya doğru yol almaya, gerilemeye başlar. Diğer gezegenler buna çok benzeyen bir biçimde davranır; her biri sabit bir zaman aralığından sonra aralıklı gerileme oyununu yinelerler. Merkür yıldızlar arasında devinimini her 116 günde bir, kısa bir zaman için ters yöne çevirir; Venüs ise her 584 günde bir geriler. Mars, Jüpiter ve Satürn de sırasıyla her 780, 399 ve 378 günde bir gerilerler.

Beş gezgin yıldızın batıya doğru gerilemelerle kesilen doğuya doğru yavaş devinimleri birbirlerine oldukça benzer. Ancak gezegenlerin devinimlerinin, onları iki gruba ayıran bir özelliği daha vardır; bu, gezegenlerin konumlarıyla Güneş'in konumu arasındaki bağıntıdır. Alt gezegenler olarak bilinen Merkür ve Venüs, Güneş'ten hiçbir zaman çok uzaklaşmazlar. Merkür devinen Güneş tekerinin her zaman 28° civarında kalır, Venüs'ün en büyük "uzanımı" ise 45°'dir. Her iki gezegen



Şekil 15. Koç burcu ve Boğa burcu arasında gerileyen Mars. Gök kesiti Şekil 9'da ve Şekil 8'deki yıldız haritasında kutu içinde gösterilenle aynıdır. Kesikli çizgi tutulum, koyu çizgi ise gezegenin izlediği yoldur. Mars'ın tutulum üzerinde kalmadığına ve devinimi genel olarak yıldızlar arasında doğuya doğru olsa da, Haziran ortasından Ağustos başına değin, batıya yol aldığı bir dönem olduğuna dikkat ediniz. Mars'ın gerilemeleri her zaman yaklaşık olarak bu biçimde ve bu sürede olsa da, her zaman aynı tarihte ya da gökün aynı parçasında ortaya çıkmazlar.

de devingen Güneş karşısında sürekli ileri geri yavaşça mekik dokuyarak yol alır; belli bir zaman Güneş'le birlikte doğuya doğru yol alır, ardından Güneş tekeri karşısında geriler ve sonunda Güneş'i bir kez daha geçmek için ters yöne dönerler. Güneş'in doğusunda olduklarında, bu iki alt gezegen de günbatımının hemen sonrasında görülebilen ve sonra hızla ufkun altındaki Güneş'i izleyerek batan "akşamyıldızları" olarak görünürler. Güneş tekeri karşısında batıya doğru gerilemesinin ardın-

dan gezegen, gündoğumunun hemen öncesinde yükselen ve gündoğumunun parlak ışığında görünmez olan bir "sabahyıldızı" olur. Ancak bu ikisi arasında, Güneş'e yakın olduklarında, ne Merkür ne de Venüs görülebilir. Bu nedenle, alt gezegenlerin ikisi de devinimleri yıldızlar küresine göre çözümlenene değin, sabah ve akşam yıldızı olarak görüldüklerinde aynı gökcismi olarak bilinmediler. Binlerce yıl boyunca Venüs'ün, doğuda gündoğumunun hemen öncesinde doğduğundaki adı, birkaç hafta sonra günbatımından hemen sonra batı ufkunun hemen üzerinde yeniden görünür olduğundaki adından farklıydı.

Merkür ve Venüs'ten farklı olarak üst gezegenler, Mars, Jüpiter ve Satürn, gökte Güneş'le aynı bölgeye sınırlandırılmış değillerdir. Bunlar bazen Güneş'e çok yakın ya da onunla "kavuşum"dadırlar; bazen de gökte onun 180° karşısında ya da Güneş'e "karşı"dırlar; bu dönemler arasında tüm ara konumlarda bulunurlar. Ancak konumları sınırlandırılmamış olsa da davranışları Güneş'le olan ilintilerine bağlıdır. Üst gezegenler yalnızca karşı konumda olduklarında gerilerler. Yine, gökte Güneş karşısında gerileme durumundayken, başka zaman olduklarından daha parlak görünürler. Genellikle (en azından MÖ dördüncü yüzyıldan beri) gezegenin Dünya'ya yaklaşmasının göstergesi olarak yorumlanmış olan bu parlaklık artışı, özellikle Mars örneğinde çarpıcıdır. Aslında göreli olarak pek de göze çarpmayan bir gezegen olan Mars, karşı konuma geçtiğinde, gece göğünde Ay ve Venüs dışındaki gökcisimlerinden çoğunlukla daha parlak görünecektir.

Belki de gezgin yıldızların eskiçağ halklarının yaşamlarında uygulamaya yönelik belirgin bir etkileri olmadı-

gından, bu beş yıldızın uyandırdıkları ilgi hiçbir biçimde Güneş ve Ay gibi çok eskilere kadar gitmez. Yine de, Mezopotamya'da MÖ 1900 gibi oldukça erken bir tarihte Venüs'ün görünmesi ve gözden yitmesine ilişkin gözlem kayıtları yapılmıştır; bunlar olasılıkla kurban edilen koyunların bağırsaklarından okunan işaretler gibi gelecekten haber veren belirtiler olarak görülüyordu. Bu dağınık gözlemler, gezegen astronomisinin gelişimiyle yakın ilgisi gelecek bölümde incelenecek olan bir tahmin aracının, sistematik astrolojinin çok sonraları nasıl gelişeceğini gösteriyor. Kehanete duyulan bu ilginin, Babilli gözlemciler tarafından MÖ sekizinci yüzyıl ortalarından sonra derlenen tutulma, gerileme devinimleri ve diğer çarpıcı gezegen görüngülerinin daha sistemli ve eksiksiz bir biçimde kaydedilmesi için teşvik edici olduğu açıktır. Eskiçağ astronomlarının en önde geleni Batlamyus (Ptolemaios) daha sonra, bu kayıtların bile bölük pörçük olduğundan yakınıyordu; ancak, bölük pörçük de olsalar, bu kayıtlar Yunanistan'da MÖ dördüncü yüzyıldan sonra irdelenen gezegenler sorununu tam boyutuyla ve eksiksiz tanımlayabilen ilk verileri sağlamıştır.

Gezegenler sorunu, önceki sayfalarda gezegen devinimlerinin kabaca betimlenmesi yoluyla kısmen ortaya konuldu. Karmaşık ve değişken gezegen devinimleri basit ve yinelenen bir düzene nasıl indirgenebilir? Gezegenler niçin geriler, gezegenlerin olağan devinimlerinde bile düzensiz olan hızları nasıl açıklanmalıdır? Bu sorular, Platon'dan Kopernik dönemine kadar iki binyıl boyunca yapılan astronomi araştırmalarının çoğunun ne yönde olduğunu gösteriyor. Ancak, yukarıdaki betimleme neredeyse tümüyle nitel olduğu için, gezegenler sorununu tam olarak tanımlayamıyor. Bu, sorunu basit-

leştirilmiş bir biçimde dile getiren ve aslında bazı açılardan da yanlış yönlendiren bir tanımlamadır. Birazdan göreceğimiz gibi, nitel açıdan elverişli gezegen kuramları icat etmek kolay bir iştir: Yukarıdaki betimlemeler birçok yoldan bir düzene sokulabilir. Halbuki astronomun sorunu hiç de basit değildir. Astronom, yıldızlar arasında geneldeki doğuya doğru devinimin üzerine eklenen fasılalı batıya doğru devinimin varlığını açıklamaktan başka, her bir gezegenin uzun dönemde, çeşitli gün, ay ve yıllarda yıldızlar arasında alacağı konumu da tam olarak belirlemek zorundadır. Gerçek gezegenler sorunu, sonunda Kopernik Devrimine götüren sorun, her gezegenin değişen konumunu yayın dereceleri ve dakikaları türünden gösteren çok uzun cetvellerde ortaya çıkan nicel bir sorundur.

Gezegenlerin Konumu

Son bölümde geliştirildiği haliyle iki küreli evren, yedi gezegenin konumları ya da devinimleri konusunda açık bilgiler sağlamıyordu. Burada Güneş'in konumu bile ele alınmamıştı. Güneş'in bahar ılımı "noktasında" (ya da yıldız küresi üzerinde herhangi bir diğer noktada) görünmesi için, gözlemcinin gözünden yıldızların arka planındaki belli bir noktaya çizilen doğru üzerinde bir yerde olması yeterlidir. Diğer gezegenler gibi Güneş de yıldızlar küresinin içinde, üzerinde, hatta dışında bile olabilir. Ancak, iki küreli evren gezegen yörüngelerinin biçimini ya da bulunduğu yeri göstermekte başarısız olsa da belirli konum ve yörünge seçeneklerini diğerlerinden daha akla yatkın kılar ve bu nedenle astronomun gezegen sorununa yaklaşımını hemen yönlendirip sınır-

lar. Gezegenler sorunu gözlem sonuçlarından kaynaklanıyordu; ancak MÖ dördüncü yüzyıldan sonra iki küreli kozmolojinin kavramlarının yarattığı iklimde irdelendi. Hem gözlemin hem de kuramın bu soruna önemli katkıları oldu.

İki küreli bir kozmolojide, örneğin gezegen yörüngeleri, eğer olanaklıysa, ilk iki kürede somutlaşan temel simetriyi korumalı ve daha da geliştirmelidir. İdeal durum, yörüngelerin Dünya merkezli çemberler olması, gezegenlerin de bu çemberlerde yıldızlar küresinin dönüşünde örneklenen düzenliliğe eş bir düzenlilikte dönmeleridir. Oysa ideal durum gözleme pek uymaz. Biraz sonra göreceğimiz gibi, tutulum düzleminde yer alan Dünya merkezli dairesel bir yörünge Güneş'in yıllık devinimine iyi bir açıklama sunar; bunun benzeri bir çember, Ay'ın biraz daha düzensiz olan deviniminin nedenini de yaklaşık olarak açıklayabilir. Ancak, dairesel yörünge diğer beş gezgin "yıldızın" devinimlerinde gözlenen gerileme gibi önemli düzensizliklerin açıklanması konusunda hiçbir fikir vermez. Yine de iki küreli evrene inanan astronomlar Dünya merkezli çemberlerin gezegenlerin doğal yörüngeleri olduğunu düşünebilirlerdi; aslında yüzyıllar boyunca da böyle düşündüler. Bu tür yörüngelerle, en azından dönüşün bütününde ortalama doğuya doğru devinim açıklandı. Ortalama devinimden sapmalara ilişkin gözlemler – bir gezegenin deviniminin hızındaki ya da yönündeki değişimler – gezegenin geri döneceği doğal dairesel yörüngesinden sapmış olduğunu gösteriyordu. Bu çözümlemeye göre gezegenler sorunu, yıldızlar arasındaki ortalama devinimden sapmaların, her bir gezegenin kendine özgü dairesel yörüngesinden bir sapma olarak açıklanması sorunu oluyordu.

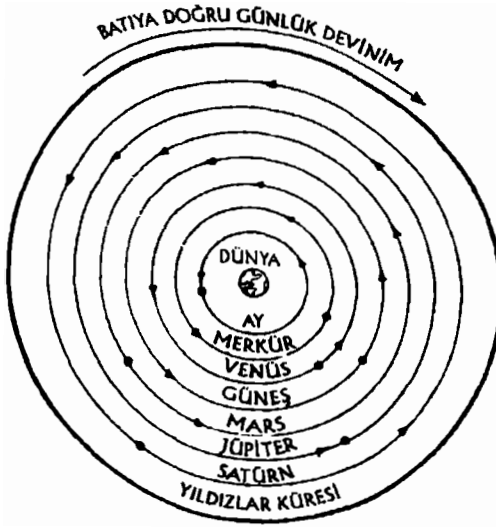
Bu sapmalara eskiçağda getirilen açıklamaların bazılarını gelecek üç kısımda gözden geçireceğiz; ancak her şeyden önce, eskilerin de yaptığı gibi, gezegen düzensizliklerini tümden yok sayıp, bütün yörüngelerin en azından yaklaşık olarak dairesel olduğunu kabul ederek ilerlemenin hangi ölçüde olanaklı olduğuna bakalım. Neredeyse kesin diyebileceğimiz bir şey, iki küreli evrende gezegenlerin Dünya ile yıldızlar arasındaki bölgede yol aldığıdır. Yıldızlar küresinin kendisi çoğu kez evrenin dış sınırı olarak görülüyordu buna bağlı olarak gezegenler de bu kürenin dışında olamazdı; gezegen ve yıldızların devinimleri arasındaki fark, gezegenlerin olasılıkla küre üzerinde konumlanmadıklarına, yıldızlar küresinde görülmeyen bir etkinin altında oldukları bir ara bölgede konumlandıklarına işaret ediyordu; bu uslamlama, Ay yüzeyindeki ayrıntıların görülebilmesinden, en azından bir gezegenin yıldızlardan daha yakın olması gerektiğini çağrıştıran bu akla uygun kanıttan da güç alıyordu. Bu nedenle, eskiçağ astronomları gezegen yörüngelerini Dünya ile yıldızlar küresi arasındaki bu geniş ve önceleri boş olan uzaya dizdiler. MÖ dördüncü yüzyıl sonlarına doğru iki küreli evren doluyordu. Daha sonra tıka basa dolacaktı.

Yörüngelerinin konumu ve biçimi ana hatlarıyla bilindiğinde, gezegenlerin diziliş düzeni konusunda akla yatkın ve doyurucu bir kestirimde bulunmak olanaklıydı. Doğuya devinimleri yavaş ve buna bağlı olarak toplam devinimlerinde yıldızlara neredeyse ayak uyduran Satürn ve Jüpiter gibi gezegenlerin yıldızlar küresine yakın, Dünya'dansa uzak oldukları varsayılıyordu. Öte yandan, yıldızlarla yarışında bir günde 12°'den fazla geri kalan Ay, sabit Dünya'nın yüzeyine daha yakın olmalıy-

dı. Bazı eskiçağ düşünürleri, gezegenlerin, dış yüzeyi yıldızlar küresiyle birlikte hızla dönen, iç kısmı da Dünya yüzeyinde devinimsiz olan devasa bir esir (eter) girdabında yüzdüklerini kurgularken bu varsayımlı düzenlemeyi haklı çıkarır gibidirler. Böyle bir girdaba kapılan bir gezegen, Dünya'ya daha yakınsa, yıldızlar küresine göre daha çok gerileyecekti. Diğer düşünürler aynı sonuca farklı bir uslamlamayla, daha sonra Romalı mimar Vitruvius'un (MÖ birinci yüzyıl) en azından esaslarını aktardığı bir uslamlamayla vardılar. Vitruvius, gezegenlerin tutulum çevresindeki yolculukları için gereken süreler arasındaki farkları çözümlemek için aydınlatıcı bir benzetme öneriyordu:

> Yedi karıncayı çömlekçilerin kullandığı türden, üzerinde merkez etrafında çevrelerinin uzunluğu birbiri ardı sıra artan yedi oluk açılmış bir çarkın üzerine bırakın ve bu karıncaların olukların içinde çarkın dönüş yönünün tersine dönmeye zorlandıklarını düşünün. Çarkın dönüş yönünün tersi yönde yol almalarına karşın, karıncalar bu yöndeki yolculuklarını tamamlamak zorundadırlar; çarkın dışına en yakın olukta dolanan karınca, çemberi büyük olduğundan, yolunu tamamlamakta çok daha ağır kalırken, merkeze en yakın oluktaki karıncanın, tam olarak diğeriyle aynı hızda yol alıyor olsa bile, dönüşünü daha önce bitirmesi gerekir. Aynı biçimde, göklerin akışına direnen bu yıldızlar da kendi yollarında bir yörüngeyi tamamlamayı başarırlar; ancak gök döndüğünden, her gün bu dönmeyle geriye doğru kayarlar.[1]

MÖ dördüncü yüzyılın sonlarına doğru, yukarıdaki gibi uslamlamalar Şekil 16'dakine benzeyen bir evren imgesi ortaya çıkarmıştı; buna benzer çizimler ya da bunların sözel eşdeğerleri Kopernik'in ölümünden çok sonra-



Şekil 16. İki küreli evrende yaklaşık gezegen yörüngeleri. En dıştaki çember, yıldızlar küresinin tutulum düzlemindeki kesitidir.

larına, on yedinci yüzyılın başlarına değin temel astronomi ya da kozmoloji kitaplarındaki yerlerini koruduular. Dünya, evreni sınırlayan yıldızlar küresinin merkezindedir; bu dış kürenin hemen içinde, burçlar kuşağı çevresinde en uzun süre dolaşan gezegen olan Satürn'ün yörüngesi bulunur; sonra Jüpiter ve ardından da Mars gelir. Bu noktaya kadar düzen açıktır: Gezegenler dıştan içe doğru azalan yörünge periyodu düzeninde dizilirler; aynı teknik Ay'ın yörüngesini de Dünya'ya en yakın yere yerleştirir. Ancak, geriye kalan üç gezegende bir sorunla karşılaşılır: Güneş, Venüs ve Merkür, Dünya çevresindeki yolculuklarını aynı ortalama zamanda, bir yılda tamamladıkları için bunların sıraları diğer gezegenlere uygulanan yöntemle saptanamaz. Gerçekten de, eski-

çağda bunların sıraları konusunda büyük bir anlaşmazlık vardı. MÖ ikinci yüzyıla kadar çoğu astronom Güneş'in yörüngesini Ay'ın yörüngesinin hemen dışına, Venüs'ün yörüngesini Güneş'in yörüngesinin dışına, Merkür'ün yörüngesini onun dışına, Mars'ın yörüngesini de sona yerleştiriyordu. Şekilde gösterilen düzen, Ay, Merkür, Venüs, Güneş, Mars dizilimi, ancak bu dönemden sonra giderek yaygınlaştı. Özellikle Batlamyus benimsediğinden, onun otoritesiyle ardıllarının çoğu da bu sıralamayı kabul etti. Bu nedenle, biz de bunu kitabın ilk bölümlerinde standart sıralama sayacağız.

Şekil 16 yapıyı henüz oldukça kaba bir biçimde göstermektedir. Çeşitli yörüngelerin göreli boyutlarını anlamlı bir biçimde göstermez; burada, gözlenen gezegen düzensizliklerini açıklamaya yönelik bir girişimde de bulunulmamıştır. Ancak şekilde somutlaşan evren görüşünün, astronomi ve kozmolojinin daha sonraki gelişimi açısından iki önemli işlevi olmuştur: İlk olarak, bu şekil Dünya merkezli evren konusundaki yapısal bilginin çoğunu içerir; bunlar astronom olmayanlar için en genel bilgiler olmuştur. Birazdan tekrar ele alacağımız eskiçağ astronomisinin daha önemli başarıları, meslekten olmayan insanların çoğu tarafından anlaşılamayacak ölçüde matematikseldi. Gelecek iki bölümde daha ayrıntılı görüleceği gibi, eskiçağda ve ortaçağda geliştirilmiş en etkili kozmolojiler de eskiçağ astronomisini bu noktadan sonra pek izlemiyorlardı. Bu düzeyden sonra astronomi artık içrek (ezoterik) olur; insan, astronominin daha ileri düzeyde geliştirilmesiyle bir yuvaya kavuşmuş olmaz.

Ayrıca Şekil 16'daki yapısal çizim, kaba da olsa, astronomi araştırmalarında çok güçlü bir araçtır. Birçok

uygulamada hem ekonomik hem de sonuç verici olduğunu kanıtlamıştır. Örneğin MÖ dördüncü yüzyılda, çizimde somutlaşan kavramlar hem Ay'ın evrelerine hem de ay tutulmalarına eksiksiz bir nitel açıklama sunuyordu; yine aynı kavramlar dördüncü ve üçüncü yüzyıllarda Dünya çevresinin hesaplanmasında göreceli olarak doğru sonuçlara götürdüler; MÖ ikinci yüzyıldaysa Güneş ile Ay'ın büyüklüklerinin ve uzaklıklarının ustalıkla tasarlanmış bir yöntemle kestirilmesi için gerekli temeli oluşturdu. Bu açıklama ve ölçümler, özellikle de sonuncusu, eskiçağ astronomi geleneğinin uçsuz bucaksız buluş yeteneğini ve gücünü belirgin bir biçimde örneklerler. Bunlar, astronomi kuramının Kopernik Devrimiyle değişime uğramasından etkilenmedikleri için kitapta Teknik Ek'e (üçüncü ve dördüncü kısımlar) konulmuştur. Yine de bu devrimle bir ilişkileri vardır. Bu gelişmiş iki küreli evren modelinin tutulmalar gibi göze çarpan göksel olguları açıklayabilme ve sonunda kestirebilme, gök alanlarının kimi doğrusal büyüklüklerini belirleyebilme gücü, iki küreli kavramsal taslağın hem astronomların hem de bu topluluk dışından insanların zihinlerinde çok kuvvetli bir biçimde yer etmesini sağlamıştır.

Ancak bu başarıların gezegen deviniminin sürekli düzensizliğinin ortaya çıkardığı temel sorunla pek ilgisi yoktur; oysa bu sorun, Kopernik Devriminin ana eksenini oluşturmaktadır. Eskiçağ astronomisinin pek çok diğer sorunu gibi bu sorun da ilk olarak MÖ dördüncü yüzyılda ortaya çıkmış gibi görünüyor; bu dönemde iki küreli evren modeli günlük devinimi açıklıyor ve böylece Yunan astronomlara geriye kalan gezegen düzensizliklerini ayırt etme olanağını veriyordu. Bunu izleyen beş yüzyıl içinde bu düzensizlikleri açıklama girişimle-

riyle, daha önce görülmemiş bir kesinliğe ve güce ulaşan birçok gezegen kuramı geliştirildi. Ancak, bu girişimler eskiçağ astronomisinin en çapraşık ve en matematiksel olan kısmını oluşturduğu için, genellikle elinizdeki gibi kitapların kapsamı dışında bırakılır. Kopernik Devriminin anlaşılabilmesi için eskiçağ gezegen kuramının basitleştirilmiş olarak özetlenmesi asgari bir zorunluluk gibi görünse de bazı okurlar bu kısmı izleyen üç kısmı (özellikle de teknik sunumun yoğun olduğu ilk kısmı) hızlı bir biçimde okuyarak öyküyü bu bölümün son kısmı olan bilimsel inancın tartışıldığı kısımdan izlemeyi sürdürebilirler.

Eşmerkezli Küreler Kuramı

Öyle görünüyor ki gezegenler sorununu da ilk kez dile getiren kişi, araştırıcı sorularıyla kendisinden sonraki Yunan düşüncesine büyük ölçüde egemen olan filozof Platon'du. Platon'un MÖ dördüncü yüzyılın başlarında "Gezegenlerin görünen devinimlerini açıklayacak olan değişmez ve düzenli devinim varsayımları nelerdir?"[2] sorusunu sormuş olduğu söylenir; bu soruya ilk yanıtı ise bir zamanlar öğrencisi olan Eudoksos (MÖ 408 - 355) vermiştir. Eudoksos'un gezegen sisteminde her gezegen, farklı eksenler çevresinde eşzamanlı olarak dönerek bu gezegenin gözlenen devinimini ortaya çıkaran iki ya da daha çok sayıda, birbirine bağlanan eşmerkezli bir küre grubunun iç küresi üzerine yerleştiriliyordu. Şekil 17*a*'da sözü edilen biçimde kenetlenmiş iki kürenin enine kesiti görülüyor; bu kürelerin ortak merkezi Dünya, birbirleriyle temas noktaları ise iç kürenin mil işlevi gören eğik ekseninin uçlarıdır. Dış küre yıldızlar

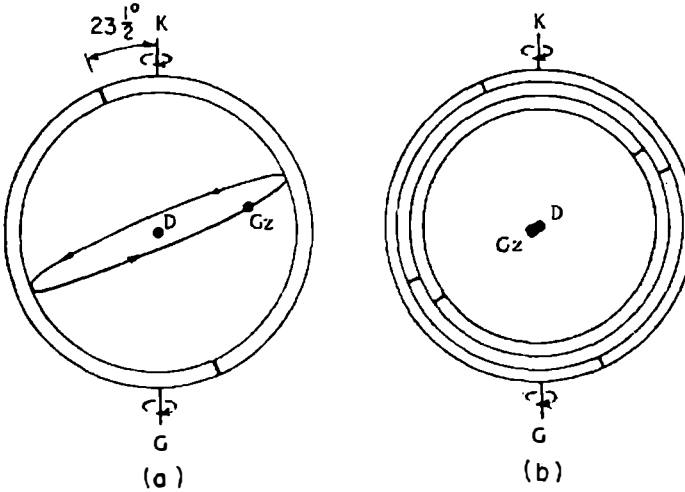
küresidir ya da en azından yıldızlar küresiyle aynı devinimi yapar; ekseni kuzey ve güney gökkutuplarından geçen dış küre bu eksen çevresinde, batı yönünde, 23 saat 56 dakikada bir döner. İç kürenin ekseni dış küreyle kuzey ve güney gökkutuplarından 23½°'lik uzaklıklarda olacak biçimde iki karşıt uçta temastadır; bu nedenle iç kürenin ekvatoru, Dünya'dan bakıldığında, iki kürenin dönüşüne bağlı olmaksızın, her zaman yıldızlar küresinin tutulumu üzerine düşer.

Güneş iç kürenin ekvatoru üzerinde bir noktaya yerleştirilir, dış küre kendi ekseni çevresinde günde bir kez dönmekteyken iç küre de doğuya doğru yavaşça, yılda bir dönüş yapacak biçimde çevrilirse, bu iki devinimin toplamı Güneş'in gözlenen devinimini ortaya çıkaracaktır. Dış küre batıya doğru gözlenen günlük doğuş ve batış devinimini, iç küreyse Güneş'in tutulum çevresinde, doğu yönündeki daha yavaş yıllık devinimini ortaya çıkarır. Benzer biçimde, iç küre doğuya doğru $27^1/_3$ günde bir döner, Ay da bu kürenin ekvatoru üzerine yerleştirilirse, iç kürenin bu biçimde devinmesi ortaya Ay'ın tutulum çevresindeki ortalama devinimini çıkaracaktır. Ay'ın tutulumdan kuzey ve güney yönlerindeki sapmaları ve birbirini izleyen yolculuklarının sürelerindeki düzensizliklerden bazıları da, sisteme oldukça yavaş devinen bir küre daha eklenerek yaklaşık olarak kestirilebilir. Eudoksos (gereksiz olsa da) Güneş'in devinimini betimlemek için üçüncü bir küre kullanıyor ve böylece Ay ile Güneş'i birlikte ele almak için altı küre gerekiyordu.

Şekil 17*a*'da gösterilen kürelere eşmerkezli küreler denirdi; çünkü ortak bir merkezleri vardır; bu merkez Dünya'dır. Böyle iki ya da üç küreyle Güneş'in ve Ay'ın

toplam devinimi yaklaşık olarak temsil edilebilse de gezegenlerin gerileme devinimlerinin nedeni açıklanamaz; Eudoksos'un bir geometrici olarak büyük dehası da geriye kalan beş gezegenin görünen davranışını incelemek için önerdiği sistem değişikliğinde ortaya çıkıyordu. Bunların her biri için, Şekil 17*b*'de enine kesitte çizilen toplam dört küre kullandı. İki dış küre tam olarak Şekil 17*a*'daki küreler gibi devinirler: Dış küre yıldızlar küresinin günlük devinimini yapar (dıştan sayıldığında); ikinci küreyse doğuya doğru, gezegenin tutulum çevresindeki bir yolculuğu için gereken *ortalama* sürede bir kez döner. (Örneğin, Jüpiter'in ikinci küresi 12 yılda bir döner.) Üçüncü küre tutulum üzerinde, taban tabana karşıt iki uçta (ikinci kürenin ekvatoru) ikinci küreyle temastadır; dördüncü ya da en iç kürenin ekseni de üçüncü küreye, tanımlanacak devinimin özelliklerine göre değişen bir açıyla bağlanır. Gezegenin kendisi ise (yukarıdaki örnekte Jüpiter) dördüncü kürenin ekvatoru üzerine yerleştirilir.

Şimdi dıştaki iki kürenin sabit tutulduğunu, içteki iki kürenin her birinin de eksenleri çevresindeki dönüşlerini gezegenin art arda gelen iki gerilemesi arasındaki zamanda (Jüpiter için 399 gün) tamamlayacak biçimde karşıt yönlerde döndüğünü düşünün. Gezegenin devinimini geçici olarak sabit olan ikinci kürenin arka planına bakarak izleyen bir gözlemci, gezegenin, tutulumun ilmeklerini ikişer eşit parçaya böldüğü bir sekiz şekli üzerinde yavaşça devindiğini görecektir. Bu devinim Şekil 18'de çizilmiştir; gezegen, ilmeklerin üzerindeki her noktadan bir sonrakine eşit sürelerde olmak üzere birden ikiye, ikiden üçe, üçten dörde yavaşça geçmekte ve gerilemeler arasındaki zaman diliminden



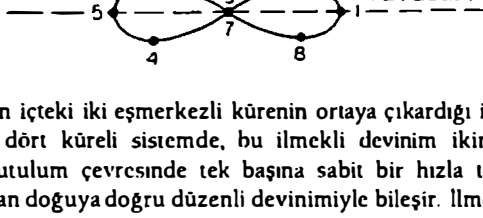
Şekil 17. Eşmerkezli küreler. İki küreli sistemde (*a*) en dıştaki küre günlük dönüşü ortaya çıkarır; iç küre de gezegeni (Güneş ya da Ay) tutulum çevresinde düzenli olarak doğuya doğru devindirir. Dört küreli sistemde (*b*), gezegen, *Gz*, kağıt düzleminin dışında, yaklaşık olarak dünyadan, *D*, okurun gözüne uzanan bir doğru üzerinde bulunur. Bu durumda, içerideki iki küre Şekil 18'de gösterilen ilmekli devinimi, dışarıdaki iki küre ise hem günlük devinimi hem de gezegenin doğu yönündeki ortalama sürüklenme devinimini ortaya çıkarır.

sonra başlangıç noktasına dönmektedir. Birden üçe, üçten beşe geçerken gezegen tutulum boyunca doğuya doğru yol alır; zaman diliminin diğer yarısındaysa, beşten yediye ve yeniden bire gitmekteyken batıya doğru yol alır.

Şimdi de ikinci küreyi, dönen iki iç küreyi kendisiyle birlikte taşıyarak doğuya doğru döndürün ve gezegenin toplam deviniminin, yine geçici olarak sabit tutulan ilk küre üzerindeki yıldızların oluşturduğu arka plana karşı gözlendiğini varsayın. Gezegen bütün süre boyunca, ikinci kürenin devinimiyle doğuya doğru devinir; bu

sürenin yarısı boyunca ise (Şekil 18'de birden beşe yol almaktayken) içteki iki küreden doğuya doğru ek bir devinim kazanır; böylece toplam devinimi, tek başına ikinci kürenin deviniminden de daha hızlı ve doğuya doğru olur. Ancak, sürenin diğer yarısında (gezegen Şekil 18'de beşten bire doğru yol alırken) ikinci kürenin doğu yönündeki devinimine içteki iki küreye bağlı olan batı yönünde bir devinim tarafından karşı konur ve batıya doğru bu devinim en hızlı olduğunda (Şekil 18'de yedinin yakınlarında) gezegenin yıldızlar küresine göre toplam devinimi gerçekte batıya doğru, yani gerileme yönünde olabilir. Bu tam olarak, gezegen devinimlerinde gözlenen ve Eudoksos'un modelinde canlandırmaya çalıştığı özelliktir.

Birbirlerine kenetlenen eşmerkezli dört küreden oluşan bir sistem Jüpiter'in gerileme devinimini yaklaşık



Şekil 18. En içteki iki eşmerkezli kürenin ortaya çıkardığı ilmekli devinim. Tam dört küreli sistemde, bu ilmekli devinim ikinci kürenin, gezegeni tutulum çevresinde tek başına sabit bir hızla taşıyacak bir devinim olan doğuya doğru düzenli devinimiyle bileşir. İlmekli devinim eklendiğinde, gezegenin toplam deviniminin hızı değişir ve artık tutulumda sınırlanmaz. Gezegen ilmek üzerinde birden beşe doğru yol almaktayken, toplam devinimi ikinci kürenin ortaya çıkardığı ortalama doğu yönlü devinimden daha hızlıdır; gezegen ilmek üzerinde geriye, beşten bire doğru yol almaktayken, doğuya doğru devinimi ikinci kürenin ortaya çıkardığı devinimden daha yavaştır ve üçün yakınlarına geldiğinde, gerileme yaparken gerçekten de batıya doğru yol alabilir.

olarak temsil etmekte, dört küreden oluşan ikinci bir takım da Satürn'ün devinimine açıklama getirebilmektedir. Geriye kalan üç gezegenin her biri için beşer küre gerekir (bu, MÖ 330 dolaylarında Eudoksos'un ardılı Kallippos'un yaptığı bir eklemedir); sonuçta ortaya çıkan devinimlerin çözümlemesi de buna bağlı olarak karmaşıklaşır. Neyse ki bütün eşmerkezli sistemlerde, eskiçağda uzun zaman geçmeden terk edilmelerine yol açan ciddi bir kusur bulunduğu için, dönen kürelerin bu karmaşık bileşimlerini daha fazla izlememize gerek olmayacaktır. Eudoksos'un kuramı gezegenleri Dünya ile eşmerkezli bir küre üzerine yerleştirdiği için, gezegen ile Dünya arasındaki uzaklıkta bir değişiklik olamaz. Oysa gezegenler geriliklerinde daha parlak ve buna bağlı olarak Dünya'ya daha yakınmış gibi görünürler. Eşmerkezli sistem gezegen parlaklığındaki bu değişimi açıklamadaki başarısızlığından dolayı eskiçağda sıklıkla eleştiriliyordu; görüngülere daha uygun bir açıklama önerilir önerilmez de çoğu astronom bu sistemi terk etmiştir.

Ancak, eşmerkezli küreler önemli bir astronomik araç olarak kısa ömürlü olsa da astronomik ve kozmolojik düşüncenin gelişiminde büyük bir rol oynamıştır. Tarihsel bir rastlantı olarak, eşmerkezli kürelerin gezegen deviniminin en umut vaat eden açıklamasını verir gibi görüldüğü yüzyıl, Yunanlı düşünür Aristoteles'in yaşadığı dönemle büyük ölçüde örtüşüyor; Aristoteles de bu küreleri eskiçağ dünyasında geliştirilmiş en kapsamlı, ayrıntılı ve etkili kozmolojiye dahil ediyordu. Bununla karşılaştırılabilecek ölçüde kapsayıcı hiçbir kozmoloji, Aristoteles'in ölümünden sonraki yüzyıllarda gezegen devinimlerini açıklamak için kullanılan dış te-

kerleme eğrileri (ilmek, episikl) ve taşıyıcı çemberlerden oluşan matematik sistemini kullanmamıştır. Gezegenlerin Dünya ile eşmerkezli olarak dönen küresel kabuklar içine yerleştirildiği görüşü, on yedinci yüzyılın başlarına değin kozmolojik düşüncenin tartışılmayan bir yönüydü. Kopernik'in yazılarında bile bu görüşten önemli izler bulunur. Kopernik'in büyük yapıtı *De Revolutionibus Orbium Caelestium*'un başlığındaki "çemberler" (orbs) ya da küreler gezegenlerin kendileri değil, içine gezegenlerin ve yıldızların yerleştirildiği eşmerkezli küresel kabuklardır.

Dış Tekerleme Eğrileri ve Taşıyıcı Çemberler

Gezegen deviniminin ayrıntılarını açıklamak için eşmerkezli kürelerin yerini alan bu aygıtın kökeni bilinmiyor; ancak özelliklerini ilk olarak araştırıp geliştirenler, çalışmaları MÖ üçüncü yüzyılın ortasından ikinci yüzyılın sonuna kadar uzanan bir dönemi kapsayan iki Yunan astronomu ve matematikçisi Apollonios ve Hipparkhos'tur. Bu yeni matematiksel düzenek, en basit biçimiyle (Şekil 19*a*), dönen bir taşıyıcı çemberden (deferent) ve taşıyıcı çemberin çevresi üzerindeki bir nokta çevresinde dönen küçük bir çember olan dış tekerleme eğrisinden (epicycle) oluşur. Gezegen, *Gz*, dış tekerleme eğrisi üzerine yerleştirilir ve taşıyıcı çemberin merkezi Dünya'nın merkeziyle çakışır.

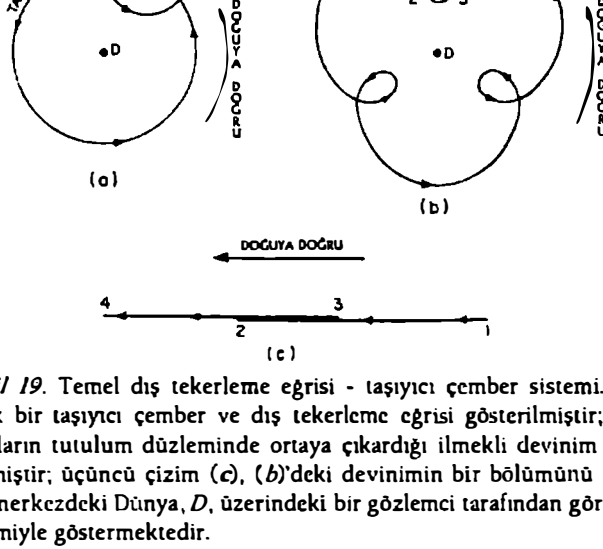
Dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sistemi, devinimi yalnızca yıldızlar küresine göre açıklamak için kurgulanır. Şekil 19*a*'da dış tekerleme eğrisi ve taşıyıcı çember, tutulum düzlemi üzerine çizilmiştir; buna göre, yıldızlar küresinin dönüşü, (merkezdeki Dünya dışın-

da) bütün çizimi günlük bir dönüş süresince taşımakta ve böylece gezegenin günlük devinimini ortaya çıkarmaktadır. Şekildeki dış tekerleme eğrisi ve taşıyıcı çember durağan olsaydı ve kendi ek devinimleri olmasaydı, gezegen tutulum düzleminde sabit kalacak ve bu nedenle burçlar kuşağındaki bir yıldız gibi, batı yönünde bir çemberde her 23 saat 56 dakikada bir tekrarlanan bir devinim yapacaktı. Bundan böyle taşıyıcı çemberin ya da dış tekerleme eğrisinin devinimine gönderme yaptığımızda, bu çemberlerin tutulum düzlemindeki *ek* devinimini kastedeceğiz. Kürenin ve tutulum düzleminin günlük dönüşünü ise varsayacağız.

Örneğin, taşıyıcı çemberin doğuya doğru yılda bir döndüğünü, Güneş'in taşıyıcı çember üzerinde şimdi dış tekerleme eğrisinin merkezinin bulunduğu yere yerleştirildiğini, dış tekerleme eğrisinin ise kaldırıldığını düşünün. Bu durumda taşıyıcı çemberin dönüşü Güneş'i tutulum çevresindeki yıllık yolculuğu boyunca taşıyacak ve Güneş'in devinimi, en azından yaklaşık olarak, bir tek taşıyıcı çemberin devinimine dayanılarak tutulum düzleminde çözümlenmiş olacaktır. Bu, Şekil 16'daki ortalama gezegen devinimlerinin açıklanmasında benimsenen tekniktir.

Şimdi de Güneş'in kaldırıldığını ve dış tekerleme eğrisinin taşıyıcı çember üzerindeki yerine tekrar yerleştirildiğini düşünün. Eğer taşıyıcı çember bir kez döndüğünde dış tekerleme eğrisi de devinimli merkezi çevresinde üç kez döner ve bu iki çember de aynı yönde dönecek olurlarsa, dış tekerleme eğrisinin ve taşıyıcı çemberin bileşik devinimlerine bağlı olarak yıldızlar küresi üzerinde ortaya çıkacak olan gezegen devinimi, tam olarak Şekil 19*b*'de gösterilen ilmekli eğri olacaktır. Dış

tekerleme eğrisinin dönüşü gezegeni taşıyıcı çemberin dışına götürdüğünde, hem dış tekerleme eğrisinin hem de taşıyıcı çemberin devinimleri, gezegeni doğuya doğru devindirecek biçimde bileşirler. Ancak gezegen dış tekerleme eğrisinin devinimiyle taşıyıcı çemberin iyice içine geldiğinde, dış tekerleme eğrisi gezegeni batıya doğru, taşıyıcı çemberin deviniminin karşıt yönünde taşır. Bu nedenle, gezegen Dünya'ya en yakın olduğunda bu iki devinim, toplam olarak batıya doğru, başka bir deyişle gerileyen bir devinim ortaya çıkaracak biçimde bileşebilirler. Şekil 19*b*'de gezegen küçük ilmeklerden herhangi birinin iç bölümünde olduğunda gerilemekte; geri kalan yerlerde olağan olarak doğuya doğru, ancak değişen bir hızla yol almaktadır.



Şekil 19. Temel dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sistemi. (*a*)'da tipik bir taşıyıcı çember ve dış tekerleme eğrisi gösterilmiştir; (*b*)'de bunların tutulum düzleminde ortaya çıkardığı ilmekli devinim örneklenmiştir; üçüncü çizim (*c*), (*b*)'deki devinimin bir bölümünü (1-2-3-4), merkezdeki Dünya, *D*, üzerindeki bir gözlemci tarafından görüldüğü biçimiyle göstermektedir.

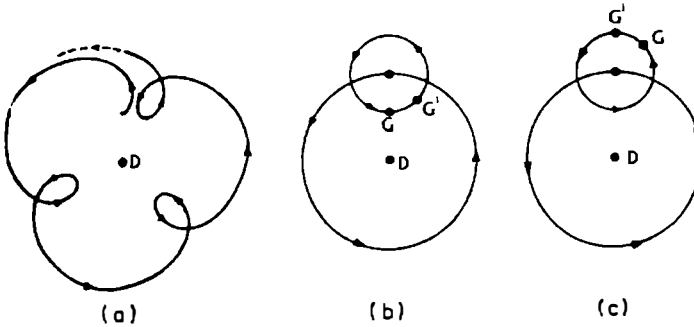
Şekil 19*c*, gezegenin, Dünya üzerindeki bir gözlemcinin yıldızlar küresine karşı gördüğü biçimiyle, ilmeklerden biri boyunca devinimini göstermektedir. Hem gözlemci hem ilmek aynı düzlemde, tutulum düzleminde bulundukları için, gözlemci açık ilmeğin kendisini göremez. Gözlemci yalnızca gezegenin tutulumun sağladığı arka plana karşı konumunu görür. Böylece, Şekil 19*b* ve 19*c*'deki gibi, bir noktasından iki noktasına doğru yol alan gezegeni gözlemci tutulum boyunca doğuya doğru devinir görür. Gezegen iki noktasına yaklaştıkça daha yavaş devinir gibi görünür; ikide bir an için durur, ardından ikiden üçe ilerlerken tutulum boyunca batıya doğru yol alır. Sonunda, gezegenin tutulum üzerinde batıya doğru devinimi biter ve ilmek üzerindeki üçten ayrılıp dörde doğru ilerlerken yeniden doğuya doğru yol almaya başlar.

Böylece, bir dış tekerleme eğrisi ve bir taşıyıcı çemberden oluşan sistemin bir gezegeni tutulum çevresinde taşıması için gereken süre, ortalama olarak, taşıyıcı çemberin bir dönüşü için gereken zamana tam olarak eşittir. Ancak, doğuya devinim kesintiye uğrar ve gezegen, dış tekerleme eğrisinin bir dönüşü için gereken zamana eşit düzenli aralıklarda geçici olarak batıya doğru yol alır. Dış tekerleme eğrisi ve taşıyıcı çemberin dönüş hızları belli bir gezegene ilişkin gözlemlere uyacak bir biçimde ayarlanabilir; böylece gezegenlerin yıldızlar arasında doğuya doğru kesintili devinimleri tam gözlendikleri biçimde elde edilebilecektir. Dahası, dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sistemi görünümlerin bir diğer önemli nitel özelliğini de temsil eder: Bir gezegen yalnızca devinimine bağlı olarak Dünya'ya en yakın konuma geldiğinde geriler ve bu, gezegenin en parlak görünmesi gereken ve gerçekten de böyle göründüğü konumdur.

Yeni sistemin önemli ölçüde yalın oluşu ve gezegen parlaklığındaki değişkenliğe getirdiği bu yeni açıklama, onun eski eşmerkezli küreler sistemi karşısında kazandığı zaferi hazırlayan başlıca etkenler olmuştur.

Şekil 19'da betimlenen dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sistemi herhangi bir gezegenin devinimine özgü olmayan özel bir sadeleştirme içerir. Burada dış tekerleme eğrisine, taşıyıcı çemberin her bir dönüşü için *tam olarak* üç dönüş yaptırılmıştır. Buna bağlı olarak, taşıyıcı çember bir dönüşünü tamamladığında dış tekerleme eğrisi gezegeni dönüşün başlangıcında bulunduğu yere geri getirmektedir; gerileme ilmekleri hep aynı yerlerde oluşur; gezegenin tutulum çevresindeki dönüşünü tamamlaması için gereken süre hep aynı kalır. Ne var ki dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sistemleri gerçek gezegen gözlemlerine uydurulacak biçimde tasarlandıklarında hiçbir zaman bu biçimde işlemezler. Örneğin, gözlemlere göre Merkür'ün tutulum çevresinde bir yolculuğu tamamlaması için ortalama olarak bir yıl gerekmektedir ve bu gezegen 116 günde bir geriler. Öyleyse, taşıyıcı çember bir kez döndüğünde Merkür'ün dış tekerleme eğrisi üç kezden biraz daha fazla dönecektir; dış tekerleme eğrisi üç dönüşünü 348 günde tamamlar; bu süre taşıyıcı çemberin bir dönüşü için gereken yıllık süreden azdır.

Şekil 20*a*'da, tutulum çevresindeki bir yolculukta taşıyıcı çemberinin her bir dönüşüne karşılık üç kezden biraz daha fazla dönen bir dış tekerleme eğrisi tarafından taşınan bir gezegenin izlediği yol görülüyor. Gezegen bir gerileme ilmeğinin ortasından başlayıp, üçüncü tam ilmeğini, taşıyıcı çemberin ilk tam çevrimini tamamlamasından önce tamamlar; buna göre, gezegen, tutulum



Şekil 20. Bir dış tekerleme eğrisi ile bir taşıyıcı çemberin, taşıyıcı çemberin bir dönüşüne karşılık dış tekerleme eğrisi üç kezden biraz daha fazla döndüğünde ortaya çıkardıkları devinim. (*a*)'da gezegenin yıldızlar arasındaki tamamladığı bir yolculukta izlediği yol görülmektedir. (*b*)'de gösterildiği gibi, bunun için, taşıyıcı çemberin bir dönüşünden daha fazlası gerekir; burada gezegenin konumları, başlangıçtaki konumu (*G*) ve taşıyıcı çemberin ilk dönüşünü tamamladığındaki konumu (*G'*) gösterilmiştir. Çizim (*c*)'de gezegenin, taşıyıcı çemberin daha sonraki bir dönüşünün başında ve sonunda aldığı konumlar görülmektedir; gezegen taşıyıcı çemberin bu dönüşüyle tutulum çevresinde bir kezden daha fazla taşınmaktadır.

çevresindeki her yolculuğunda üçten biraz daha fazla bir gerileme ilmeği ortalamasıyla devinmektedir. Şekil 20*a*'daki devinim ikinci bir dönüş boyunca daha sürdürülseydi, yeni ortaya çıkacak gerileme ilmekleri ilk dönüşte ortaya çıkanların biraz batısında oluşacaklardı. Gerileme devinimi birbirini izleyen yolculuklarda, burçlar kuşağı üzerinde aynı konumda ortaya çıkmayacaktı; bu gözlenen devinime, gezegenlerin tutulum boyunca ilerleme devinimine özgü bir durumdur.

Şekil 20*b*, taşıyıcı çemberin bir dönüşü süresinde tamsayı ile belirtilebilecek sayıda dönmeyen bir dış tekerleme eğrisinin ortaya çıkardığı devinimin ikinci bir

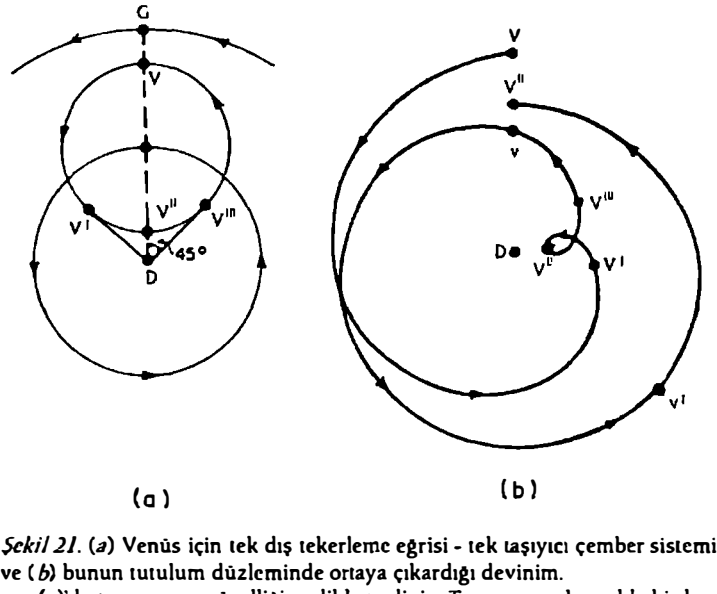
karakteristiğini gösterir. Şekilde G'deki gezegen Dünya'ya en yakın konumda, Şekil 20*a*'daki yolculuğun başladığı noktadadır. Taşıyıcı çemberin bir dönüşünden sonra dış tekerleme eğrisi üç kezden biraz fazla dönmüş, gezegen G' konumuna gelmiş olacaktır; öyle ki şimdi yolculuğuna başladığı noktanın batısında görünmektedir. Taşıyıcı çember, gezegeni tutulum boyunca tam bir kez dolaştırmak için doğuya doğru bir devirden fazla dönecektir; bu nedenle, takımyıldızlar arasında buna karşılık gelen yolculuk için ortalamanın üstünde bir zaman gerekir. Diğer yolculuklar içinse daha az zaman gerekir. Taşıyıcı çemberin, her biri gezegenin Dünya'dan daha uzağa gitmesiyle biten birkaç dönüşünden sonra, gezegen Şekil 20*c*'deki yeni G noktasından farklı bir yolculuğa başlayabilir. Taşıyıcı çemberin bir sonraki dönüşüyle gezegen G'nin doğusundaki bir noktaya, G' noktasına taşınacaktır. Taşıyıcı çemberin bu dönüşüyle gezegen tutulum çevresinde bir tam dönüşten fazla taşındığı için, gezegenin bu yolculuğu özellikle hızlı bir yolculuk olur. Şekil 20*b* ve Şekil 20*c*, yaklaşık olarak tutulum çevresindeki bir yolculuk için gereken zamanın uç değerlerini örneklemektedirler; gezegenin bunların arasındaki yolculuklarında, ikisi arasında bir süre gerekir; ortalama olarak, tutulum çevresindeki bir yolculuk için gereken zaman, taşıyıcı çemberin bir dönüşü için gereken zamanla aynıdır. Ancak dış tekerleme eğrisi taşıyıcı çember sistemi bir yolculuktan diğerine sapmaları hesaba katmakta, gezegen devinimlerinde gözlenen düzensizliğe bir kez daha ekonomik bir açıklama getirmektedir.

Gezegenlerin tümünün devinimlerini betimlemek için, her birine ayrı bir dış tekerleme eğrisi taşıyıcı

çember sisteminin tasarlanması gerekir. Güneş'in ve Ay'ın devinimleri yalnızca birer taşıyıcı çemberle gerçeğe yakın bir biçimde ele alınabilir; çünkü bu gezegenler gerilemezler. Güneş'in taşıyıcı çemberi yılda bir devir yapar; Ay'ınki ise dönüşünü 27⅓ günde tamamlar. Merkür'ün dış tekerleme eğrisi taşıyıcı çember sistemi yukarıda irdelenene çok benzer; taşıyıcı çember yılda bir, dış tekerleme eğrisi 116 günde bir döner. Bu bölümün başında sözü edilen gözlemleri kullanarak diğer gezegenler için de benzer sistemler tasarlayabilirdik. Bunların çoğu, Şekil 20a'dakine benzeyen ilmekli gezegen yörüngeler çizecektir. Dış tekerleme eğrisi, taşıyıcı çembere göre daha büyükse, ilmeklerin boyu daha büyük olur. Eğer dış tekerleme eğrisi taşıyıcı çemberin hızına göre daha çabuk dönerse, tutulum çevresindeki bir yolculuk daha çok sayıda ilmek içerir. Jüpiter'in her devrinde yaklaşık olarak on bir, Satürn'ün dönüşlerinin her birinde ise yaklaşık olarak yirmi sekiz ilmek vardır. Kısacası, bileşik dairesel devinimler sistemini, dış tekerleme eğrisinin ve taşıyıcı çemberin göreli büyüklüklerinde ve hızlarında gerekli ayarlamaları yaparak gezegen devinimlerinin uçsuz bucaksız çeşitliliğine yaklaşık olarak uyacak biçimde düzenlemek olanaklıdır. Uygun bir biçimde tasarlanmış bir çember bileşimi, Venüs gibi tipik olmayan bir gezegenin devinimindeki sayısız düzensizliğe bile iyi bir nitel açıklama getirecektir (Şekil 21).

Batlamyus Astronomisi

Önceki kısımdaki tartışma, dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sisteminin gezegenlerin devinimlerinin düzenlenmesi ve tahmini için ne kadar güçlü ve esnek bir



Şekil 21. (*a*) Venüs için tek dış tekerleme eğrisi - tek taşıyıcı çember sistemi ve (*b*) bunun tutulum düzleminde ortaya çıkardığı devinim.

(*a*)'da tasarımın şu özelliğine dikkat ediniz: Taşıyıcı çember yılda bir kez döner; böylece, dış tekerleme eğrisinin merkezi Dünya, *D* ve Güneş'in merkezi, *G*'yi birleştiren doğru üzerine yerleştirilirse, sürekli olarak bu doğru üzerinde kalacak ve Venüs hiçbir zaman Güneş'ten çok uzakta görünmeyecektir. *GDV'* ve *GDV''* açıları, Güneş ile Venüs arasında görülebilen en büyük açılardır; en büyük uzanım açılarının 45° olması koşulu, dış tekerleme eğrisi ve taşıyıcı çemberin bağıl boyutlarını tam olarak belirlemektedir. Dış tekerleme eğrisi 584 günde bir döner; buna göre, Venüs Güneş'e yakın olan *V* noktasından yola çıkarsa *V'* noktasına (bir akşam yıldızı olarak en büyük uzanım) 219 gün (3/8 dönüş) sonra, *V''* noktasına 292 gün (1/2 dönüş) sonra, *V'''* noktasına da (bir sabah yıldızı olarak en büyük uzanım) 365 gün (5/8 dönüş) sonra varacaktır.

İkinci şekilde, (*a*)'da taslağı çizilen devinen çemberlerle Venüs'ün izlediği yol gösterilmektedir. Burada *V*, ilk şekilde olduğu gibi, başlangıç noktasıdır; *V'*, Venüs'ün doğuya en büyük uzanımındaki (219 gün) konumudur; *V''*, gezegenin bir gerileme ilmeğinin ortasındaki (292 gün) konumudur; ve *V'''*, gezegenin batıya en büyük uzanımındaki (365 gün) konumudur. Venüs'ün tutulum çevresindeki ilk yolculuğu 406 gün sonra (sürenin uzunluğuna dikkat ediniz) *v'* noktasında sona erer; bu süre, bir gerileme ile iki en büyük uzanım durumu içerir. Bir sonraki devir ($v \rightarrow v' \rightarrow v''$) için yalnızca 295 gün gerekir; bu sürede yukarıdaki karakteristik görüngülerin hiçbiri görülmez. Venüs, *v''* noktasında yine Güneş'e en yakın, dış tekerleme eğrisinin bir tam dönüşü (584 gün) ertesinde ulaştığı bir konumdadır. Bunlar, Venüs'ün nasıl davrandığını en azından nitel olarak göstermektedir!

yöntem olduğunu gösteriyor. Ancak, bu yalnızca ilk adımdır. Bu sistemin gezegenlerin deviniminde – gerileme ve tutulum çevresinde birbirini izleyen yolculuklarda geçen zamanlardaki düzensizlikler gibi – en çok göze çarpan düzensizliklerin açıklanmasında kullanılmaya başlanmasından hemen sonra, bu düzensizliklerin dışında, çok daha küçük olsalar da hâlâ üzerinde düşünülmesi gereken düzensizlikler olduğu açığa çıktı.

Tıpkı iki küreli modelin günlük devinimler için duyarlı bir düzenek sağlayarak başlıca gezegen düzensizliklerinin ayrıntılı bir biçimde çalışılmasına olanak vermesi gibi, dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sistemi de başlıca gezegen devinimlerine bir açıklama getirerek daha küçük düzensizliklerin gözlemlerle ayırt edilmesine olanak verdi. Sözkonusu kavramın verimliliğinin ilk örneği budur. Tek dış tekerleme eğrisi ve tek taşıyıcı çemberden oluşan sistemin öngördüğü devinim, belli bir gezegenin gözlenen devinimiyle karşılaştırıldığında, gezegenin tutulum üzerinde her zaman tam olarak modelin geometrisinin bulunacağını söylediği yerde bulunmadığı görülür. Duyarlı bir biçimde gözlendiğinde, Venüs, Güneş'ten en yüksek sapması olan 45°'ye her zaman ulaşmaz; belli bir gezegenin birbirini izleyen gerilemeleri arasındaki süreler her zaman aynı değildir; Güneş dışındaki gezegenlerin hiçbiri bütün devinimleri boyunca tutulum üzerinde kalmaz. Öyleyse, tek dış tekerleme eğrisi - tek taşıyıcı çember sistemi gezegenler sorununa son noktayı koymamıştır. Bu yalnızca çok umut verici bir başlangıç, hem dolaysız hem de uzun süreli gelişime yatkın bir başlangıçtı. Hipparkhos ile Kopernik arasındaki on yedi yüzyıl boyunca en yaratıcı teknik astronomi uygulayıcılarının hemen tümü de bu

temel tek dış tekerleme eğrisi - tek taşıyıcı çember tekniğini gezegenlerin gözlenen devinimine tam olarak uyacak bir duruma getirecek birtakım yeni küçük geometrik düzenlemeler bulma çabasına girmişlerdir.

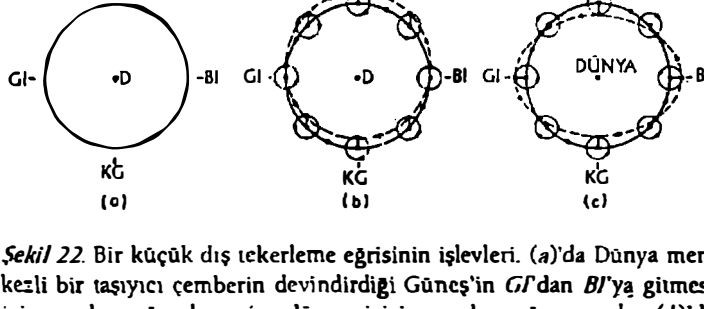
Eskiçağda bu türden girişimlerin en önemlisi, MS 150 dolaylarında astronom Batlamyus'unkidir. Yapıtı öncellerinin yapıtlarının önüne geçtiği ve tüm ardılları – aralarında Kopernik de vardır – çalışmalarına Batlamyus'un yapıtını model olarak seçtiği için ilk örneği Batlamyus tarafından ortaya konulan denemeler dizisinin tümüne günümüzde genellikle Batlamyus astronomisi denmektedir. "Batlamyus astronomisi" deyimi, gezegenler sorununa Batlamyus'un kendisinin, öncellerinin ya da ardıllarının önerdiği sanılan çözümlerden birine değil de bu soruna yaklaşım geleneğine gönderme yapar. Bu çözümlerin her biri, özellikle de Batlamyus'un getirdiği çözüm hem teknik hem de tarihsel anlamda yoğun bir ilgi görmektedir; ancak, hem bu çözümlerin kendileri hem de kendi aralarındaki tarihsel ilişkiler burada incelenemeyecek ölçüde karmaşıktır. Bu nedenle, çeşitli Batlamyusçu gezegen sistemlerinin genel gelişimini anlatmaya girişmek yerine, temel dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sisteminin, ilk kez MÖ üçüncü yüzyılda bulunması ile Kopernik'i izleyenler tarafından bir yana bırakılması arasında, farklı zamanlarda geçirdiği başlıca değişiklikleri ele alacağız.

En önemli uygulama alanı gezegenlerin karmaşık devinimleri olsa da, dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sisteminin eskiçağda ve ortaçağda geçirdiği temel değişiklikler, en kolay Güneş'in ve Ay'ın görünüşte daha basit olan devinimlerinde bir biçimde tanımlanır. Örneğin Güneş gerilemez; böylece Güneş'in devinimi son

kısımda betimlediği gibi büyük bir dış tekerleme eğrisini gerektirmez. Ancak, merkezdeki Dünya çevresinde sabit bir hızla dönen bir taşıyıcı çember üzerinde sabitleştirildiğinde Güneş'in devinimine nicel bakımdan hassas bir açıklama getirilemez; çünkü, birinci bölümde listesi verilen gündönümü ve ılım tarihleri gözden geçirildiğinde görülecektir ki Güneş, bahar ılımından güz ılımına (tutulum boyunca 180°), güz ılımından tekrar bahar ılımına (yine 180°) ulaştığından yaklaşık altı gün daha uzun bir zamanda varmaktadır. Güneş'in tutulum boyunca devinimi, kışın yazdan biraz daha hızlıdır ve böyle bir devinim, sabit bir hızla dönen Dünya merkezli bir çember üzerindeki devinimsiz bir nokta kullanılarak üretilemez. Dünya'nın sabit bir hızla dönen bir taşıyıcı çemberin merkezinde gösterildiği, bahar ve güz ılımlarının yıldızlar küresi üzerindeki yerlerinin *BI* ve *GI* ile belirtildiği Şekil 22*a*'yı inceleyiniz. Taşıyıcı çemberin sabit bir hızla dönüşü Güneş'i, *G*, *BI*'dan *GI*'ya, onu *GI*'dan *BI*'ya geri taşımak için gereken süreye eşit bir sürede taşıyacaktır; bu, gözleme ancak yaklaşık olarak uymaktadır.

Şimdi, Güneş'in taşıyıcı çemberden kaldırıldığını ve taşıyıcı çember doğuya doğru bir devir yaparken batıya doğru bir devir yapan küçük bir dış tekerleme eğrisinin üzerine yerleştirildiğini varsayın. Böyle bir sistemde Güneş'in alacağı sekiz ayrı konum Şekil 22*b*'de gösterilmektedir. Güneş'in taşıyıcı çemberin yazınki yarım dönüşüyle *BI*'dan *GI*'ya tüm uzaklık boyunca taşınmadığı, kışınki yarım dönüşüyle ise *GI* ile *BI* arasındaki uzaklıktan daha fazla taşındığı açıktır. Böylece, dış tekerleme eğrisinin etkisi, Güneş'in *BI* ile *GI* arasındaki 180°'de geçirdiği süreyi artırmak, tutulumun *GI* ile *BI* arasında-

ki diğer yarısında geçirdiği süreyi ise azaltmaktır. Küçük dış tekerleme eğrisinin yarıçapı, taşıyıcı çemberin yarıçapının 0,03'ü olursa, Güneş'in tutulumun kış ve yaz yarılarında geçirdiği süreler arasındaki fark, gerektiği gibi altı gün olacaktır.



Şekil 22. Bir küçük dış tekerleme eğrisinin işlevleri. (*a*)'da Dünya merkezli bir taşıyıcı çemberin devindirdiği Güneş'in *GI*'dan *BI*'ya gitmesi için gereken süreyle geriye dönmesi için gereken süre aynıdır. (*b*)'de taşıyıcı çemberin ve küçük dış tekerleme eğrisinin birlikte devinmeleriyle Güneş kesikli eğri boyunca taşınmaktadır; buna göre Güneş'in *GI*'dan *BI*'ya gidişi için, geriye dönüşü için gerekenden daha uzun bir süre gerekecektir. Çizim (*c*)'de, küçük dış tekerleme eğrisi (*b*)'yi çizerken kullanılmış olan hızın iki katı hızla döndüğünde ortaya çıkan eğri gösterilmiştir.

Yukarıdaki incelemede Güneş'in devinimindeki küçük bir düzensizliği düzeltmek için kullanılan dış tekerleme eğrisi göreceli olarak küçüktür ve bir gerileme ilmeği üretmez. O halde, bu dış tekerleme eğrisinin işlevi son kısımda ele alınan daha büyük dış tekerleme eğrilerinin işlevinden tümüyle farklıdır; Batlamyusçu astronomlar hiçbir zaman böyle yapmamış olsalar da bu iki işlevi ayrı tutmanın uygun olduğu görülecektir. Bundan böyle, gerileme deviniminin nitel görünümünü elde etmekte kullanılan daha büyük dış tekerleme eğri-

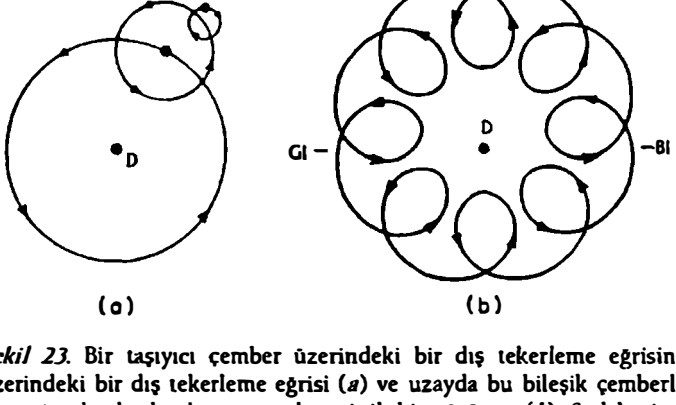
leri için "büyük dış tekerleme eğrisi" terimini ve kuram ile gözlem arasındaki küçük nicel farklılıkları gidermekte kullanılan ek çemberler için ise "küçük dış tekerleme eğrisi" terimini kullanacağız. Batlamyusçu sistemin, hem Batlamyus öncesindeki hem de sonrasındaki tüm biçimlerinde yalnızca beş büyük dış tekerleme eğrisi vardı; bunlar Kopernik'in reformunun devreden çıkardığı dış tekerleme eğrileridir. Buna karşı, küçük nicel farklılıkların nedenini açıklamak için gerek duyulan küçük dış tekerleme eğrilerinin ve benzer gereçlerin sayısı, yalnızca eldeki gözlemlerin hassaslığına ve sistemin tahminlerinden beklenen kesinliğe bağlıdır. Bu nedenle, Batlamyus astronomisinin değişik biçimlerinde kullanılan küçük dış tekerleme eğrilerinin sayısı sistemin bir biçiminden diğerine çok değişiklik gösteriyordu. Eskiçağda ve Rönesans'ta yarım düzineden bir düzineye kadar değişen sayıda küçük dış tekerleme eğrisi kullanan sistemlerle karşılaşmak hiç de zor değildi; çünkü boyutu ve hızı uygun bir biçimde seçilen bir küçük dış tekerleme eğrisiyle hemen her türden küçük düzensizlikler açıklanabiliyordu. Bu, ileride göreceğimiz gibi, Kopernik'in astronomi sisteminin neredeyse Batlamyus'un sistemi kadar karmaşık olmasının nedenidir. Kopernik reformu dış tekerleme eğrilerini devreden çıkarmış olsa da Kopernik'in kendisi küçük dış tekerleme eğrilerine öncelleri kadar bağımlıydı.

Şekil 22*b*'de bir düzensizlik türü bir küçük dış tekerleme eğrisiyle ele alınmıştı; başka türden bir düzensizlik de Şekil 22*c*'de gösterilmektedir. Bu şekilde taşıyıcı çember doğu yönünde bir kez dönmekteyken küçük dış tekerleme eğrisi batı yönünde iki kez döner. İki dönüşü birleştirince sonuç yassılmış bir çember üzerinde

bileşik bir devinim (şekilde kesikli çizgi) olur. Bu eğri üzerinde yol alan bir gezegen, yaz ve kış gündönümleri yakınlarında iki ılım yakınında olduğundan daha hızlı yol alır ve buralarda daha az zaman harcar. Taşıyıcı çember bir kez dönerken dış tekerleme eğrisi iki kezden biraz daha az sayıda devir yapmış olsaydı, gezegenin tutulum üzerinde görünen hızının en yüksek olduğu yerler art arda gelen dönüşlerde değişmiş olacaktı. Bir dönüşünde yaz gündönümü yakınında en hızlı görünmüşse, sonraki dönüşünde yaz gündönümü noktasını en büyük hızına ulaşmadan geçmiş olacaktı. İstendiğinde buna benzer çeşitlemeler türetilebilecektir.

Küçük dış tekerleme eğrisinin kullanımları, gerilemeyen gezegenler olan Güneş ve Ay'la sınırlı değildir. Bir küçük dış tekerleme eğrisi, bir büyük dış tekerleme eğrisi üzerine yerleştirilerek daha ayrıntılı gezegen devinimlerinin tahmininde kullanılabilir; aslında, küçük dış tekerleme eğrisinin astronomideki asıl uygulama alanı gezegen devinimleridir. Böyle bir uygulama, bir taşıyıcı çemberin üzerindeki bir dış tekerleme eğrisinin üzerindeki bir dış tekerleme eğrisi, Şekil 23*a*'da gösterilmektedir. Taşıyıcı çember bir kez dönerken büyük dış tekerleme eğrisi doğu yönünde sekiz kez, küçük dış tekerleme eğrisi de batı yönünde bir kez dönerse, gezegenin yıldızlar küresi üzerinde izlediği yol Şekil 23*b*'de gösterildiği gibi olacaktır. Bu yolda sekiz olağan gerileme ilmeği vardır; ancak bu ilmekler tutulumun bahar ile güz ılımı arasındaki yarısında, güz ile bahar ılımı arasındaki yarısına göre biraz daha yoğun kümelenmişlerdir. Küçük dış tekerleme eğrisinin dönüş hızı şimdi iki katına çıkarılırsa, gezegenin izlediği yol Şekil 22*c*'de olduğu gibi yassılaşır. Bu çizimler, küçük dış tekerleme

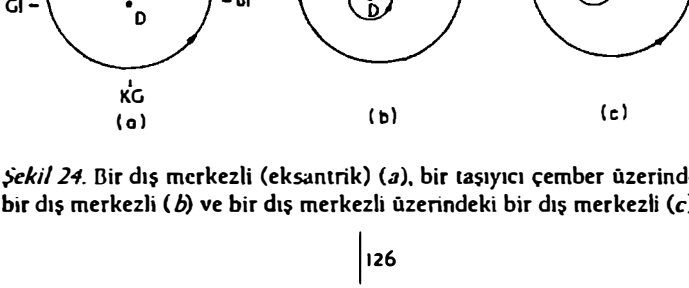
eğrilerine bağlı olarak ortaya çıkabilecek yörüngelerin ne denli karmaşık olabileceğine ilişkin bir fikir verirler.



Şekil 23. Bir taşıyıcı çember üzerindeki bir dış tekerleme eğrisinin üzerindeki bir dış tekerleme eğrisi (*a*) ve uzayda bu bileşik çemberler sistemine bağlı olarak ortaya çıkan tipik bir yörünge (*b*). Sadeleştirme amacıyla, yörünge uç uca düzgünce bağlanan bir eğri olarak gösterilmiştir; oysa bu gerçek gezegenlerin deviniminde karşılaşılmayan bir durumdur.

Küçük dış tekerleme eğrisi, tek dış tekerleme eğrisi - tek taşıyıcı çember sistemleriyle gezegenlerin gözlenen davranışı arasındaki küçük uyumsuzlukları düzeltmek için eldeki tek araç da değildir. Şekil 22*b*'ye göz atacak olursak, taşıyıcı çemberin doğu yönünde bir dönüşü boyunca batı yönünde bir kez dönen bir küçük dış tekerleme eğrisinin etkisinin aynısının, merkezi, Dünya'nın merkezinden kaydırılan tek bir taşıyıcı çember yoluyla da elde edilebileceği görülecektir. Eskiçağ astronomlarının dış merkezli (eksantrik) dedikleri böyle kaydırılmış bir çember, Şekil 24*a*'da görülmektedir. Dünya, *D* ile dış merkezlinin merkezi, *M* arasındaki uzaklık, dış merkezlinin yarıçapının 0,03'ü dolayındaysa, Gü-

neş'in bahar ve güz ılımları arasında altı gün fazla kalması bu kaydırılmış çemberle açıklanmış olur. Bu, Batlamyus'un kendi Güneş incelemesinde kullandığı özel yöntemdir. *DM* uzaklığının farklı değerleri ile bir ya da daha fazla dış tekerleme eğrisi birlikte kullanılırsa diğer küçük gezegen düzensizliklerine de açıklama getirilebilecektir. Dış merkezlinin merkezini küçük bir taşıyıcı çember üzerine (Şekil 24*b*) ya da daha küçük ikinci bir dış merkezli üzerine (Şekil 24*c*) yerleştirerek fazladan etkiler de elde edilebilir. Bu iki yöntemin sırasıyla bir taşıyıcı çember üzerindeki bir küçük dış tekerleme eğrisine ve bir dış merkezli üzerindeki bir küçük dış tekerleme eğrisine geometrik açıdan tam olarak eşdeğer olduğu gösterilebilecektir; Batlamyusçu astronomların çoğu küçük dış tekerleme eğrilerini değil de bu küçük merkezi çemberleri kullanmayı yeğlemişlerdi. Bütün durumlarda, ek olarak bir ya da daha çok sayıda dış tekerleme eğrisi kullanılabilecek, gezegenlerin tutulumdan kuzeye ve güneye doğru sapmalarına da bu çemberlerin herhangi birine ya da tümüne farklı düzlemlerde eğim verilerek açıklama getirilebilecektir.



Şekil 24. Bir dış merkezli (eksantrik) (*a*), bir taşıyıcı çember üzerindeki bir dış merkezli (*b*) ve bir dış merkezli üzerindeki bir dış merkezli (*c*).

Eskiçağda dış tekerleme eğrileri kuramını hassas gözlem sonuçları ile uzlaştırmaya yardımcı olması için denge noktası (ekuant) denilen başka bir araç daha geliştirilmişti. Kopernik'in bu araca estetik açıdan karşı çıkması (5. Bölüm) onun Batlamyus sistemini reddederek tümüyle yeni bir hesaplama yöntemi arayışına girmesi için başlıca itici gücü oluşturduğundan, bu araç özellikle önemlidir. Kopernik eskiçağdaki öncellerinin kullandıklarına benzer dış tekerleme eğrileri ve dış merkezliler kullanmış, ancak hiç denge noktası kullanmamıştı; denge noktası kullanmamasının sisteminin en büyük üstünlüklerinden ve doğruluğunun en güçlü kanıtlarından biri olduğu kanısındaydı.

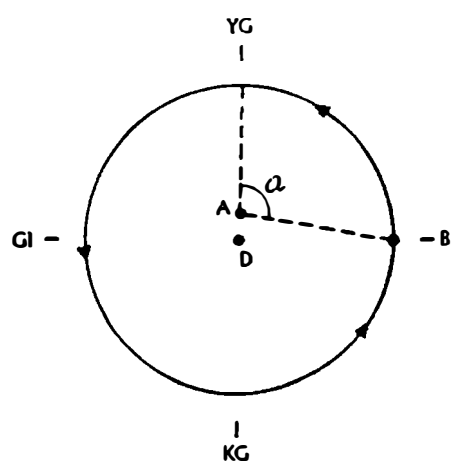
Anlatımda kolaylık sağlaması bakımından, Şekil 25'te Güneş'in deviniminde daha önce de ele aldığımız düzensizliği açıklamak için tasarlanmış bir denge noktası örneği verilmiştir. Güneş'in taşıyıcı çemberinin merkezi önceden olduğu gibi Dünya'nın merkezi *D* ile çakışmaktadır; ancak taşıyıcı çemberin dönüş hızı artık kendi geometrik merkezi olan *D*'ye göre değil de bu örnekte yaz gündönümü yönüne doğru kaydırılmış olan bir denge noktasına, *A*'ya göre sabit olacaktır. Başka bir deyişle, Güneş ve yaz gündönümü noktaları arasındaki yayın iki ucundan çizilen doğruların birleştiği denge noktası olan *A*'daki *a* açısı sabit bir hızla değişecektir. Açı bir ay içinde 30° kadar artıyorsa, aynı uzunluktaki her ay 30° kadar artacaktır. Şekilde Güneş bahar ılımında, *BI*'da gösterilmiştir. Güneş, güz ılımına, *GI*'ya ulaşmak için bir yarım çemberi geçmek zorundadır; böylece *a* açısı 180°'den daha fazla değişecektir; *GI*'dan *BI*'ya geri dönmesi içinse ikinci bir yarım çemberi geçmesi gerekir; *a* açısı böylece 180°'den daha az değişecektir. *a*

açısının her 180°'lik artışı için aynı süre gerektiği için, Güneş *BΓ*'dan *GΓ*'ya giderken geçen süre, *GI*'dan *BΓ*'ya geri dönerken geçen süreden daha uzun olacaktır. O halde, denge noktası *A*'dan bakıldığında Güneş'in hızı düzensizdir; kış gündönümü yakınlarında en yüksek, yaz gündönümü yakınlarındaysa en düşük hızla yol almaktadır.

Denge noktasını tanımlayan özellik budur. Bir taşıyıcı çemberin ya da başka bir gezegen çemberinin dönüş hızının kendi geometrik merkezine göre değil de bu merkezden kaydırılan bir denge noktasına göre sabit olması gerekir. Taşıyıcı çemberin geometrik merkezinden gözlendiğinde, gezegen düzensiz bir hızla devinir, sallanır gibi görünür. Bu sallanma Kopernik'e denge noktasının astronomide meşru bir araç olarak kullanılamayacağı hissini veriyordu. Kopernik'e göre dönüşün görünüşteki bu düzensizliği, dış tekerleme eğrileri, taşıyıcı çemberler ve dış merkezliler sistemini oldukça akla yakın ve çekici kılan düzenli çember simetrisinin ihlaliydi. Denge noktasının genellikle dış merkezlilere uygulandığı ve buna benzer gereçlerin bazen dış tekerleme eğrisini de sallandırdığı düşünülecek olursa, Kopernik'in Batlamyus astronomisinin bu yönünü ne kadar biçimsiz bulmuş olabileceği kolayca anlaşılabilecektir.

Önceki sayfalarda kısaca incelediğimiz bu matematiksel gereçlerin tümü bir çırpıda geliştirilmemişti; bunların tümü Batlamyus tarafından da geliştirilmemişti. MÖ üçüncü yüzyılda Apollonios, büyük dış tekerleme eğrilerini de (Şekil 19*a*), merkezleri devinen dış merkezlileri de (Şekil 24*b*) biliyordu. Bir sonraki yüzyılda da Hipparkhos, astronomi cephaneliğine küçük dış tekerleme eğrilerini ve daha genel bir dış merkezliler ku-

ramını (Şekil 24*b*) ekledi. Hipparkhos ayrıca bu gereçleri bir arada kullanarak Güneş ile Ay'ın devinimlerindeki düzensizliklere nicel bakımdan uygun olan ilk açıklamayı getirdi. Batlamyus'un kendisi de bunlara denge noktasını ekledi. Batlamyus ile Kopernik arasındaki on üç yüzyıllık dönemde ise ilkin Müslüman, sonraları da Avrupalı astronomlar başka gezegen düzensizliklerini açıklamak amacıyla – aralarında bir dış tekerleme eğrisi üzerindeki bir dış tekerleme eğrisi (Şekil 23*a*) ve bir dış merkezli üzerindeki bir dış merkezli de (Şekil 24*c*) bulunan – farklı çember bileşimleri kullandılar.



Şekil 25. Denge noktası (ekuant). Güneş, *G*, dünya merkezli çember üzerindedir; ancak *a* açısındaki değişimin zamana göre sabit olması koşuluna bağlı olarak düzensiz bir hızla yol alır.

Buna karşın Batlamyus'un katkısı gerçekten çok önemlidir; gezegenler sorununu çözümleyen bu teknik de onun adıyla anılmaktadır; bunun nedeni, özel bir

çember bileşimi takımını, yalnızca Güneş ile Ay'ın devinimlerini değil, tüm yedi gezegenin devinimlerinde gözlenen tüm nicel düzenlilikleri ve düzensizlikleri açıklamak amacıyla ilk kez bir araya getiren kişinin Batlamyus olmasıdır. Batlamyus'un eskiçağ astronomisinin en önemli kazanımlarının bir özetini sunan yapıtı *el-Mecisti* (Büyük Bileşim), gökteki tüm devinimleri *eksiksiz*, *ayrıntılı* ve *nicel* bir biçimde açıklayan ilk sistematik matematik yapıtıydı. Elde ettiği sonuçlar o kadar iyi, kullandığı yöntemler o kadar güçlüydü ki Batlamyus'un ölümünden sonra gezegenler sorununun görünümü değişti. Batlamyus'un ardılları, gezegen kuramını daha hassas ve daha yalın bir duruma getirmek için dış tekerleme eğrilerine dış tekerleme eğrileri, dış merkezlilere dış merkezliler ekleyerek temeldeki Batlamyus tekniğinin yeteneklerini sonuna kadar kullandılar. Ancak; bu teknikte kökten değişiklikler yapmaya çok ender olarak giriştiler; hatta bunu hiç yapmadılar. Gezegenler sorunu yalnızca bir tasarım sorununa, eldeki öğelerin yeniden düzenlenmesi yoluyla çözümlenmeye çalışılacak bir soruna dönüşmüştü. Gezegen devinimlerini en yalın ve en hassas bir biçimde açıklayacak olan bileşim hangisi, hangi taşıyıcı çember, dış merkezli, denge noktası ve dış tekerleme eğrisi bileşimiydi?

Bu sorunu, Hipparkhos, Batlamyus ve ardıllarının önerdikleri nicel çözümleri kendi başlarına ele alarak daha ayrıntılı inceleme olanağımız yok. Nicel sistemler bütün olarak matematiksel açıdan çok karmaşıktır. Batlamyus'un *el-Mecisti*'sinin büyük bölümü nicel matematiksel cetvellerden, şekillerden, formüllerden, uzun örnekli hesaplama kanıtlarından ve sayısız gözlem listesinden oluşmuştur. Kopernik'i gezegenler sorunu için

yeni bir yaklaşımı aramaya iten sorunların ve onun yeni sistemiyle elde ettiğini öne sürdüğü üstünlüklerin tümü nicel kuramın bu çapraşık yapısının içindedir. Yapıtı sonunda bu sistemi yıkmış olsa da Kopernik'in kendisi iki küreli evreni hedef almamış; ardılları vazgeçmiş olsa da dış tekerleme eğrilerini ve dış merkezlileri kullanmaktan vazgeçmemiştir. Kopernik'in açıkça hedef aldığı ve astronomide devrime yol açan şeyler, Batlamyus'un ve ardıllarının karmaşık matematik sistemlerinde cisim bulan, denge noktaları gibi pek önemli görünmeyen kimi matematiksel ayrıntılardı. Kopernik ile eskiçağ astronomlarını ilk olarak karşı karşıya getiren, bu kısımda kısaca anlattıklarımıza benzer teknik inceliklerdi.

Bilimsel İnancın Anatomisi

Ayrıntıları, esnekliği, karmaşıklığı ve gücü bakımından, önceki iki kısımda kısaca anlatılan dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember tekniğinin, bilim tarihinde çok yakın zamanlara değin hiçbir benzeri yoktur. Bileşik çemberler sistemi, en gelişmiş biçimiyle baş döndürücü bir yapıt olarak ortaya çıktı. *Ancak, hiçbir zaman* eksiksiz *bir çözüm olamadı*. Başlangıçta Apollonios'un kavramsal yaklaşımı başlıca gezegen düzensizliklerine – gerilemeye, parlaklık değişimine, tutulum çevresinde birbirini izleyen dönüşlerde geçen süreler arasındaki farklara – bir çözüm getiriyor ve bunu kolayca, bir çırpıda yapıyordu. Ancak, bu kavramsal yaklaşım aynı zamanda bu düzensizliklerin dışında kalan kimi ikincil düzensizlikleri de ortaya çıkardı. Bunların bazıları, Hipparkhos'un geliştirdiği daha ayrıntılı bir bileşik çemberler sistemiyle açıklandı; ancak kuram hâlâ gözlem sonuçlarına tam

olarak uymuyordu. Batlamyus'un taşıyıcı çemberler, dış merkezliler, dış tekerleme eğrileri ve denge noktalarından oluşan karmaşık bileşimi bile kuram ve gözlemi tam olarak bağdaştıramadı; üstelik Batlamyus'un bileşimi bu sistemlerin ne en karmaşığı, ne de son biçimiydi. Batlamyus'un ilkin İslam dünyasındaki, sonraları da ortaçağ Avrupa'sındaki pek çok ardılı, sorunu onun bırakmış olduğu yerden devralarak onun elinden kaçan çözümü boşuna aradılar. Kopernik hâlâ aynı sorunla boğuşuyordu.

Batlamyus sisteminin, Batlamyus'un kendisinin *el-Mecisti*'de ortaya koyduğunun dışında pek çok farklı biçimi vardır; bunlardan bazıları da gezegen konumlarını kestirmede dikkate değer bir kesinliğe ulaşmıştır. Ancak kesinliğe hep karmaşıklık – yeni küçük dış tekerleme eğrilerinin ya da benzeri araçların eklenmesi – pahasına ulaşılmış, karmaşıklaşma da gezegen devinimi için yalnızca daha yaklaşık kestirme olanağı sağlamıştır; mutlak kesinlik değil. Sistemin hiçbir biçimi sonradan yapılan hassas gözlemlerle sınandığında pek başarılı olamamış, bu başarısızlık da iki küreli evrenin daha ilkel biçimlerini oldukça ikna edici kılmış olan kavramsal ekonominin tümden yitmesiyle birlikte, sonunda Kopernik Devrimine götürmüştür.

Ancak devrime çok uzun bir zaman vardı. Neredeyse 1800 yıl boyunca, Apollonios ile Hipparkhos'un çağından Kopernik'e kadar, Dünya merkezli bir evren içindeki bileşik çembersel yörüngeler kavramı gezegenler sorununa çözüm arayan bütün ileri teknik girişimlerde hep yönlendirici olmuştu; Kopernik'in girişiminden önce bunun pek çok örneği vardı. Pek önemli olmasa da fark edilecek ölçüdeki belirsizliklerine ve (1. Bölüm'de

anlatılan önceki iki küreli evren modelinin tersine) ekonomik olmamasına karşın, gelişmiş Batlamyus sistemi çok uzun bir süre yürürlükte kaldı. Bu görkemli ancak açıkça kusurlu olan sistemin bu kadar uzun yaşamış olması, birbiriyle yakından ilişkili iki soruyu akla getirir: İki küreli evren modeli ve ona bağlı dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember kuramı astronomların imgelemini nasıl olup da böylesine derinden etkilemişti? Geleneksel yaklaşımın geleneksel bir sorunu ele alışındaki bu psikolojik etki daha sonra nasıl olup da ortadan kalktı? Bu soruları daha dolaysızca soracak olursak: Kopernik Devrimi niçin bu kadar gecikti? Nasıl oldu da böyle bir devrim olabildi?

Bunlar belli fikirlerin tarihine ilişkin sorulardır; tarihsel açıdan bunlara aşağıda belli bir yer ayıracağız. Ancak daha genel olarak bu sorular kavramsal taslakların doğalarıyla, yapılarıyla ve bir kavramsal taslağın bir diğerinin yerine geçme süreciyle de ilgilidirler. Bu nedenle bu sorulara ilk olarak, birinci bölümün sondan bir önceki kısmında karşılaştığımız soyut mantıksal ve psikolojik kategorileri kısaca hatırlayarak yaklaşmak aydınlatıcı olacaktır. Orada bir kavramsal taslağın işlevlerini incelemiştik: Şimdi, erken dönem iki küreli evren modeli gibi aksamadan işlev gören bir taslağın yerine başka bir taslağın nasıl geçebildiğini soralım. Önce bu durumdaki mantığı inceleyelim.

Mantıksal olarak her zaman *verilmiş* herhangi bir gözlem listesini düzene sokabilecek pek çok kavramsal taslak seçeneği vardır; ancak bu seçenekler birbirlerinden listede bulunmayan görüngülere ilişkin olarak yaptıkları tahminler konusunda ayrılırlar. Çıplak gözle yapılan yıldız ve Güneş gözlemlerine Kopernik'çi ve

Newton'cu sistemlerin her ikisi de iki küreli sistem kadar yeterli bir açıklama getireceklerdir; bunu Herakleides'in sistemi de yapacaktır; Kopernik'in ardılı Tycho Brahe'nin geliştirdiği sistem de; kuramsal açıdan, bunların dışında sayısız başka seçenek de vardır. Ancak, bu seçeneklerin uzlaştıkları gözlemler zaten yapılmış olanlardır. Bunlar tüm olası gözlemlere aynı açıklamaları getirmezler. Örneğin Kopernik sistemi, yıldızların yıllık olarak görünüşte bir devinimlerinin olacağına ilişkin tahminiyle, yıldızlar küresi için çok daha büyük bir çap gerektirmesiyle ve (Kopernik için geçerli olmasa da) gezegenler sorununa yeni bir çözüm önermesiyle iki küreli evren modelinden ayrılır. Bilimci, sistemine *bilinmeyenin* araştırılması için verimli bir yol gösterici olarak güven duymadan önce, işte bunlara benzer farklar nedeniyle (bunların yanında pek çok başka fark da vardır) inanıyor olmalıdır. Değişik seçeneklerden yalnızca birinin gerçeği temsil edebileceği *usa uygundur;* yeni bilgi alanını keşfe çıkan bilimcinin bu seçeneği ya da ona en yakın olanını seçmiş olduğundan kuşku duymaması gerekir. Ancak, bilimci belli bir seçeneğe bu biçimde bağlanmanın karşılığında bir bedel öder: Hata yapabilir. Kuramıyla bağdaşmayan tek bir gözlem başından beri yanlış kuramı izlemiş olduğunu kanıtlayacaktır. Bu durumda kavramsal taslağını bir yana bırakıp değiştirmesi gerekir.

Bir bilimsel devrimin mantıksal yapısı ana hatlarıyla böyledir. Ekonomik, verimli ve kozmolojik anlamda doyurucu olduğu için inanılan bir kavramsal taslak, sonunda gözlemle bağdaşmayan sonuçlara yol açabilir; bu durumda ona inanmaktan vazgeçilmeli ve yeni bir kuram benimsenmelidir; bundan sonra süreç yeniden

başlar. Her devrimin temelinde gözlemle kuramın uyuşmazlığı yattığı için, ana hatlarıyla anlatılan bu süreç yararlı bir çerçeve sunar. Ancak, tarihsel olarak devrim süreci hiçbir zaman bu mantıksal çerçevenin gösterdiği kadar basit olmamıştır; olamaz da. Şimdiden ortaya çıkarmaya başladığımız gibi, gözlem hiçbir zaman belli bir kavramsal taslakla *mutlak anlamda* bağdaşmaz değildir.

Kopernik'e göre gezegenlerin davranışları iki küreli evrenle bağdaşmıyordu; öncellerinin Batlamyus sistemine daha çok sayıda çember eklemekle bu sistemi zorlayarak gözlemlere uydurmak için yamalayıp esnettiklerini hissediyor, böyle bir yamalama ve esnetme zorunluluğunun temelden yeni bir yaklaşıma gerek duyulduğunu açıkça kanıtladığına inanıyordu. Ancak Kopernik'in, tam olarak aynı araçları, aynı gözlemleri kullanan öncelleri aynı durumu tümüyle farklı bir biçimde değerlendirmişlerdi. Kopernik'in esnetme ve yamalama olarak gördüğü şey, öncelleri için doğal bir uyarlama ve büyütme süreciydi; bu daha önceleri, Güneş'in devinimini başlangıçta Dünya ve yıldızlar için tasarlanmış olan iki küreli bir evrene bağlarken yaşanan sürece çok benziyordu. Kopernik'in öncelleri sistemin sonunda işe yarayacak bir duruma getirilebileceğinden pek kuşku duymuyorlardı.

Kısacası, bilimciler bir kavramsal taslağı, bu taslak gözlemle uzlaştırılamaz bir çatışma içindeymiş gibi göründüğünde gerçekten terk etseler de, mantıksal bağdaşmazlık üzerinde durmak çok önemli bir sorunu fark etmemizi engeller. Görünüşte geçici olan bir uyuşmazlığı kaçınılmaz bir çatışmaya dönüştüren şey nedir? Bir kuşağın hayranlıkla, ustalıklı, esnek ve karmaşık olarak

tanımladığı bir kavramsal taslak sonraki bir kuşak için nasıl yalnızca anlaşılmaz, muğlak ve hantal olabilir? Bilimciler kuramlara çelişkilerine rağmen niçin tutunurlar, tutundukları kuramlardan niçin vazgeçerler? Bunlar, bilimsel inancın anatomisine ilişkin sorunlardır. Sahneyi Kopernik Devrimine hazırlayacak olan gelecek iki bölüm öncelikle bu sorunlarla ilgili olacak.

Ancak bizim acil sorunumuz, eskiçağ astronomik araştırma geleneğinin insanların zihinlerinde kurduğu egemenliği çözümlemektir. Bu gelenek zihinlerde ne kadar derin izler bırakmıştı ki astronomik imgelemi böyle biçimlendirmiş, araştırmada kullanılan kavramları sınırlamış, belli yenilikleri tasarlamayı güç, onları benimsemeyi ise daha da güç kılmıştı? Şimdiye kadar bu sorunun özellikle astronomik yönleriyle, en azından örtük olarak ilgilendik. Hem iki küreli evren modeli hem de onunla birleşen dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember tekniği başta çok ekonomik ve verimliydi; bunların ilk başarıları yaklaşımın temel geçerliliğini sağlama alır gibi görünüyordu; matematiksel tahminleri gözlemle uyumlu kılmak için yalnızca küçük değişiklikler gerekeceğinden kuşku duyulmuyordu. Böyle bir kanının etkisinin önüne geçmek güçtür; özellikle de bunu ardıllarına öğreterek ve yazarak aktaran bütün bir astronomlar kuşağının uygulamalarında bir kez somutlaştığında. Bu durum bilimsel düşünceler dünyasında kazanan tarafa geçme tutumudur (band-wagon effect).

Ancak kazanan tarafa geçme tutumu, astronomik geleneğin gücünün tam açıklaması değildir; bu açıklamayı tamamlayabilmek için, bir süre için astronomik sorunlardan tümüyle uzaklaşacağız. İki küreli evren, astronomide olduğu kadar astronomi dışındaki sorunla-

rın çözümünde de sonuca ulaştıran bir yol gösterici oldu. MÖ dördüncü yüzyılın sonlarında yalnızca gezegenler sorununa değil, yaprağın düşüşü, okun uçuşu gibi yeryüzüne ilişkin sorunlara, insanın tanrıları ile ilişkisi gibi tinsel sorunlara da uygulanmıştı. Eğer iki küreli evren, özellikle de merkezdeki sabit bir dünya görüşü daha sonra tüm astronomik araştırmalarda kuşku duyulmayan bir başlangıç noktası gibi görüldüyse, bunun başta gelen nedeni artık astronomların iki küreli evreni fiziği ve dini de altüst etmeksizin yıkamayacak olmalarıydı. Temel astronomik kavramlar çok daha kapsamlı bir düşünce dokusunun içindeki öğeler durumuna gelmişti; astronomi dışı öğelerse astronomların imgelemini belirlemekte astronomik öğeler kadar önemli olabiliyordu. Bu nedenle, Kopernik Devriminin öyküsü yalnızca astronomlara ve göğe ilişkin bir öykü değildir.

3
Aristotelesçi Düşüncede İki Küreli Evren

Aristoteles Evreni

Astronomik ve astronomi dışı kavramların tutarlı tek bir kavramsal doku oluşturduğu eskiçağ dünya görüşünü incelemek için kronolojik sırayı tersine çevirmemiz ve bir süreliğine MÖ dördüncü yüzyılın ortalarına dönmemiz gerekiyor. Gezegenler sorununa teknik açıdan ileri bir eleştirel yaklaşım bu dönemde daha yeni ortaya çıkmaya başlamışken, gezegenlerle ilgilenen astronomların matematiksel araştırmalarını yönlendiren ayrıu iki küreli kozmoloji şimdiden önemli astronomi dışı işlevler edinmişti bile. Bunların birçoğu büyük Yunan düşünürü ve bilimcisi Aristoteles'in (MÖ 384-322), etkisi sınırsız görüşleriyle daha sonraları ortaçağ kozmolojik düşüncesinin büyük bir bölümüne, Rönesans'taki kozmolojik düşüncenin ise önemli bir bölümüne başlangıç

noktası oluşturan hacimli çalışmalarından ortaya çıkarılabilir.

Aristoteles'in bize ancak eksik ve birçok düzeltiyle ulaşan yazıları, günümüzde fizik, kimya, astronomi, biyoloji ve tıp olarak adlandırılan bilim konularıyla olduğu kadar, mantık, metafizik, politika, retorik, yazın eleştirisi gibi bilimdışı alanlarla da ilgilidir. Aristoteles bunların her birine, özellikle de biyoloji, mantık ve metafiziğe bütünüyle kendine özgü yeni fikirlerle katkıda bulundu; ancak eserlerinde dağınık bir biçimde bulunan sayısız önemli katkısından daha da önemli olan, bilgiyi sistemli ve tutarlı bir bütün içinde düzenlemesiydi. Tam anlamıyla başarılı değildi; Aristoteles'in yazılarında tutarsızlıklar, kimi yerlerde de çelişmeler bulmak zor değildir. Ancak Aristoteles'in insana ve evrene bakışının temelinde, o dönemden bugüne kadar kendisininkiyle karşılaştırılabilecek kapsam ve özgünlükteki sentezlerin asla erişemedikleri bir bütünlük vardır. Yazılarının etkisinin böylesine sınırsız oluşunun nedenlerinden biri budur; diğer nedenleri de bu bölümün sonunda irdeleyeceğiz. Ancak, ilk olarak Aristoteles evreninin yapısını kısaca betimlememiz, ardından da Aristoteles düşüncesinde yer ve gökkürelerine yüklenen işlevleri biraz daha ayrıntılı bir biçimde tartışmamız gerekiyor.

Aristoteles'e göre, yıldızlar küresi, daha doğrusu bu kürenin dış yüzeyi tüm evreni kapsıyordu. Kürenin içindeki her noktada bir tür madde vardı; Aristoteles evreninde hiçbir oyuk ya da boşluk olamazdı. Kürenin dışında hiçbir şey yoktu; hiçbir madde, hiçbir boşluk, hiçbir şey. Aristoteles biliminde madde ve uzay birbirinden ayrılmaz; aynı görüngünün iki yönüdürler; boşluk kav-

ramı denen şey saçmadır. İşte Aristoteles evrenin sonlu büyüklüğünü ve tekliğini açıklamanın üstesinden böyle gelir. Madde ve uzay birlikte sona ereceklerdir; insanın evreni sınırlamak için bir duvar tasarlayıp sonra da bu duvarı neyin sınırladığını sorması gereksizdir. Aristoteles bunu *Gökyüzü Üzerine* adlı kitabında şöyle dile getirir:

> Öyleyse, gögün ötesinde herhangi bir cisimsel kütle olmadığı, buna olguların olanak vermediği de ortadadır. Dünya, bütünlüğü içinde, eldeki maddenin tam toplamından oluşur... ve şimdi birden dünya olmadığı, hiçbir zaman olmamış olduğu ve olamayacağı sonucuna varabiliriz. Bu dünya tek, bir başına ve bütündür. Ayrıca, ... göğün ardında ne yer, ne de boşluk olmadığı da açıktır; çünkü bütün yerlerde kütlenin varlığı olanaklıdır; boşluğun tanımı (da), şimdi cisim içermiyor olsa bile, içerebilen şeydir. ...[1]

Birinci bölümde bir kısmı kısaca betimlenen Platon'un evreni gibi, Aristoteles'in evreni de hiçbir şeyi dışında bırakmayan, kendisi için gerekli tüm unsurları içeren ve kendine yeten özellikteydi. Ancak Aristoteles, evrenin içini Platon'dan çok daha ayrıntılı bir biçimde seçip ele alır. Bu iç bölümün çok büyük bir kısmı tek bir elementle, esirle (eter) doludur; esir eşmerkezli olacak biçimde birbirinin içinde yuvalanan kabuklarla bağlanarak, yüzeyleri yıldızlar küresinin dışı ile bu eşmerkezli kürenin en alt gezegenini, yani Ay'ı taşıyan kürenin iç yüzeyi olan devasa boş bir küre oluşturmaktadır. Esir göklerin elementidir, – ardılları katı olup olmadığını sıkça sorgulamış olsalar da – Aristoteles'in yazılarında katı kristaldir. Dünya üzerinde bilinen tözlerden farklı olarak, saf ve değişmez, saydam ve ağırlıksızdır. Dönüşle-

riyle göksel devinimlerin nedeninin açıklandığı ortak merkezli küresel kabuklardan oluşan yuva gibi gezegenler ve yıldızlar da bu tözden yapılmıştır.

Aristoteles ile Kopernik dönemleri arasında, gökleri devindiren bu kürelerin biçimi ve fiziksel gerçekliği konusunda bir dizi farklı görüş etkili olmuştur. Bunların arasında Aristoteles'in görüşü tümünün en ayrıntılısı ve en açık olanıydı. Aristoteles esirden yapılmış tam olarak elli beş gerçek kristal kabuk bulunduğuna ve bu kabukların fiziksel bir düzenekte, Eudoksos ve ardılı Kallippos'un geliştirdiği tek merkezli kürelerden oluşan matematiksel bir sistemde somutlaştığına inandı. Aristoteles, daha önceki matematikçilerin kullandığı kürelerin sayısını yaklaşık olarak iki katına çıkarıyordu; ancak eklediği küreler matematik açıdan gereksizdi. Bunların işlevi, tüm ortak merkezli kabuk dizisini döner durumda tutmak için gerekli mekanik bağlantıları sağlamaktı; bunlar kürelerden oluşan yuvayı yıldızlar küresinden işletilen devasa bir göksel saat makinesine dönüştürüyordu. Evren dolu olduğu için, tüm küreler birbirlerine değiyor ve kürelerin art arda diğerlerine sürtünmesi tüm sistemin işlemesini sağlıyordu. Yıldızlar küresi en yakın iç komşusunu, Satürn'ü devindiren tek merkezli yedi kabuktan en dıştakini devindirmekteydi. Bu kabuk da Satürn takımındaki bir sonraki iç komşusunu işletmekte ve bu, devinim sonunda Ay'ı taşıyan takım içindeki en alt kabuğa aktarılıncaya değin sürmekteydi. Bu son kabuk, esirden yapılmış kabukların en içte olanı, göksel ya da Ay-üstü bölgenin alt sınırıydı.

Matematiksel astronominin gerekleri açısından tek merkezli kürelerin yerine geçen dış tekerleme eğrileri ve taşıyıcı çemberler takımı, Aristoteles'in önerdiği türden

kristal kürelere pek iyi uymuyordu. Bunun sonucu olarak, MÖ dördüncü yüzyıldan sonra dış tekerleme eğrisi devinimlerine *mekanik* bir açıklama bulma çabası genellikle önemsenmedi; kristal kürelerin gerçekten var olup olmadıkları da ancak rastlantısal olarak sorgulanır oldu. Örneğin, Batlamyus'un bunlara inanıp inanmadığı *el-Mecisti*'de açık değildir. Ancak, öyle görünüyor ki Batlamyus ile Kopernik arasındaki dönemde astronomların da dahil olduğu çok sayıda eğitimli insan, en azından Aristoteles kürelerinin özgün olmayan bir yorumuna inanmıştır. Yıldızlar için bir, her gezegen için de bir küresel kabuk olduğunu düşünüyorlar; her bir kabuğun da, tam olarak gezegen merkezdeki Dünya'ya en yakın durumda olduğunda kabuğun iç yüzeyinde, Dünya'dan en uzak durumda olduğunda ise dış yüzeyinde olmasına yetecek kalınlıkta olduğunu varsayıyorlardı. Tüm gök bölgesini doldurmak için bu sekiz küre yuva biçiminde birbirinin içine geçiyordu. Yıldızlar küresinin devinimi, yıldızların çizdiği günlük çemberlere kesin bir açıklama getiriyordu. Yedi gezegen küresinin sürekli dönmesi ortalama devinimi açıklıyordu; ancak, yalnızca gezegenlerin ortalama devinimini. Gezegen devinimlerinin düzensizliklerini bilmeyen ya da buna dikkat etmeyenler, kalın küreleri sözel anlamıyla kabul edebiliyorlardı: Her gezegen kendi küresi içinde sabitti ve kendi küresiyle döndürülüyordu. Gezegen astronomları her gezegenin kendi kalın küresel kabuğu içindeki deviniminin nedenini açıklamak için dış tekerleme eğrilerini, taşıyıcı çemberleri, denge noktalarını (ekuant) ve dış merkezlileri (eksantrik) kullandılar. Onlara göre genellikle bu kabuklar, en azından metafor anlamında gerçekti; ancak bu astronomlar gezegenlerin kendi küreleri içindeki

devinimlerine fiziksel bir açıklama getirmek konusunda nadiren sıkıntıya girdiler.

Aristoteles'in ölümünden sonraki beş yüzyıl ya da daha fazla bir süre sonra, bu kalın, yuva biçiminde iç içe geçmiş küresel kabuklar görüşü Batlamyus sonrası astronomiye önemli bir teknik bileşen kattı. Astronomların her bir gezegen küresinin ve buna bağlı olarak da bir bütün olarak evrenin gerçek boyutunu hesaplamalarına olanak tanıdı. Gezegenin yıldızlar arasındaki devinimine ilişkin gözlemler astronoma yalnızca gezegenin dış tekerleme eğrisinin ve taşıyıcı çemberinin *göreli boyutlarını* ya da gezegenin dış merkezliliğinin *göreli değerini* belirleme olanağı verir. Dış tekerleme eğrisi, taşıyıcı çember ve dış merkezlinin göreli boyutları sabit kalmak koşuluyla, bir gezegenin bileşik çemberler sistemini büzmek ya da genişletmekle gezegenin tutulum karşısında bulunduğu konumu değişmez. Ancak, her küresel kabuğun, gezegeni Dünya'ya en yakın ve Dünya'dan en uzakta olduğunda içinde tutacak kadar kalın olması gerekiyorsa, dış tekerleme eğrisi, taşıyıcı çember ve diğerlerinin görece boyutları konusundaki bilgi, her kürenin iç ve dış çaplarının birbirine oranını belirlemeye yeter. Dahası, kürelerin tüm gök bölgesini dolduracak biçimde birbirinin içine geçmesi gerekiyorsa, kürelerden birinin dış çapı bir sonrakinin iç çapına eşit olacaktır; böylece tüm kabuklar arası sınırlara uzaklıkların oranı hesaplanabilir. Son olarak, bu göreli boyutlar, Teknik Ek'in dördüncü kısmında irdelediğimiz teknikle, Ay küresinin MÖ ikinci yüzyılda belirlenmiş olan uzaklığından yararlanılarak mutlak uzaklıklara dönüştürülebilir.

Astronomi yazınında, gezegenin dış tekerleme eğrileri ve diğer çemberlerinden oluşan takımları barındır-

maya tam olarak yetecek büyüklükte kürelerin uzayı doldurduğu düşüncesine dayanan boyut tahminleri, ilk gezegen astronomlarının bu türden kürelerin gerçekliğine kuşkuyla yaklaşmalarından olsa gerek, Batlamyus'un ölümünden sonraki döneme değin görülmez. Ancak, MS beşinci yüzyıldan sonra, bu tür tahminler oldukça yaygınlaşmış ve bir kez daha tüm kozmolojinin gerçek gibi görünmesine yardımcı olmuştur. Yaygın olarak bilinen kozmolojik boyut listelerinden biri, MS dokuzuncu yüzyılda yaşamış olan Arap astronom El Fergani tarafından hazırlanmış olanıdır. El Fergani'nin hesabına göre, Ay küresinin dış yüzeyi evrenin merkezinden $64\frac{1}{6}$ Dünya yarıçapı, Merkür'ün küresinin dış yüzeyi merkezden 167 Dünya yarıçapı; Venüs'ünki 1120, Güneş'inki 1220, Mars'ınki 8867, Jüpiter'inki 14405, Satürn'ünki de 20110 Dünya yarıçapı kadar uzaklıktaydı. El Fergani Dünya'nın yarıçapını 3250 Roma mili olarak verdiğinden, yıldızlar küresini Dünya'dan 75 milyon milden fazla bir uzaklığa yerleştiriyordu. Bu, çok büyük bir uzaklık olsa da modern kurama göre en yakın yıldızın uzaklığından yaklaşık olarak bir milyon kat küçüktür.

El Fergani'nin ölçümlerine göz atıldığında, yer bölgesinin, yani Ay küresinin alt kenarı altındaki uzayın, evrenin çok küçük bir bölümü olduğu görülür. Uzayın büyük bölümü göklerdir; maddenin çoğu kristal kürelerin esiridir. Ancak, Ay-altı bölgenin boyutunun küçük olması onu önemsiz kılmaz. Daha Aristoteles'in yorumuna, çok daha belirgin olarak da Aristoteles kozmolojisinin ortaçağ Hıristiyan dünyasındaki revizyonuna göre, evrenin bu ufacık merkez çekirdeği, geriye kalan her şeyin kendisi için yaratılmış olduğu çekirdektir. Burası

insanın yaşadığı yerdir ve yapısı, üstündeki göksel bölgenin yapısından çok farklıdır.

Ay-altı bölge tek elementle değil, dört (ya da sonraki yazarlara göre daha az sayıda) elementle doludur ve bu dört Ay-altı elementin dağılımı, kuramsal olarak basit olsa da gerçekte son derece karmaşıktır. Aşağıda inceleyeceğimiz Aristoteles devinim yasalarına göre elementler, üzerilerinde herhangi bir dış itme ya da çekme olmaması durumunda, kendilerini çevreleyen beşinci element, esir küreleri gibi, ortak merkezli dört kürelik bir dizi halinde sıralanacaktı. Ağır element toprak, doğal olarak evrenin geometrik merkezindeki bir küreye gidecekti. Yine ağır olan, ancak toprak kadar ağır olmayan su, topraktan oluşan merkezi bölge çevresindeki bir küresel kabuğa yerleşecekti. En hafif element olan ateş ise Ay küresinin hemen altındaki kabuğunu oluşturmak üzere kendiliğinden yükselecekti. Yine, hafif bir element olan hava, su ve ateş arasında kalan kabuğu doldurarak yapıyı tamamlayacaktı. Bu konumlara gelen elementler, bütünüyle saf elementler olarak yerlerinde duracaklardı. Kendi haline bırakılan, dış kuvvetlerin bozmadığı Ay-altı bölge durağan bir bölge olacak, yapısı gökkürelerinin yapısını yansıtacaktı.

Ancak, Ay-altı bölge hiçbir zaman dingin değildir. Bu bölge devinen Ay küresiyle sınırlanmıştır; bu sınırın devinimi alttaki ateş katmanını sürekli olarak iter; tüm Ay-altı bölge boyunca elementleri birbirine sürtündürerek karıştıran akıntılar oluşturur. Bu nedenle, elementler kendi saf biçimlerinde hiçbir zaman gözlenemezler. Doğrudan Ay küresinden, kökeni bakımındansa yıldızlar küresinden türeyen sürekli itme zinciri, elementleri çeşitli ve değişken oranlarda birbirine karışmış bir du-

rumda tutar. Yine de, kabukların yapısı aşağı yukarı bellidir; bir bölgeye özgü element o bölgede baskındır. Ancak her element diğerlerinden en azından izler içerir; bunlar karışımın oranına göre elementin özelliğini dönüştürür, yeryüzünde bulunabilecek tüm değişik tözleri ortaya çıkarırlar. Bu nedenle, Ay-altı dünyada gözlenen tüm değişimler ve hemen bütün çeşitlilik göklerin devinimlerinden kaynaklanır.

Kopernik öncesi astronomi geleneğinin gücünü, kapsamı ve yeterliliği şimdiye kadar verdiğimiz kısa betimlemeyle pek de iyi gösterilemeyen bu Aristoteles evreninde aramamız gerekiyor. Batlamyus sisteminin karşı karşıya kalmış olduğu ciddi sıkıntılara rağmen, astronomlar niçin bu denli uzun bir süre boyunca Dünya'nın, evrenin ve en azından ortalama gezegen yörüngelerinin sabit merkezi olması gerektiğini düşünmeye devam etmişlerdir? Bu soruya verilen tanıdık bir yanıt daha şimdiden ortadadır: Eskiçağın en büyük filozof-bilimcisi olan Aristoteles, Dünya'nın devinimsiz olduğunu açıklamıştı ve sözü ardılları arasında büyük bir ciddiyetle kabul görüyordu; pek çoğunun gözünde Aristoteles "Filozof", bilim ile kozmolojiye ilişkin tüm sorularda temel otoriteydi.

Ancak, Aristoteles'in yetkesi önemli olsa da bu yukarıdaki soruya verilecek yanıtın yalnızca girişidir; çünkü Aristoteles sonraki düşünürlerin ve bilimcilerin yadsımakta hiç de güçlük çekmedikleri pek çok başka şey de söylüyordu. Eskiçağ dünyasında, Aristoteles'in fikirlerinden pek etkilenmediği anlaşılan başka bilimsel ve kozmolojik düşünce okulları da vardı. Aristoteles'in bilimsel konularda baskın bir otorite olduğu ortaçağın sonraki yüzyıllarında bile, bilginler onun öğretisinin birçok

farklı yerinde önemli değişiklikler yapmakta duraksamadılar. Sonraki Aristotelesçilerin onun özgün öğretisi için önerdikleri değişikliklerin listesi neredeyse sınırsızdır ve bu değişikliklerden bazıları hiç de önemsiz değildir. Gelecek bölümde de göreceğimiz gibi, ardıllarının Aristoteles'e yöneltikleri eleştirilerin bazıları Kopernik Devriminin ortaya çıkmasına doğrudan neden olacak bir biçimde etkili olmuştur.

Yine de sonraki hiçbir Aristotelesçi, Dünya'nın bir gezegen olduğu ya da konumunun evrenin merkezinden uzakta olduğu fikrini ortaya atmamıştır. Eşi olmayan merkezi bir Dünya kavramı Aristoteles düşünce dokusu içinde pek çok diğer önemli kavramla iç içe geçtiği için, bunun bir Aristotelesçi için düşünülmesi, kabul edilmesi çok güç bir yenilik olduğu açıktır. Aristoteles evreni üç ya da beş yer elementiyle kurulabildiği gibi, dört elementle de kurulabilir; dış tekerleme eğrileriyle ne kadar iyi kurulabiliyorsa tek merkezli kürelerle de neredeyse o kadar iyi kurulabilir; ancak Dünya'yı bir gezegen yapacak değişikliği kaldıramazdı; kaldıramadı da. Kopernik devinen bir Dünya çevresinde özünde bir Aristotelesçi olan bir evren tasarlamaya çabaladı; ancak başarısız oldu. Ardılları Kopernik'in getirdiği yeniliğin bütün sonuçlarını gördüler ve tüm Aristotelesçi yapı çöktü. Merkezdeki devinimsiz Dünya kavramı, sıkıca dokunmuş tutarlı bir dünya görüşünün önde gelen kurucu kavramlarından biriydi.

Aristotelesçi Devinim Yasaları

Aristoteles'in Ay-altı bölgesinin devinimi konusundaki açıklaması, astronomik ve astronomi dışı düşüncenin

birbirlerinin içine geçmesinin ilk örneklerinden birini oluşturur. Daha önce de belirttiğimiz gibi, Aristoteles, göklerden kaynaklanan dış itme olmadığında, yeryüzü bölgesi elementlerinin her birinin, bu bölgenin kendisi için doğal olan bölümünde devinimsiz kalacağına inanıyordu. Toprak doğal olarak merkezde durur, ateş çevrede vb. Gerçekte elementler ve bu elementlerden oluşan cisimler kendi doğal konumlarından sürekli olarak zorlanırlar. Ancak bu, bir kuvvet uygulanmasını gerektirmektedir; bir element yerinin değiştirilmesine direnç gösterir; yeri değiştirildiğindeyse, kendi doğal bölgesine olanaklı en kısa yoldan yeniden ulaşmaya çabalar. Bir kayayı ya da toprak içeren başka bir yeryüzü maddesini yerinden kaldırırsanız, evrenin geometrik merkezindeki doğal yerine ulaşmaya çabaladığını hissedersiniz. Yine, berrak bir gecede alevlerin, ateşin yeryüzü bölgesinin çevresindeki doğal yerine ulaşmak için çabaladıklarını, yukarıya doğru sıçradıklarını görürsünüz.

Yeryüzündeki devinime getirilen bu Aristotelesçi açıklamanın psikolojik kökenlerini ve gücünü ileride irdeleyeceğiz. Ancak, ilkin, yer fiziğinden gelen bu öğretilerin, astronomun Dünya merkezli evrenine nasıl siper olduğuna dikkat edelim. Aristoteles, *Gökyüzü Üzerine*'deki önemli bir bölümde Dünya'nın küreselliğini, duraganlığını ve merkezi konumunu bu öğretilerden türetir. Biz daha önce bunların astronomik uslamlamalarla türetildiğini görmüştük; buradaysa astronomik değerlendirmelerin nasıl ikincil bir rol oynadığının altını çizelim.

> Parçalarının devinimi gibi, bir bütün olarak Dünya'nın doğal devinimi de evrenin merkezine doğrudur: Şimdi mer-

kezde bulunmasının nedeni budur. İkisinin de merkezi aynı nokta olduğuna göre, ağır kütlelerin ya da toprak parçalarının doğal deviniminin bu noktaya hangi biçimde yöneltildiği sorulabilecektir; evrenin merkezi olarak mı, yoksa Dünya'nın merkezi olarak mı? Devinimleri evrenin merkezine doğru olmalıdır. Dünya'nın ve evrenin merkezlerinin aynı olması bir rastlantıdır; çünkü ağır kütleler de Dünya'nın merkezine doğru yönelirler, ama yalnızca rastlantısal olarak, çünkü Dünya'nın merkezi evrenin merkezindedir.

Bu değerlendirmelerden Dünya'nın devinmediği ve herhangi bir yerde değil de merkezde yer aldığı açıktır. Ayrıca, durağanlığının nedeni de tartışmalarımızdan açıklığa kavuşuyor. (Gözlendiği üzere) tüm yönlerden merkeze doğru gitmek toprağın, merkezden dışarı, uç sınıra doğru gitmek de ateşin doğasına içkinse, bir zorlama yoksa toprağın herhangi bir parçasının merkezden uzaklaşması olanaksızdır.

Eğer hiçbir parça merkezden uzağa gidecek biçimde devinemiyorsa, bir bütün olarak Dünya'nın kendisinin hiç böyle devinemeyeceği açıktır; çünkü bütün için doğal olan, parçanın doğal deviniminin yöneldiği yerde olmaktır.

Biçimi küresel olmalıdır. Bunun ne anlama geldiğini kavramak için Dünya'yı oluşma sürecindeyken düşünmemiz gerekir. İlkin, şurası açıktır ki parçalar tüm yönlerden aynı biçimde bir noktaya, merkeze doğru gidiyorsa, sonuçta ortaya çıkan kütlenin bütün yönlerde benzer olması gerekir; çünkü tüm çevreden eşit bir miktar eklenirse, uç sınır merkezden sabit uzaklıkta olmalıdır. Böyle bir biçim küredir. Ancak, Dünya'yı oluşturan parçalar tüm yönlerden merkeze doğru eşit biçimde gitmeseler bile, bu durum uslamlamayı etkilemeyecektir. Her ikisinin eğilimi de merkeze kadar gitmek ise, daha büyük bir parça daha küçüğünü her zaman önünde iter ve daha ağır olanın daha hafif olanı itmesi bu noktaya kadar sürer.

Bir başka kanıt da duyuların tanıklığından gelir. (i) Dünya küresel olmasaydı, Ay tutulmalarında ortaya çıkan halkalı biçim görülmeyecekti. (ii) Yine, yıldız gözlemleri Dünya'nın küresel olduğunu gösterdiği gibi, pek büyük bir

boyutta olmadığını da gösterir; çünkü konumumuz kuzeye ya da güneye doğru küçük bir değişiklik gösterdiğinde ufuk çemberi göze görünür bir ölçüde değişmektedir; öyle ki başımızın üzerindeki yıldızların konumları hatırı sayılır bir biçimde değişir; kuzeye ya da güneye doğru gittiğimizde aynı yıldızları görmeyiz. Mısır'da ve Kıbrıs civarlarında görülen kimi yıldızlar daha kuzeydeki bölgelerde görülmezler; kuzey ülkelerinde sürekli görünen yıldızların, öteki ülkelerde battıkları gözlenir. Bu, hem Dünya'nın küresel olduğunu hem de çevresinin büyük olmadığını gösterir; yoksa bu kadar küçük bir konum değişikliğinin böylesine dolaysız bir etkisi olamazdı. O halde, Herakles Sütunları (Cebelitarık) civarındaki bölgenin Hindistan çevresindeki bölgelerle bağlantılı olduğunu, dolayısıyla denizin de tek olduğunu düşünenler sanki pek de inanılmayacak bir şey önermiyor gibi görünüyorlar.[2]

Buna benzer bölümler, astronomi ve gezegen fiziğinin bağımsız bilimler olmadığını gösteriyor. Biri için yapılan gözlemler ve geliştirilen kuramlar, farkına varılmaksızın diğerinden gelenlerle iç içe geçer. Bu nedenle, gezegenler sorununu çözmekteki güçlük astronomu, devinen bir Dünya görüşüyle *astronomide* bir deneme yapmaya yöneltecek olsa bile, astronom bunu yer fiziğinin kabul edilmiş temelini altüst etmeden yapamaz. Devinen bir Dünya kavramının astronomun aklına gelmesi pek olası değildir; çünkü bu ona, astronomi dışı bilgisinden kaynaklanan nedenlerle olmayacak bir şey gibi görünecektir. Batlamyus ile ardılları, Aristarkhos, Herakleides ve Pythagorasçıların astronomik varsayımları astronomik açıdan doyurucu olsa bile "gülünç"tür derlerken bunu kastediyor gibidirler.

Örneğin, Batlamyus'un *el Megisti*'sinden alınan aşağıdaki bölüme bakalım; burada Batlamyus, Heraklei-

des'in yıldızlar küresinin durağan olduğunu, bu kürenin batı yönünde görülen deviniminin merkezdeki Dünya'nın doğu yönündeki gerçek günlük dönüşüne bağlı olduğunu söyleyen kuramını geçersiz sayar. Batlamyus, Dünya'nın küreselliği ve merkezi konumuna ilişkin olarak, Aristoteles'in yukarıda alıntılanan bölümde sunduklarına çok benzeyen uslamlamalarla başlar ve ardından şöyle sürdürür:

> Kimi düşünürler, yukarıdaki uslamlamalara karşı çıkmak için hiçbir gerekçeleri olmasa da daha akla uygun olduğunu düşündükleri bir taslak uydurdular; akıl yürütme amacıyla göğün devinimsiz olduğunu, Dünya'nın her gün bir ve aynı eksen çevresinde batıdan doğuya doğru yaklaşık bir dönüşü tamamlayacak biçimde döndüğünü kabul ederlerse, kendilerine karşı hiçbir kanıt getirilemeyeceğini düşünüyorlardı....
>
> Ancak, bu kişiler, bu kurama belki de yalnızca yıldızlar dünyasındaki görünümler göz önüne alındığında karşı çıkılamayacağını ..., halbuki bizi ve çevremizi saran havada bulunanları etkileyen (yeryüzü) koşullarıyla değerlendirildiğinde bu tür bir varsayımın tümüyle gülünç görülmesi gerektiğini unutuyorlar. (Eğer Dünya'nın) bu kadar kısa bir zamanda aynı konumuna geri döndüğü böyle muazzam bir dönüşü olsaydı o anda yerde bulunmayan her şeyin Dünya'nınkine sürekli karşı yönde tam olarak aynı devinimi yapar gibi görünmesi gerekirdi; Dünya her zaman önce davranacağı ve doğuya doğru olan devinimlerinin önüne geçeceği için, bulutları, uçan ya da fırlatılan hiçbir şeyi, hiçbir zaman doğuya doğru devinir göremezdik; öyle ki Dünya'nın ardında bırakacağı başka her şey batıya doğru geriliyor gibi görünürdü.[3]

Batlamyus'un uslamlaması, özünde Aristoteles'inkiyle aynıdır; ortaçağda ve Rönesans'ta birçok başka uslamla-

ma da aynı ilkelerden türetilmiştir. Bir cisim, itilmedikçe dosdoğru kendi doğal yerine yönelecek ve orada kalacaktır. Bu doğal yerler ve kütlelerin buralara doğru yol aldığı çizgiler, tümüyle mutlak bir uzayın içsel geometrisi tarafından belirlenmektedir; bu öyle bir uzaydır ki içindeki her konum ve her yön, bu konumda bir şey bulunsa da bulunmasa da kalıcı bir biçimde işaretlenmiştir. Buna göre, Aristoteles'in *Gökyüzü Üzerine*'nin başka bir yerinde söylediği gibi, "Dünya yerinden alınarak Ay'ın şimdi bulunduğu yere götürülmüş olsaydı, parçaları bütüne doğru değil de bu bütünün şimdi bulunduğu yere (merkeze) doğru yol alacakdı."[4] Bir taşın doğal devinimini belirleyen yalnızca uzaydır; diğer cisimlerle bağıntısı değil. Bu nedenle, yukarı doğru, dikey olarak fırlatılan bir taş, uzayda baştan bir kez sabitlenmiş düz bir hat boyunca yukarı gidip geri döner; havada olduğu süre içinde Dünya dönüyorsa, bu taş Dünya'dan fırlatıldığı noktaya dönmez. Aynı nedenle, kendi doğal yerlerinde bulunan bulutlar da Dünya döndükçe geride kalırlardı. Devinen Dünya havayı da kendisiyle birlikte döndürürse, işte ancak o zaman bir bulut ya da taş Dünya'yı izleyebilir; havanın bu devinimi bile taşı Dünya'nın dönüşüne ayak uydurmasına yetecek kadar kuvvetli itemeyecektir.

Kuşkusuz yukarıdaki Aristotelesçi devinim kuramında güçlükler vardır ve bu güçlüklerden bazıları daha sonra Kopernik Devriminde önemli bir rol oynayacaktır. Ancak Aristotelesçi devinim kuramı, tıpkı iki küreli evrenin kendisi gibi, devinimi anlamaya doğru kusursuz bir ilk adımdır ve gerçekten de merkezde sabit bir Dünya'yı gerekli kılar. O halde, Dünya'nın gezegen olduğunu savunacak olanlar yeni bir devinim kuramına gerek

duyacaklardır; yer fiziği bilgisi, ortaçağda böyle bir kuram bulununcaya kadar astronomik imgelemdeki varlığını sürdürecektir.

Aristotelesçi Plenum

Astronomik ve astronomi dışı bilgiler arasındaki karşılıklı uyumlu ilişkilerin astronomun gözlerini bağlamasına ikinci bir örnek, Aristotelesçi dolu bir evren ya da plenum kavramıdır. Bu öncekinden daha da tipik bir örnektir; çünkü burada bilginin farklı kolları arasındaki bağlar, yukarıdaki örnekten sayıca daha çok, fakat daha az bağlayıcıdırlar. Aristotelesçi düşüncenin karmaşık dokusu işte bu noktada ortaya çıkmaya başlar.

Evrenin dolu olduğu yolundaki eskiçağ görüşü genellikle *horror vacui*, doğanın boşluktan nefret etmesiyle dile getirilir. Açıklayıcı bir ilke olarak başka türlü ifade edilecek olursa: Doğa her zaman bir boşluk oluşmasını önleyecek biçimde davranacaktır. Yunanlılar bu ilkeyi büyük çeşitlilik gösteren doğa görüngülerinden türetip, onu yine çeşitli görüngüleri açıklamakta kullandılar. Su, ağzı açık dar boyunlu bir şişeden, şişeye ikinci bir delik açılmazsa akmayacaktır; çünkü, havanın girebileceği ikinci bir delik olmadığında, dışarı çıkan su ardında bir boşluk bırakacaktır. Sifonlar, su saatleri ve pompalar ekonomik bir biçimde aynı temele dayanılarak açıklanıyordu. Bazı eskiçağ düşünürleri *horror vacui*'yi yapışmayı açıklamakta, sıcak hava ve buhar motorları tasarlamakta da kullandılar. İlkenin deneysel temeline karşı çıkılamadı. Yunanlıların hakkında hiçbir şey bilmedikleri aygıtlar olmaksızın, Dünya üzerinde boşluk sayılabilecek durumlar yaratılamazdı. On altıncı

yüzyılda derin ocak madenciliğinin önemli ölçülerde gelişmesiyle birlikte, emmebasma tulumbaların suyu otuz ayaktan daha yükseğe çıkaramayacağı ortaya çıkarılıncaya değin, sözkonusu ilkeyi zorlayacak hiçbir pnömatik görüngü yoktu. *Horror vacui*'yi geçersiz saymak, yığınla yeryüzü olayına getirilen bütünüyle doyurucu bir bilimsel açıklamayı ortadan kaldırmak demekti.

Ancak Aristoteles'e ve çoğu ardılına göre *horror vacui*, yeryüzünde ve yeryüzü yakınında uygulanabilen başarılı bir deneysel ilkeden daha fazla bir şeydi. Aristoteles yalnızca yeryüzünde *gerçekte* hiçbir boşluk bulunmadığını değil, *ilke bakımından* evrenin herhangi bir yerinde hiçbir boşluk olamayacağını kabul ediyordu. Aristoteles'e göre boşluk kavramının kendisi, "kare daire" kavramı gibi, terim tutarsızlığıydı. Herkesin bir "vakum"lu tüp görmüş ya da bir "vakum" pompasından söz edildiğini duymuş olduğu günümüzde, uslamlamalarındaki hataları bulması çoğu zaman güç olsa bile, Aristoteles'in boşluğun olanaksızlığına ilişkin mantıksal kanıtları, kimseyi ikna edemez. Ancak bu uslamlamalar madde ve uzay sorunlarını tartıştığımız sözcüklere içkin olan hakiki bir güçlükten kaynaklandıkları için, şimdi elimizde bulunan deneysel karşı kanıtların yokluğunda ikna edici görünüyorlardı. Uzayın yalnızca cismin kapladığı hacimle tanımlanabileceği açıktır. Maddesel cisim olmadığında, uzayın tanımlanabileceği hiçbir şey yoktur; hiçbir biçimde kendi başına varolamayacağı açıktır. Madde ile uzay ayrılamaz; bir madalyonun iki yüzüdürler. Madde olmaksızın uzay olamaz. Aristoteles'in daha hantal sözcükleriyle dile getirildiğinde, "maddesel tözlerinkinin dışında, boyutsal varlık gibi bir şey yoktur."[5]

Dolu evren kuramı böylece eskiçağ bilimine mantık ve deneyin ortak otoritesiyle giriyor ve çok geçmeden kozmolojik ve astronomik kuramlarının ana bileşeni oluyordu. Örneğin, bu, yıldızlar küresinin deviniminin sürekliliğine getirilen Aristotelesçi açıklamada vardı. Gök ve yer kabuklarından birinin yerini bir boşluk aldığında, bu kabuğun içindeki tüm devinim bitecekti. Doğal yerine dönme dışındaki tüm devinimler kabuğun kabuğa sürtünmesiyle ortaya çıkar; boşluk bu itiş zincirini kıracaktır. Yine, daha önce belirttiğimiz gibi, boşluğun olanaksızlığı evrenin sonlu olmasının temelidir. Yıldızlar küresinin ötesinde ne madde ne de uzay vardır; hiçbir şey yoktur. Aristotelesçi, madde ve uzayı ayrılmazcasına birleştiren bir kavram olmasa, uzayın sonsuzluğunu kabul etmek zorunda kalırdı. Madde boşlukla ya da boşluk maddeyle sınırlanabilirdi; ancak hiçbir sınır, evrenin tümüyle bittiği bir son sınır olamazdı.

Ancak sonsuz bir evrenin Aristotelesçi bir evren olarak kalması iki nedenden dolayı çok zordu. Sonsuz bir uzayın bir merkezi yoktur: Her nokta çevredeki tüm noktalardan eşit uzaklıktadır. Ve eğer bir merkez yoksa, ağır element olan toprağın toplanacağı ayrıcalıklı bir nokta yoktur; kendine özgü yere dönecek bir elementin doğal devinimini belirleyecek olan bir asli "yukarı" ve "aşağı" da yoktur. Aslında, her yer diğerlerine benzediği için, sonsuz bir evrende hiçbir "doğal yer" yoktur. İleride daha kapsamlı olarak göreceğimiz gibi, tüm Aristotelesçi devinim kuramı sonlu ve tümüyle dolu bir uzay kavramına ayrılmaz bir biçimde bağlıdır. İkisi ya birlikte varolur ya da birlikte çökerler.

Uzayın sonsuzluğunun Aristotelesçiye getirdiği güçlükler yalnızca bunlarla da sınırlı değildir. Uzay sonsuz-

sa ve özel bir merkez noktası yoksa, bütün toprağın, suyun, havanın ve ateşin evrende yalnızca tek bir noktada toplanmış olması pek akla yakın sayılmaz. Sonsuz bir evrende, bütün uzayın şurasına burasına dağılmış başka dünyalar olduğunu düşünmek doğaldır. Bu dünyalarda bitkiler, insanlar, hayvanlar da olabilir. Böylece Dünya'nın biricikliği ortadan kalkmaktadır; bütünü devindiren dış kenar kuvveti de bununla birlikte yiter gider; artık insan da Dünya da evrenin odağında değildir. Eskiçağda olsun, ortaçağda olsun, atomcular gibi evrenin sonsuz olduğuna inanan çoğu düşünür, boşluğun gerçekliğini olduğu gibi dünyaların çokluğunu da kabul etmek zorunluluğunu duyuyordu. On yedinci yüzyıla değin, bu kavramları benimseyenlerin hiçbiri günlük yer ve gök görüngülerini açıklamada ortaya Aristoteles'inkiyle boy ölçüşebilecek bir kozmoloji koymadı. Sonsuz evren bugün bir sağduyu evreni olabilir; ancak bugün sağduyu yeniden eğitilmiştir.

Aristotelesçi düşüncede dolu evren görüşünün üstlendiği bu farklı roller, bize bir kozmolojinin ya da bir dünya görüşünün tutarlılığı hakkında kusursuz bir örnek sunar. Plenum, pnömatiğin, devinimin sürekliliğinin, uzayın sonlu oluşunun, devinim yasalarının ve Dünya'nın biricik oluşunun içindedir. Bu liste daha da uzatılabilir. Plenumun mantıksal olarak ne Dünya'nın biricikliğini, ne merkezde olmasını, ne de durağanlığını gerektirdiğini vurgulayalım. Plenum yalnızca biricik, merkezi ve sabit bir Dünya'nın ikinci ana bileşenini oluşturduğu tutarlı bir dokuya uyum göstermektedir. Öte yandan, Dünya'nın devinmesi de ne boşluğun varlığını ne de evrenin sonlu olmasını zorunlu kılar. Ancak

bu iki görüşün de Kopernikçi kuramın zaferinden hemen sonra benimsenmiş olması bir rastlantı değildir.

Kopernik'in kendisi ikisine de inanmıyordu. Göreceğimiz gibi, Kopernik, Aristoteles ve Batlamyus kozmolojisinin çoğu temel özelliklerini korumaya çalışıyordu. Ancak, Dünya'ya ekseni çevresinde bir devinim vererek yıldızlar küresini devinimsiz kılıyor ve fiziksel işlevinden yoksun bırakıyordu. Dünya'ya bir yörünge devinimi vererek de kürenin boyutunun çok artmasını zorunlu kılıyordu. Böylece, Kopernik'in kozmolojisi gezegenlerarası maddenin temel Aristotelesçi işlevlerinin çoğunu ortadan kaldırırken bu maddenin daha çok olması gerektiğini de söylüyordu. Ardılları çok geçmeden artık işlevsiz kalan bu küreyi parçaladılar; yıldızları, aralarında boşluk ya da ona çok benzer bir şey olduğunu kabul ederek tüm uzayın içine dağıttılar; güneş sistemimizin ötesindeki uçsuz bucaksız alanlarda başka insanların yaşadığı başka dünyalar hayal ettiler. *Horror vacui* yeryüzü ilkesi olarak bile uzun süre dayanamadı. Bilimcilerin bu yeni evrende, madencilerin uygulamalarında çok uzun su pompalarının üst kısmında bir yüzyıldan beri yeryüzünde boşluk ürettiklerini fark etmeleri çok daha kolaydı. Çok geçmeden on yedinci yüzyılın pnömatik görüşünde boşluğun yerini hava basıncı aldı. Pnömatiğin gözden geçirilmesinde önemli etkisi olan başka kuvvetler de vardır – bu karmaşık bir öyküdür – ancak Kopernik'in yeni astronomisi bu olaylar dizisinde vazgeçilmez parçalardan biridir. Astronomik kuram bir kez daha gizliden gizliye başka bilimlerin kuramlarıyla iç içe geçmekte, bu bilimler de astronomik imgelemi belirlemektedir.

Ancak astronomik kuramın astronomi dışındaki konularla içe içe geçmiş olması, onun diğer bilimlerle açık bağları olduğu anlamına gelmez. Göğü gözlemlemeye iten şeyler üzerine önceki tartışmalarımızın da sürekli olarak işaret ettiği gibi, eskiçağ astronomi geleneği, varlığını kısmen göklerin gücü ve değişmezliğiyle yeryüzündeki yaşamın güçsüzlüğü ve güvencesizliği arasındaki karşıtlığa ilişkin yaygın bir ilkel algılama biçimine borçludur. Bu algılama biçimi, Ay-üstü ve Ay-altı bölgeler arasındaki mutlak farklılık gözetmesi bakımından, Aristotelesçi kozmolojinin içine yerleşmiştir. Ancak, Aristoteles'te oldukça ayrıntılı bir biçim alan bu farklılık görüşü, bir yandan Dünya'nın merkezi konumuna, bir yandan da yıldızlarla gezegenlerin devinimlerini ortaya çıkaran kürelerin kusursuz simetrisine açık bir biçimde bağlanmıştır.

Aristoteles'e göre Ay küresinin alt kısmı, evreni, farklı madde türleriyle doldurulmuş ve farklı yasaların geçerli olduğu, tümüyle farklı iki bölgeye ayırır. İçinde insanların yaşadığı yer bölgesi çeşitlilikle değişimin, doğumla ölümün, üremeyle çürümenin bölgesidir. Buna karşıt olarak, gök bölgesi ebedi ve değişimsizdir. Tüm elementler arasında saf ve bozulmaz olan yalnızca esirdir. Yalnızca birbirine kenetlenmiş gökküreleri doğal bir biçimde ve sonsuza kadar çemberler çizerek, hızlarını hiç değiştirmeksizin, her zaman uzayın tam olarak aynı bölgesinde kalarak, hep bulundukları duruma geri dönerek devinirler. Göklerin değişmezliği ve görkemiyle yalnızca gökkürelerinin tözü ve devinimi ölçüştürülebilir; Dünya üzerindeki bütün çeşitliliği ve değişimi or-

taya çıkaran da denetleyen de göklerdir. Gökler, bütün ilkel dinlerde olduğu kadar, Aristoteles'in fiziksel evren betimlemesinde de kusursuzluğun ve yeryüzündeki yaşamın bağlı olduğu gücün yeridir. Bu, *Gökyüzü Üzerine*'de kuşkuya yer bırakmayacak kadar açık bir biçimde ortaya koyuluyor:

> Söylenenlerden neden önde gelen maddenin (yani gök maddesinin) ebedi olduğu, artmadan ya da azalmadan etkilenmediği, yaşlanmaz, değiştirilemez ve etkilenmez olduğu açıktır. Ayrıca bu uslamlamanın deneyimi, deneyimin de onu doğruladığını düşünüyorum. Bütün insanlarda tanrılara ilişkin bir kavram vardır ve barbarlar olsun, Helenler olsun tümü de tanrısal olanı en yükseğe koyarlar; tanrılara inananların hepsi, açıkça ölümsüzün, ölümsüz olanla yakından bağlantılı olduğunu varsayarlar. Başka türlü olamaz diye düşünürler. Eğer tanrısal olan bir şey varsa – ki vardır – birincil cisimsel töze (ağırlıksız, yok edilemez, değiştirilemez vb. olduğuna) ilişkin olarak söylediklerimiz yerinde söylenmiş sözlerdir. Bunun doğru olduğu duyulardan gelen kanıttan, en azından insanın inancıyla kabul etmesine güvence verecek kadar açıktır; bütün geçmiş boyunca, kuşaktan kuşağa geçen kayıtlara göre, en dıştaki göğün bütününde olsun, buna özgü parçaların herhangi birinde olsun, bir değişim izine rastlayamayız çünkü. Ayrıca adı da günümüze eskilerden kalmış gibi görünüyor. Böylece, bu birincil maddenin topraktan, havadan, ateşten ve sudan farklı bir şey olduğuna inandıklarından, en yukarıdaki bölgeye *aither* adını verdiler; adını "hep koştuğu"na, sonsuzca koştuğuna bakarak seçtiler.[6]

Aristoteles'in kendisi gök bölgelerinin haşmetli kutsallığı kavramını bundan daha ileriye pek götürmedi. Göklerin hem maddesi hem de devinimleri kusursuzdur; yeryüzündeki tüm değişimlere neden olan ve bu değ-

şimleri yöneten, Dünya'yı simetrik olarak çevreleyen göksel kürelerin değişmeyen devinimlerinin başlattığı bir dizi itiştir. Dünya'nın benzersiz merkezi konumuna ilişkin dikkate değer bir bilimdışı uslamlama daha şimdiden belirginleşmiştir; bu uslamlama, Aristoteles'in ölümünden sonraki yüzyıllarda, göklerin kusursuzluğu anlayışının işlenerek birbirinden bağımsız kaynaklardan gelen başka iki önemli inanç öbeğiyle bütünleştirilmesiyle pekiştirildi. Bu gelişmelerden birini – Aristotelesçi kozmolojinin Hıristiyan teolojisiyle ayrıntılı bir biçimde bütünleştirilmesini – bir sonraki bölüme, kronolojik sırası gelene kadar ertelememiz gerekiyor. Ortaya çıkan sonuç, yapısal ayrıntılarının her biri fiziksel olduğu kadar dinsel anlam da taşıyan bir evren oldu: Cehennem geometrik merkezdeydi; Tanrı'nın tahtı, yıldızlar küresinin ötesindeydi; her gezegen küresi ve dış tekerleme eğrisi bir melek tarafından çevrilmekteydi. Ancak, göklerin haşmeti görüşünün bir diğer önemli uygulaması olan astroloji bilimi Hıristiyan-Aristotelesçi kozmolojiden daha eskidir ve astronomiyle uğraşanlar üzerinde daha da dolaysız bir etki yapmıştır. Mesleki olarak karıştıkları astroloji, pekâlâ, astronomları Dünya'nın biricik olduğu görüşüne bağlayan en önemli güç olabilir.

Astroloji inancının başlıca kaynaklarını ve bunlarla Aristotelesçi göklerin gücü anlayışı arasındaki ilişkileri daha önce vurgulamıştık. Uzak ve değişmez oluşlarıyla gökler, diledikleri zaman insanların işlerine karışabilen tanrılar için uygun bir yer gibi görünüyordu. Göklerin düzenliliğinin, özellikle kuyrukluyıldızlar ve tutulmalarla bozulması, çok eski bir tarihten beri olağanüstü bir mutluluk ya da bir felaket için belirti sayılıyordu. Ayrı-

ca, en azından kimi yer olaylarının gökler tarafından belirlendiğine iyi bir kanıt olacak gözlemler de vardı. Hava, Güneş Yengeç burcunda olduğunda sıcak, Oğlak burcunda olduğunda ise soğuktur; gelgitte su yüksekliği Ay'ın evrelerindeki değişimi izleyerek değişir; kadınların âdet dönemleri her yerde Ay ayının uzunluğuyla çakışan aralıklarla yinelenir. Göğün gücüne ilişkin bu sözde kanıtlar, insanın kendi yazgısını anlamaya ve denetlemeye duyduğu gereksinimin elindeki fiziksel ve entelektüel araçlara göre ölçülemeyecek kadar büyük olduğu bir çağda, doğal olarak diğer gök gezginlerine kadar uzandı. Özellikle Aristoteles'in yeryüzündeki değişimi gök cisimlerine bağlayan fiziksel bir mekanizma – sürtünerek yürütme – görüşünü getirmesinden sonra, göklerin gelecekte alacakları biçimi önceden kestirme yeteneğinin, insanların, halkların geleceğini de önceden bilmeyi olanaklı kılacağı yolundaki inanca akla uygun bir zemin oluşmuştu.

Tarihsel kayıtlarda, MÖ ikinci yüzyıldan önce, yıldızların ve gezegenlerin konumlarına ilişkin gözlem ve hesaplarda yeryüzündeki olayları ayrıntılarıyla tahmin etmeye yönelik belli bir çaba pek yoktur. Ancak, astroloji, göreceli olarak geç denebilecek bu başlangıçtan sonra, 1800 yıl boyunca astronomiye ayrılmaz bir biçimde bağlanıyor, bu ikisi birlikte bir meslek alanı oluşturuyordu. İnsanların geleceğini yıldızlardan okuyan astroloji, hükmi astroloji olarak adlandırılmıştır. Yıldızların geleceğini onların şimdiki ve geçmişteki konumlarından okuyan astronomi ise doğal astroloji olarak biliniyordu; bunlardan birinde ünlenen, çoğunlukla diğerinde de aynı ölçüde iyi biliniyordu. *El-Mecisti* adlı yapıtıyla eski astronomiyi en gelişmiş biçimiyle sergileyen

Batlamyus, eskiçağın hükmi astrolojiye klasik katkısı olan *Tetrabiblos*'uyla da (Dört Kitap) aynı ölçüde ünlüydü. Rönesans sonlarına doğru Kopernik sistemini modern biçimine çok yakın bir yapıya getiren Brahe ve Kepler gibi Avrupalı astronomlar, en iyi yıldız falcıları olarak görüldükleri için, parasal ve entelektüel olarak desteklendiler.

Bu kitabın geri kalan kısmının ilgili olduğu dönemin büyük bölümü boyunca, Avrupa'nın en eğitimli ve kültürlü insanlarının zihinlerinde astrolojinin çok büyük etkisi olmuştur. Ortaçağ başlarında astroloji Kilise tarafından kısmen baskı gördü; Kilisenin üzerinde direttiği insanların Hıristiyan iyisini seçmekte özgür oldukları yönündeki öğreti astrolojinin katı belirlenimciliğiyle uyuşmuyordu. Ancak astroloji, İsa'nın doğumunun ortalarında yer alan beş yüzyıllık süre boyunca, ve yine ortaçağ sonları ile Rönesans'ta, krallara da halklarına da yol gösteriyordu; bu dönemlerin tam da Dünya merkezci astronominin en hızlı gelişme gösterdiği dönemler olması ise hiçbir biçimde rastlantı değildir. Gezegen astronomlarının eskiçağdan Rönesans'a dek oluşturdukları ayrıntılı gezegen konumu cetvelleri, geliştirdikleri karmaşık hesaplama teknikleri astrolojik tahminin başlıca önkoşuluydu. Kopernik'in ölümünün ertesine kadar astronomi araştırmalarının bu önemli ürünlerinin, toplumsal açıdan önemli sayılabilecek başka bir uygulaması olmamıştı. Bu nedenle, gezegenler sorunuyla boğuşmak için asıl itici gücü astroloji sağlamış ve böylece astronomik imgelemin çok önemli bir belirleyicisi olmuştur.

Ancak, astroloji ve onun temelindeki göksel güç kavramı, Dünya bir gezegen olduğunda akla yatkınlığını büyük ölçüde yitirir. Bir gezegen olan Dünya, Satürn'e,

Satürn'ün onun üzerine yaptığı kadar güçlü bir etki yapacaktır; aynı uslamlama diğer gezegenler için de geçerlidir ve böylece yer ile gökler arasındaki fark ortadan kaybolur. Dünya bir gökcismiyse, göklerin değişmezliğine katılmak zorundadır; öte yandan gökler de Dünya'nın bozulabilirliğinden pay alacaktır. Astrolojinin insan aklı üzerindeki boğucu baskısının sonunda tam da Kopernikçi kuramın benimsenmeye başlandığı dönemde hafiflemesi rastlantı olamaz. Gökleri özel gücünden yoksun bırakan kuramın yaratıcısı olan Kopernik'in, Rönesans astronomları arasında yıldız falı bakmayan azınlıktan olması da dikkate değer sayılabilir.

Astroloji ile göklerin haşmeti, o halde, Dünya'nın durağanlılığı ve biricikliği görüşünün dolaylı sonuçlarına bir örnek daha oluşturmaktadır; Aristotelesçi dünya görüşünde merkezi ve durağan bir Dünya'nın üstlendiği çeşitli işlevlere ilişkin uzun tartışmamızda bu sonuçları sürekli belirtmiş olsak da bunların tümünü anlatabildiğimiz pek söylenemeyecektir. Hiç kuşku yok ki Kopernik Devrimini bir devrim yapan tam da bunlar ve bunlara benzer sonuçlardır. Kopernik'in başlattığı yeniliği Dünya ile Güneş'in basit bir yer değiştirmesi olarak betimlemek, insan düşüncesinin gelişimindeki çok büyük bir olayı ölçüsüzce hafifsemek olacaktır. Kopernik'in önerisi astronomi dışında hiçbir sonuç getirmiyor olsaydı, ne bu kadar geciktirilmiş, ne de böylesine şiddetli bir dirençle karşılaşmış olacaktı.

Aristotelesçi Dünya Görüşüne Bakış

Aristotelesçi dünya görüşü, Kopernik öncesi astronomi geleneğinin tek ve en önemli kaynağı, desteğiydi. An-

cak, Aristoteles'in yaşadığı dönem günümüzden farklıdır ve bu nedenle onun yazılarına, özellikle de fizik ve kozmolojiyle ilgili olanlara yaklaşırken gerçek anlamda zihinsel bir bakış değişikliği gereklidir. Bunun ihmal edilmesi, Aristotelesçi fiziğin eskiçağda ve ortaçağda ayakta kalışına ilişkin bazı zorlama ve çarpıtılmış açıklamalar getirilmesi sonucunu doğurmuştur.

Örneğin ortaçağ bilimcilerinin yazılı sözlerin gücünü, özellikle de bunlar eskiçağdan kalmışsa, kendi gördüklerine genellikle yeğlemiş oldukları için Aristoteles'in ağır cisimlerin hafif cisimlerden daha hızlı düştüğü yolundaki saçma yargısını benimsemeyi sürdürebildikleri söylenir. Bu genel geçer yoruma göre modern bilim, Galileo'nun deney uğruna metinleri reddederek Piza Kulesi'nden atılan eşit ağırlıkta olmayan iki cismin yere aynı anda düştüğünü gözlemlemesiyle başlamıştır. Günümüzde okula giden her çocuk ağır ve hafif cisimlerin birlikte düşeceğini bilir. Ancak okullu çocuk yanılmaktadır; bu öyküde de bir yanlışlık vardır. Gündelik dünyada, Aristoteles'in de gördüğü gibi ağır cisimler hafif olanlardan daha hızlı düşerler. İlkel algılama budur. Galileo'nun yasası bilim için Aristoteles'inkine göre daha yararlıdır; deneyimi daha kusursuzca temsil ettiği için değil, duyularla açığa çıkan yüzeysel düzenliliğin ötesine gittiği, devinimin gizli olsa da daha özsel bir yönünü derinliğine incelediği için daha yararlıdır. Galileo'nun yasasını gözlemle doğrulamak için özel bir donanım gerekir; bu yasa desteklenmemiş duyularla ne ortaya çıkarılabilecek, ne de pekiştirilebilecektir. Galileo'nun kendisi bu yasayı gözlemden ya da en azından, yeni gözlemlerden değil de gelecek bölümde irdeleyeceğimiz gibi, mantıksal bir uslamlama zincirinden çıkar-

mıştı. Belki de Piza Kulesi'nde deney yapmamıştı. Bu deneyi Galileo'yu eleştirenlerden biri yapmış ve sonuç Aristoteles'i desteklemişti; gerçekten de ağır kütle yere daha önce düşmüştü.

Galileo'nun Aristoteles'i çürüttüğü yolundaki popüler öykü, büyük ölçüde, tarihsel bakış açısının ihmal edilmesiyle ortaya çıkmış bir söylencedir. İnandığımız kavramların çoğunun gençliğimizde zorlu bir tekrar süreciyle öğretildiklerini unutma eğilimindeyizdir. Bunları çok kolayca kendi dolaysız algılarımızın doğal ve kuşku götürmeyen sonuçları olarak kabul eder, kendimizinkilerden farklı kavramları ise, cahillikten ya da akılsızlıktan kaynaklanan, otoriteye körce boyun eğerek sürdürülen yanlışlıklar olarak bir kenara atarız. Eğitimimiz geçmişle aramıza girer. Eğitimimizin Aristoteles fiziği ile aramıza girmiş olması böyle özel bir durumdur ve bu, Aristoteles'in sonraki kuşaklar üzerindeki o çok büyük etkisinin doğasını ve kökenini sıklıkla yanlış yorumlamamıza yol açmaktadır.

Aristoteles'in yazılarının otoritesi, kısmen özgün düşüncelerinin parlaklığından, kısmen de bu düşüncelerin çok geniş kapsamlı ve mantıkça tutarlı oluşlarından kaynaklanır; bu özellikler eskiden olduğu gibi bugün de çarpıcıdır. Ancak, Aristoteles'in otoritesinin, her şeyden önce, düşüncesinin modern akılla yeniden kavranması daha zor olan üçüncü bir yönünden kaynaklandığını sanıyorum. Aristoteles, kendisi onlara mantıksal-sözel bir açıklama getirmeden önce kendiliğinden ortaya çıkmış ve yüzyıllar boyunca var olagelmiş evren algılamalarını soyut ve tutarlı bir biçimde ifade edebiliyordu. Bunlar çoğunlukla, on yedinci yüzyıldan bu yana, temel bilimsel eğitimin yetişkin Batılının zihninden gitgide

daha çok kovduğu algılama biçimlerinin ta kendileridir. Bugün en seçkin eğitimli yetişkinlerin inandığı doğa görüşünün pek az noktada Aristoteles'inkiyle dikkate değer koşutlukları vardır; ancak çocukların, ilkel kabilelerin ve Batılı olmayan halkların çoğunun fikirleri Aristoteles'inkilerle gerçekten de şaşırtıcı bir sıklıkta yakınlıklar gösterir. Aristoteles'in soyut sözcük dağarcığı ve ayrıntılı mantıksal yönteminin arkasına gizlendiklerinden, bu koşutlukları ortaya çıkarmak bazen güçtür. Bunlar Aristoteles diyalektiğinin öğeleridir; ilkellerde ve çocuklarda ancak olgunlaşmamış biçimde bulunurlar. Ancak Aristoteles'in doğa konusundaki özlü düşüncelerinde, onun bunları açıklama ve belgelemede izlediği yolla karşılık oluşturacak bir biçimde, daha önceki ve daha ilkel evren algılamalarından gerçekten de önemli kalıntılar bulunur. İşte bu kalıntılara dikkat etmezsek, Aristotelesçi öğretinin taşıdığı anlamı ve kuşkusuz onun önemli bileşenlerinin ne kadar etkili olduklarını kavrayamayız.

Bu ilkel kalıntıların doğaları, bunların Aristotelesçi diyalektiğin etkisiyle nasıl dönüştürüldükleri Aristoteles'in uzay ve devinim üzerine tartışmalarında açıkça görülür. İlkel toplulukların ve çocukların dünya görüşü animizme eğilimlidir. Yani, çocuklar ve birçok ilkel halk bizim organik ve organik olmayan doğa, canlı ve cansız nesneler arasında kesin bir biçimde, bir çırpıda yaptığımız ayrımı aynı biçimde yapmazlar. Canlı dünya onlar için kavramsal bir öncelik taşır; bulutları, ateşi, taşların davranışlarını, insanları ve belki de hayvanları devindiren güdüler ve istekleri temel alarak açıklamak eğilimindedirler. "Balonlar niçin yükselir?" sorusu sorulduğunda, dört yaşındaki bir çocuk "uçup gitmek istedikle-

ri için" yanıtını verir. Altı yaşındaki bir çocuk balonların yukarı gitmesini "Havayı severler. Onun için, bıraktığınız zaman göğe giderler" diye açıklar. Bir kutunun neden yere düştüğü sorulduğunda, beş yaşındaki Hans şöyle yanıt verir: "Çünkü oraya gitmek ister." Niçin? "Bu, (onun için orada olmak) iyi bir şey olduğu için."[7] Tam sözel anlamlarında anlaşılamayan söylencelerde ifade edildikleri için çözümlenmeleri çoğunlukla güç de olsa, ilkeller çoğu kez benzer açıklamalar verirler. Mısırlıların, Güneş'in devinimini göklerden kayığıyla geçen bir tanrının devinmesi olarak açıklamalarını daha önce incelemiştik.

Aristoteles'in evreni çoğunlukla, en azından metafor anlamında canlı gibi görünse de onun taşları canlı değildir. (Aristoteles'te, birinci bölümde alıntı yaptığımız Platon'un *Timaeus*'undakileri andıran bölümler vardır.) Ancak, Aristoteles'in, taşın evrenin merkezindeki doğal yerini almak için elden kurtulduğu biçimindeki anlayışı, çocuğun balonun havayı sevdiği ya da kutunun, kutu için orada olmak iyi olduğundan oraya gittiği biçimindeki anlayışından pek o kadar da farklı değildir. Sözcük dağarcığı değişmiştir; kavramlar yetişkin mantığıyla kullanılmaktadır; animizm dönüştürülmüştür. Ancak, Aristoteles öğretisinin çekiciliği daha çok bu öğretinin altında yatan algılama biçiminin doğallığından geliyor gibi görünüyor.

Öte yandan, Aristoteles'in devinim açıklamasının psikolojik zemini bütünüyle animizm de değildir. Daha zekice ve kanımca daha önemli bir unsur, Aristoteles'in ilkel bir uzay algılamasına yeni bir biçim vermesinden gelir. Uzay, tarih öncesi uygarlıkların insanlarına, ilkel kabilelere genellikle pek farkına varmaksızın içinde

büyüdüğümüz Newton uzayından çok daha farklı görünür. Newton uzayı fiziksel açıdan yansızdır. Bir kütlenin uzay *da* konumlanması ve uzay *boyunca* devinmesi gerekir; ancak uzayın belli bir bölümü ya da devinimin belli bir yönü kütle üzerinde hiçbir etki yaratmaz. Uzay tüm kütleler için atıl bir dayanaktır. Bütün yerler ve bütün yönler diğerleri gibidir. Modern terminolojide, uzay homojen ve her yönde izotroptur; "tavanı", "tabanı", "doğusu", "batısı" yoktur.

Buna karşılık ilkelin uzayı, çoğunlukla bir yaşam uzayına daha yakındır: Bir odadaki, bir evdeki ya da bir topluluktaki uzaydır. "Tavanı" ve "tabanı", "doğusu" ve "batısı" vardır (ya da "önü" ve "arkası"; çoğu ilkel toplumda yön belirten sözcükler bedenin parçalarını belirten sözcüklerden gelir, bunlara özgü farklılıkları yansıtır). Her konum belli bir nesne "için" bir konum ya da belli özellikleri olan bir eylem "nerede" ortaya çıkıyorsa bu eylemin konumudur. Uzayın her bölgesi ve her yönü kendisine özgü özellikleri bakımından tüm diğerlerinden farklıdır ve bütün bölgelerdeki cisimlerin davranışlarını kısmen bu farklılıklar belirler. Genel olarak ilkelin uzayı günlük yaşamın etkin ve dinamik uzayıdır; farklı bölgelerin kendilerine özgü farklı özellikleri vardır.

Mısır kozmolojisi böyle bir örnekti: Dolaykutupsal yıldızlar bölgesi sonsuz yaşamın, hiç ölmeyenlerin bölgesi olmuştu. Benzer bir uzay algılaması, astrolojik düşünce için önemli bir kaynak olmuştur. Gezegenlerin doğaları ve güçleri uzaydaki yerlerine bağlıdır. Eski bir Babil metninde şunlar söylenmektedir: "Marduk yıldızı (Jüpiter gezegeni) yükselmeye başladığında (yani, doğu ufkunda alçakta olduğunda), Nebo'dur (tanrı Merkür).

(Sayı atlanmıştır) çift saat yükseldiğinde, Marduk'tur (tanrı Jüpiter). Göklerin ortasında durduğunda Nibiru'dur (en büyük olan, her şeye gücü yeten tanrı). Her gezegen kendi zenitinde bu olur."[8]

Aristotelesçi uzay görüşünün özündeki ilkel kalıntılar, nadiren bu kadar açıktır. Ancak, Aristoteles'in *Fizik*'inden alınan devinim tartışmasını inceleyelim:

> Temel doğal maddelerin – yani ateşin, toprağın ve benzerlerinin – karakteristik bir biçimde devinmeleri, yalnızca konumun bir şey olduğunu değil, aynı zamanda belirli bir etki uyguladığını da gösterir. Engellenmediğinde, her biri kendi yerine taşınır, biri aşağı, diğeri yukarı.... Rasgele her yön "yukarı" değildir, yalnızca ateşin ve hafif olanın taşındığı yerdir; benzer biçimde "aşağı" da rasgele bir yön değil de ağır olanın ve topraktan yapılmış olanın taşındığı yerdir; bunlar, yerlerin yalnızca göreli konum bakımından değil, aynı zamanda farklı gizilgüçlere sahip olmaları bakımından da farklı olduklarını gösterir.[9]

Bu bölüm, Aristotelesçi devinim açıklamasının altında yatan uzay kavramının neredeyse kusursuz bir özetidir: "Yer belirli bir etki uygular"; "yerler yalnızca göreli konum bakımından değil, aynı zamanda farklı gizilgüçlere sahip olmaları bakımından da farklıdırlar." Bu yerler, cisimlerin devinimleri üzerinde etkin ve dinamik bir rol oynayan bir uzaydaki yerlerdir. Uzayın kendisi, ateşi ve taşları kendi doğal devinimsizlik yerlerine, çevredeki ya da merkezdeki yerlerine süren itmeyi sağlar. Maddeyle uzay arasındaki etkileşimler, cisimlerin devinimini ve devinimsizliğini belirler. Aristotelesçi uzay kavramını bir kenara bırakmayı, onu değiştirmeyi zorunlu kılan Kopernik Devriminin mirasçıları olduğumuz için, bu

anlayış bizim için tanıdık değildir. Ancak, bu kavrayış olanaksız değildir. Belki de yalnızca rastlantı eseri olarak, Einstein'ın genel görelilik kuramında vücut bulan uzamsal kavramlar, önemli açılardan, Newton'unkilerden çok Aristoteles'inkilere daha yakındır. Einstein'ın evreni, Newton'unkinden farklı olarak, Aristoteles'inki gibi sonlu olabilir.

Aristoteles'in dünya görüşü eskiçağda yaratılmış tek görüş değildir; yandaş bulan tek görüş de değildir. Ancak Aristoteles'in görüşü ilkel dünya görüşlerine, eskiçağdaki rakiplerinden çok daha yakındı; yardımsız duyu algısının sağladığı kanıtla da daha iyi uyuşuyordu. Özellikle geç ortaçağda çok büyük bir etki yapmasının bir başka nedeni de budur. Çekiciliğinin en azından bir kısmını ortaya çıkardığımız için, artık Aristoteles kozmolojisinin eskiçağ astronomisi geleneğine kattığı gücü daha iyi değerlendirebiliriz. Şimdi, Kopernik'e hazırlanmak için, bu geleneğe ne olduğunu açığa çıkarmamız gerekiyor.

4
Geleneği Yeniden Biçimlendirmek: Aristoteles'ten Kopernikçilere



On Üçüncü Yüzyıla Doğru Avrupa Bilimi ve Bilgisi

Aristoteles, eskiçağın son büyük kozmoloğu, ondan yaklaşık beş yüzyıl sonra yaşamış olan Batlamyus ise aynı çağın son büyük astronomuydu. Kopernik'in 1543 yılındaki ölümünün ertesine kadar bu iki insanın yazıları Batı'nın astronomik ve kozmolojik düşüncesine egemen olmuştur. Batlamyus'un ölümüyle Kopernik'in doğumunun arasındaki on üç yüzyıl boyunca Aristoteles-Batlamyus ikilisinin çalışmalarına ilişkin büyük ve kalıcı bir değişiklik yapılması gereği duyulmadığı için, Kopernik bu ikilinin en yakın varisi gibidir. Kopernik'in Batlamyus'un bırakmış olduğu yerden başlamış olması, çoğu kişiyi arada geçen yüzyıllar boyunca hiçbir bilimsel çalışma olmadığı yargısına vardırır. Oysa, birbiri arasında bir süreklilik olmasa da bu dönem bilimsel etkinlik

açısından oldukça yoğundur ve bu Kopernik Devriminin başlamasında, başarısına zemin hazırlanmasında temel bir rol oynamıştır.

Burada bir paradoks varsa, bu yalnızca görünüştedir. Birbirinden bağımsız, aralarında bir süreklilik ilişkisi olmayan araştırmalarla geçen on üç yüzyıl, araştırmacıların katı inançlarını özde değiştirmemiştir. Kopernik'in hocaları evrenin yapısının yaklaşık olarak Aristoteles ve Batlamyus'un anlattıkları gibi olduğuna hâlâ inanmaktaydılar; işte bu inançları onları eski bir geleneğin içerisine yerleştirir. Ancak, bu inançlara yaklaşımları eskilerinki gibi değildi. Kavramsal taslaklar, onları kullanan kuşaklarla birlikte yaşlanırlar. On altıncı yüzyıl başlarında insanlar hâlâ evrenin eskiden betimlendiği gibi olduğuna inanmakta, ancak bu betimlemeyi farklı bir biçimde değerlendirmekteydiler. Kavramları aynıydı; fakat bu kavramlarda yeni güçler ve zaaflar görüyorlardı. Eskiçağ astronomi geleneğinin kaynaklarını ve gücünü araştırdığımız gibi, zaman geçtikçe bu astronomi geleneğine ne olduğunu da ortaya çıkarmalıyız. Bu eski geleneğe karşı Avrupalıların tutumlarındaki ilk değişiklikler onun yeniden ortaya çıkarılması zorunluluğuna bağlı olduğu için, eskiçağ geleneğinin nasıl kaybolduğunu ve nasıl yeniden keşfedildiğini ortaya koyarak başlamamız gerekiyor.

Batı'nın eskiçağ bilimini kaybedişi iki aşamada olmuştur: İlki bilimsel etkinliğin nicelik ve niteliğinde ağır bir gerilemedir; ikincisi ise geleneksel bilginin gerçekten ortadan kalkmış olmasıdır. MÖ ikinci yüzyıldan sonra, Akdeniz uygarlığı gittikçe Roma'nın egemenliği altına girmiş ve Hıristiyanlığın ilk birkaç yüzyılı süresince Roma hegemonyasının zayıflamasıyla birlikte geri-

lemiştir. Astronom Batlamyus ve hekim olan Galenos eskiçağ biliminin son büyük iki ismidir ve her ikisi de MS ikinci yüzyılda yaşamıştır. Onlardan sonraki dönemde Batı'nın temel bilimsel çalışmaları tefsirler ve ansiklopediler olmuştur. Müslümanlar yedinci yüzyılda Akdeniz havzasını istila ettiklerinde, yalnızca belgeleri ve eski bilgi geleneğini buldular. Bilimsel etkinlik büyük ölçüde durmuştu.

İslam istilaları, Hıristiyan Avrupa dünyasının coğrafi merkezini Akdeniz'den kuzeye kaydırdı ve böylece Batı biliminin sürmekte olan gerileme sürecini hızlandırdı. Yedinci yüzyılda Avrupalılar, eskiçağ bilgi geleneğinin cisim bulduğu belgelerden bile yoksundular. Eukleides yalnızca altıncı yüzyıl başlarında Boethius tarafından yapılan, eksik bir Latince çeviriden bilinmekteydi; bu çeviride de yalnızca daha önemli olan teoremlerden söz edilmekte ve bu teoremlerin ispatlarına yer verilmemekteydi. Batlamyus neredeyse hiç bilinmiyor, Aristoteles ise yalnızca mantık üzerine birkaç çalışmasıyla tanınıyordu. Boethius ve Sevilla'lı Isidoro gibi kişilerin ansiklopedik derlemeleriyle eskiçağ biliminin fragmanları korunabildi; ancak bu fragmanlar bile çoğunlukla eksik, entelektüel açıdan düzeyi düşürülmüş, içine de fazlasıyla hikâye katılmıştı. Bilgi etkinliği, hangi türden olursa olsun, pek azdı. Avrupa Hıristiyan dünyasının ekonomik düzeyi ancak varlığını sürdürmeye yetiyordu. Bilim, özellikle ihmal edilmişti; çünkü gelecek bölümde de göreceğimiz gibi, Katolik Kilisesi baştan bilime düşmandı.

Avrupa bilgisinin dibe vurduğu bu yüzyıllar boyunca, İslam'da bilim görkemli bir şekilde yeniden doğuyordu. Yedinci yüzyılın ortalarından sonra, İslam dün-

yası Arabistan vahalarından başlayarak, bir Akdeniz imparatorluğuna kadar hızla genişledi ve bu yeni imparatorluk Hıristiyan dünyasının kaybettiği elyazmalarını ve geleneği miras olarak aldı. İslam bilginleri eskiçağ bilimini önce özgün Yunanca metinlerin Süryanice uyarlamalarını Arapçaya çevirerek yeniden kurdular; ardından da bütünüyle kendilerine özgü katkılarda bulundular. Matematik, kimya ve optikte özgün ve temel ilerlemeler gerçekleştirdiler. Özel olarak astronomiye hem yeni gözlemlerle hem de gezegen konumunun saptanmasında kullanılan yeni tekniklerle katkıda bulundular. Yine de Müslümanlar bilimsel kuramda pek kökten yenilikçi değillerdi. Özellikle astronomileri, neredeyse yalnızca klasik eskiçağda kurulmuş olan teknik ve kozmolojik gelenek içerisinde gelişti. Bu nedenle de şimdiki sınırlı bakış açımızla ele alındığında İslam uygarlığı, öncelikle eskiçağ Yunan biliminin kayıtlarını daha sonraki Avrupalı bilginler için koruması ve çoğaltmasıyla önemlidir. Hıristiyan âlemi eskiçağ bilgisini başta Araplardan ve çoğunlukla Arapça çevirilerden yeniden elde etti. Batlamyus'un *el-Mecisti* olarak bildiğimiz önemli eserinin adı aslında eserin Yunanca'daki adı değildir; dokuzuncu yüzyıldaki bir İslam çevirmeninden alınan Arapça başlığın kısaltılmış biçimidir.

Ortaçağın son dönemlerindeki durumu karanlık çağlardan oldukça farklı kılan genel bir toparlanma döneminde Avrupalılar, eskiçağ bilgisini İslamda yeniden keşfettiler. Avrupa'da yaşam, onuncu yüzyıldan itibaren her alanda yavaş yavaş tempo kazanıyor, bu gelişim, günümüzde On İkinci Yüzyıl Rönesansı olarak bilinen dönemde doruğa varıyordu. Hıristiyan âlemi ilk kez göreceli olarak siyasi güvenliğe kavuştu; buna bağlı

olarak nüfusta ve ticarette büyük bir artış oldu; buna İslam dünyasıyla yapılan ticaret de dahildi. Ticaret hacmi büyüdükçe, İslam dünyasıyla olan entelektüel ilişkiler de güçlendi. Yeni kavuşulan zenginlik ve güvenlik, yeni açığa çıkan bilgi ufuklarını keşfetmek için gereken boş zamanı sağladı. Arapçadan Latinceye çeviriler ilk kez onuncu yüzyılda yapıldı; bunu izleyen yüzyıllarda da hızla çoğaldı. On birinci yüzyılın sonlarında eskiçağ metinlerinden birinin yeni bir çevirisini okuyan ya da yorumlayan bir üstadı dinlemek üzere Avrupa'nın her yanından öğrenciler, resmi bir biçimde olmasa da gitgide artan sayılarda bir araya gelmeye başladı. Başlangıçta gayri resmi olan bu toplantılar o kadar büyük boyutlara vardı ki, on ikinci ve on üçüncü yüzyıllarda, bunları Avrupa'ya özgü yeni bir bilgi kurumu olan üniversitelere dönüştürecek düzenlemelere ve izinlere gerek doğdu. Eskiçağ bilimini sözel yoldan yayan merkezler olarak yola koyulan bu üniversiteler, hızla, özgün ve yaratıcı bir Avrupa bilimine, skolastik düşünce olarak bilinen eleştirel ve kavgacı düşünsel geleneğe ev sahipliği yapmaya başladı.

Eskiçağ astronomisinin yeniden keşfi, daha geniş kapsamlı olan eskiçağ bilimi ve felsefesinin ıslahı çalışmalarının bir parçasıydı. Avrupalıların yaygın biçimde kullanacak olduğu ilk astronomik cetveller, on birinci yüzyılda Toledo'dan ithal edildi. Batlamyus'un *el-Mecisti*'si ve Aristoteles'in astronomi ve fizik konusundaki yazılarının birçoğu on ikinci yüzyılda Latince'ye çevrildi; bir sonraki yüzyılda bunlar, ayıklanarak da olsa, ortaçağ üniversite programına dahil edildiler. On beşinci yüzyılın sonlarında Kopernik, üniversitede bu eserler üzerinde çalışıyordu. Eskiçağ bilim klasiklerine dönme-

si Kopernik'i Aristoteles ve Batlamyus'un mirasçısı yapar. Halbuki, Aristoteles ile Batlamyus, Kopernik'in devraldığı bu mirasın kendi eserleri olduğunu kabul etmezlerdi. Hâlâ çözülmemiş olsalar da, eski problemler gözden kaybolmuş, bazen yalnızca sözel de olsalar, yerlerine yenileri geçmişti. Üstelik, canlandırılan bu bilgi geleneğinin amaçları ve yöntemleri, eskiçağ bilginlerine yön gösteren amaç ve yöntemlerden önemli ölçüde farklılaşmıştı.

Yeni problemlerin bazıları bütünüyle metinlerden kaynaklanır. Eskiçağ metinleri, mantıktan çok rastlantıya bağlı bir düzenle, parça parça bir araya getirilmiştir. Arapça elyazması kitaplar, çok ender olarak Yunanca ya da Süryanice asıllarına bütünüyle sadıktılar. Bu elyazmalarının yeniden çevrildiği ortaçağ Latincesi ise, başlangıçta, teknik ve soyut konulara uygun söz dağarcığına sahip değildi. İyi çeviriler bile, anlamlarını tam kavramayanların bu metinleri elyazısıyla çoğaltmaları sürecinde kaçınılmaz olarak bozulmuştur. Aristoteles ya da Batlamyus'un belirli bir problemi aslında nasıl yanıtlamış olduğunu bulmak, çoğunlukla güç, bazen de olanaksızdı. Yine de ortaçağ bilginleri, kendi yargılarını oluşturmaya cesaret etmeden önce, eskiçağ düşüncesini yeniden kurmak konusunda hep ısrar ettiler. Bu beklenmedik mirasın görkemli ışıltısı, kapsamı ve tutarlılığı, karanlık çağlardan çıkan insanların gözlerini kamaştırmıştır. Bu insanlar, doğal olarak, öncelikli görevlerinin bu mirası özümsemek olduğuna inanıyorlardı. Bu nedenle, yorumlama ve yeniden bütünleştirmeye ilişkin sorunların skolastik düşüncede önemli bir yeri vardır.

Ortaçağ bilgininin görevi, sığ bir tarihsel bakış açısıyla, gereksiz yere daha da zorlaştırılmıştı. Aristote-

les'in sistemini örnek alan kapsamlı ve tutarlı bir bilgi sistemini yeniden kurmayı umuyor, ancak, bu sistemin türetildiği "eskiçağ"da ayrıntılarla ilgili pek çok soruya ilişkin bir dizi değişik görüş bulunduğunun her zaman farkına varamıyordu. Skolastikler bunu (genellikle aktarım ya da çeviri yanlışlarını gerekçe göstererek) kabul etmekte zorlansalar da Aristoteles'in kendisi de her zaman tutarlı değildi. Çağdaşları da onun bütün görüşlerini benimsememişti. Yer yer karşılaşılan çift anlamlı sözler ve çelişkiler başlangıcından beri eskiçağ geleneğinin özellikleridir. Bu iki anlamlılıklar ve çelişkiler, yapıtları Aristoteles'inkilerle birlikte, bazen de ustanınkilerden önce ele geçen Helenistik ve İslam yorumcularının Aristoteles ile onun Avrupalı izleyenleri arasındaki on beş yüzyıllık dönemde yaptıkları çalışmalarla çok büyük bir alana yayılıyordu. Bizim açımızdan bakıldığında gelenekteki bu tutarsızlıklar, onun evriminin ve aktarımının doğal sonuçları gibi görünür; fakat, ortaçağ bilginine bu tutarsızlıklar genellikle, tek bir bilgi bütünündeki, varsayılmış bir bütün olan "eskiçağ bilgeliği"ndeki iç çelişkiler olarak görünüyordu. Kısmen bu kafa karışıklığı nedeniyle, birbiriyle uyuşmazlık içerisinde olan otoritelerin karşılaştırılması ve uzlaştırılması, skolastik düşüncenin belirgin bir özelliği durumuna geldi. Bu bölümün ilerleyen sayfalarında daha somut olarak göreceğimiz gibi, yeniden canlandırılan bu bilgi geleneği eskiçağdaki karşılığından daha az deneyci, daha sözel, daha mantıksal ve ussaldı.

Bu geleneğe yerleşmiş tutarsızlıklardan biri astronominin gelişiminde özellikle önemli bir rol oynamıştır: Bu, Aristoteles kozmolojisinin küreleri ve Batlamyus astronomisinin dış tekerleme eğrileri ile taşıyıcı çember-

leri arasındaki açık uyuşmazlıktır. Daha önce değinmemiş olsak da Aristoteles kozmolojisinin küreleri ile Batlamyus astronomisinin dış tekerleme eğrileri aslında iki farklı eskiçağ uygarlığına, Helen ve Helenistik uygarlıklara özgü ürünlerdi. Helen uygarlığı, Yunanlılar Akdeniz havzasına egemen olduğu dönemde Yunanistan anakarasında kurulmuştu. Bu uygarlıktan çıkan bilim, ağırlıklı olarak, yöntemi bakımından niteldi ve kozmolojiye yönelikti. Aristoteles bunun en büyük ve aynı zamanda son temsilcisidir. Aristoteles'in ölümünün hemen öncesinde, Büyük İskender'in Yunanistan'ı fethedip ülkeyi, tüm küçük Asya'yı, Mısır'ı ve İndus Irmağı'na kadar tüm Pers ülkesini kapsayan büyük bir imparatorluğa dahil ettiği zamanlarda, Helen biliminin evrimi vakitsiz bir biçimde durdu. İskender'in fetihlerinin ardından ortaya çıkan Helenistik uygarlığın odakları, İskenderiye gibi ticari ve kozmopolit metropollerdi. Bu metropollerde pek çok ulus ve ırktan bilgin, öncelleri olan Helen biliminde olduğundan daha az felsefi, daha matematiksel ve sayısal olan bir bilimi oluşturmak üzere, farklı kültürlerden bileşenleri bir araya getirdiler. Astronomi bu karşıtlığı kusursuz bir biçimde yansıtır. Eskiçağ astronomisinin kozmolojik çerçevesi, büyük ölçüde, Aristoteles'in çalışmalarında doruğuna ulaşan Helen geleneğinin bir ürünüdür. Hipparkhos ve Batlamyus'un matematiksel astronomisi Helenistik geleneğe, astronomide ancak Aristoteles'in ölümünden iki yüzyıldan da fazla bir süre sonra olgunlaşmış bir geleneğe aittirler.

Evreni ölçen, yıldız katalogları hazırlayan ve gezegenler sorunuyla uğraşan Helenistik dönem astronomlarının, Helen öncellerinin geliştirdikleri kozmolojiye kayıtsız olmadıkları açıktır. Ancak, hiçbiri ufak kozmo-

lojik ayrıntılarla pek fazla ilgilenmiyordu. Yerleşik normlardan köktenci bir biçimde ayrılan kozmolojiler ortaya koyanlarla alay ediyorlar, kendileri nadiren kısa kozmolojik incelemeler yazıyorlardı. Batlamyus'un yazdığı, tümüyle kozmolojik bir çalışma olan *Gezegenlere İlişkin Varsayım*, dış tekerleme eğrilerinin devinimleri konusunda pek başarılı olduğu söylenemeyecek bir fiziksel düzenek içeriyordu. Ancak, Helenistik dönemin astronomları, gezegenlerin konumlarını tahmin etmek için matematiksel sistemler kurarlarken, kendi kurdukları geometrik yapıların mekanik karşılıklarını oluşturma olanağını pek araştırmadılar. Onlar için, küresel kabukların fiziksel gerçekliği ve gezegenlerin bunların içindeki devinimlerinin sürekliliğini sağlayan düzenekler, olsa olsa ikincil sorunlar durumuna gelmişti. Kısacası, Helenistik dönemin bilimcileri, bariz bir rahatsızlık duymaksızın, astronomi ve kozmolojinin ayrışmasına razı oldular; gezegenlerin konumlarını kestirmekte kullanılan başarılı bir matematiksel tekniğin, kozmolojik olarak akla yatkın olma gibi bir psikolojik koşula bütünüyle uyması gerekmiyordu.

Astronomi ve kozmolojinin farklılaşması, on altıncı yüzyılda Kopernik için önemli bir emsal oldu. Kendisi de astronomiyi temelde matematiksel bir bilim olarak gördüğü için, küreler evreninde devinen bir dış tekerleme eğrisinin fiziksel uyuşmazlığı, devinen bir dünyanın fiziksel olarak uyuşmaz olduğuna ilişkin belli belirsiz bir önsezi verebilirdi. Sözkonusu ayrışmanın birinci etkisi bu önsezi değildi. Dört yüzyıl önce, Aristoteles ve Batlamyus'un Avrupalılarca ilk kez keşfedilmesi, çok farklı bir biçimde de olsa, devrime giden yolun hazırlanmasında yardımcı olmuştu. Önceki yüzyıllar konu-

sundaki cehaletleri tarih anlayışlarını sığlaştırdığı için, skolastikler, Aristoteles ve Batlamyus'u kendilerine çağdaşları kadar yakın gördüler. Aristoteles ve Batlamyus, tek bir geleneğin, "eskiçağ bilgisinin" yorumcuları olarak görüldüler; böylece bu iki sistemin arasındaki farklılıklar, neredeyse tek bir öğreti bütününün iç tutarsızlıkları durumuna geldi. Batlamyus'un, kendisini Aristoteles'ten ayıran beş yüzyıldan fazla bir sürede bilginin doğal evrimi olarak gördüğü değişiklikleri, skolastikler genellikle çelişki olarak gördüler, çelişkiler de uzlaştırmaya ilişkin yeni sorunlar doğurdu. Zaman geçtikçe uzlaştırmanın hem zor olduğu hem de sonuçsuz kaldığı görüldüğü için, ortaçağ düşüncesindeki diğer uyuşmazlıklar gibi, bu açık çelişkiler de sonuçta tüm geleneğin kuşku altında kalmasına neden oldu.

Ortaçağda yeniden canlandırıldığında eskiçağ bilgi geleneği yeni bir görünüm kazanmıştır. Yukarıdaki sayfalarda, yalnızca bu yeniden canlandırmanın gerekliliğinden kaynaklanan önemli yeniliklerin bazılarına değinildi. Ancak, yeniden canlandırılan bu gelenekte, ortaçağa ve Rönesans'a özgü özelliklerinin sonucunda ortaya çıkan daha özlü değişiklikler de olmuştur. Örneğin, bilim geç ortaçağ düşüncesinde önemli bir yer tutsa da egemen entelektüel güçler dinseldi; teolojik bir dönemde bilim yapılması da bilimsel geleneğin hem güçlü yönlerini, hem de zaaflarını değiştirmiştir. Bunun yanı sıra, ortaçağ bilimi kendi içinde durağan değildi. Aristoteles'in skolastik eleştirmenleri, onun öğretilerinin bazılarına karşı önemli alternatifler geliştirdiler ve bu alternatiflerden birkaçı Kopernik'e giden yolun hazırlanmasında büyük bir rol oynadı. Diğer güçler de – entelektüel, ekonomik ve toplumsal güçler – on altıncı yüzyılda

etkindiler; bunlardan bazılarının astronomi ve Dünya'nın devinimi sorunlarının çözümüne ilişkin doğrudan etkisi olmuştur. Bu değişiklikleri, şimdi yapacağımız gibi, ayrıca ele almak gerekiyor.

Astronomi ve Kilise

Katolik Kilisesi, tüm ortaçağda ve Rönesans'ın uzun bir bölümünde tüm Avrupa'ya egemen olan bilgisel bir otoriteydi. Ortaçağ Avrupa'sının bilginleri ruhban sınıfının birer üyesiydiler ve eskiçağ bilgisinin derlendiği ve çalışıldığı üniversiteler Kilise okullarıydı. Dördüncü yüzyıldan on yedinci yüzyıla kadar Kilisenin bilime karşı tavrı ve evrenin yapısına ilişkin görüşleri, astronominin ilerlemesinde ya da durgunluk dönemine girişinde belirleyici bir etken olmuştur. Ancak bu yüzyıllar içinde Kilisenin tavrı da uygulamaları da bir örnek değildi. Karanlık çağın sonrasında Kilise, dünyanın görüp göreceği kadar soyut, incelikli ve ödünsüz bir bilgi geleneğini desteklemeye başladı. Ancak onuncu yüzyıldan önce ve yine on altıncı yüzyıldan sonra Kilisenin etkisi, bir bütün olarak değerlendirilirse, bilim karşıtlığı şeklindedir. Kopernikçi kuram, Kilisenin kefil olduğu ve desteklediği bir bilim geleneği içinde evrildi. Kopernik bir piskoposun yeğeniydi; kendisi de Frauenburg'daki katedralinde rahipti. Buna karşılık, Kilise daha 1616 yılında Dünya'nın deviniminin gerçek olduğunu öne süren tüm yapıtları yasaklamıştı. Kilisenin bilim üzerindeki ezici etkisi herhangi bir genellemeyle anlatılamaz; çünkü bu etki Kilisenin konumundaki değişikliklere bağlı olarak farklılaşmıştır.

Hıristiyan çağının ilk yüzyıllarında Kilise babaları, yeni bir inanç için savaşan haçlı askerleri ve bu inancın

yayıcılarıydı. Var olma nedenleri, atalarının pagan bilgisini hor görmeyi ve bilgi dünyası hızla gerilerken dikkatleri Hıristiyan teolojisinin sorunlarına çekmeyi gerektiriyordu. Dahası, Kutsal Kitap'ın ve onun Katolik yorumunun kurtuluş için gerekli olan tüm bilgileri içerdiğine sonuna kadar inanmaktaydılar. Onlara göre bilim, dünyevi bilgiydi. Gündelik yaşam için gerekli olmadığında, en iyi olasılıkla yararsız, en kötü olasılıkla ise tehlikeli olacak ölçüde yoldan çıkarıcıydı. Bu nedenle, ilk Kilise babalarının en etkilisi olan Aziz Augustinus, bu inancı şöyle savunuyordu:

> Öyleyse, bize dinle ilgili olarak neye inandığımız sorusu sorulduğunda, Yunanlıların *physici* adını verdiği kişilerin yaptıkları gibi, şeylerin doğasının derinliklerini yoklamak zorunlu değildir: ne de Hıristiyanlar elementlerin gücü ve sayısı – gökcisimlerinin devinimi, düzeni, tutulmaları; göklerin biçimi; hayvanların, bitkilerin, taşların, pınarların, ırmakların, dağların türleri ve doğaları; kronoloji ve uzaklıklar; gelmekte olan fırtınaların belirtileri; filozofların bulduğu ya da bulmayı düşlediği binlerce başka şeyin gücü ve sayısı – konusunda cahil olmasın diye tetikte olmaya gerek vardır. Bir Hıristiyan için, ister göğe ister yere ait olsun, ister görülebilsin ister görülemesin, bütün yaratılmış şeylerin tek nedeninin Yaratıcı'nın, tek hakiki Tanrı'nın iyiliği olduğuna, Kendisi dışında varlığını O'ndan almayan hiçbir şey olmadığına inanmak yeterlidir.[1]

Bu yaklaşım, eskiçağ biliminin hayranlık uyandıran bilgisiyle – en azından Müslüman istilalarından önce – uyuşmazlık içerisinde değildi. Augustinus'un kendisi Yunan bilimini dikkatli bir şekilde okumuştu. Kendi yazıları da onun bu bilimin kesinliğine ve kapsamlılığına hayranlığını açıkça göstermektedir. Ancak onun bu tavrı, bilimsel

problemlerle etkin olarak uğraşmakla bağdaşmıyordu ve bu, daha olumsuz bir tutum takınılmasına izin verdi. Augustinus'un kendisinden daha az özgürlükçü olan çağdaşlarının ve ardıllarının yazılarında, onun pagan bilimini manevi bakımdan onaylamaması, genellikle bu bilimin içeriğini de tamamıyla yadsıyan bir tutumla birleştirildi. Özellikle astronomi, astrolojiyle bağlantılı olduğu, astrolojide belirgin bir determinizm bulunduğu ve bu da Hıristiyan öğretisiyle bağdaşmaz gibi göründüğü için, hor görülüyordu.

Örneğin, dördüncü yüzyılın başlarında İmparator Constantinus'un oğlunun özel eğitmeni olan Lactantius, yapıtı *Tanrı Buyrukları*'nın üçüncü cildini "filozofların yanlış bilgeliğine" adıyor ve bu kitabın bir bölümünü küresel Dünya kavramıyla alay etmeye ayırıyordu. Lactantius'a göre, insanların baş aşağı asılı durduğu bir bölge olmasının bir saçmalık, göklerin Dünya'nın altında olmasının olanaksız olduğunu göstermek yeterliydi. Aynı yüzyılda, daha sonra Gabala piskoposu aynı sonuca İncil'den bulduğu bir kanıtla vardı: Gökler küre değil de bir çadır ya da çardak gibiydi; çünkü "Gökleri bir perde gibi geren ve onları içinde barınmak için bir çadır gibi açan O'ydu" (İşaya 40:22). "Göğün üstünde sular..." vardır (Tekvin 1:7). "Güneş, Lût, Tsoar'a geldiğinde Dünya üzerinde yükseldiği" için (Tekvin 19:23), Dünya düzdür. Altıncı yüzyılın ortalarına doğru, İskenderiyeli bir rahip olan Kosmas, pagan sistemini öncelikle İncil'den türetilen ayrıntılı bir Hıristiyan kozmolojisiyle değiştirebiliyordu. Onun evreni Tanrı'nın Musa'ya çölde kurulmasını emrettiği çardak biçimindeydi. Eski yolculuk sandıkları gibi düz bir tabanı, dik kenarları ve yarı silindirik bir çatısı vardı. Tanrı'nın ayaklarını uzat-

tığı bir tabure olan Dünya, genişliğinin iki katı uzunluğu olan dikdörtgen şeklinde bir düzlemdi ve evrenin düz tabanı üzerinde duruyordu. Güneş geceleri Dünya'nın altında yolculuk yapmıyor, Dünya'nın güney bölgelerine göre daha yüksek olan en kuzeydeki bölgelerinin ardına gizleniyordu.

Lactantius ve Kosmas gibilerin kozmolojileri hiçbir zaman resmi Kilise öğretisi olmadı. Bu kozmolojiler, daha kapsamlı bilgiler içeren ortaçağ ansiklopedilerindeki bölük pörçük beiimlemelerde varlığını sürdüren eskiçağ küreler evreninin yerini de tam olarak almadı. Hıristiyanlıkta ortaçağın ilk yarısı boyunca kozmolojiye ilişkin bir görüş birliği yoktu. Böyle bir şeyi talep edecek önemde bir bilim ve kozmoloji de yoktu. Ancak, en kaba duyu algılarından ve Kutsal Kitap'ın yüzeysel bir biçimde okunmasından devşirilen bu kozmolojiler hiçbir zaman resmiyet kazanmamış olsalar da bir şeyi temsil ediyorlardı. Bunlar, karanlık çağları belirleyen dünyevi bilginin çöküşünü belirgin bir biçimde görmemizi ve böylece, daha sonraki Hıristiyan bilginlerinin, on birinci ve on ikinci yüzyıllarda eskiçağ bilgisi yeniden keşfedildiğinde kapıldıkları şaşkınlığı ve huşuyu anlamamıza yardımcı olurlar.

Hıristiyan Avrupa, Bizans'taki Doğu Kilisesi, İspanya, Suriye ve Afrika Müslümanlarıyla yeniden ticari ve kültürel bağlar kurduğunda, Kilisenin pagan bilgeliğine karşı tavrı değişmişti. Kıta Avrupasının belli başlı bölgeleri Hıristiyanlaştırılmıştı. Kilisenin entelektüel ve ruhani otoritesi sağlamdı. Dini yönetim otoritesi bütünüyle sağlanmıştı. Pagan ve dindışı bilgi, Kilise onları içine alarak entelektüel liderliğini koruyabildiği sürece, artık bir tehdit oluşturamazdı. Böylece, rahipler yeni erişilen

refahın sağladığı boş vaktin bir bölümünü yeniden keşfedilen bu bilginin araştırılmasına coşkuyla adadılar. Hıristiyanlık ilminin kabul edebileceği bilginin yelpazesini genişleterek, Katolikliğin bilgi üzerine kurulmuş tekelini beş yüzyıl daha korudular. On ikinci yüzyılda, gökleri ve Dünya'yı da kapsayan "nesnelerin doğası", ayrıntılı çalışmalar yapmak için yeniden uygun bir konu durumuna gelmişti. Belki daha önce değil ama, on üçüncü yüzyıla gelindiğinde eğitimli Hıristiyanların tartışmalarında iki küreli evren modelinin temel çerçevesinin bir kez daha doğru olduğu kabul ediliyordu. Ortaçağın son yüzyıllarında Hıristiyan dünyasında, Dünya ve gökler tam anlamıyla Aristotelesçi bir evren olmuştu.

Hıristiyanların bir Aristoteles evreni içinde yaşadıklarını keşfetme sürecini, eskiçağ bilgisinin yeniden canlandırılması olarak adlandırıyoruz; ancak "yeniden canlandırma" sözcüğü açıkçası uygun değildir. Aslında, hem Hıristiyan düşüncesinde hem de eskiçağ bilimsel geleneğinde neredeyse bir devrim olmuştu. Aristoteles, Batlamyus ve diğer Yunan düşünürleri, kozmolojik görüşleriyle Kutsal Kitap arasındaki uyuşmazlık nedeniyle, dördüncü yüzyıldan itibaren papazların saldırısıyla karşılaşmıştı. Bu uyuşmazlıklar on ikinci ve on üçüncü yüzyıllarda da sürmekteydi; üstelik iyi biliniyorlardı. 1210 yılında Paris'te il meclisi, Aristoteles fiziği ve metafiziğinin öğretilmesini yasakladı. 1215 yılında dördüncü Laterano konseyi, daha sınırlı da olsa buna benzer bir Aristoteles karşıtı ferman çıkardı. Bu yüzyılda yasaklamalar papalığınkilerle devam etti. Bunlar başarısız yasaklamalardı; onlara sadece sözde uyuluyordu. Ancak, bu yasaklamalar büsbütün önemsiz de değildirler. Bu fermanlar, eskiçağın dindışı bilgisinin eldeki ortaçağ

teolojisine basit bir biçimde eklenemeyeceğini açıkça gösterir. Tutarlı ve yeni bir Hıristiyan öğretisi oluşturulması için hem eskiçağ metinlerinde hem de Kutsal Kitap'ta değişiklikler yapılması gerekiyordu. Yeni yapı kurulduğunda, teoloji, eskiçağın merkezdeki sabit Dünya görüşüne önemli bir siper olmuştu.

Yeni Hıristiyan evreninin fiziksel ve kozmolojik yapısı, ağırlıklı olarak Aristotelesçiydi. Yapının son biçimini almasına en çok katkısı olan skolastik Aquinolu Aziz Tommaso (1225-1274), göksel devinimlerin kusursuzluğunu ve uygunluğunu, bu denli açık olmasalardı Aristoteles'in kendisinin yazmış olduğu düşünülebilecek şu sözlerle betimler:

> Öyleyse, gökleri oluşturan maddenin, kendi doğası gereği, değişebilir nesnenin en temel türü olması ve doğasının özü bakımından değişmeyen nesnelere en yakın oluşu nedeniyle, doğuştan ve bozulmadan etkilenmediği açıktır. (Hıristiyan evreninde gerçekten değişmeyen tek varlık, Dünya'daki ve göklerdeki tüm değişimin kendisinden kaynaklandığı Tanrı'dır.) Göklerin yalnızca en az mutlak değişime tabi olmasının nedeni budur. Geçirdikleri tek değişim devinimdir ve bu değişim (boyut, ağırlık, renk ve diğer değişimlerinden farklı olarak), kendilerine özgü doğalarını hiçbir biçimde değiştirmez. Üstelik, tabi olabilecekleri devinimler arasında, devinimleri çemberseldir ve çembersel devinim, bir bütün olarak küre yer değiştirmediği için, en az değişim getiren devinimdir.[2]

Aristoteles hiç bu kadar harfiyen benimsenememiştir. Pek çok skolastik kendini, sözgelimi Aristoteles'in boşluğun mutlak olarak olanaksız olduğu şeklindeki kanıtını, Tanrı'nın sonsuz gücünü keyfî olarak sınırlamak gibi göründüğü için, terk etmek zorunda hissetmiştir. Hiçbir

Hıristiyan Aristoteles'in evrenin her zaman var olduğuna ilişkin görüşünü benimseyemezdi. İncil'in ilk sözleri, "Başlangıçta Tanrı gökleri ve yeri yarattı"dır. Üstelik, Katoliklerin kötülüğün varlığına getirdikleri açıklamada yaratma temel bir bileşendi. Böylesi önemli bir konuda, Aristoteles bir kenara çekilmeliydi; evren zamanın belirlenmiş ilk anında yaratılmıştı. Ne var ki daha sık olarak İncil bir kenara çekiliyordu. Örneğin, Kutsal Kitap'ın "Suların arasında oluşmuş bir gök olmasına izin ver"; ve "Suları sulardan ayırsın" bölümünü (Tekvin 1:6) tartışırken Aquinolu Tommaso, bu bölümün birinci anlamını aynen koruyacak bir kozmolojik kuramın genel çerçevesini çiziyor ve ardından şunları söylüyordu:

> Ancak, yanlışlığı somut gerekçelere dayanarak gösterilebileceği için, bunun Kutsal Kitap'ın söylediği şey olduğu savunulamaz. Daha çok, Musa'nın, cahil insanlara seslendiği, onların zaaflarını göz önüne alarak önlerine yalnızca duyulara görünen şeyler koyduğu düşünülmelidir. Şimdi en cahil olanlar bile yerin ve suyun maddi olduğunu duyularıyla algılayabilirler; oysa, havanın da maddi olduğu hepsi için apaçık değildir. O halde, Musa, su ve topraktan açık bir şekilde söz ederken, cahil insanların önüne, onların bilgisinin ötesinde olan bir şeyi koymaktan kaçındığı için, havanın adını hiçbir zaman açıkça anmaz.[3]

"Suyu", "hava" ya da "saydam töz" olarak okuyarak, Kutsal Kitap'ın bütünlüğü korunur. Ancak böylece İncil, bir bakıma, cahil bir dinleyici için yazılmış bir propaganda aracı durumuna gelir. Bu skolastiklerin birçok kez başvurduğu tipik bir önlemdir.

Aquinolu Tommaso ve çağdaşlarının bu uzlaştırma görevini özenle ve derinlemesine ele almaları, Göğe

yükselişin İncil'deki açıklamasında karşılaştıkları güçlüklerde açıkça görülür. Kutsal Kitap'a göre İsa, "Her şeyi doldursun diye, hep göklerin çok üstüne çıkan"dı (Efesoslulara 4:10). Aquinolu Tommaso, Hıristiyan tarihinin bu parçasını bir küreler evreniyle uyumlu kılmayı başarmıştı. Ancak, bunu yapmak için, aşağıdakinin de aralarında olduğu pek çok farklı sorunu da çözümlemesi gerekiyordu:

> Göğe yükselmiş olmak İsa'ya uygun değilmiş gibi görünüyor. Çünkü, Filozof (Aristoteles) *kusursuzluk durumundaki şeyler, kendi iyilerine devinim olmaksızın sahiptirler,* der (*Gökyüzü Üzerine, II. Kitap*). Halbuki İsa, kusursuzluk durumundaydı Sonuç olarak, O, kendi iyisine devinim olmaksızın sahiptir. Oysa, göğe yükselme bir devinimdir. O halde, göğe yükselmek İsa için uygun değildi...
>
> Üstelik, *Gökyüzü Üzerine I. Kitap*'ta kanıtlandığı gibi, göklerin üzerinde hiçbir yer yoktur. Halbuki, tüm nesneler yer kaplamak zorundadırlar. O halde, İsa'nın bedeni tüm göklerin üzerine yükselmemiştir...
>
> Üstelik, iki nesne aynı yeri kaplayamaz. Öyleyse, orta uzaydan geçmeden bir yerden bir yere geçilemeyeceğinden, gökler (kristal küreler) bölünmemişse ki bu olanaksızdır, İsa tüm göklerin üzerine yükselmiş olamaz.[4]

Aquinolu Tommaso'nun bu konuya ilişkin yanıtları bizi pek ilgilendirmiyor. Özellikle İsa'nın göğe yükselmesinin Hıristiyan tarihinin sorun yaratacak yönlerinden yalnızca biri olduğunu, Tommaso'nun da yalnızca bu konuyla ilgilenen pek çok rahibin en önemlisi olduğunu düşünecek olursak, asıl şaşırtıcı olan karşı çıkışlardır. Yukarıdaki alıntıların çoğunun yapıldığı Tommaso'nun *Summa Theologica*'sı, Hıristiyan ilminin genellikle on iki kalın cilt tutan bir derlemesidir. Bu ciltlerin

tümünde Aristoteles'in adı (ya da daha açık bir ifadeyle "Filozof") sürekli geçmektedir. Eskiçağ bilgisi, özellikle de Aristoteles bilgisi, ancak böyle yapıtların çoğalmasıyla Batı düşüncesi için yeniden bir temel olabilmiştir.

Aquino'lu Tommaso ve onun on üçüncü yüzyıldaki çağdaşları, Hıristiyan inancının eskiçağ bilgisinin çoğu yönüyle bağdaşabileceğini örneklediler. Aristoteles'i meşrulaştırarak, onun kozmolojisinin Hıristiyan düşüncesinde yaratıcı bir öğe olmasının yolunu açtılar. Ancak, çalışmalarının ayrıntılı ve bilgince oluşu, ortaçağın sonlarında ortaya çıkan bu yeni Hıristiyan evreninin bir bütün olarak yapısını anlaşılmaz hale getirdi. Merkezi ve sabit Dünya düşüncesi dahil olmak üzere, ortaçağ ve Rönesans düşüncesinin bu evrene verdiği derin anlamı kavramak istiyorsak, daha kapsamlı bir bakış açısı gereklidir. Bu geniş bakış açısını, on üçüncü yüzyılda pek bulamayız. Bu ancak Aristoteles'in meşrulaştırılmasından sonra gelişmiş, belki ilk kez ve kuşkusuz en güçlü biçimde İtalyan şair Dante'nin yapıtlarında, özellikle de onun büyük destanı *İlahi Komedya*'da ortaya çıkmıştı.

Genel anlamda Dante'nin destanı, şairin on dördüncü yüzyıl Hıristiyanlarının zihinlerinde canlandırdıkları evren boyunca yaptığı bir yolculuğun anlatımıdır. Yolculuk küresel Dünya'nın yüzeyinde başlar; yukarıdaki dokuz gökküresini simetrik olarak yansıtan cehennemin dokuz küresinden geçerek aşamalarla yerin derinliklerine doğru sürer* ve evrenin tüm bölgelerinin en

* Bütün ortaçağ astronomisinde karşılaşılan dokuzuncu küre, ılımların yalpalamasını ve gökkubbunun devinimini açıklamak amacıyla İslam astronomları tarafından eskiçağ astronomisinin sekiz küresine eklenmişti (bkz. Teknik Ek, kesim 2). İslam sisteminde dokuzuncu küre, tıpkı eski sistemdeki yıldızlar küresinin döndüğü gibi, her 24 saatte bir dönmektedir.

iğrencine ve en kötüsüne, evrenin merkezine, yani şeytana ve onun kıtalarına tahsis edilmiş olan bölgeye varır. Dante daha sonra yolculuğa başlamış olduğu noktanın taban tabana karşıtı olan bir noktadan yeryüzüne çıkar ve bu noktada tabanı Dünya'da olan, dorığu ise yukarıdaki hava bölgelerine uzanan Araf dağını bulur. Şair, Araf'tan geçerek, karadaki hava ve ateş küreleri boyunca yukarıya, gökyüzündeki bölgeye doğru yolculuğunu sürdürür. Dante en sonunda ulaşmayı tasarladığı Tanrı'nın tahtına, arş küresine ulaşıncaya kadar, gök-kürelerinin sırayla her birinden geçerek ilerlerken buralarda yaşayan ruhlarla konuşur. *Ilahi Komedya*'nın dekoru Hipparkhos'un dış tekerleme eğrilerine ve Kutsal Kilisenin Tanrısına uyarlanmış gerçek bir Aristoteles evrenidir.

Ancak, Hıristiyanlar için bu yeni evrenin görünür bir anlamı olduğu kadar simgesel anlamı da vardı. Dante'nin her şeyden önce ortaya koymak istediği şey de bu Hıristiyan simgeciliğiydi. Dante'nin *Ilahi Komedya*'sındaki alegorisi, ortaçağ evreninin Aristoteles-Batlamyus evreninden farklı bir yapısı olamayacağını açıkça gösteriyordu. Dante'nin betimlemesine göre küreler evreni insanoğlunun umudunu ve yazgısını yansıtmaktadır. İnsan merkezdeki cansız kilden, arş küresindeki saf tinin merkezine kadar, adeta hiyerarşik bir tözler zinciriyle kaplı bu evrende hem fiziksel hem de tinsel olarak çok önemli bir orta konumda bulunmaktadır. İnsan, maddi bir beden ve manevi bir ruhun bileşimidir: Diğer tüm tözler ya madde ya da ruhtur. İnsanın konumu ise ortadadır: Dünya'nın yüzeyi değerden düşmüş maddi merkezine yakındır; ancak kendisini simetrik olarak çevreleyen göğün de görüş alanındadır. İnsan, sefalet ve

belirsizlik içinde yaşar; cehennemin yanı başındadır. Ancak, Tanrı'nın gözü her yerde insanın üzerinde olduğu için, insanın merkezi konumu stratejiktir. İnsanın ikili doğası ve bu orta konumu, Hıristiyanlığının dramının dayandığı seçimi de pekiştirir. İnsan ya kendisini yozlaşmış merkezdeki doğal yerine indiren maddi, topraksı doğasına uyacak ya da Tanrı'ya ulaşıncaya değin, gittikçe daha da tinselleşen küreler boyunca yukarıya doğru yükselen ruhunu izleyecektir. Bir Dante eleştirmeninin de belirtmiş olduğu gibi, *İlahi Komedya*'da "en geniş biçimde işlenen tema, insanın günahı ve kurtuluşu, evrenin büyük planına uydurulmuştur."[5] Bu uyum sağlandığında, evren planında yapılacak her değişim, Hıristiyan yaşam ve ölüm dramını da kaçınılmaz olarak etkileyecekti. Dünya'yı devindirmek demek, yaratılmış varlığın kesintisiz zincirini kırmak demekti.

Ortaçağ düşüncesinin en zor kavranacak yönü, insanın, yani mikrokozmosun doğasının ve yazgısının, evrenin, yani makrokozmosun yapısında yansıtıldığı sembolizmdir. Belki de bizler artık Aristotelesçi kürelerin üzerini kaplayan bu sembolizmin dinsel anlamını tam olarak kavrayamayız. Ama en azından bu sembolizmi, yalnızca bir metafor olduğunu düşünerek bir kenara atmaktan ya da bunun Hıristiyanlığın astronomi dışı düşüncesinde hiçbir işlevsel rolü olmadığını varsaymaktan kaçınabiliriz. Dante, kısmen çağdaşlarına şiirini yorumlarken yardımcı olması için teknik bir elkitabı olarak yazdığı düz yazılarından birinde, ortaçağ astronomisinde kullanılan kürelerin ve dış tekerleme eğrilerinin sözel bir fiziksel betimlemesini şu sözlerle tamamlar:

> Ancak, Katolikler tüm bunların (kristal kürelerin) ötesine arşı yerleştirirler... ve kendi içinde, her parçasında maddesinin gerektirdiği her şeye sahip olduğundan, devindirilemez olduğunu söylerler. Bu, *Primum Mobile*'in (ya da dokuzuncu kürenin) çok hızlı bir şekilde dönmesinin de nedenidir; bu kürenin bütün parçalarının en sakin göklerin parçalarıyla birleşmeye yönelik ateşli arzusu onun öylesi büyük bir arzuyla dönmesini sağlar ki neredeyse akıl almaz bir hızı vardır. Ve bu sessiz ve dingin gök, kendisini gören yegâne varlık Ulu Tanrı'nın evidir.[6]

Astronom burada Tanrı'nın evinin konumunu (başka yerlerde de bu evin boyutlarını) betimliyor. Astronom teolog olmuştur; on dördüncü ve on beşinci yüzyıllarda astronomun teolojik görevleri her zaman göklerin ölçülmesiyle de sınırlı olmamıştır. Dante ve kimi çağdaşları, Tanrı'nın tinsel dünyasının sakinleri olan meleklerin türlerini ve hatta bazen sayılarını da keşfetmek için astronomiye başvuruyorlardı.

Dante'nin kendisi, *Ziyafet* adlı yapıtında yukarıda değinilen betimlemenin hemen ardından gelen bir parçada, tinsel hiyerarşi ile küreler arasındaki ilişkiye dair tipik bir ortaçağ kuramının ana hatlarını şu şekilde verir:

> Bu göğün ne olduğu ve kendi içinde nasıl düzenlendiği önceki bölümde gösterilmiş olduğu için, geriye onu devindirenin kimler olduğunu göstermek kalır. O halde, her şeyden önce, bunların maddeden ayrı Tözler, bir diğer deyişle Anlaklar, yani insanların genellikle Melek dediği Anlaklar olduğu bilinsin.... (Bu meleksi varlıkların) sayısı, sırası ve hiyerarşileri devinimli göklerle anlatılmıştır; bunların sayısı dokuzdur; onuncusu ise Tanrı'nın birliğini ve durağanlığını duyurur. Bu nedenle ilahi yazarının dediği gibi, "Gökler

Tanrı'nın görkemini anlatır; gökyüzü O'nun ellerinin yapıtını duyurur".

Bu nedenle, Ay göğünü hareket ettiren güçlerin (yani, küreleri hareket ettiren varlıkların) melek sırasında varlıklar olduğuna, Merkür'ü hareket ettirenin Baş melekler ve Venüs'ü hareket ettirenin ise üçüncü sıra melekler olduğuna inanmak akla yatkındır.... Ve (Venüs'ün) göğünün yönetimine tayin edilen bu üçüncü sıra melekler sayıca çok değildir; astrologların (ya da astronomların) hepsi bunların sayısının bu dönüşlerin sayısına eşit olduğu konusunda uzlaşmış olsalar da (bu göğün) dönüşlerinin sayısı konusundaki farklı görüşleri nedeniyle, bu meleklerin sayıları hakkında görüş ayrılığına düşerler; bu sayı, *Yıldızların Derlenmesi Kitabı*'na göre üçtür: Biri, yıldızı kendi dış tekerleme eğrisinde devindirir; ikincisi dış tekerleme eğrisini ve tüm göğü Güneş'in dönüşüne eşit döndürür; üçüncüsü ise tüm bu göğü, yıldız küresinin bir yüzyılda bir derece batıdan doğuya doğru (yalpalamalı) devinimini izleyecek biçimde döndürür. Öyle ki bu üç devinim için (üçüncü sıra melek düzeninin üç üyesi olan) üç devindirici güç vardır.[7]

Melekler dış tekerleme eğrilerinin ve taşıyıcı çemberlerin devindirici gücü durumuna geldiğinde, astronomik kuramın karmaşıklığıyla birlikte Tanrı'nın kıtalarındaki tinsel yaratıkların çeşitliliği de artabilecektir. Astronomi artık teolojiden pek ayrı değildir. Dünya'yı devindirmek, Tanrı'nın tahtını devindirmeyi de zorunlu kılabilir.

Aristoteles'in Skolastik Eleştirmenleri

Ortaçağ ilminin bütün sonuçları, teolojiyi küreler evreninin bir siperi haline getiren bütünleştirme düşüncesi kadar muhafazakâr değildi. Aristoteles ve yorumcuları skolastik araştırmaların değişmeyen başlangıç noktasıy-

dı; ancak, çoğu kez yalnızca bir başlangıç noktasıydılar. Aristoteles metinlerinin yoğun bir şekilde çalışılması, öğretinin ya da kanıtın tutarsızlıklarının çabucak farkına varılmasını sağlıyor ve bu tutarsızlıklar da çoğu kez, önemli yaratıcı gelişmelerin tohumlarını atmış oluyordu. Ortaçağ bilginleri, on altıncı ve on yedinci yüzyıllardaki ardıllarının ortaya koydukları yeni astronomi ve kozmolojiyi pek sezememişlerdi. Ancak, Aristoteles mantığının sınırlarını genişlettiler; onun kanıtlarında mantıksal hatalar buldular; açıklamalarının çoğunu da deneysel olarak doğrulanamadıkları için reddettiler. Zamanla Kopernik ve Galileo gibilerin başarıya ulaşmaları için kesinlikle zorunlu olduğu anlaşılan bir dizi kavram ve araç geliştirdiler.

Kopernikçi düşünceye ilişkin önemli sezgiler, örneğin, Paris'teki önemli adcı (nominalist) okulun bir üyesi olan Nicole Oresme tarafından on dördüncü yüzyılda, Aristoteles'in *Gökyüzü Üzerine* kitabı hakkında yazdığı eleştirel yorumda bulunabilir. Oresme'nin yöntemi tipik bir skolastik yöntemdir. Uzun elyazmasında Aristoteles'in metni, her biri birkaç tümce uzunluğunda olan parçalara bölünmüş ve bu parçalar eleştirel ya da açıklayıcı uzun yorumlar arasına serpiştirilmiştir. Okur yapıtı bitirdiğinde, Oresme'nin Yaratılış dışındaki hemen bütün önemli noktalarda Aritoteles'e katıldığını görür. Ancak onun Aristoteles'le bu şekilde uzlaşmasının nedenleri açık olmaktan uzaktır; Oresme'nin hayranlık uyandırıcı bu eleştirisi Aristoteles'in kanıtlarının çoğunu çürütmüş ve bir dizi Aristoteles'çi yaklaşıma önemli alternatifler sunmuştur. Skolastiklerin kendileri bu alternatifleri pek benimsememişlerdir. Ancak, ortaçağ bilginleri bu alternatifleri tartışmayı sürdürmüş ve bu tar-

tışma da astronomların Dünya'nın devinimi düşüncesini denemeyi hayal edebildikleri bir fikir ortamının oluşmasını sağlamıştır.

Oresme, örneğin, Aristoteles'in Dünya'nın tek olduğuna ilişkin temel tezine oldukça eleştirel yaklaşıyordu.[8] Aristoteles, uzayda iki Dünya olsaydı (ve Dünya bir gezegense, altı "dünya" olacaktır), toprak doğal olarak merkeze doğru gideceği için, her ikisinin de evrenin merkezine düşeceğini ve birleşeceklerini söylemişti. Oresme, bu kanıtın, kanıtlanmayan bir devinim kuramını önvarsaydığı için geçersiz olduğunu söylemektedir. Belki de toprak kendiliğinden merkeze doğru değil de yalnızca yakındaki diğer toprak parçalarına doğru devinmektedir. Dünyamızın bir merkezi vardır; bu merkez evrenin neresinde olursa olsun, serbest taşlar bu merkeze geri dönüyor olabilir. Bu alternatif kuramda bir kütlenin doğal devinimi, Aristotelesçi bir mutlak uzaydaki konumu tarafından değil, diğer madde parçalarına göreli konumu tarafından yönlendirilir. Böyle bir kuram on altıncı ve on yedinci yüzyıllarda ortaya konulan, Dünya'nın ne eşsiz, benzersiz ne de merkezde olduğu yeni kozmolojiler için bir önkoşuldu. Buna benzer kuramlar, değişik kılıklarda da olsa, Kopernik'in, Galileo'nun, Descartes'ın ve Newton'un yapıtlarında karşımıza çıkar.

Oresme, Aristoteles'in yıldızların günlük devinimini merkezde yer alan Dünya'nın ekseni çevresinde, doğu yönünde döndüğünü öne sürerek açıklayan Pythagorasçı düşünür Herakleides'i çürütmesini eleştirirken, Kopernikçi tezlere ilişkin daha da önemli sezinlemeler ortaya çıkar. Oresme Dünya'nın döndüğüne inanmaz; en azından kendisinin buna inanmadığını söyler. Ancak, sabit ya da dönen bir Dünya arasında inanca daya-

narak bir seçim yapılması gerektiğini göstermeye gayret eder. Ne mantıksal, ne fiziksel, hatta ne de Kutsal Kitap'a dayanan hiçbir tez, Dünya'nın günlük olarak dönme olasılığı olmadığını kanıtlayamaz der. Örneğin, yıldızların görünürdeki deviniminden hiçbir yargıya varılamaz; çünkü, der Oresme:

> Yerel devinimin yalnızca bir kütlenin diğer bir kütleye görece olarak yerini değiştirdiği zaman görülebileceğini varsayıyorum. Bu nedenle, bir insan eğer, yavaş ya da hızlı ama sarsıntısız bir şekilde ilerleyen bir *a* sandalındaysa ve *a* sandalı ile tam da aynı biçimde ilerleyen bir ikinci *b* sandalı dışında hiçbir şey göremiyorsa, bu durumda, bu insana iki sandalın da ilerlemiyor gibi görüneceğini söylüyorum. Eğer *a* sandalı durup *b* sandalı hareket ederse, ona *b* sandalı ilerliyor gibi görünecektir; eğer devinen *a* sandalı olup *b* sandalı duruyorsa ona hâlâ *a* duruyor, *b* ilerliyor gibi görünecektir.... Dolayısıyla eğer bugün evrenin yukarıda sözü edilen iki parçasından aşağıdaki (yerdeki) parçası sabitken, daha yüksekte (göksel) olanı, gerçekte olduğu gibi, dönmekteyse ve eğer yarın tersine yukarıdaki parça, bir başka deyişle gökler durağan kalmaktayken aşağıdaki günlük olarak devindirilirse, hiçbir değişiklik göremeyiz; bugün de yarın da her şey aynı görünecektir. Tıpkı ilerleyen bir sandaldaki bir insana kıyıdaki ağaçların deviniyor görünmesi gibi, bize de evrenin diğer parçası devinmekteyken, kendi konumumuz hep değişmez kalıyor gibi görünecektir.[9]

Optik görelilikten türetilen bu uslamlama, Kopernik'in ve Galileo'nun yazılarında önemli bir rol oynar. Oresme bununla da yetinmez. İncelemesi, bu satırların hemen sonrasında, daha da önemli bir Aristotelesçi uslamlamayı, yani düşey yönde yukarı fırlatılan bir nesnenin her zaman Dünya üzerinden fırlatıldığı noktaya geri dönmesi nedeniyle, Dünya'nın devinimsiz olduğu yargısına

varılması gerektiği şeklindeki uslamlamanın çürütülmesiyle sürer:

> (Aristoteles'in ve Batlamyus'un uslamlamalarına karşılık olarak), havaya düzgün, doğrusal bir şekilde atılan bir okun (da), içinden geçtiği hava ile birlikte ve evrenin yukarıda anlatılan en dipteki (ya da dünyevi) parçasının tüm kütlesi ile birlikte hızla doğuya doğru devindiği, bu bütünün (Dünya, hava ve ok) günlük bir dönüşle devindirildiği söylenebilir. Bu nedenle, ok Dünya üzerinde atılmış olduğu noktaya geri döner. Bunun olanaklılığı şu benzetmeyle görülür: Eğer bir gemideki insan, deviniminin farkında olmaksızın hızla doğu yönünde ilerliyorsa ve elini hızla, geminin direğine göre aşağı indirirse, eli ona yalnızca düşey yönde bir devinim yaptırmış gibi görünecektir; aynı uslamlama okun bize neden dümdüz yukarı ya da aşağı gider gibi göründüğünü de gösterir.[10]

Galileo'nun Kopernikçi sistemi savunduğu ünlü *İki Büyük Yer Sistemi Üzerine Konuşmalar*'ı da tam bu türden uslamlamalarla doludur ve burada Galileo pekâlâ, Kopernik'in, aralarında Oresme'nin de olduğu skolastik öncellerinden çıkarsadığı ipuçlarını ayrıntılı bir şekilde işliyor olabilir. Ancak bu, Oresme'yi bir Kopernik yapmaz. Oresme, Dünya'nın günlük dönüşü konusunda bile bir yargıya varmaz; evrenin merkezinin çevresinde yörüngesel bir devinim olabileceği olasılığını hayal bile etmez; astronomların Dünya'nın hareket halinde olduğunu varsayınakla elde edebilecekleri avantajlara dair hiçbir fikri yoktur. Bu konuda Kopernik'le ortak bir kaygısı bile yoktur; fakat böyle bir kaygısının olmaması çalışmasını daha da şaşırtıcı yapar. Oresme'nin uslamlamaları Kopernik ile Galileo'nun yazılarında tekrar karşımıza çıkığında, daha farklı ve daha yaratıcı bir işlevleri var-

dır. Oresme'den sonraki bilim insanları, Dünya'nın *dönüyor olabileceğini*, Dünya gerçekten *dönüyorsa* astronomi için ortaya çıkacak avantajlardan yararlanmak için göstermek istiyorlardı. Oresme ise yalnızca dünyanın *dönüyor olabileceğini* göstermek istiyordu; o, yalnızca Aristoteles'in kanıtının doğru olup olmadığını araştırıyordu. Skolastik bilimin başka birçok önemli katkısı gibi, Oresme'nin Kopernikçi uslamlamaları da Aristoteles ile uzlaşmış olan son dönem ortaçağ insanının bu filozofa atfettiği önceliğin ürünleridir. Aristoteles'in vardığı sonuçlara katılanlar, bu kanıtları yalnızca ustalarının ortaya koyduğu kanıtlar olduğu için incelediler. Yine de, bu insanların incelemeleri, genellikle ustanın sonunda kesin bir şekilde terk edilmesine hizmet etti.

Kuşkusuz, Kopernik ya da Galileo'nun Oresme'yi okuduğundan emin olamayız. Bilginlerin ve bilim insanlarının kullandığı kaynakları göstermesini zorunlu kılan gelenek, on altıncı ve on yedinci yüzyıllardaki bilimsel devrimin çok sonralarına değin yerleşmemiştir. Fakat, Aristoteles'in birçok skolastik eleştirmeni vardı ve bu eleştirmenler ölümlerini izleyen yıllarda da tekrar tekrar elyazısıyla çoğaltılan sayısız elyazması eser ortaya koymuşlardı. Oresme'nin yorumunu yazmasından beş yüz elli yıl sonra bile, günümüze kadar ulaşan, birkaçı on beşinci yüzyıla ait, Oresme'nin ölümden sonra yazılmış altı ortaçağ elyazması kopyası vardır. Kopernik doğduğunda çok daha fazla kopya olmalıdır. Üstelik, skolastik eleştiri geleneği sürekliliği olan bir gelenekti. On dördüncü yüzyılda ilk kez Paris'te ortaya çıkan çok önemli bazı kavramların izleri, aynı yüzyılda Oxford'a, on beşinci ve on altıncı yüzyıllarda da Padova'ya kadar sürülebilir. Kopernik, Padova'da çalışmış, Galileo ise ders vermiş-

tir. Kopernik'in *De Revolutionibus*'undaki herhangi bir uslamlamasını, belli bir skolastik eleştiriden çıkarsadığını kesin olarak söyleyemesek de bu eleştirmenlerin hep birlikte sözkonusu uslamlamaların geliştirilmesine yardımcı olduğundan da kuşku duyamayız. En azından bu eleştirmenler, Dünya'nın devinimi gibi konuların akademik tartışmalar için meşru sayıldığı bir fikir ortamı yaratmışlardı. Kopernik'in anahtar uslamlamalarından birkaçının daha önce yazılmış, ama bilinmeyen kaynaklardan alınmış olması da hayli olasıdır.

Yukarıdaki Oresme tartışması, skolastik eleştirinin en tipik örneğini sergiliyor: Aristoteles'in kanıtları sınanmakta, alternatif öğretiler incelenmekte ve bu sonuncular genellikle mantıksal olanaklılıkları gösterildikten sonra bir kenara bırakılmaktadırlar. Ancak, tüm ortaçağ bilimi böylesine sınırlı ve hatta belki de süreksiz bir eleştirel yapıda değildi. Skolastikler, Aristotelesçi bilimsel gelenekte birkaç yeni araştırma alanı açtılar ve bu geleneğe kalıcı birkaç öğreti değişikliği getirdiler. Bunlardan en önemlileri, Dünya üzerindeki ve (ortaçağdan sonra) göklerdeki ağır kütlelerin devinimini konu edinen kinematik ve dinamik alanlarında olanlardı. Galileo'nun en önemli katkılarından bazıları, özellikle düşen kütlelere ilişkin çalışmaları, pekâlâ ortaçağ bilginlerinin güçlüklerle edindikleri, daha önce dağınık bir biçimde bulunan fiziksel ve matematiksel sezgilerinin yaratıcı bir biçimde yeniden düzenlenmesi olarak görülebilir. Ancak Galileo'nun bunları yeni bir dinamiğin dokusuna kattığı on yedinci yüzyıldan önce bile, sözkonusu sezgilerden biri olan *impetus* devinim kuramının, astronomik düşünceye, dolaylı da olsa, önemli bir etkisi olmuştur.

Impetus kuramı, Aristoteles fiziğinin bütünü içinde en zayıf olan açıklamalardan birisinin, eğik atış devinimi açıklamasının enkazı üzerine kuruldu. Aristoteles, dışarıdan bir itmeyle devindirilmedikçe bir taşın ya devinimsiz kalacağına ya da Dünya'nın merkezine doğru düz bir çizgide ilerleyeceğine inanıyordu. Bu, çok sayıdaki görüngü için doğal bir açıklamaydı; ancak gözlenen eğik atış devinimiyle kolayca bağdaştırılamıyordu. Elle ya da bir sapanla atıldığında taş doğruca Dünya'ya düşmez. İlk fırlatıcıyla (el ya da sapan) bağlantısı kesildikten sonra bile, başlangıçta itildiği yönde ilerlemeyi sürdürür. Keskin bir gözlemci olan Aristoteles, fırlatılan bir nesnenin nasıl devindiğini biliyordu ve kuramını, düşmekte olan bir nesnenin gerisinde bıraktığı havayı, nesnenin devinimini ilk fırlatıcı ile bağının kesilmesinden sonra da sürdüren bir itmenin kaynağı olarak tasarlayarak yamadı. Kendisi, bu sorunun birbiriyle bağdaşmayan en azından iki versiyonunu sunduğu ve bu noktada hep biraz fazla tartışmaya girdiği için, bu çözümden çok da hoşnut kalmamış gibidir. Ancak, Aristoteles'e göre bu hiç önemli değildi. İlgisi aslında başka yerdeydi. Eğik atışı yalnızca kenarda kalan bir sorun olarak, yalnızca kendi kuramında bazı sorunlar oluşturabileceği için ele alıyordu.

Aristoteles'in bu yaklaşımı, öyle görünüyor ki neredeyse hemen bazı sorunlar yaratmaya başlamıştır. Aristoteles'in kuramının günümüze dek ulaşan ilk reddiyesini yazan, altıncı yüzyıl Hıristiyan yorumcusu John Philoponus kendi kısmi *impetus* kuramı çözümünü Helenistik dönem astronomu Hipparkhos'a atfeder. Diğer birçok yorumcu da en azından, Aristoteles'in düşüncesinin bu yönünden rahatsızlık duyuyordu. Belki

de Aristoteles dahil olmak üzere hiç kimse, havanın bir itici güç olduğu görüşünü hiçbir zaman fazla ciddiye almamıştır. Aristoteles'in metnindeki bu zorlukların kendi başlarına problem olarak görüldüğü, eğik atış problemiyle tam anlamıyla yüzleşildiği ve Aristoteles'in kuramında yapılan önemli bir değişiklikle çözüldüğü on dördüncü yüzyıla değin bu bir sorun olarak görülmedi. Dünya'ya ilişkin bir problemden kaynaklansa da bu değişikliğin astronomiyi doğrudan etkilediği ortaya çıkmıştır.

Gerek problemin kendisi, gerekse bu problemin ortaçağdaki çözümü, Oresme'nin hocası olan Jean Buridan'ın *Aristoteles'in Fizik'inin Sekiz Kitabı Üzerine Sorular* (skolastik bilim için tipik bir başlık) adlı kitabındaki zengin ayrıntılardan ortaya çıkarılabilir:

> Fırlatılan bir nesnenin fırlatıcının elinden çıktıktan sonra hava tarafından mı, yoksa başka bir şey tarafından mı devindirildiği araştırılmaktadır.... Bu sorunun yanıtlanmasının çok zor olduğu yargısına varıyorum; çünkü bana öyle görünüyor ki Aristoteles bu problemi iyi çözememiştir. Çünkü o,... (bir yerde) fırlatılan şeyin bulunduğu yeri hızlı bir biçimde boşalttığını, boşluğa izin vermeyen doğanın da boşluğu doldurmak üzere arkasındaki havayı gönderdiğini savunur. Bu biçimde devinen hava, fırlatılan taşa çarpar ve onu ileriye doğru sürer. Bu, belli bir uzaklığa kadar sürekli olarak yinelenir.... (Ancak), bana öyle görünüyor ki bu gidişteki yöntemin başarısız olduğu pek çok deneyle gösterilmektedir...
>
> (Örneğin, Buridan'ın verdiği çok sayıdaki örnekten biri), ön ucu arka ucu gibi konik ve ön ucu kadar keskin olan bir mızrak fırlatıldıktan sonra, keskin bir konik arka ucu olmasaydı ne kadar hızlı olacaksa o kadar hızlı devindirilebilecektir. Ancak, kuşkusuz, arkadan gelen hava, arka uç

konik olduğu için kolayca yarılacağı için, sivri arka ucu bu biçimde itemeyecektir (oysa hava küt bir arka ucu itebilecek ve böylece arka ucu küt bir mızrağı daha öteye götürebilecektir)....

Bu nedenle, bir taşta ya da fırlatılan başka bir şeyde, ona baskı yapan, onun devindirici kuvveti olan bir şey olduğunu söyleyebiliriz ve hatta söylemeliyiz. Hava devinime karşı koyar gibi göründüğüne göre, bunu söylemek, havanın fırlatılan nesnenin devinimini (sürdüreceği) iddiasına sarılmaktan açıkça daha iyidir.... (Fırlatıcı) devinen kütleye belirli bir *impetus* ya da devindirici güç verir ve bu *impetus*, devindirici devindirdiği cismi, aşağıya doğru mu yoksa yukarıya mı, yana doğru mu, çembersel mi, ne yönde devindirdiyse, o yönde etki eder. Harekete geçiren şey devinmekte olan cismi ne denli hızlı bir şekilde devindirirse, onun üzerine o kadar güçlü bir *impetus* bindirecektir. Fırlatıcı cismi hareket ettirmeyi bitirdikten sonra, cismi devindiren şey bu itkidir. Ancak bu *impetus*, direnç gösteren hava ve taşı, *impetus*un doğal olarak hareket ettirdiği yönün karşıtı yöne sevkeden yerçekimi nedeniyle sürekli olarak azalır. Böylece, taşın devinimi, *impetus* taşın ağırlığı tarafından yenilecek kadar azalana ya da bozulana ve ağırlığı taşı aşağıya, doğal yerine doğru devindirene kadar sürekli olarak yavaşlar.[11]

Bu satırlar, Buridan'ın ayrıntılı tartışmasından yalnızca bir parçadır ve ardıllarının çalışmalarında buna koşut sayısız inceleme bulunabilir. On dördüncü yüzyıl sonlarına doğru, Buridan'ınkine çok benzeyen birkaç *impetus* dinamiğinden biri, önde gelen ortaçağ bilimadamlarının çalışmalarında Aristotelesçi dinamiğin yerini almıştı. Bu gelenek varlığını sürdürdü; Kopernik'in Padova'da çalıştığı dönemlerde öğretilmekteydi; Galileo onu Piza' daki hocası Bonamico'dan öğrenmişti. Hem Kopernik hem de Galileo onu çağdaşlarının ya da ardıllarının da yap-

mış olduğu gibi, açık ya da örtük olarak kullandılar. *Impetus* kuramı, bir dizi farklı vesileyle ve çeşitli yollardan Kopernik Devriminde temel bir rol oynadı.

Bunlardan birini daha önce görmüş, ancak pek farkına varmamıştık. Oresme'nin Aristoteles'in Dünya'nın devinmediğine ilişkin temel tezini çürütmesinde, *impetus* kuramının ya da bu kurama çok benzer bir kuramın doğru olduğu kabul edilir. Aristoteles'in devinim kuramına göre, dikey olarak fırlatılan bir taş, uzayda sabit bir yarıçap boyunca ilerlemek zorundadır. Eğer taş havadayken Dünya dönüyorsa, bu durumda taş (ya da ok) bu devinime eşlik edemeyecek ve bu nedenle de fırlatıldığı noktaya geri dönemeyecektir. Ancak Dünya'nın doğu yönündeki devinimi taşa, taş onu fırlatanla hâlâ temas halindeyken doğu yönünde bir *impetus* verirse, bu *impetus* varlığını sürdürecek ve taşın, onu fırlatanla bağlantısı koptuktan sonra da devinmekte olan Dünya'yı izlemesine neden olacaktır. *Impetus* kuramına göre, dönmekte olan Dünya yer cisimlerine içsel bir devindirici güç vermekte ve bu devindirici güç de bu cisimlerin Dünya'nın peşinden gitmelerini sağlamaktadır. Ustası Buridan gibi Oresme de *impetus* kuramına inandı. Aristoteles'in kuramının yanlışlığını kanıtlarken bu kuramdan açıkça söz etmemiş olsa da *impetus* kuramı olmaksızın kanıtının hiçbir anlamı yoktur. Ortaçağ'da olsun, Rönesans'ta olsun, Dünya'yı üzerindeki cisimleri geride bırakmadan devindirmeyi olanaklı gören tezlerin çoğu öyle ya da böyle *impetus* kuramını içermektedir.

Impetus kuramını savunanlardan bazıları, kuramın kapsamını hemen yeryüzünden gökyüzüne genişlettiler. Bunu yaparken, gelecekteki Kopernikçiliğe doğru ikinci

bir adım daha atmış oldular. Buridan'ın kendisi, *Sorular* adlı yapıtında, yukarıda yaptığımız alıntının biraz sonrasındaki bir yerde şunları söylüyor:

> Yine, İncil, uygun (meleksel) anlakların gökcisimlerini devindirdiğini söylemediği için, bu türden anlakların varolduğunu kabul etmenin zorunlu görünmediği söylenebilir. Pekâlâ şu yanıt da verilebilir: Tanrı Dünya'yı yarattığında, göksel kürelerin her birini kendisinin hoşnut kalacağı biçimde devindirmiş ve bunları devindirirken içlerine, ortaya çıkan her şeyde ortak etken olarak rıza göstermesi gibi genel bir etkileme yöntemi dışında, kendisi devindirmek zorunda kalmadan devinmelerini sağlayacak bir *impetus* yüklemiştir. Böylece, yedinci günde, etkinlikleri ve edilginlikleri başkalarına vererek yaptığı bütün işlere ara verdi. O'nun gökcisimlerine yüklediği bu *impetus*lar, bu gökcisimlerinin diğer devinim türlerine hiçbir eğilimleri olmaması nedeniyle, daha sonra ne azaldı ne de bozuldu. Ne de bu *impetus*u bozacak ya da baskılayacak direnç vardı.[12]

Belki de ilk kez olarak Buridan'ın elyazmalarında gökler ve Dünya tek bir yasa dizisine tabi kılınmaya çalışılıyordu; bu öneri Buridan'ın öğrencisi Oresme tarafından daha da ileri götürüldü. Oresme, "Tanrı (gökleri) yarattığında yeryüzündeki cisimlere ağırlık yüklediği gibi, göklere de belli bir devinim niteliği ve kuvveti yükledi ...; tıpkı bir saat yapıp, bu saati kendi kendine işlemeye bırakan bir insan gibi. Böylece, Tanrı gökleri (Kendi) kurmuş olduğu düzene göre sürekli devindirilecek bir şekilde bıraktı."[13] Ancak gökleri dünyevi bir düzenek olarak, bir saat düzeneğinin bir parçası olarak tasarlamak, Ay-üstü ve Ay-altı bölgeler arasındaki mutlak ikiliği kırmak demektir. *İmpetus* kuramcıları, en azından ortaçağ boyunca, bu fikri daha ileri götürmemiş olsalar

da Dünya'nın bir gezegen olarak görülebilmesi için, aşılması gereken ikilik tam da, hem Aristoteles'den hem de teolojiden türetilmiş olan bu ikilikti.

Dünya'nın deviniyor olma olasılığı ile yeri ve göğü yöneten yasanın kısmen birleştirilmiş olması, *impetus* kuramının Kopernik Devrimine en dolaysız iki katkısıdır. Ancak en önemli katkısı, son bölümde kısaca yeniden ele alacağımız dolaylı bir katkıdır. Newton dinamiğinin evrimindeki oynadığı rolle *impetus* kuramı, Devrimin Kopernik'in ölümünden bir yüzyılı aşkın bir zaman sonra başarılı bir sonuca ulaşmasını sağladı. Kopernik, on altıncı yüzyılda, gezegenlerin nasıl devindiklerinin yalnızca yeni bir matematiksel tanımını veriyordu; gezegenlerin neden kendisinin söylediği gibi devindiklerini açıklamakta başarılı değildi. Başlangıçta Kopernik'in matematiksel astronomisi hiçbir fiziksel anlam taşımıyordu ve bu nedenle de ardılları için yeni problemler yarattı. Bu problemler ancak dinamiği Kopernik'in matematiksel sisteminde eksik olan anahtarı sağlayan Newton tarafından çözümlendi; Newton'un dinamiği ise daha önceki skolastik devinim çözümlemesine Kopernik'in astronomisinden bile daha fazla bağlıdır.

Impetus dinamiği Newton dinamiği değildir; ancak *impetus* dinamiği yeni sorunlara, yeni değişkenlere ve yeni soyutlamalara işaret ederek, Newton'un çalışmalarına giden yolu hazırladı. *Impetus* kuramından önce hem Aristoteles hem de deneyler, yalnızca durağanlığın kalıcı olacağını doğru sayıyordu. Buridan ve diğer bazı *impetus* kuramcıları, herhangi bir dirençle karşılaşmadığında, devinimin de sonsuza dek sürebileceğini söylediler ve böylelikle Newton'un, Devinimin İlk Yasası olarak bildiğimiz yasasına giden yolda önemli bir adım

atmış oldular. Yine, yukarıdaki betimleyici alıntının burada yer verilmeyen bir bölümünde Buridan, devinen bir cisimdeki *impetus* niceliğini kütlenin hızı ile içerdiği madde niceliğinin çarpımına eşitler. *Impetus* kavramı modern momentum kavramına, özdeş olmasa da çok benzer bir durumdadır. Galileo'nun yapıtında *"impetus"* ve *"momentum"* sözcükleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılır. Son bir örnek verecek olursak, bir başka yerdeki tartışmasında Buridan neredeyse serbest düşen bir cismin yerçekiminin (ya da ağırlığının) eşit zaman aralıklarında eşit *impetus* (ve bu nedenle de hız) artışı yarattığını söyleyecek gibidir. Galileo, Buridan'ın ardılları arasında tam olarak bunu söyleyen ve bundan, skolastiklerden gelen diğer çözümleyici gereçleri de kullanarak, düşme zamanı ile uzaklık arasındaki modern nicel ilişkiyi çıkarsayan ilk kişi değildi. Bunlara benzer katkılar skolastik bilime Newton dinamiğinin evriminde önemli bir rol vermektedir; Newton dinamiği ise, Kopernik ile ardılları tarafından ortaya konulan yeni evren yapısının kilit taşıdır.

On yedinci yüzyılda, tam da mutlak yararlılığı ilk kez gösteriliyorken, skolastik bilim yeni bir düşünce yapısı kurmaya çalışanların şiddetli saldırılarına maruz kaldı. Skolastiklerle alay etmek kolaydır ve bu hep böyle bilinir. Ortaçağ bilimcileri kendi problemlerini doğadan çok, metinlerden bulmuşlardı. Bu problemlerin çoğu bugün artık problem gibi görünmezler. Modern ölçütler açısından ortaçağdaki bilim pratiği inanılmayacak ölçüde yetersizdi. Ancak, Batıda bilim başka türlü nasıl yeniden doğabilirdi ki? Skolastik felsefe çağı, eskiçağ biliminin ve felsefesinin aynı zamanda hem yeniden kurulduğu, hem özümlendiği, hem de uygunluğunun

sınandığı yüzyıllardır. Ortaya çıkarılan zayıf noktalar modern dünyada hemen etkili araştırmaların odak noktaları durumuna geldiler. On altıncı ve on yedinci yüzyılların önemli yeni bilimsel kuramlarının tümü de skolastik eleştirilerin Aristotelesçi düşünce yapısında açtığı gediklerden doğar. Bu kuramların çoğu skolastik bilimin yaratmış olduğu anahtar kavramları da içine almıştır. Bunlardan bile daha önemlisi, modern bilimcilerin ortaçağdaki öncellerinden miras aldıkları yaklaşım, insan aklının doğaya ilişkin problemleri çözme gücüne sonsuz inançtır. Merhum profesör Whitehead'in belirttiği gibi, "modern bilimsel kuramın gelişiminden önce ortaya çıkan bilimin olanaklı olduğuna dair inanç, farkına varılmaksızın ortaçağ teolojisinden türemiştir."[14]

Kopernik'in Çağında Astronomi

Aristoteles-Batlamyus geleneğinde geç ortaçağda yapılan değişiklikleri tartışırken, geliştirilmiş olan gezegen astronomisi konusunda neredeyse hiçbir şey söylemedik. Aslında ortaçağ Avrupa'sında, kısmen matematik metinlerinin kendine özgü zorluklarının olması, kısmen de gezegenler sorununun oldukça kapalı bir problem olarak görünmesi nedeniyle, gezegen astronomisi adına neredeyse hiçbir şey yoktu. Aristoteles'in *Gökyüzü Üzerine*'si, tüm evreni göreli olarak daha basit terimlerle anlatıyordu; Batlamyus'un karmaşık *el-Mecisti*'sinin büyük bölümü, yalnızca gezegen konumlarının hesaplanmasıyla ilgiliydi. Bu nedenle, hem Aristoteles'in hem de Batlamyus'un yapıtları ancak on ikinci yüzyılın sonuna doğru çevrilmiş olmalarına rağmen, Aristoteles mantığı, felsefesi ve kozmolojisi ileri Batlamyus astronomisinden

çok daha hızlı bir şekilde benimsenmiştir. On üçüncü yüzyıl metafiziği Aristoteles metafiziğiyle derinlik açısından yarışır; on dördüncü yüzyıl fiziği ve kozmolojisi derinlik ve mantıksal tutarlılık açısından Aristoteles'i aşar. Halbuki, Avrupalılar, on beşinci yüzyıl ortalarına kadar Batlamyus'unkine rakip olabilecek, kendilerine ait bir astronomi geleneği geliştiremediler; bunu o tarihte başarabildikleri bile kuşkuludur. Yaygın olarak bilinen, Avrupa'ya ait ilk astronomi incelemesi, temel bilgiler içeren Arapça bir incelemenin körü körüne bir kopyası olarak, Holywoodlu John'un 1233 dolaylarında yazdığı ve gezegenlere yalnızca bir bölüm ayırdığı çalışmasıdır; karşılaştırılacak olursa, Batlamyus bu konuya dokuz bölüm ayırıyordu. Bunu izleyen iki yüzyılın ürünleri yalnızca Holywoodlu John'un yapıtına ilişkin yorumlar ve onun birkaç başarısız rakibidir. Kopernik'in 1473'teki doğumundan yirmi yıl önceye dek, teknik açıdan yetkin bir gezegen astronomisi olduğuna ilişkin pek az somut kanıt vardır. Ardından, Alman Georg Peuerbach (1423-1461) ve öğrencisi Johannes Müller (1436-1476) gibilerinin çalışmalarında bunun kanıtları ortaya çıkar.

O halde, Kopernik kuşağı Avrupalıları açısından gezegenler astronomisi, neredeyse yeni bir alandı ve daha önce olduğundan tümüyle farklı bir entelektüel ve toplumsal ortamda çalışılmaktaydı. Bu farklılık, kısmen, Aquino'lu Tommaso'nun ve Dante'nin çalışmalarını incelerken gördüğümüz gibi, astronomi geleneğine yapılan teolojik eklemelerden kaynaklanır. Buridan ve Oresme gibi insanların mantıksal ve kozmolojik eleştirileriyle bu konuda çok daha temel değişiklikler de yapılmıştı. Ancak bunlar ortaçağın katkılarıydı; Kopernik ise ortaçağda yaşamamıştır. Kopernik'in yaşamı (1473-1543),

Rönesans ve Reform'un en önemli on yılları arasında geçmiştir ve bu geç çağa özgü yenilikler, Kopernik'in çalışmasının başlangıcında ve biçimlenmesinde etkili olmuştur.

Genel mayalanma dönemlerinde klişeler rahatça bir kenara bırakıldığı için, Avrupa'da tam da Rönesans ve Reform döneminde yaşanan çalkantılar, Kopernik'in astronomide yenilik yapmasını kolaylaştırdı. Bir alandaki değişim, diğer alanlarda da klişelere tutunmayı zorlaştırır. Ulusal ya da uluslararası düzeyde şiddetli sarsılmaların yaşandığı dönemlerde bilimde hep kökten yenilikler olmuştur ve Kopernik böyle bir dönemde yaşıyordu. Müslümanlar yeniden, ulus devletin artık feodal monarşinin yerine geçmesi sürecinde hanedanlık çatışmalarıyla sarsılan Avrupa'yı, onun geniş topraklarını fethetmekle tehdit etmekteydiler. Ekonomik kurumlardaki ve teknolojideki hızlı değişimleri arkasına alan yeni bir ticari aristokrasi, eski Kilise ve toprak sahipleri aristokrasisine rakip oluyordu. Luther ve Calvin, Katolikliğin dinsel hegemonyasına karşı ilk başarılı ayaklanmaların önderleri oldular. Politik, toplumsal ve dinsel yaşamda böylesine açık kargaşaların damgasını vurduğu bir çağda, gezegen astronomisindeki bir yenilik, hiç de yenilik olarak göze çarpmayabilirdi.

Bu çağın özelliklerinin astronomi üzerinde daha da somut etkileri olmuştur. Örneğin, Rönesans bir yolculuklar ve keşifler çağıydı. Kopernik'in doğumundan elli yıl önce, Portekizlilerin Afrika kıyısı boyunca yaptığı seferler, Avrupalıların düş gücünü ve servet tutkusunu kışkırtmaya başlamıştı. Kolomb'un, Kopernik on dokuz yaşındayken, Amerika'yı keşfetmesi, yalnızca ilk keşif dizisinin son halkası olmuş, yeni bir dizi keşif için de

bir temel oluşturmuştu. Başarılı seferlerin yapılabilmesi gelişmiş haritaları ve denizcilik tekniklerini gerektiriyordu ve bunlar ise kısmen, göklere ilişkin bilginin gelişmesine bağlıydı. İlk Portekiz seferlerinin düzenleyicisi ve yöneticisi olan Prens Denizci Henrique, Avrupa'nın ilk gözlemevlerinden birini kurdu. Böylece, keşifler Avrupalı uzman astronomlara talep oluşmasını sağladı ve bu da astronomların çalışma alanlarına karşı tavırlarını kısmen değiştirdi. Her yeni sefer, yeni kara parçalarını, yeni ürünleri ve yeni halkları ortaya çıkarıyordu. İnsanlar, Dünya'nın eski betimlerinin nasıl yanlış olabileceğini hemen öğrendiler. Özellikle de Batlamyus eskiçağın en büyük astronomu ve astroloğu olduğu kadar en büyük coğrafyacısı da olduğundan, onun ne kadar hatalı olabileceğini öğrendiler. Astronomun, biraz sonra Kopernik'in kendisinde de göreceğimiz bir bilince, yani kendisinin, Rönesans insanının sonunda Batlamyus'un coğrafyasını düzeltebileceğinin bilincine varması, onu coğrafyayla çok yakından ilişkili kendi alanındaki değişimlere de hazırladı.

Takvimler üzerine çalışmalar astronomu mevcut hesaplama tekniklerinin yetersizliğiyle yüz yüze bıraktığı için, takvim reformu konusundaki tahriklerin Rönesans astronomi pratiği üzerinde daha dolaysız ve daha çarpıcı etkileri oldu. Jülyen takvimin biriken hatalarının farkına çok daha önceleri de varılmıştı; takvim reformu önerilerinin geçmişi on üçüncü yüzyıla, hatta daha öncesine dek uzanır. Ancak siyasi, büyüyen ekonomik ve yönetsel birimlerin etkili ve birörnek bir tarihlendirme aracının geliştirilmesini teşvik ettikleri on altıncı yüzyıla kadar bu önerilerin pek etkisi olmadı. O dönemde reform Kilisenin resmi projesi olmuştu; bunun astro-

nomideki sonuçları Kopernik'in yaşamöyküsünde açıkça görülmektedir. On altıncı yüzyılın başlarında Kopernik'e, takvim reformu konusunda papalığa danışmanlık önerildi. Kopernik bu öneriyi geri çevirdi ve mevcut astronomik gözlem ve kuramların tamamıyla uygun bir takvim tasarımına olanak vermediği kanısında olduğu için, reformun ertelenmesinde diretti. Kopernik o dönemki astronominin, kendi radikal kuramını öne sürmesine yol açan çeşitli yönlerini sıralamaya, "Çünkü, ilkin, matematikçiler Ay'ın ya da Güneş'in devinimleri konusunda o kadar kararsızlar ki mevsim yılının sabit uzunluğunu bile açıklayamıyor ya da gözlemleyemiyorlar" (bkz. s. 230) sözleriyle başlar. Kopernik, takvim reformunun astronomide bir reformu gerektirdiğini söylüyordu. *De Revolutionibus*'unun önsözünü, kendi kuramının yeni bir takvim yapılmasını olanaklı kıldığını söyleyerek bitiriyordu. İlk kez 1582 yılında benimsenen Gregoryen takvim, gerçekten de Kopernik'in çalışmasında kullanılan hesaplamalara dayanır.

Rönesans yaşamının bir başka yönü daha astronomik hesaplar yapmak için mevcut tekniklerin yetersiz olduğunun iyice fark edilmesine yol açtı. On beşinci yüzyılda Avrupa, klasik modellerin ikinci kez yeniden keşfedilmesinin eşlik ettiği ikinci bir büyük entelektüel canlanma daha yaşadı. On ikinci yüzyıldaki öncelinden farklı olarak, Rönesans'ta bilginin yeniden canlanışı aslında bilimsel bir canlanış değildi. Yeniden elde edilen belgelerin birçoğu eskiçağ edebiyatının, sanatının ve mimarisinin örnekleriydi. Bu alanlardaki büyük gelenek, İslam kültürü ona kayıtsız kalmış olduğu için, Batıda genellikle bilinmiyordu. Ancak on beşinci yüzyılda bulunan elyazmaları arasında, Helenistik dönem mate-

matiğinin birkaç önemli çalışması ve daha önemlisi, daha önce yalnızca Arapçası bilinen bilimsel klasiklerin hakiki Yunanca metinleri de vardır. Sonuç olarak, Batlamyus sisteminin göksel devinimleri doğru olarak tahmin edememesindeki malum başarısızlık, artık aktarım ya da çeviri sürecinde biriken yanlışlara yüklenemeyecekti. Astronomlar bundan böyle astronominin Batlamyus döneminden beri gerilemekte olduğuna inanamazdı.

Örneğin Peuerbach, astronomideki kariyerine, Müslümanlardan alınan *el-Mecisti*'nin ikinci el çevirilerini çalışarak başladı. Bunlardan hareketle Batlamyus sisteminin daha önce bilinenlerinden daha uygun ve bütünsel bir açıklamasını yeniden kurabildi. Ancak, çalışmasının sonunda yalnızca, tamamıyla doğru bir astronominin Arapça kaynaklardan türetilemeyeceği kanısına varmıştı. Astronomların özgün Yunanca metinlerden çalışmalarının gerekli olduğu kanısındaydı ve 1461 yılında, İtalya'da bulunan elyazmalarını gözden geçirmek için bu ülkeye doğru yola çıkmak üzereyken öldü. Ardılları, özellikle de Johannes Müller, özgün Yunanca metinler üzerinde çalıştılar ve böylece Batlamyus'un özgün anlatımının bile yetersiz olduğunu ortaya çıkardılar. Eskiçağ yazarlarının gerçek metinlerine erişilmesini sağlayan on beşinci yüzyıl bilginleri, Kopernik'ten hemen önceki kuşağın, dönemin bir değişim zamanı olduğunu fark etmesine yardımcı oldular.

Yukarıda tartıştıklarımıza benzer gelişmeler, Kopernik Devriminin neden tam o dönemde gerçekleştiğini anlamamıza yardımcı olabilecektir. Bunlar, astronomide büyük değişim iklimindeki başlıca öğelerdir. Ancak, Rönesans'ın devrimde bir bakıma daha farklı roller oynayan, daha entelektüel başka yönleri de vardır. Bunlar,

çağın hâkim bilgi akımı olan hümanizmle ilişkilidir ve bunların Devrimin zamanlaması üzerindeki etkisi, biçimi üzerindeki etkisinden azdır. Hümanizm özünde bilimsel bir akım değildi. Hümanistlerin kendileri çoğu kez Aristoteles'e, skolastiklere ve tüm üniversite bilgi geleneğine keskin bir biçimde karşı çıktılar. Kaynakları yeni bulunan yazınsal klasiklerdi ve diğer çağlardaki edebiyatçılar gibi, onların da çoğu bilimsel girişimi bir bütün olarak reddetti. İlk hümanist ozan Petrarca, Augustinus'un bilimi kınamasına şaşılacak ölçüde benzeyen tipik bir görüşü şöyle dile getirir: "Bütün bunlar doğru olsa bile bize mutlu bir yaşam yolunda yardımcı olmazlar; biz ait olduğumuz insan soyunun doğası konusunda cahilken ve nereden geldiğimizi ya da nereye gittiğimizi bilmez ya da bunu önemsemezken, hayvanların, kuşların, balıkların ve sürüngenlerin doğasını tanımanın bize ne yararı olacaktır ki?"[15] Rönesans'ın tek entelektüel akımı hümanizm olmuş olsaydı, Kopernik Devrimi uzun bir süre gecikebilirdi. Kopernik'in ve onun astronomi alanındaki çağdaşlarının çalışmaları, tam da hümanistlerin en çok yerdikleri o üniversite geleneğinin ürünleriydi.

Ancak, hümanistler bilimi durdurmayı başaramadılar. Rönesans'ta üniversitelerin dışındaki hâkim hümanist gelenek ile üniversite duvarlarının arkasında varlığını sürdüren bilimsel gelenek yan yana yaşadılar. Sonuç olarak, hümanistlerin dogmatik Aristoteles karşıtlığının ilk bilimsel etkisi, ötekilerin Aristoteles biliminin en temel kavramlarından uzaklaşmasını kolaylaştırmak oldu. Bunun bir ikinci, ancak daha önemli etkisi ise bilimin, hümanist düşüncenin ayırıcı özelliklerinden biri olan güçlü bir öbür dünya düşüncesi damarından şaşır-

tıcı bir biçimde etkilenmesidir. Öyle görünüyor ki hümanizmin, Petrarca'dan yapılan alıntıda üstü kapalı bir şekilde sözü edilen bu yönü, Kopernik, Galileo ve Kepler gibi bazı Rönesans bilimcilere kesinlikle Aristotelesçi olmayan iki fikir vermişti: Bunlar, doğadaki basit aritmetik ve geometrik düzenlilikleri ortaya çıkarmanın olanaklı olduğuna ilişkin yeni inanç ile evrendeki tüm yaşamsal ilke ve güçlerin kaynağı olarak Güneş'e yeni bir bakıştır.

Hümanizmin öbür dünya görüşü, Augustinus'u ve ilk Kilise babalarını oldukça etkilemiş olan, ancak Aristoteles'in yazılarının on ikinci yüzyılda yeniden bulunması sonucunda geçici olarak Aristoteles'in gölgesinde kalan, iyi tanımlanmış bir felsefi gelenekten geliyordu. Aristoteles geleneğinden farklı olarak bu gelenek, gerçekliği gündelik yaşamın fanilikleri yerine tinin değişmez dünyasında buluyordu. Bu geleneğin dayandığı temel kaynak olan Platon, çoğu yerde, bu dünyanın nesnelerini, onların yalnızca uzam ve zamanın dışında var olan ülküsel nesnelerin ya da "idealar"ın ebedi dünyasının kusurlu gölgeleri olduklarını söyleyerek gözden çıkarmış gibi görünmektedir. Platon'un, Yeni-Platoncular olarak bilinen takipçileri, ustalarının düşüncesindeki bu eğilimi, başka eğilimleri tümüyle dışlayacak biçimde vurgulamıştı. Çoğu hümanistin kendilerine örnek aldığı Yeni-Platoncuların mistik felsefesi yalnızca aşkın bir gerçekliği kabul ediyordu. Fakat, bütün mistisizmine karşın Yeni-Platonculukta, Rönesans biliminde önemli bir yön değişimine yol açan öğeler de vardı.

Yeni-Platoncu hemen gündelik yaşamın değişebilir ve bozulabilir dünyasından kusursuz olan saf tinin ebedi dünyasına geçiyor ve matematik ona bu geçişi nasıl

yapacağını gösteriyordu. Matematik, ona göre, yeryüzü dünyasının kusurlu ve değişen görünümlerinin ortasında ölümsüz ve gerçek olanı örnekliyordu. Düzlemsel geometrinin üçgen ve çemberleri, bütün Platoncu formların ilk örnekleriydi. Bu biçimler hiçbir yerde değildiler – kâğıda çizilen hiçbir çizgi ya da nokta Eukleides'in koyutlarına karşılık gelmeyecektir – ancak bunlara, yalnızca aklın keşfedebildiği ve bir kez keşfedildiğinde gerçek dünyanın nesnelerinde bulanık bir şekilde yansımış olarak görülebilen, belli ebedi ve zorunlu özellikler yüklenmiştir. Gerçek dünyayı yine matematiğin ebedi dünyasının bir gölgesi olarak tasarlamış olan Pytagorasçılar da, yeryüzü bilimi idealini, uzunlukları, 1 ¾ ⅔ : ½ basit sayısal oranlarında olan birörnek tellerin armonik sesler ürettiğine ilişkin buluşlarında örneklediler. Yeni-Platoncu düşüncedeki matematik damarı genellikle Pythagoras'a dayandırılır ve Yeni-Pythagorasçılık olarak bilinir.

Platon'un kendisi de, ideaların ardındaki usun eğitimi için matematiğin zorunluluğunu vurguluyordu: Akademisinin kapısına "geometriden anlamayan hiç kimse kapımdan içeri giremez"[16] sözünü yazdığı söylenir. Yeni-Platoncular daha da ileri gittiler. Tanrının, ruhun ve evrenin ta kendisi olan dünya ruhunun özsel doğasının anahtarının matematikte olduğunu düşündüler. Beşinci yüzyıl Yeni-Platoncusu Proklos'tan tipik bir bölüm, bu mistik matematik anlayışının bir yönünü eksiksiz bir biçimde ortaya koyuyor:

> Bu nedenle (dünyanın) ruhu, hiçbir biçimde ustan yoksun düz bir levhaya benzetilemez; o, her zaman üzeri yazılı bir levha, kendi üzerindeki harfleri kendi yazan ve bunlardan

> anlıktan gelen ebedi bir bolluk üreten bir levhadır.... O halde, bütün matematiksel türler ruhta birincil olarak mevcuttur: Öyle ki algılanabilen sayılardan önce, ruhun derinliklerinde kendi kendine devinen sayılar vardır; görünür olanlardan önce yaşamsal biçimler; uyumlu seslerden önce armoninin ideal oranları ve çemberde dönen cisimlerden önce görünmeyen yörüngeler vardır.... Bütün bunların, her zaman yaşamsal ve anlıksal olarak, görünür sayıların, biçimlerin, nedenlerin ve devinimlerin örnekleri olarak mevcut olduklarını düşünmeliyiz. Ve burada, matematiksel idealardan kökeni türeten, ruhun dokusunu tamamlayarak var olan her şeyin nedenlerini onun doğasına dayandıran, Timaeus'un öğretisini izlemeliyiz.[17]

Proklos ve onun ülküsünü paylaşan hümanistler, fiziksel bilimlerin çok uzağındadırlar. Ancak yer yer, doğa bilimlerine daha eğilimli olan çağdaşlarını etkilediler ve sonuç olarak, pek çok geç dönem Rönesans bilimcisi doğadaki basit aritmetik ve geometrik düzenlilikleri keşfetmek için yeni bir araştırmaya girişti. Kopernik'in Bologna'dan dostu ve hocası Domenico Maria de Novara, Proklos'u ve onun okulundan diğer düşünürleri çeviren Floransalı Yeni-Platoncuların gizli bir üyesiydi. Novara'nın kendisi, öylesine karmaşık ve hantal olan bir sistemin doğanın hakiki matematiksel düzenini gösteremeyeceği inancıyla, Batlamyus'un gezegen kuramını Yeni-Platoncu temelde ilk eleştirenler arasındaydı. Novara'nın öğrencisi olan Kopernik, Batlamyusçu astronomların "birinci ilke olan devinimde birörneklik ilkesini çiğner gibi göründüklerinden" ve "önde gelen işi, yani evrenin biçimini ve onun parçalarının değişmez simetrisini çıkarsamayı" (bkz. ss. 231-232) başaramamış olduklarından yakındığında, aynı Yeni-Platoncu ge-

leneğin içerisinde yer alıyordu. Astronominin Yeni-Platonculukla bağı, Kopernik'in büyük halefi Kepler'de çok daha açık bir şekilde görünür. Daha sonra göreceğimiz gibi, Kepler'in çalışmalarının çoğuna basit sayısal ilişkiler arayışı hâkimdir ve bu arayış onun çoğu çalışmasının çıkış noktasıdır.

Yeni-Platonculuk ile Güneş'e tapma arasındaki bağın kökeni daha belirsizdir; ancak bunların birbiriyle olan ilişkisine dair bir ipucu, Proklos'tan yaptığımız alıntıda bulunabilecektir. Yeni-Platoncu düşünce gerçek dünyadan hiçbir zaman tam olarak vazgeçemedi. Proklos'un dünyanın ruhunda ya da Tanrıda bulduğu "yaşamsal biçimler" ve "görünmeyen yörüngeler", birincil felsefi varlıklar, eksiksiz gerçekliğe ve varlığa sahip biricik şeyler olabilirdi. Ancak Yeni-Platoncu, duyularının bir biçimde var olduklarını doğruladığı kusurlu cisimlerin varlığını kabul etmekten de kaçınamıyordu. Bu nedenle de cisimleri, "yaşamsal biçimlerin" kendilerinden türeyen ikinci dereceden kopyalar olarak görüyordu. Proklos'un söylediği gibi, dünya ruhunun doğasını belirleyen matematiksel idealar, aynı zamanda "varolan her şeyin nedenleri"dirler. Bu ideaların kendi saf anlıksal tözlerinden sonsuz sayıda değersizleşmiş ve maddileşmiş kopya türüyordu. Yeni-Platoncunun Tanrısı, kendisinden gelen ideaların bolluğu, uçsuz bucaksız gücünü kanıtlayan, kendini ikiye katlayan bir üretici ilkeydi. Maddi evrende de bu doğurgan Tanrı, buna uygun bir biçimde, yaydığı görülür ve görülmez şeylerle evrene ışık, sıcaklık ve bereket saçan Güneş'le simgelendi.

Güneş ile Tanrı'nın bu simgesel özdeşliği, Rönesans edebiyat ve sanatında sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. On beşinci yüzyılın hümanist ve Yeni-Platoncu Floransa

akademisinin önde gelenlerinden Marsilio Ficino, *Güneş Üzerine* adlı incelemesinde bunu örnek bir biçimde dile getiriyor:

> İyi'nin (ki o Tanrıdır) doğasını hiçbir şey, (Güneş'in) ışığından daha iyi bir şekilde açığa çıkaramaz. Birincisi, ışık, algılanabilir nesnelerin en parlağı ve en saydamı olduğu için. İkincisi, ne onun kadar kolaylıkla, ne onun kadar geniş bir alana, ne de onun kadar hızla yayılan başka bir şey olmadığı için. Üçüncüsü, ışık bir okşama gibi, zarar vermeksizin ve çok yumuşak bir biçimde tüm nesnelerin içine işler. Dördüncüsü, ona eşlik eden ısı tüm nesneleri besler ve büyütür; o evrensel yaratıcı ve devindiricidir... Buna benzer bir biçimde, İyi'nin kendisi de her yere yayılmıştır ve her şeyi yatıştırır; iyiliğe yönlendirir. Bunu zorlamayla değil, (ışığa eşlik eden) ısı gibi, kendine eşlik eden sevgiyle yapar. Bu sevgi bütün nesneleri, İyi'yi özgürce kucaklamaları için kendine çeker... Bu ışık belki de kutsal ruhun uzaktan etkiyen, tüm nesneleri göğe bağlayan, bununla birlikte hiçbir zaman göğü terk etmeyen, dıştaki şeylerle karışmayan görme duyusunun ya da bakma eyleminin ta kendisidir... Göklere bir bakın, gökteki anavatanımızın vatandaşları, size yalvarırım... Güneş size ve Güneş'in gerçek olmadığını söylemeye cüret edeceklere Tanrının kendisini göstermeye yeter.[18]

Proklos'ta olduğu gibi, Ficino'da da bilimden çok uzaktayız. Ficino astronomiyi anlamamış gibidir. Onu yeniden kurma yönünde hiçbir girişimde bulunmadığı kesindir. Ficino'nun evreninde Güneş yeni bir anlam taşıyor olsa da hâlâ eski konumundadır. Ancak, bu konum artık ona uygun değildi. Ficino, örneğin, ilk yaratılanın Güneş olduğunu ve onun evrenin merkezinde yaratıldığını söylüyordu. Kuşkusuz uzayda olsun, zamanda olsun daha aşağı dereceden hiçbir konum, Güneş'in yüce-

liğiyle ve yaratıcı işleviyle bağdaştırılamazdı. Ancak bu konum Batlamyus astronomisiyle bağdaşmıyordu; buna bağlı olarak, Yeni-Platonculuk için ortaya çıkan güçlükler, Kopernik'in merkezdeki Güneş'in çevresinde kurulan yeni bir sistem düşünmesine yardım etmiş olabilir. Her nasıl olursa olsun, bu güçlükler Kopernik'e yeni bir sistem için gerekçe veriyordu. Kopernik, Güneş'in yeni konumuna ilişkin tartışmasının hemen ardından, dikkatleri kozmolojisinin uygunluğuna çekiyordu (bkz. ss. 293-294). Bu konuda başvurduğu otoriteler ise açıkça Yeni-Platoncuydu:

> Her şeyin ortasında, tahta çıkmış Güneş oturur. Tapınakların bu en güzelinde, bu ışık saçıcıyı her şeyi aynı anda aydınlatabileceği daha iyi bir yere yerleştirebilir miydik? Ona, haklı olarak, Evrenin Işıldağı, Zihni ve Yöneticisi denir; Hermes Trismegistos ona Görülür Tanrı adını verir; Sophokles'in Elektra'sı ise ona her şeyi gören der. Güneş böylece, çocuklarını, çevresinde çemberler çizen gezegenleri yöneten bir kral gibi tahtında oturur.

Kopernik'in gerek Güneş'e, gerekse matematiksel yalınlığa yaklaşımındaki Yeni-Platonculuk açıktır. Bu, onun evren görüşünü ortaya çıkaran entelektüel iklimin temel öğelerinden biridir. Ancak, Kopernik'in düşüncesindeki Yeni-Platoncu yaklaşımın, yeni astronomisinin icadından sonrasına mı yoksa öncesine mi denk geldiği pek anlaşılmaz. Sonraki Kopernikçiler için böyle bir belirsizlik yoktur. Örneğin, Kopernikçi sistemi yoluna koyan kişi olan Kepler, Kopernik'in önerisini tercih edişinin gerekçelerini oldukça açık bir biçimde ortaya koyar; bunlardan biri de şudur:

(Güneş) bir ışık pınarı, bolluk saçan ısıyla dolu, görülenlerin en güzeli, en durusu ve en safı, görmenin kaynağı, kendisi renksiz de olsa bütün renkleri önümüze serendir; devinimiyle gezegenlerin kralı, gücüyle evrenin yüreği, güzelliğiyle evrenin gözü olandır; en Ulu Tanrı maddi bir ev, kutsanmış melekler ile birlikte oturacağı bir yer istemişse, ona yaraşan yerin ancak Güneş olabileceğini düşünmeliyiz.... Eğer Almanlar bütün imparatorlukta en güçlü olanı Sezar olarak seçiyorsa, gökteki tüm devinimlerinin seçimlerinin de tümüyle kendi egemenliğinde olan ışıkla tüm diğer devinim ve değişimi yönetmekte olan Güneş'ten başkası olmayacağından kim kuşku duyabilir ki?... (Böylece) ilk devindiriciliği bir yana bıraksak bile, Güneş'i asaleti ve gücü bakımından, bu devindirme ödevine ve Tanrının evi olmaya uygun saymakta yerden göğe haklıyız.[19]

Kepler'in araştırmasında böylesine belirgin olan matematiksel büyü ve Güneş'e tapma, Kopernik'in ölümden sonraya kadar Rönesans Yeni-Platonculuğu ile yeni astronomi arasında belirgin bağlantı noktaları olmayı sürdürdüler. Ancak on altıncı yüzyıl sonlarında Yeni-Platonculuğun üçüncü bir yönü Kopernikçilikle birleşti ve Kopernik evreninin yapısının yeniden biçimlendirilmesine yardımcı oldu. Yeni-Platonculuğun kusursuzluğu sınırsız verimliliğiyle ölçülen Tanrısından farklı olarak, Aquinolu Tommaso ile Aristoteles'in Tanrısı, kusursuzluğunu yaratısının düzgün ve düzenli oluşunda gösteren bir mimar olarak düşünülmüştü. Aquinolu Tommaso'nun Tanrısı sonlu Aristoteles evreniyle oldukça uyumluydu; ancak, Yeni-Platoncuların Tanrısı o kadar kolayca sınırlandırılamıyordu. Tanrının kusursuzluğu üreticiliğinin kapsamı ve niceliğiyle ölçüldüğünde, daha büyük ve daha kalabalık bir evren, daha kusursuz bir Tanrı anlamına gelmeliydi. Bu nedenle,

çoğu Yeni-Platoncuya göre, Aristoteles evreninin sonlu olması Tanrının kusursuzluğuyla bağdaşmıyordu. Yeni-Platoncular, Tanrının sonsuz iyiliğinin yalnızca sonsuz bir yaratı eylemiyle karşılanabileceğini düşünüyorlardı. Kopernik öncesinde bile, kalabalık ve uzam açısından sonsuz bir evren görüşü Aristoteles öğretisinden ciddi sapmalara neden olmuştu. Rönesans'ta Tanrının sonsuz yaratıcılığının yeniden vurgulanması, Kopernik'in icadını hazırlayan fikir ortamındaki önemli bir unsur olmuş olabilir. Daha sonra göreceğimiz gibi, bunun Rönesans sonrasında Kopernik'in sonlu evreninden Newton'cu dünya makinesinin sonsuz uzayına geçişteki ana etkenlerden biri olduğu açıktır.

Kopernik Devriminin kavramsal sahne düzeni, en azından burada inceleyeceğimiz kadarıyla, Yeni-Platonculukla tamamlanmıştır. Bu sahne düzeninde astronomik özellikte pek az şey olması, sözkonusu olan bir astronomi devrimi olduğu için, çok şaşırtıcıdır. Ancak, bu sahneyi önemli kılan tam da bu durumdur. Bir bilimdeki yeni buluşların, bu bilimin içindeki yeni durumlara yanıt olarak ortaya çıkması zorunlu değildir. Kopernik'i eskiçağ astronomisinin yetersizliğine ya da değiştirilmesinin zorunlu olduğuna inandıran hiçbir temel astronomik keşif, hiçbir yeni astronomik gözlem biçimi yoktu. Kopernik'in ölümünden elli yıl sonrasına kadar astronomların ulaşabildiği verilerde devrime yol açabilecek hiçbir değişiklik olmamıştır. O halde, Devrimin zamanlamasını ve ona yol açan etkenleri anlamanın olanağı, öncelikle astronominin dışında, astronomiyle uğraşanların içinde yaşadıkları daha geniş bir entelektüel çevrede aranmalıdır. Bu bölümün başında değindiğimiz gibi, Kopernik kozmolojik ve astronomik araştırmaları-

na Aristoteles'in ve Batlamyus'un bıraktıkları noktaya çok yakın bir yerden başlamıştı. Bu anlamda o, eskiçağ bilimsel geleneğini doğrudan miras almıştır. Ancak, bu mirasın ona ulaşması için neredeyse iki bin yıl gerekti. Aradaki sürede, yeniden keşfetme süreci, ortaçağda bilimle teolojinin birleştirilmesi, yüzyıllar süren skolastik eleştiri ve Rönesans'taki yeni yaşam ve düşünce akımları, hep birlikte, insanların okulda öğrendikleri bilimsel mirasa karşı tutumlarını değiştirmelerini sağlamıştır. Bu temel değişikliğin ne kadar büyük, ama ne kadar da şaşılacak ölçüde küçük olduğunu, gelecek bölümde Kopernik'in yeni düşünce yöntemini ele alırken göreceğiz.

5
Kopernik'in Yeniliği

Kopernik ve Devrim

Kopernik'in *De Revolutionibus Orbium Caelestium* (Göksel Kürelerin Dönüşleri Üzerine) adlı çalışmasının 1543 yılında yayınlanması, astronomik ve kozmolojik düşüncede Kopernik Devrimi adını verdiğimiz büyük bir değişimin başlangıcıdır. Bu noktaya kadar yalnızca devrimin gerçekleştiği sahnenin arka planını ele aldık. Şimdi devrimin kendisine dönecek ve bu bölümde ilkin Kopernik'in devrime katkılarıyla ilgileneceğiz. Olanaklı olduğu ölçüde bu katkıları, Kopernik'in Dünya'yı yeni astronomiyle tanıştıran kitabından, *De Revolutionibus*'tan Kopernik'in kendi sözlerinden alıntılar yaparak ortaya çıkaracağız. Kopernik Devrimini – ya da bu devrim çoğu açılardan tipik olduğu için doğa bilimlerindeki herhangi bir başka büyük ve birdenbire ortaya çıkan kavramsal değişimi – anlamamız, neredeyse ilk adımda

karşılaşacağımız güçlüklerin ve tutarsızlıkların çözümlenmesine bağlıdır.

Bizim için *De Revolutionibus* sorunlarla dolu bir metindir. Bu sorunlardan bazıları doğrudan konusuna özgü zorluklardan kaynaklanır. Giriş niteliğindeki Birinci Kitap, teknik anlamda yetkin bir astronom olmayan herhangi birisinin anlayarak okumasını neredeyse olanaksız kılacak kadar matematikseldir. *El-Mecisti*'yi (Almagest) irdelerken kullandığımız yönteme çok benzer bir biçimde, bu kitapta da önemli teknik katkılarla, kısmen matematiksel olmayan ifadeler kullanarak ilgilenmemiz gerekiyor; bunun yanında, *De Revolutionibus*'un on altıncı yüzyıldaki okurlarını karşı karşıya bıraktığı önemli sorunların bazılarına değinmeyeceğiz. Kopernik yeni astronomiyi, bu bölümde sıkça kullanacağımız biçimiyle, yani basitleştirilmiş bir biçimde ortaya atmış olsaydı, bu astronomi oldukça farklı bir şekilde karşılanabilirdi. Daha kolay anlaşılabilir bir çalışmaya, örneğin, daha erkenden yoğun bir muhalefet başlayabilirdi. O halde, karşımıza çıkan ilk sorun, bir teknik bilgi eksikliğinin devrimi başlatan bu çalışmanın başlıca kitaplarıyla bizim aramızda engel oluşturmasıdır.

Ancak, *De Revolutionibus*'un teknik muğlaklığı, her ne kadar bunun başlangıçtan itibaren farkında olmak gerekirse de, Kopernik'in çalışmasındaki ne en zor, ne de en önemli sorundur. *De Revolutionibus*'un temel zorlukları ve bunların arasında kaçınamayacak olduklarımız, daha çok yapıt ile onun astronominin gelişimindeki rolü arasındaki görünüşteki uyuşmazlıktan kaynaklanır. Sonuçları açısından *De Revolutionibus*, hiç kuşkusuz devrimci bir yapıttır. Gezegenler astronomisine temelde yeni bir yaklaşım, gezegenler sorununun

ilk kez kesin ve basit bir çözümü ve en sonunda, bu dokuya eklenen diğer unsurlarla birlikte yeni bir kozmoloji bu çalışmadan türemiştir. Fakat, bu sonucun farkında olan bir okura *De Revolutionibus*'un kendisi, sonuçlarıyla ölçüştürüldüğünde göreli olarak ciddi, ağırbaşlı ve devrimci olmayan bir yapıt olduğu için, hep bir bulmaca ve çelişkiler yumağı olarak görünecektir. Kopernik Devrimini tanımamıza yol açan temel öğelerle – gezegenlerin konumunun basit bir şekilde ve kesin olarak hesaplanmasıyla, dış tekerleme eğrilerinin ve dışmerkezlilerin kaldırılmasıyla, kürelerin çözünmesiyle, Güneş'in bir yıldız olmasıyla, evrenin sonsuz genişlemesiyle – ve başka birçok öğeyle Kopernik'in çalışmasının hiçbir yerinde karşılaşmayız. *De Revolutionibus*, çalışmalarını Kopernik'in yapıtına dayandıran ve yazarının bile kendi yapıtında görememiş olduğu radikal sonuçları açığa çıkaran sonraki kuşakların çalışmalarından çok, Dünya'nın devinimi düşüncesi dışında hemen her açıdan eskiçağ ile ortaçağ astronom ve kozmologlarının yapıtlarına yakın gibi görünür.

Bu durumda, *De Revolutionibus*'un önemi, kendisinin söylediğinden çok, başkalarının söylemesine neden olduğu şeylerde yatar. Bu kitap, kesin bir biçimde dile bile getirmediği bir devrime yol açmıştır; devrimci bir yapıt olmaktan çok, devrim yapan bir metindir. Böyle metinlerin ortaya çıkması, bilimsel düşüncenin gelişiminde göreli olarak sıkça karşılaşılan ve çok önemli bir görüngüdür. Bu yapıtlar bilimsel düşüncenin gelişim yönünü değiştiren çalışmalar olarak tanımlanabilirler; devrim yapan bir yapıt, hem geçmiş bir geleneğin doruğu, hem de gelecekteki yeni bir geleneğin kaynağıdır. Bir bütün olarak *De Revolutionibus*, neredeyse tümüyle

eskiçağ astronomik ve kozmolojik geleneğinin içinde yer alır; ancak, yine de *De Revolutionibus*'un genel klasik çerçevesi içinde, bilimsel düşüncenin yönünü yazarının önceden göremediği bir biçimde değiştiren ve eskiçağ astronomi geleneğinden hızlı ve kesin bir kopuşa yol açan birkaç yenilik de vardır. Astronomi tarihinin sunduğu bir perspektiften bakıldığında, *De Revolutionibus*'un ikili bir doğası vardır. *De Revolutionibus* hem eski hem modern, hem muhafazakâr hem de radikaldir. İşte bu nedenle, yapıtın anlamı ancak geçmişiyle geleceğine, içinden çıkmış olduğu gelenekle kendisinden türeyen geleneğe aynı anda bakmakla ortaya çıkarılabilecektir.

Tek bir yapıtın bu ikili görünümü, bu bölümde ele alınacak temel sorundur. Kopernik'in, içinde yetiştiği eskiçağ geleneğiyle ilişkisi nedir? Daha kesin bir ifadeyle, bu gelenegin hangi yönleri Kopernik'in astronomik bir yeniliğin gerekli olduğuna, eskiçağ kozmolojisi ile astronomisinin belli yönlerinin reddedilmesi gerektiğine inanmasına yol açmıştı? Ve, Kopernik eski bir gelenekle bağını koparmaya karar verdiğinde, astronomi yapmak için gerekli düşünsel ve gözlemsel gereçlerin tek kaynağı olan bu eski geleneğe hâlâ zorunlu olarak ne ölçüde bağlıydı? Yine, Kopernik'in modern gezegen astronomisi ve kozmolojiyle ilişkisi nedir? Klasik astronomi eğitiminin ve araçlarının dayattığı sınırların içinde, Kopernik'in çalışması hangi yaratıcı yenilikleri içerebilirdi? Sonunda köktenci bir biçimde yeni olan bir astronomiyi ve kozmolojiyi ortaya çıkaran bu yenilikler, ağırlıkla klasik olan genel bir çerçeve içerisine başlangıçta nasıl yerleştirilebilmişti? Bu yenilikleri Kopernik'in ardılları nasıl fark edebilmişler, nasıl benimseye-

bilmişlerdi? Bu sorular ve bunlardan çıkan sonuçlar *De Revolutionibus*'un ya da belli bir bilimsel düşünce geleneğinde doğmuş olsa da sonuçta kaynağını yok eden ve yeni bir geleneğin başlangıcı olan herhangi bir bilimsel yapıtın asıl zorluklarını gösterirler.

Yeniliğin Gerekçeleri – Kopernik'in Önsözü

Kopernik, eskiçağda Batlamyus'un çalışmasında doruğuna ulaşan Helenistik teknik matematiksel astronomi geleneğini ilk kez bir bütün olarak yeniden canlandıran küçük bir Avrupalı grubun içindedir. *De Revolutionibus*, *el-Mecisti* modelini izliyordu ve neredeyse yalnızca Batlamyus'un incelemesini okuyabilecek donanıma sahip bu küçük çağdaş astronomlar grubuna sesleniyordu. Kopernik ile, daha önce üçüncü bölümde gelişmiş Batlamyus sistemini irdelerken uğraştığımız türden teknik bir astronomi sorununa ilk kez geri döneriz. Aslında aynı soruna geri döneriz. *De Revolutionibus*, Kopernik'in, Batlamyus ve ardıllarının çözümlemeden bırakmış olduklarını düşündüğü gezegenler sorununu çözmek için yazılmıştır. Kopernik'in yapıtındaki Dünya'nın döndüğüne ilişkin devrimci görüş, öncelikle yetkin ve kendini adamış bir astronomun gezegenlerin konumunu hesaplamakta kullanılan teknikleri düzeltme çabasının beklenmedik bir yan ürünüdür. Kopernik'i yeniliğe götüren amaç ile yeniliğin kendisi arasındaki orantısızlık *De Revolutionibus*'taki ilk önemli uyumsuzluktur. Bu, Kopernik'in bilimsel başarısının ardındaki dürtünün kaynağını ve doğasını kısaca anlatmak amacıyla *De Revolutionibus*'un girişine eklediği, önsöz niteliğindeki mektubun hemen başında görülebilir.[1]

EN KUTSAL EFENDİMİZ PAPA III. PAULUS'A
Mikolaj Kopernik'in Dönüşler Kitaplarına Önsözü

En Kutsal Babamız, evrendeki kürelerin dönüşleri hakkındaki bu kitapta Dünya küresine devinim atfettiğimi duyar duymaz, belli kişilerin böylesi görüşleri savunduğum için derhal sahneden ıslıklanarak kovulmam gerektiğini haykıracaklarını gayet iyi tahmin ediyorum. Kendi çalışmamdan pek o kadar memnun olmadığım içindir ki başkalarının bu çalışmaya ilişkin yargılarını hakkıyla tartmakta kusur edemem; bir filozofun spekülasyonlarının kalabalığın yargısından çok farklı olduğunu bilsem de – çünkü bir filozofun amacı Tanrının insan aklının yapmasına izin vermiş olduğu kadarıyla, her şeyde gerçeği aramaktır – büsbütün hatalı düşüncelerden kaçınılması gerektiğini düşünüyorum.

Böylece, kendi başıma Dünya'ya bir devinim atfedişimin, bunun tam karşıtı olan, Dünya'nın evrenin ortasına devinimsiz merkez noktası olarak yerleştirildiği yargısına yüzyıllardır rıza gösterenlere saçma bir iş gibi görüneceğini düşünüyordum; Dünya'nın devinimini kanıtlamak için yazılmış olan *Yorum*'umu günışığına çıkarmam mı gerekir, yoksa Lysis'in Hipparkhos'a yazdığı mektubun gösterdiği gibi, felsefi gizlerini yalnızca sırdaşlara ve dostlara açma, bunu da yazıyla değil sözlü olarak yapma alışkanlığında olan Pythagorasçılar ile diğerlerinin örneğini izlemem mi daha iyi olur diye uzun süre kararsız kaldım. (Kopernik'in bir ara *De Revolutionibus*'a eklemeyi düşündüğü Lysis'in bu mektubu, doğanın taşıdığı gizlerin mistik bir kültün sırdaşı olmayanlara açıklanmasına karşı Pythagorasçı ve Yeni-Platoncu buyruğu anlatır. Burada bu mektuba gönderme yapılması, Kopernik'in, önceki bölümde tartıştığımız Yeni-Platonculuğun Rönesans döneminde yeniden canlandırılması hareketine katıldığını örnekliyor.) Kanımca bu kişiler, kimilerinin düşündüğü gibi, öğretilerini paylaşmaktan duydukları kıskançlıktan değil de bilgili insanların böylesine soylu ve güçlükle yapılan keşifleri, çalışmayı yalnızca kazanç elde etmek için düşünen kişilerce ya da – diğerlerinin

yüreklendirmesi ve örnek olmasıyla felsefi özgür araştırmaya özendirilmiş olsalar bile – pek akıllı olmadıkları için filozoflara bal arılarının arasındaki arıbeyi gibi eşlik edenlerce hor görülmesin diye böyle yapıyorlardı. Bunları düşünürken, kuramım yeni ve uyumsuz olduğu için beni hor görecekleri korkusu az kalsın bu projeden vazgeçmeme neden oluyordu.

Dostlarım bu kaygılarımın ve gerçekten karşılaştığım itirazların üstesinden geldiler (içlerinden biri), yalnızca dokuz yıl değil, bu sürenin çeyreği kadar bir zaman daha bir kenarda saklamış olduğum bu çalışmayı yayınlamam için ısrar etti; hatta beni sıkıştırdı. Korkularım yüzünden çalışmalarımın meyvelerini matematikle ilgilenenlerin ortak yararına sunmayı daha fazla reddetmememe için ısrar ettiler. İlk başta tuhaf karşılanabilecek olsa da açıklayıcı yorumlarımın yayınlanmasının paradoksu ortadan kaldırmasıyla, Dünya'nın devinimine ilişkin kuramımın hayranlık uyandırıcı ve kabul edilebilir biçimde ortaya çıkacağında direttiler. Böylece dostlarımın ikna çabalarına boyun eğdim; bu kadar uzun bir süredir istedikleri bu çalışmayı yayınlamalarına izin verdim.

Sözkonusu çalışmalarımın yayınlanmasına izin vermem, Dünya'nın devinimine ilişkin düşüncelerime ulaşmakta büyük sıkıntı çekmiş olsam da onları yazıya dökme konusunda daha önce bir kaygım olmadığı için, siz Kutsal Efendimize daha az şaşırtıcı gelebilir. (*De Revolutionibus*'un yayınlanmasından yıllar önce Kopernik, Güneş merkezli astronomisinin önceki bir biçimini betimleyen *Commentariolus* adlı kısa bir müsveddeyi arkadaşları arasında dolaştırmıştı. Kopernik'in ana çalışmasının ikinci bir ilerleme raporu olan ve öğrencisi tarafından yazılan *Narratio Prima* 1540 yılında ve 1541'de yeniden çıkmıştı.) Kutsal Efendimiz daha çok, matematikçilerin benimsediği görüşe ve aslında duyu izlenimlerine aykırı olarak, Dünya'ya ilişkin böylesi bir devinimini tasarlamaya nasıl cüret ettiğimi işitmek isteyeceklerdir. Kutsal Efendimiz'in bilmesini isterim ki kürelerin devinimlerini hesaplamaya yönelik bir yöntem düşünme-

min, matematikçilerin bu konudaki araştırmalarında tutarsız olduklarının bilinmesinden başka bir nedeni yoktur.

Birincisi, matematikçiler Güneş'in ve Ay'ın devinimleri konusunda öylesine kuşku içindedirler ki mevsim yılının sabit uzunluğunu bile açıklayamamakta ya da gözlemleyememektedirler. İkincisi, bu ikisinin ve diğer beş gezegenin devinimlerini saptamak için ne aynı ilkeleri ve varsayımları, ne de görünüşteki devinimlere ve dönüşlere ilişkin aynı kanıtlamayı kullanmaktadırlar. Böylece, bazıları yalnızca eşmerkezli çemberleri (Aristoteles'in Eudoksos ve Kallippos'tan türettiği ve Avrupa'da, Kopernik'in ölümünden kısa bir zaman önce İtalyan astronomlar Fracastoro ve Amici'nin yeniden canlandırdığı Aristotelesçi sistem), bazıları da dış merkezlileri ve dış tekerleme eğrilerini (kullanmaktadırlar). Ancak, bu araçlarla bile amaçlarına tam anlamıyla ulaşamamaktadırlar. Eşmerkezlilere dayananlar, bazı devinimlerin bu yolla oluşturulabileceğini kanıtlamış olsalar da olgularla uyuşan bir sistemi tam olarak kuramamışlardır. Yine, dış merkezli sistemler kurgulamış olanlar, kendi varsayımlarına uygun hesaplamalar yoluyla görünüşteki devinimleri yerleştirmiş gibi görünseler de devinimde birörnekliğe ilişkin temel ilkeye aykırı gibi görünen pek çok şeyi (denge noktası kullanmak gibi) kabul etmişlerdir. Böyle yapmış olmakla en başta gelen şeyin, yani evrenin biçiminin ve parçalarının değişmez simetrisinin de farkına varamamışlar ya da bu sonucu çıkaramamışlardır. Bu kişilerin durumu, bir ressamın çizdiği şey için elleri, ayakları, başı ve diğer organları farklı modellerden bir araya getirmesine benzer; her bir parça kusursuz bir şekilde çizilmiş olsa da, bunlar tek bir bedenle ilintili değildirler; hiçbir biçimde birbirleriyle uyuşmadıkları için de ortaya çıkan sonuç, insan değil bir hilkat garibesi olacaktır. Böylece, matematikçilerin sistem dedikleri açıklama sürecinde ya vazgeçilmez bir ayrıntıyı gözden kaçırmış olduklarını ya da yabancı ve büsbütün ilgisiz bir şeyi kabul etmiş olduklarını anlıyoruz. Değişmeyen ilkeleri izlemiş olsalardı, kesinlikle böyle bir şey olmazdı;

çünkü, varsayımları yanıltıcı olmasaydı, bunlara dayanan tüm çıkarımlar kuşkuya yer kalmaksızın doğrulanabilirdi. Bu iddiaların şimdilik muğlak olabilir; ancak ileride açıklığa kavuşacaklar.

Kopernik, çağdaş astronomi dürüst bir biçimde değerlendirildiğinde, gezegenler sorununa Dünya merkezli yaklaşımdaki umarsızlığın görüleceğini söyler. Kopernik'e göre Batlamyus astronomisinin geleneksel teknikleri bu sorunu çözmemiştir, çözemeyecektir de; çözüm yerine bir hilkat garibesi yaratmışlardır. Kopernik geleneksel gezegen astronomisinin başlıca kavramlarında temel bir hata olması gerektiği sonucuna varır. Böylece, ilk kez teknik açıdan yetkin bir astronom, zamanın taçlandırdığı bilimsel geleneği, kendi biliminden kaynaklanan gerekçelerle reddetmiş olmaktadır; Kopernik Devrimini başlatan da bu teknik yanılgının profesyonel olarak farkına varılmasıdır. Bir zorunluluk hissedilmesi Kopernik'in yeniliğini getirmiştir. Ancak, bu zorunluluk hissi yeni bir şeydi. Astronomik gelenek daha önce kimseye hilkat garibesi gibi görünmemişti. Kopernik zamanında bir dönüşüm olmuştur; Kopernik'in önsözü sözkonusu dönüşümün hangi nedenlere dayandığına ilişkin sezgileri çarpıcı bir biçimde gösterir.

Kopernik ile çağdaşları yalnızca *el-Mecisti*'nin değil, Batlamyus sistemini eleştirmiş ve değiştirmiş olan pek çok İslam ve birkaç Avrupalı astronomun astronomilerinin de mirasçılarıydılar. Bunlar Kopernik'in "matematikçiler" dediği kişilerdir. Bu astronomlardan kimisi Batlamyus sistemine birkaç küçük çember eklemiş ya da çıkarmış, kimisi Batlamyus'un aslında bir dışmerkezliyle ele aldığı bir gezegen düzensizliğinin nedenini açıklamak için bir dış tekerleme eğrisi kullanmış, kimisi

tek dış tekerleme eğrisi - tek taşıyıcı çember sistemiyle tahmin edilen devinimden küçük sapmaların nedenini açıklamak için Batlamyus'un bilmediği bir yol bulmuştu; kimileri de yeni ölçümler yaparak Batlamyus sisteminin bileşik çemberlerinin dönüş hızlarını değiştirmişlerdi. Artık bir değil, bir düzine ya da bir düzineden de fazla Batlamyus sistemi vardı ve bu sayı, teknik açıdan yetkin astronomların sayısının artmasıyla hızla artıyordu. Tüm bu sistemler *el-Mecisti* sisteminin modeli üzerine kurulmuştu; bu nedenle tümü de "Batlamyusçu" idi. Ancak, bu kadar çok sayıda farklılık gösteren sistem bulunduğu için, "Batlamyusçu" sıfatı anlamını büyük ölçüde yitirmişti. Astronomik gelenek dağınık bir duruma gelmişti; artık gezegenlerin konumunu hesaplamak için astronomun hangi teknikleri kullanabileceğini tam olarak belirtmiyor, dolayısıyla bu hesaplamalardan çıkacak sonuçları da belirleyemiyordu. Bu türden çok anlamlılıklar yüzünden astronomi geleneği başlıca içsel güç kaynağından yoksun kaldı.

Kopernik'in hilkat garibesinin başka yüzleri de vardır. Kopernik'in bildiği "Batlamyusçu" sistemlerin hiçbiri çıplak gözle yapılan iyi gözlemlere tam olarak uyan sonuçlar vermemişti. Bunlar Batlamyus'un sonuçlarından daha kötü değildi; ancak daha iyi de değildi. On üçüncü yüzyıldan beri süren bu sonuçsuz araştırmaların ardından kavrayışı güçlü bir astronom pekâlâ, Batlamyus'un yapamayacağı gibi, aynı gelenek içindeki daha sonraki girişimlerin ciddi anlamda başarılı olup olamayacağını sorgulayabilirdi. Üstelik, Batlamyus ile Kopernik arasındaki yüzyıllar geleneksel yaklaşımın hatalarını büyütmüş ve böylece bu hatalar fazladan bir hoşnutsuzluk kaynağı olmuştu. Taşıyıcı çemberlerden oluşan bir

sistemin devinimleri bir saatin kollarınınkinden farklı değildir ve saatteki belli bir hata zaman geçtikçe artar. Örneğin, bir saat her on yılda bir saniye geri kalıyorsa, bu hata bir yıl ya da on yıl geçtiğinde görünmeyebilir. Ancak bu hatayı, bin yıl sonra yaklaşık iki dakikaya ulaşmış olduğunda gözden kaçırmak pek olanaklı değildir. Kopernik ve çağdaşları Batlamyus'un verilerinin kapsadığı zaman aralığından on üç yüzyıl daha uzun bir döneme erişen verilere sahip oldukları için, kendi sistemlerini çok daha duyarlı bir biçimde sınayabiliyorlardı. Eskiçağ yaklaşımındaki hataların, ister istemez daha çok farkındaydılar.

Aradan geçen zaman, on altıncı yüzyıl astronomunu Batlamyus yönteminin hatalarının farkına varmaya yöneltirken, ironik bir biçimde, gezegenlerin gerçek devinimlerinden bile daha etkili olan bir düzmece sorunla karşı karşıya bırakmıştı. Kopernik ve meslektaşlarına miras kalan verilerin çoğu, gezegenleri ve yıldızları hiç bulunmamış oldukları konumlara yerleştiren kötü verilerdi. Bu hatalı kayıtların bazıları yetkin olmayan gözlemciler tarafından tutulmuştu; bazıları ise bir zamanlar iyi gözlemlere dayandırılmış, ancak, aktarım sürecinde ya yanlış kopyalanmış ya da yanlış yorumlanmıştı. Hiçbir yalın gezegen sistemi – ne Batlamyus'unki, ne Kopernik'inki, ne Kepler'inki, ne de Newton'unki – Rönesans astronomlarının açıklamak zorunda olduklarını düşündükleri verileri belirli bir düzene sokamamıştır. Rönesans verilerinin yol açtığı sorun karmaşıklık bakımından gökleri bile geçiyordu. Kopernik'in kendisi de, Batlamyus sistemini reddetmesinde en çok katkısı olan bu verilerin kurbanlarındandı. Kopernik öncellerinin matematik sistemleri konusunda olduğu kadar gözlem-

leri konusunda da kuşkucu olsaydı, kendi sistemi çok daha iyi sonuçlar verebilirdi.

Dağınıklık ve kesinlikten sürekli olarak uzaklık, Kopernik'in tanımladığı hilkat garibesinin önde gelen iki özelliğidir. Kopernik Devrimi astronomi geleneğinin kendi içindeki açık değişimlere bağlı olduğu ölçüde, bunlar onun temel kaynaklarıdır. Ancak bu özellikler, devrimin biricik kaynağı da değildirler. Bu hilkat garibesinin farkına varabilenin niçin Kopernik olduğunu da sorabiliriz. Gelenek daha önce de dağınık ve kesinlikten uzak olduğu için, ondaki açık dönüşümün bir bölümü rahatça fark edilebilecek bir şey olmalıydı. Aslında bu soru üzerinde zaten düşünmüştük. Kopernik'in ortada bir hilkat garibesi olduğunun farkına varması, kaynağı ve doğası geçen bölümde anlatılan daha geniş bir felsefi ve bilimsel düşünce iklimine bağlıdır. Kopernik gibi Yeni-Platoncu eğilimi olmayan bir astronom, o dönemdeki astronominin durumuna bakarak gezegenler sorununun hem basit hem de kesin bir çözümü olamayacağı sonucuna varabilirdi. Yine, skolastik eleştiri geleneğini tanımamış bir astronom da, kendi çalışma alanı için benzer eleştiriler geliştiremeyebilirdi. Bunlar ve geçen bölümde açıkladığımız diğer yenilikler, Kopernik döneminin başlıca akımlarıdır. Kendisi bunların farkında değilmiş gibi görünüyor olsa da, çağdaşları nasıl farkında olmaksızın Dünya'nın devindiği düşüncesinin etkisine kapıldılarsa, Kopernik de bu felsefi akımların etkisine kapılmıştı. Kopernik'in yapıtı, hem astronominin kendi durumuyla hem de çağın daha geniş ölçekteki entelektüel iklimiyle ilişkilendirilerek ele alınmadığı sürece anlaşılamaz kalacaktır. Hilkat garibesini bu ikisi ortaya çıkarmıştır.

Ancak, varlığının farkına varılan bu hilkat garibesinden duyulan hoşnutsuzluk, Kopernik Devrimine doğru atılan adımlardan yalnızca ilkiydi. Bunun ardından, Kopernik'in önsöz niteliğindeki mektubunun diğer bölümlerinde anlatılan bir arayış başlamıştır:

> Matematiksel geleneğin küreler sisteminin devinimlerini kurmadaki bu kararsızlığı üzerinde uzun uzun düşündüm. Sonunda, filozofların en iyi ve düzenli bir Yaratıcı'nın bizim için yaptığı evrenin mekanizmasına ilişkin belirli bir kuram üzerinde hiçbir biçimde uzlaşamamalarından dolayı tedirgin olmaya başladım; oysa evrenin çemberlerine ilişkin en ince noktaları başka açılardan büyük bir özenle araştırıyorlardı. (Kopernik'in "düzenli"yle "matematiksel açıdan derli toplu" olanı nasıl denk saydığına dikkatinizi çekerim; onun Yeni-Platonculuğunun bu yönüne iyi bir Aristotelesçi şiddetle karşı çıkacaktır. Başka düzenlilik türleri de vardır.) Böylece, kürelerin matematikçi okullar tarafından öngörülenden başka bir devinimi olduğunu varsayan herhangi bir filozof olup olmadığını araştırmak için ulaşabildiğim bütün filozofların yapıtlarını yeniden okumaya büyük gayret gösterdim. İlk kez Cicero'da, Hiketas'ın (Siracusa'lı, MÖ beşinci yüzyıl) Dünya'mn devindiğinin farkına vardığını ortaya çıkardım. Daha sonra, Plutarkhos'ta kimi başkalarının da buna benzer bir düşünceyi savunmuş olduklarını gördüm. Plutarkhos'un kendi sözlerini, herkes için erişilebilir kılmak için buraya alınanın uygun olduğunu sanıyorum:
>
> "Diğerleri Dünya'nın sabit olduğunu savunurlar; ancak Pythagorasçı Philolaos (MÖ beşinci yüzyıl) onun Güneş ve Ay gibi (merkezi) ateş çevresinde eğik bir çember üzerinde döndüğünü söyler. Pontus'lu Herakleides ile Pythagorasçı Ekphantos da (MÖ dördüncü yüzyıl) Dünya'nın, aslında uzayda değil de, dingildeki bir tekerlek gibi kendi merkezi çevresinde batıdan doğuya doğru döndüğünü söylerler."
>
> Bundan yararlanarak, ben de Dünya'nın devindiğini düşünmeye başladım; bu görüş saçma gibi görünse de artık

benden öncekilere yıldız görüngülerini açıklamak istediklerinde böylesi çemberler tasarlama özgürlüğü tanındığını bildiğimden, Dünya'nın belli bir devinimi olduğunu varsayarak gökkürelerinin dönüşlerine onların açıklamalarından daha sağlam açıklamaların geliştirilip geliştirilemeyeceğini deneme izninin bana da rahatlıkla verilebileceğini düşündüm.

Böylece, çalışmamda Dünya'ya atfettiğim devinimleri varsayarak, uzun süreden beri ve sıklıkla yaptığım gözlemlerle sonunda şunu keşfettim: Diğer gezegenlerin devinimleri Dünya'nın dönüşüyle bağıntı kurularak ve her gezegenin çemberlerine göre oranlanarak hesaplandığında yalnızca bunların görüngüleri ortaya çıkmayacak, bütün yıldızların ve kürelerin, hatta bütün göğün dizilim ve boyutları, birbirine öylesine bağlı bir duruma gelecektir ki buradaki hiçbir parça diğer tüm parçalarda ve bir bütün olarak evrende karışıklığa yol açmadan yerinden kımıldatılamayacaktır. (Kopernik burada kendi sistemi ile Batlamyus sistemi arasındaki çok çarpıcı bir farklılığa işaret ediyor. Kopernik sisteminde artık diğerlerini sabit tutarak, bir tek gezegenin yörüngesini keyfi olarak daraltmak ya da genişletmek olanaklı değildir. Gözlem ilk kez olarak, uzayı dolduran küreler varsayımına başvurmaksızın, tüm gezegen yörüngelerinin düzenini ve göreli boyutlarını belirleyebilmektedir. Bu noktayı, Kopernik sistemini Batlamyus sistemiyle karşılaştırırken daha ayrıntılı tartışacağız.)

Yetenekli ve bilgili matematikçiler yargımı desteklemek için sunduğum uslamlamayı yüzeysel bir biçimde değil de bu bilimin gerektirdiği gibi tam olarak kavramaya ve onun değerini anlamaya istekli olduklarında kuşkusuz bana katılacaklardır. Ancak, hem bilgililer, hem de cahiller kimsenin eleştirisinden çekinmediğimi görsünler diye, Dünya'nın yaşadığım bu ücra köşesinde hem makamınızın ağırlığı, hem de edebiyat ve bilim sevginizden dolayı en saygın kişi olarak bilindiğinizden, bu çalışmalarımı başkasına değil de siz Kutsal Efendimiz'e ithaf etmeye karar verdim. Her ne kadar atasözü asalağın düşlerine karşı hiçbir çare yoktur dese de

siz etkiniz ve yargılarınızla iftiracıların saldırılarına engel olabilirsiniz. Matematikten haberi olmayan kimi boşboğazlar, Kutsal Kitap'ın belirli bir bölümünü kendi amaçlarına uygun bir biçimde alçakça çarpıtarak çalışmama ilişkin bir yargıda bulunmaya hakları olduğunu bile iddia edebilirler. Böyle kişiler projemi eleştirmeye ya da onda kusur bulmaya kalkışacak olurlarsa onları hiç dikkate alınam; yargılarını düşüncesizce verilmiş sayar, hor görürüm. Diğer açılardan seçkin bir yazar olsa da matematikle hiçbir ilgisi olmayan Lactantius'un dahi Dünya'nın şekline değindiği yerlerde pek çocukça şeyler söylediğini, Dünya'nın bir küre olduğunu iddia edenlerle bile alay ettiğini çok iyi bilirim. Bu nedenle beni destekleyenler, böylesi insanlar benimle de alay ederlerse hiç şaşırmamalıdırlar.

Matematik, matematikçiler içindir. Ve eğer büsbütün yanılmıyorsam, matematikçiler benim bu çalışmalarımın, bugün siz Kutsal Efendimiz'in yöneticisi olduğu Kiliseye bile belli bir ölçüde katkıda bulunacağını savunacaklardır. Uzun zaman önce değil, X. Leo'nun yönetimi döneminde, Kilise takviminin düzeltilmesi sorunu Laterano konsilinde tartışılmıştı. Bu konunun bir karara bağlanmamasının tek nedeni yıl ve ay uzunlukları ile Güneş ve Ay'ın devinimlerinin henüz yeterince kesin bir biçimde belirlenmemiş olduğu düşüncesindeydi. O zamandan beri, belli bir süre bu takvim işinden sorumlu olan seçkin insan Sempronia Piskoposu Paulus'un tavsiyesi üzerine, bunların daha kesin bir biçimde gözlemlenmesine önem verdim. Bu konuda yürüttüğüm çalışmalarla ulaşmış olduğum sonuçları, bilgili matematikçilerin ve özellikle de siz Kutsal Efendimiz'in değerlendirmesine bırakıyorum. Siz Kutsal Efendimiz'e çalışmanın yararına ilişkin yapabileceğimden daha fazlasına söz veriyor gibi görünmemek için, artık belirlenmiş görevime ilişkin konuya geçiyorum.

"Matematik, matematikçiler içindir." Bu, *De Revolutionibus*'un ilk temel uyumsuzluğudur. Batı düşüncesi pek

az yönden Kopernik'in çalışmasının ortaya koyduğu sonuçlardan uzun süre etkilenmeden kalmış olsa da bu yapıtın kendisi sınırlı bir anlamda teknik ve mesleki bir yapıttı. Kopernik'in hilkat garibesi diye nitelediği şey, kozmoloji ya da felsefe değil, matematiksel gezegen astronomisiydi; Kopernik'i Dünya'yı devindirmek zorunda bırakan da yalnızca matematiksel astronomideki reformdu. Çağdaşları Kopernik'i izleyecek olduklarında, onun gezegenlerin konumuna ilişkin ayrıntılı matematiksel uslamlamalarını anlayabilmeli, bu çapraşık uslamlamaları duyularıyla elde ettikleri ilk kanıtlardan daha fazla ciddiye almalıydılar. Aslında Kopernik Devrimi gezegenlerin konumunu hesaplamakta kullanılan matematiksel tekniklere ilişkin bir devrim değildi; ancak böyle başladı. Yeni tekniklerin gerekli olduğunu fark eden ve bunları geliştiren Kopernik, kendi adını taşıyan bu devrime biricik özgün katkısını yapmış oldu.

Kopernik, Dünya'nın devindiğini öne süren ilk insan değildi; bu fikri kendi adına yeniden keşfettiğini de iddia etmedi. Önsözde, daha önce Dünya'nın devindiğini savunmuş olan eskiçağ kaynaklarının çoğunu anar. Daha önceki bir elyazmasında, kendisininkine çok benzeyen bir Güneş merkezli evren görüşü olan Aristarkhos'a bile gönderme yapmaktadır. Dünya'nın devindiğine ya da deviniyor olabileceğine inanan daha yakın öncellerinden söz etmeyi, Rönesans'ta âdet olduğu üzere ihmal etmiş olsa da bu kişilerin bazı çalışmalarını biliyor olmalıdır. Örneğin, Oresme'nin katkılarını bilmiyor olabilir; ancak, on beşinci yüzyılda kardinal Nikolaus von Cusa'nın sınırsız bir Yeni-Platoncu evrende dünyaların çokluğundan yeryüzünün devinimini çıkardığı hayli etki uyandırmış çalışmasını en azından duymuş olması

gerekir. Dünya'nın devinimi hiçbir zaman popüler bir kavram olmamıştı; ancak on altıncı yüzyılda pek benzeri görülmemiş bir şey de değildi. Benzeri görülmemiş olan, Kopernik'in Dünya'nın devinimi varsayımına dayanarak kurduğu matematiksel sistemdi. Aristarkhos istisna olarak kabul edilebilecek olmakla birlikte, Kopernik, Dünya'nın devinimi düşüncesinin gündemdeki bir astronomik problemi, hatta herhangi bir bilimsel problemi çözebileceğinin ilk kez farkına varan kişiydi. Aristarkhos'u da hesaba katsak bile, Kopernik, Dünya'nın deviniminin getireceği astronomik sonuçlara ilişkin ayrıntılı bir açıklama geliştiren ilk kişiydi. Kopernik'in matematiği onu öncellerinden ayırır; çalışmasının öncellerinin gerçekleştirememiş olduğu bir devrimi başlatmış olmasının nedeni de kısmen bu matematikti.

Kopernik Fiziği ve Kozmolojisi

Kopernik'e göre Dünya'nın devinimi gezegenler sorununun bir yan ürünüydü. Kopernik, Dünya'nın devinimini gökteki devinimleri inceleyerek öğrendi; gökteki devinimlere aşkın bir değer verdiği için, getirdiği yeniliğin her şeyden önce dünyevi olanla ilgilenen sıradan insanları karşı karşıya bırakacağı güçlüklerle pek ilgilenmedi. Ancak, değer anlayışları kendisininki gibi büsbütün astronomiye bağlı olmayan insanlar için Dünya'nın devinimi düşüncesinin ortaya çıkardığı sorunları tümüyle görmezden gelemezdi. En azından çağdaşlarının Dünya'nın devindiği düşüncesini kavramalarını olanaklı kılmalıydı; bu devinimin sonuçlarının genellikle sanıldığı kadar yıkıcı olmadığını göstermeliydi. Bu nedenle,

De Revolutionibus'a, devinen bir Dünya'yı yerleştirmek için kurmuş olduğu evrenin teknik olmayan bir taslağını çizerek giriş yapar. Giriş niteliğindeki Birinci Kitap meslekten olmayan insanlara yönelikti ve Kopernik'in astronomi eğitimi almamış olanlara anlaşılabilir bir şekilde aktarabileceğini düşündüğü tüm uslamlamaları içeriyordu.

Bunlar ciddi ölçüde ikna edici olmayan uslamlamalardır. Kopernik'in Birinci Kitap'ta açık kılamadığı matematiksel çözümlemelerden türeyenlerin dışındaki uslamlamalar yeni değillerdi ve bunlar Kopernik'in sonraki kitaplarda geliştirecek olduğu astronomik sistemin ayrıntılarına da tam olarak uymuyorlardı. Yalnızca Dünya'nın devindiğini varsaymak için Kopernik gibi başka gerekçeleri olan birisi *De Revolutionibus*'un Birinci Kitap'ını tümüyle ciddiye alabilirdi.

Ancak Birinci Kitap önemsiz değildir. Bu kitabın zayıflıkları, ondan sonra gelen kitaplardaki ayrıntılı matematiksel tartışmaları izleyemeyecek kadar bilgisiz olanların Kopernik'in sistemine inanmayacaklarının, onu alaya alacaklarının habercisidir. Kitabın Aristotelesçi ve skolastik kavramlara, yasalara sürekli olarak bağlı kalması, Kopernik'in bile kendi dar uzmanlık alanı dışında, aldığı eğitimi ve çağını ne kadar az aşabildiğini gösterir. Son olarak, Birinci Kitap'taki eksiklikler ve uyumsuzluklar, geleneksel kozmoloji ve geleneksel astronominin tutarlılığını bir kez daha örneklemektedir. Devrim yoluna yalnızca astronomiye ilişkin kaygılarla giren ve kaçınılmaz olarak bu yeniliği astronomiyle sınırlandırmaya çabalayan Kopernik, Dünya'nın devinimi düşüncesinin yıkıcı kozmolojik sonuçları olduğunu göz ardı edemezdi.

1. *Evren Küreseldir.*

Her şeyden önce evrenin küre biçiminde olduğunu söylememiz gerekir. Bu, ya bu biçim eklemlenmemiş, kendi içinde bütün ve tamamlanmış olması nedeniyle en kusursuz biçim olduğu için ya en kapsayıcı ve buna bağlı olarak tüm nesneleri içine alıp saklamaya en uygun olduğu için (belli bir yüzey ölçüsüne sahip olan tüm geometrik cisimler arasında en büyük hacim küreninkidir); ya evrenin en kusursuz parçaları, yani Güneş, Ay ve yıldızlar küresel biçimde oluşturuldukları için ya da tüm nesneler, su damlalarında ve genellikle serbestçe biçim alan sıvı cisimlerde görüldüğü gibi, bu biçimi alma eğiliminde olduğu için böyledir. Gökcisimlerine böyle bir biçim verilmiş olduğundan kimse kuşku duymaz.

2. *Dünya da Küreseldir.*

Dünya da her tarafından merkeze eğilimli olduğu (ya da düştüğü) için küreseldir. ... Herhangi bir noktadan kuzeye doğru gittiğimizde, günlük dönüşün kuzey kutbu ağır ağır yükselir; buna karşılık öteki kutup alçalır ve kuzey kutbu yakınında daha çok sayıda yıldız batmaz olurken güneydeki belli yıldızlar doğmaz. Üstelik, kutbun yüksekliğindeki değişim her zaman Dünya üzerinde kat edilen uzaklıkla orantılıdır; küresel biçim dışında böyle bir şey olamazdı. Bu nedenle, Dünya sonlu ve küresel olmalıdır. (Kopernik bu bölümü, Dünya'nın küresel bir biçimi olduğuna ilişkin daha önce incelediğimiz klasik kaynaklara özgü birkaç uslamlamayla bitirir.)

3. *Dünya'nın, Üzerindeki Suyla Birlikte Nasıl Tek Bir Küre Oluşturduğu.*

Dünya'ya yayılan sular denizleri oluşturur ve aşağı eğimli yerleri doldurur. Suların hacminin yerin hacminden daha az olması gerekir; yoksa (her ikisi de ağırlıklarıyla aynı merkeze doğru baskı yapacakları için) sular karayı yutardı.

Bu nedenle, canlı varlıkların güvenliği için, kara parçaları kaplanmamış bir durumda bırakılmış ve geniş bir alana birçok ada dağıtılmıştır. Kıta, hatta bütün bir anakara, yalnızca geniş bir ada değil de nedir?...

(Kopernik bu bölümde, Dünya'mn ağırlıklı olarak toprak ve sudan oluştuğunu ve Dünya'mn bir küre olmasının, hem toprağın hem de suyun varlığını gerektirdiğini göstermek ister. Daha sonrasını düşünür gibidir. Toprak devindiğinde, sudan daha zor dağılır; katı bir kürenin devinimi sıvı bir kürenin deviniminden daha usa yatkındır. Yine, Kopernik sonunda, Dünya bir küre olduğu için, onun doğal olarak çemberlerde devindiğini söyleyecektir (bkz. aşağıda Birinci Kitap, 8. bölüm). Bu nedenle, kürenin doğal devinimine birlikte katılacakları için, hem toprak hem de suyun, kürenin bileşiminde temel öğeler olduğunu gösterme gereği duyar. Bu kesim özellikle önemlidir; çünkü Dünya'nın yapısına ilişkin kendi görüşünü belgelerken Kopernik burada yeni keşif yolculuklarından ve bu yolculuklardan sonra Batlamyus'un coğrafya yazılarında bazı düzeltmeler yapılması gerektiğinden haberdar olduğunu belirtmektedir. Örneğin, şöyle der:

Eğer yeryuvarlağı ağırlıklı olarak sudan oluşsaydı,) Okyanus'un derinliği kıyıdan öteye doğru gittikçe artmaya devam edecek ve bu nedenle de denizciler, ne kadar uzağa gitseler, ne bir adayla, ne bir kayayla, ne de kara özelliği olan herhangi bir şeyle karşılaşacaklardı. Büyük kara parçasının neredeyse ortasında, Mısır Denizi ile Arap Körfezi arasında, ancak on beş *stadion* genişliğinde bir geçit olduğunu biliyoruz. Öte yandan, Batlamyus *Kozmografya*'sında, üzerinde yerleşim olan karanın orta çembere (Dünya'nın orta çemberine, yani Kanarya Adaları'ndan doğuya doğru 180° uzanan bir yarıküre boyunca) kadar, bilinmeyen bir kara parçasını (*terra incognita*) da içine alarak uzandığını söylüyordu; oysa çağdaş keşifler bunun ötesinde Çin'in ve 60° boylam kadar çok geniş bir alanın bulunduğunu göstermiştir. Böylece, artık Dünya'da Okyanus'a tanınandan daha geniş bir boylama kadar yaşandığını biliyoruz.

Bunlara, günümüzde İspanyol ve Portekiz prenslerinin yönetimi döneminde keşfedilen adaları, özellikle de kendisini keşfeden kaptanın adı verilen ve büyüklüğünün saptanamamış olması nedeniyle bir anakara sayılan Amerika'yı ve bunun dışında şimdiye dek bilinmeyen çok sayıdaki diğer adaları da eklediğimizde, söylediklerim daha da açıkça anlaşılır. Bu nedenle, sözde Antipod Adalarını ya da Antikhthon'luları (Dünya'nın öteki yüzünde yaşayanları) daha az şaşırtıcı buluyoruz. Çünkü geometrik uslamlamaya göre, Amerika anakarasının Hindistan'daki Ganj Havzası'nın tam karşısında bir konumda olması gerekir.

4. *Gökcisimlerinin Devinimi Düzenli, Çembersel ve Sonsuzdur ya da Çembersel Devinimlerden Oluşur.*

Şimdi gökcisimlerinin devinimlerinin çembersel olduğunu söyleyelim. Bir küre için dönmek doğaldır; kürenin biçimi tam olarak bu dönme eylemiyle ifade edilir. Çünkü burada ilgilendiğimiz ne başı ne de sonu ayırt edilemeyebilecek olan en basit cisim türüdür; sürekli olarak aynı yerde dönüyorsa, bunlardan biri diğerinden ayırt edilemeyecektir.

Pek çok küre olduğu için, çok sayıda devinim oluşur. Duyularla en açık şekilde görülebilir olanı gündüz ve geceyi belirleyen günlük devinimdir. Bu devinimle, Dünya dışında tüm evrenin doğudan batıya kaydığı düşünülür. Bu devinim, zaman günlerle sayıldığı için, tüm devinimlerin ortak ölçüsüdür. Hemen sonra, bu günlük devinim ile adeta çatışan, Batıdan Doğuya doğru ona karşı gelen diğer dönüşleri görürüz. Bu türden karşı devinimler, Güneş'in, Ay'ın ve beş gezegenin devinimleridir.

Ancak bu cisimlerin devinimleri bazı farklılıklar gösterir. Birincisi, bu devinimlerin eksenleri günlük devinimin ekseni değil, onunla arasında belli bir eğim olan burçlar kuşağının eksenidir. İkincisi, bu cisimler kendi yörüngelerinde bile hep aynı biçimde devinmezler; Güneş ile Ay kendi yörüngelerinde kimi zaman daha yavaş kimi zaman da daha hızlı devinir görülmez mi? Üstelik, beş gezegen, belli zamanlarda, şu ya da bu noktada sabit kalır, hatta geriye gi-

derler. ... Dahası, bu gezegenler bazen Dünya'ya yaklaşırlar, bu durumda *yerberi* noktasındadırlar; bazen de Dünya'dan uzaklaşırlar, bu durumda ise *yeröte* noktasındadırlar.

Yine de bu düzensizliklere karşın, bu cisimlerin devinimlerinin hep çembersel olduğu ya da çemberlerin birleşmesiyle oluştuğu sonucuna varmamız gerekir. Çünkü, bu düzensizlikler de belli bir yasaya bağlıdır ve belirtilen zamanlarda yinelenmektedir; eğer sözkonusu devinimler çembersel olmasaydı, bu düzensizlikler de belirli yasalara bağlı olmayacaktı; çünkü bir cismi bulunduğu yere yalnızca bir çember geri getirebilir. Güneş böylece, çembersel devinimlerin bileşmesiyle değişen gün ve geceleri, yılın dört mevsimini sonsuza dek yineler. Bunun için, bir göksel cisim tek bir çember üzerinde düzensiz devinemeyeceğinden, farklı devinimlerin bir araya getirilmesi gerekir. Çünkü, böylesi bir düzensizlik ya devindirici kuvvetin (kendi yapısında ya da edinilmiş) dengesizliğinden ya da dönen kütlenin biçimindeki bir dengesizlikten kaynaklanmalıdır. En kusursuzca yerleştirilmiş cisimlere ilişkin olarak, akıl her iki durumu da nefretle karşılayacaktır.

Böylece, genellikle Güneş'in, Ay'ın ve gezegenlerin devinimlerinin, ya bunların dönme eksenlerinin yönlerinin farklı olması ya da Dünya'nın bu kütlelerin döndükleri çemberlerin merkezinde olmaması nedeniyle düzensiz göründüğü kabul edilir; buna göre, Dünya üzerinde bulunan bizlere bu cisimlerin (kendi yörüngelerinde) aldıkları yol (Dünya'ya) yakın olduklarında daha uzak olduklarındakinden (optikte gösterildiği gibi (ya da günlük gözlemde teknelerin ya da binek araçlarının daha yakın olduklarında daha hızlı yol alır göründükleri gibi)) daha fazlaymış gibi görünür. Böylece, değişik uzaklıklardan bakıldığında bir kürenin eşit (açısal) devinimleri eşit zamanlarda farklı uzunlukları kapsar gibi görünecektir. Bu nedenle, yukarıdaki nesneleri ararken daha yakındakileri gözden kaçırmamak, gökteki cisimlere Dünya'ya özgü nitelikler yüklememek için, her şeyden önce Dünya'nın göklerle bağıntısını dikkatle gözlemlemek gereklidir.

Kopernik burada, şimdiye kadar incelemiş olduğumuz gökcisimlerinin devinimlerini çemberlerle sınırlayan geleneksel uslamlamaların en eksiksiz ve en etkili biçimini veriyor. Kopernik, tüm göksel olguların sabit zaman aralıklarında düzenli olarak yinelenmesinin, yalnızca düzenli bir çembersel devinimle ya da böyle devinimlerin bir bileşimiyle açıklanabileceğini düşünmektedir. Buraya kadar uslamlamalarının tümü ya Aristotelesçi ya da skolastik uslamlamalardır; Kopernik'in evreni geleneksel kozmolojinin evreninden ayırt edilmez. Bazı açılardan Kopernik, öncellerinin ve çağdaşlarının çoğundan daha Aristotelesçidir. Örneğin, denge noktası kullanımıyla kürenin tekdüze ve simetrik devinmesi gerektiğine ilişkin kuralın örtük bir biçimde çiğnenmesine razı olmayacaktır.

Radikal Kopernik bu noktaya kadar kendisini tam bir muhafazakâr olarak göstermiştir. Ancak, Dünya'nın devindiğini öne sürmeyi artık daha fazla erteleyemeyecektir. Artık gelenekten koptuğunu kabul etmek zorundadır. Garip olan şey, geleneğe ne kadar bağlı olduğunu en açık biçimde gelenekten ayrılırken göstermesidir. Farklı düşünürken bile olabildiğince Aristotelesçi durmaktadır. Aşağıdaki beşinci bölümden, sekizinci ve dokuzuncu bölümlerdeki genel devinim tartışmasına kadar Kopernik, bir küre olan Dünya'nın da gökcisimleri gibi bileşik çembersel devinime katılması gerektiğini öne sürmekte, bu devinimler kürenin doğal devinimleridir demektedir.

5. *Dünya'nın Deviniminin Çembersel Olup Olmadığı; Dünya'nın Konumu Hakkında.*

Dünya'nın küresel olduğu gösterilmiş olduğuna göre, şimdi deviniminin biçimine ve evrendeki konumuna uygun olup olmadığını ele alacağız. Bunlar olmaksızın gökteki görüngüler için iyi bir kuram inşa edemeyiz. Bugün bilginler Dünya'nın evrenin merkezindeki yerine sıkıca tutunduğunda uzlaşıyor, bunun karşıtını ise düşünülemez, dahası saçma görüyorlar. Ancak, daha yakından incelersek, bu sorunun pek de çözümlenmediği ve daha kapsamlı bir biçimde irdelenmesi gerektiği görülecektir.

Görünüşte meydana gelen bir konum değişikliği ya nesnenin, ya gözlemcinin deviniminden ya da yine bunların ikisinin (eşit ve koşut devinimlerde hiçbir devinim algılanamadığı için) eşit olmayan devinimlerinden kaynaklanabilir. İmdi, göklerin dönüşünün görüldüğü yer Dünya'dır. O halde, Dünya'nın herhangi bir biçimde devindiği varsayılırsa, bu devinim dışarıdaki cisimlerde de ortaya çıkacak, bu cisimler karşı yönde deviniyor gibi görünecektir.

İlk olarak günlük dönüşü düşünelim. Bu dönüşle tüm evren, Dünya'yı dışarıda bırakarak, çok hızlı devinir gibi görünmektedir. Ancak, Dünya'nın batıdan doğuya doğru döndüğünü kabul ederseniz, iyi düşündüğünüzde yargının doğru olduğunu göreceksiniz. Her şeyi içeren gök kubbedir; devinim niçin içerene değil de içerilene, yerleştirene değil de yerleştirilmiş olana atfedilmesin ki? Bu ikinci görüş, kuşkusuz, Herakleides'in, Pythagorasçı Ekphantos'un ve (Cicero'ya göre) Siracusa'lı Hiketas'ın görüşüydü. Bunların tümü de Dünya'nın evrenin ortasında döndüğünü kabul ediyor, yıldızların Dünya'nın araya girmesine bağlı olarak battığına, Dünya çekildikten sonra yeniden doğduklarına inanıyorlardı.

Eğer bu (Dünya'nın devinimi) olasılığı kabul edilirse, şimdiye değin hemen herkes Dünya'nın evrenin merkezinde olduğunu savunmuş olsa da, Dünya'nın konumuyla ilgili hiç de daha önemsiz olmayan başka bir sorun ortaya çıkar.

(Aslında Dünya dönebiliyorsa, evrenin merkezinde bir eksende dönme deviniminden daha fazla bir devinimi olabilir. Merkezden büsbütün öteye de gidebilir; gerçekten gittiğini varsaymak için kimi geçerli astronomik nedenler de vardır.) Dünya'nın tam merkezde değil de, bu merkezden, yıldızlar küresine (uzaklığına) göre daha az olsa da, Güneş'in ve diğer gezegenlerin kürelerinin (uzaklıklarına) göre yine de ölçüştürülebilir olan bir uzaklıkta olduğunu kabul edelim. Sonra da, bunların (devinimlerinin) gerçekten düzenli ve Dünya'nınki dışında bir diğer merkez çevresinde olduğunu varsayarak, görünüşteki devinimlerindeki değişimleri hesaplayalım. Belki bu durumda, bu değişken devinimlerin düzensizliği için akla yakın bir neden ileri sürülebilecektir. Gerçekten de gezegenler Dünya'dan farklı uzaklıklarda gözlendikleri için, çemberlerinin merkezi kesinlikle Dünya'nın merkezi değildir. Gezegenler mi Dünya'ya yaklaşıp ondan uzaklaşır, Dünya mı onlara yaklaşıp onlardan uzaklaşır, bu da kesin olarak belli değildir. Öyleyse, Dünya'nın günlük dönüşüne ek olarak bir başka devinimi daha olduğunu savunmak için haklı gerekçeler olabilir. Dünya'nın dönmesinin yanında, birçok devinimle dolaştığı ve aslında bir gezegen olduğu, hiç de sıradan bir matematikçi olmayan, Platon'un İtalya'da peşine düştüğü söylenen, Pythagorasçı Philolaos'a atfedilen bir görüştür.

Kopernik burada devinen Dünya kavramının astronomlar açısından en dolaysız biçimde yararlı olduğunu anlatıyor. Dünya kendi ekseni çevresinde döndüğü gibi merkez çevresindeki yörünge çemberinde de deviniyorsa, gerileme devinimleri ile bir gezegenin eliptik yörüngesi boyunca birbirini izleyen yolculukları için gereken farklı süreler, dış tekerleme eğrileri kullanılmaksızın en azından nitel anlamda açıklanabilecektir. Kopernik'in sisteminde gezegen devinimlerindeki belli başlı düzensizlikler yalnızca görünüştedir. Devinen bir Dünya'dan

bakıldığında, aslında düzenli bir şekilde devinen bir gezegen, düzensiz bir şekilde deviniyor gibi görünecekti. Kopernik bu nedenle, Dünya'nın bir yörünge devinimi olduğuna inanmamız gerektiğini düşünür. Ancak, çalışmasının meslek dışından okurun da anlayabileceği bölümlerinde Kopernik'in bu noktayı hiç bir zaman yukarıda olduğundan daha açık bir biçimde kanıtlamaması ilginçtir. Çalışmasının başka bölümlerinde değindiği diğer astronomik yararlara da kanıt getirmez. Bu yararların nitel olarak gösterilmesi zor olmasa da, Kopernik matematikten anlamayan okurların bunları kabul etmesini ister. Kopernik, yalnızca *De Revolutionibus*'un sonraki kitaplarında kendi sisteminin asıl yararlarını gösterir; bu kitaplarda ise, gerileme devinimlerinden genel olarak değil de, her bir gezegenin gerileme deviniminin çapraşık nicel ayrıntılarından söz ettiği için, sistemin astronomik yararlarına yapılan daha önceki göndermelerin anlamını kavrayabilecek olanlar yalnızca astronomi konusunda bilgili kişilerdir. Kopernik bu belirsizlik havasını bilerek veriyor olabilir; çünkü daha önce, doğanın gizlerinin matematik çalışmasıyla arınmamış (ya da daha gizemli diğer ayinlere katılmamış) olanlardan saklanmasını buyuran Pythagorasçı geleneğe, belli bir ölçüde onay vererek değiniyordu. Ne olursa olsun, bu belirsizlik çalışmanın nasıl karşılandığını açıklamakta yardımcı olacaktır.

Bundan sonraki iki bölümde Dünya'nın deviniminin astronomik sonuçlarını ayrıntılı olarak ele alacağız. Ancak, öncelikle Kopernik'in fiziğinin ve kozmolojisinin genel hatlarıyla taslağını tamamlamamız gerekiyor. *Dünya'nın Boyutuyla Karşılaştırıldığında Göklerin Enginliği* başlıklı 6. bölümü şimdilik geçelim ve Koper-

nik'in hoşgörülü okurlarından astronomik uslamlamalarının Dünya'nın merkez çevresindeki devinimini gerektirdiğini varsaymalarını istedikten sonra, bu devinimi fiziksel olarak akla yakın kılmaya çalıştığı temel bölümleri inceleyerek tartışmamızı sürdürelim.

7. *Eskilerin Dünya'nın Evrenin Ortasında bir Merkez Gibi Sabit Olduğuna Inanmalarının Nedeni.*

Eskiçağ düşünürleri çeşitli yöntemlerle Dünya'nın evrenin ortasında sabit olduğunu kanıtlamaya çalıştılar. En güçlü uslamlama ağır ve hafif öğretisinden türetilendi. Çünkü, diyorlardı ki, toprak en ağır öğedir, ağırlığı olan bütün nesneler ona doğru devinir, onun merkezine yönelir. Böylece, Dünya küresel olduğu için ve ağır nesneler düşey yönde ona doğru devindiği için, bunların tümü, yüzeyde durdurulmasalar, hep birlikte merkeze atılacaklardı. İmdi, merkeze doğru giden bu nesnelerin, merkeze ulaştıklarında sabit kalmaları gerekir. Öyleyse, bütün Dünya evrenin merkezinde daha da fazla sabit kalacaktır. Düşen tüm kütleleri aldığından, kendi ağırlığıyla devindirilemeyecek bir durumda kalacaktır.

Bir başka uslamlama devinimin varsayılan doğasına dayalıdır. Aristoteles, tek ve yalın bir cismin deviniminin yalın olduğunu söyler. Yalın bir devinim, ya doğrusal ya da çembersel olabilir. Yine doğrusal bir devinim ya aşağı ya da yukarı olabilir. Böylece, her yalın devinim ya merkeze doğru, yani aşağı yönde, ya merkezden uzağa, yani yukarı doğru ya da merkez çevresinde, yani çembersel olmak zorundadır. (Aristotelesçi ve skolastik fiziğe göre, dıştan herhangi bir itme olmaksızın ortaya çıkabilen biricik devinimler olan doğal devinimler, devinen kütlenin doğasından kaynaklanmaktadır. Yalın cisimlerin (beş öğe, toprak, su, hava, ateş ve esir) her birinin doğal devinimlerinin de yalın olması gerekir; çünkü bu yalın ya da ilkel doğalarının bir sonucudur. Son olarak, küresel evrende sadece üç yalın (geometrik) devinim vardır: yukarı, aşağı ve merkez çevresinde.) İmdi,

aşağıya doğru devinmek, bir başka deyişle merkeze yönelmek yalnızca ağır öğeler olan toprak ve suyun özelliğidir. Oysa, hafif öğeler olan hava ve ateş yukarı doğru, merkezden uzağa devinirler. O halde, doğrusal devinimi bu dört öğeye atfetmeliyiz. Ancak gökcisimlerinin devinimi çemberseldir. Buraya kadar söylediklerimiz Aristoteles'tendi.

Batlamyus, eğer Dünya en azından günlük bir dönüşle deviniyor olsaydı, bunun sonucu yukarıda tanımlananın tersi olurdu der. Bu devinim Dünya'ya yirmi dört saatte tam bir dönüş yaptıracağından, çok hızlı olmalıydı. İmdi, çok hızlı dönen nesneler yapışmaya direnç gösterir ya da sıkıca bir arada tutulmuyorlarsa dağılırlar. Bu nedenle Batlamyus, Dünya'nın çoktan dağılmış olacağını, gökleri de yıkmış olacağını söyler (ki, bundan daha saçma bir şey olamaz); kuşkusuz hiçbir canlı, serbestçe devinebilen diğer ağır cisimlerin hiçbiri Dünya'nın yüzeyinde duramayacak, tümü de fırlayıp gitmiş olacaktı. Ne de düşen nesneler düşey yönde tam altlarındaki belirlenmiş noktaya varabilecekti, çünkü bu sırada Dünya altlarından hızla kayacaktı. Dahası, bulutlar ve havadaki her şey durmaksızın batıya doğru devinecekti. (Kopernik'in, Batlamyus'un bkz. ss. 149-151) alıntıda verilen özgün tezini oldukça ayrıntılı bir biçimde geliştirdiğine dikkatinizi çekerim. Batlamyus'un bu kadar ileri gidip gitmediği hiç de belli değildir.)

8. *Uslamlamaların Yetersizliği ve Çürütülmesi.*

Bunlar ve benzeri nedenlerle, Dünya'nın kesinlikle evrenin merkezinde durduğunu söylerler. İmdi, eğer biri Dünya'nın *devindiğini* söylüyorsa, bu devinimin doğal olduğunu, zorla (ya da bir dış itkiye bağlı) olmadığını söylüyor demektir; doğaya uygun olan şeylerin etkileri, zorla ortaya çıkanların etkilerinin karşıtıdır. Herhangi bir kuvvete ya da itilime ağır ağır ya da birdenbire maruz kalan şeyler ayrışır ve varlıklarını uzun zaman sürdüremezler. Ancak, şeylerin ereklerine uygun doğal süreçler düzgün bir biçimde işler. (Yani, Dünya herhangi bir biçimde deviniyorsa, doğasında devinmek olduğundan deviniyordur, doğal bir devinim de yıkıcı olamaz.)

O halde, Batlamyus'un Dünya'nın ve üzerindeki her şeyin doğal bir dönüşle parçalanıp dağılacağı konusundaki kaygısı yersizdir; bu dönüş yapay bir eylemden çok farklı bir şeydir. Batlamyus'un, gökler Dünya'dan ne kadar büyükse o kadar hızlı olması gereken evren için daha da çok kaygılanması gerekmez miydi? Gökler şiddetli devinimleriyle mi böylesine uçsuz bucaksız olmuştur; devinimsiz olsalardı çökmez miydiler? Eğer böyle olsaydı, evren sonsuz büyüklükte olmalıydı. Devinimlerinin kuvvetiyle daha da genişledikçe, yirmi dört saatte geçilecek uzaklık sürekli artacağı için bu devinim daha hızlı olacaktır. Devinimin artmasıyla gökler daha da engin olacaktır. Böylece, hız ve büyüklük birbirlerini sonsuza kadar artırırlar.

Göklerin dışında hiçbir kütle, hiçbir uzay, hatta boşluk bile olmadığını, aslında mutlak anlamda hiçbir şey olmadığını ve bu nedenle Göklerin genişleyebileceği (yukarıda genişleyeceğini öne sürmüştük) hiçbir yer olmadığını da söylerler. Hiç kuşkusuz, bir şeyin hiçlik tarafından desteklenebilecek olması gariptir. Belki de, göklerin sonsuz olduğunu, kendi içbükeyliğiyle içten sınırlandığını, böylece kendisi devinimsiz kalırken ne kadar büyük olursa olsun her şeyi içine aldığını düşünürsek, göklerin dışındaki bu hiçliği kavramak aslında daha kolay olacaktır. ...

O zaman, Evrenin sonlu mu, sonsuz mu olduğu sorusunu Doğa Filozoflarına bırakalım, yalnızca Dünya'nın sonlu ve küresel olduğunu kabul edelim. O halde, sınırları bilinmeyen ve bilinemeyecek evrenin tümünün çevrede kaydığını varsaymak yerine, (küresel) biçimi için doğal olan devinim gücünü Dünya'ya bahşetmekte neden duraksayalım? Günlük dönüşün göklerde yalnızca görünüş, Dünya'da ise gerçek olduğunu niçin kabul etmeyelim? Vergilius'un yapıtında Aeneas'ın dediği gibi; "Limandan öteye yelken açarız, karalar ve kentler geri çekilirler." Tekne durgun sularda yol alır; teknedekiler kendilerinin ve teknedeki nesnelerin sabit olduğunu hissederlerken, dışarıdaki tüm nesneler gerçekte teknenin olan bir devinime sahipmiş gibi görünürler.

Havada asılı duran, alçalan ya da yükselen bulutlara ve diğer nesnelere ne olacağı sorulabilir. Kuşkusuz yalnızca Dünya ve üzerindeki su değil, belli bir miktar hava ve onun gibi Dünya'ya bağlı tüm nesneler de böylece dönerler. Belki de, bitişik hava, topraklı ve sulu özdekten bir karışım içerdiğinden Dünya'yla aynı doğal yasaya bağlıdır ya da belki hava sürekli olarak dönen Dünya'dan, ona yakınlığı ve bir direnç olmaması nedeniyle dönüş kazanmaktadır.

Evrende düşen ve yükselen nesnelerin doğrusal ve çembersel devinimlerinin sonucu olarak ikili bir devinimlerinin olabileceğini kabul etmemiz gerekir. (Bu, daha önceleri Oresme'nin savunduğu çözümlemedir.) Böylece, düşen ağır nesneler, özellikle topraklı oldukları için, hiç kuşku yok ki parçası oldukları bütünün doğasını korumalıdırlar. (Bu nedenle, örneğin bir taş, Dünya'dan ayrıldığında Dünya ile birlikte çembersel olarak devinmeyi sürdürecek ve aynı zamanda yeryüzüne doğrusal olarak düşecektir. Taşın toplam devinimi, dönmekte olan bir çömlekçi çarkının merkezine doğru dik bir çizgide yavaşça yürüyen bir böceğin devinimi gibi, bir tür sarmal devinim olacaktır.)

O halde, yalın bir cismin deviniminin de yalın olacağı, yalnızca çembersel devinim için ve yalın cisim doğal yerinde ve doğal durumunda devinimsiz kaldığı sürece doğrudur. Bu durumda çembersel devinimden başka bir devinim olanaksızdır; çünkü bu tümüyle kendine yeten bir devinimdir ve devinimsizliğe benzer. Ancak nesneler doğal yerlerinden devinerek ya da devindirilerek ayrılacak olduğunda, birden ortaya doğrusal devinim çıkar. İmdi, kendi yerinin dışında olmak evrenin düzeniyle de biçimiyle de uyuşmaz. Bu nedenle, doğru yerlerinden ayrılan nesnelerinkinin dışında hiçbir doğrusal devinim yoktur; böylesi bir devinim kusursuz nesneler için doğal da değildir; çünkü (böyle bir devinimle) bağlı bulundukları bütünden ayrılacak ve böylece onun bütünlüğünü bozacaklardır. (Kopernik'in uslamlaması Dünya bir gezegen durumuna geldiğinde yer ve gök bölgeleri arasındaki geleneksel ayrımın nasıl hemen kaybolacağını gösteriyor; çünkü Kopernik burada gökcisimlerine

ilişkin geleneksel bir uslamlamayı kolayca Dünya'ya uygulamaktadır. İster yalın, ister bileşik olsun çembersel devinim devinimsizliğe en yakın şeydir. Gökler için hep olduğu gibi, Dünya için de doğal olabilir; çünkü evrende gözlenen birliği ve düzenliliği bozmayacaktır. Öte yandan, doğrusal devinim kendi yerini bulmuş hiçbir nesne için doğal olamaz; çünkü, doğrusal devinim yıkıcıdır; evreni yıkacak doğal bir devinim ise saçmadır.)

Ayrıca, devinimsizliğin değişimden ve değişkenlikten daha soylu ve daha tanrısal olduğunu düşünürüz; öyleyse, değişim ve değişkenlik Dünya'ya evrenden daha uygundur. O halde, devinimi içerilene ve yeri belirlenene, yani Dünya'ya atfetmek yerine içerene ve yer belirleyene atfetmek saçma olmaz mı?

Son olarak, gezegenler Dünyaya yaklaştığı ve ondan uzaklaştığı için, (Aristotesçiler tarafından) Dünya olduğu savunulan merkez çevresindeki devinimleriyle dışarıya ve içeriye doğru devinimleri tek bir kütlenin devinimidir. (Bu, Aristotelesçilerin Dünya'nın merkezi konumda olduğunu çıkarsadıkları yasalara aykırıdır; çünkü bu yasalara göre gezegenlerin yalnızca tek bir devinimi olmalıdır.) O halde, merkez çevresindeki bu devinimi daha geniş bir anlamda kabul etmeli ve her devinimin kendine özgü bir merkezi varsa, bu kadarıyla yetinmeliyiz. Tüm bu değerlendirmelerden sonra, Dünya'nın devinmesi, durağan olmasından daha olasıdır. Bu, özellikle Dünya'ya ait bir nitelik olan günlük dönüş için geçerlidir.

9. *Dünyaya Birden Çok Devinim Atfedilip Atfedilemeyeceği ve Evrenin Merkezi Hakkında.*

O halde, Dünya'nın devinim gücüne sahip olmaması için hiçbir neden olmadığına göre, onu bir gezegen sayabilmek için gerçekten birden çok devinimi olup olmadığını incelememiz gerekir.

Gezegenlerin açıkça düzensiz olan devinimleri ve Dünya'dan uzaklıklarının değişmesi, Dünya'nın dönüşlerin merkezi olmadığını kanıtlamaktadır. Gezegenler, Dünya'yla eş-

merkezli çemberlerde deviniyor olsalardı, bunlar anlaşılmaz olurdu. O halde, birden çok merkez (yani, tüm yörünge devinimleri için bir merkez, Dünya'nın kendisinin bir merkezi ve belki de bunun dışında diğerleri) olduğu için, evrenin merkezinin Dünya'nın yerçekimi merkezi olup olmadığını tartışabiliriz.

Öyle sanıyorum ki yerçekimi Yaratıcı'nın parçaları bir küre biçiminde birleştirmek ve böylece birlik ve bütünlüklerini sağlamak için cisimleri oluşturan parçalara bahşetmiş olduğu doğal bir eğilimden başka bir şey değildir. Bu özelliğin, her ne kadar farklı yörüngelerde olsalar da küresel biçimlerini koruyabilmeleri için, Güneş'te, Ay'da ve gezegenlerde de bulunduğunu düşünebiliriz. O halde, eğer Dünya'nın başka devinimleri de varsa, bunlar yıllık devirleri olan dışarıdaki (gezegenlere ait) çeşitli devinimlerin benzeri olmalıdır (çünkü, Dünya artık birçok başka açıdan bir gezegen gibi görünmektedir). Güneş'i sabit kabul edip, onun devinimini Dünya'ya aktarırsak, yıldızların sabah ve akşam doğup batmaları etkilenmeyecek, gezegenlerin sabit göründüğü noktalar, gerilemeleri ve ilerlemeleri ise görünüşlerinin yansıttığı gibi kendi devinimlerine değil, Dünya'nın devinimine bağlı olacaktır. Sonuç olarak, Güneş'i evrenin merkezine yerleştireceğiz. Bütün bunları akla getiren olayların sistemliliği ve evrenin bütünündeki uyumdur; yeter ki dedikleri gibi "iki gözümüzü de açıp" olgularla yüzleşelim.

Bu son üç bölümde Kopernik'in devinim kuramını, Kopernik'in temelinde Aristotelesçi olan bir evreni bozmadan Dünya ile Güneş'in yerlerini değiştirmesine olanak verecek biçimde tasarlamış olduğu kavramsal şemayı gördük. Kopernik fiziğine göre bütün özdek, ister göklere, ister Dünya'ya ait olsun, doğası gereği küre biçimini alacak bir biçimde toplanır ve bu küreler kendi doğaları gereğince dönerler. Doğal yerinden ayrılan bir öz-

dek parçası, doğrusal bir devinimle doğal yerine doğru dönerken aynı zamanda kendi küresiyle birlikte dönmeyi de sürdürecektir. Bu kuram (Altıncı bölümde daha ayrıntılı olarak göstereceğimiz gibi) görülmemiş ölçüde uyumsuzdur; en uyumsuz bölümleri dışında pek özgün de değildir. Bu kuramı bizzat Kopernik bulmuş olabilir; ancak Aristoteles'e yönelttiği eleştirilerin temel öğeleri de kendi devinim kuramının birçok temel öğesi de kendisinden önceki skolastik yazarlarda, özellikle de Oresme'de bulunabilecektir. Yalnızca Oresme'nin daha sınırlı olan sorununa uygulandıklarında, daha akla yakın olurlar.

Dünya'nın devinimi için uygun bir fiziksel temel bulma başarısızlığı Kopernik'in saygınlığını azaltmayacaktır. O, Dünya'nın devindiğini fizikten türettiği gerekçelerle tasarlamış ya da kabul etmiş değildi. Birinci Kitap'ta kabaca ele alınmış olan fiziksel ve kozmolojik sorun Kopernik'i başarıya götürmüştür; ne var ki bu sorunlar aslında Kopernik'in sorunları değildi; olanaklı olsaydı, bu sorunlardan uzak durabilirdi. Kopernik fiziğinin yetersizlikleri, Kopernik'in astronomik yeniliğinin sonuçlarının bu yeniliği ortaya çıkaran astronomik sorunu nasıl da aştığını örnekliyor; bu yetersizlikler astronomiye getirilen yeniliği ortaya koyanın bizzat kendisinin bile kendi çalışmasından kaynaklanan bu devrimi ne denli az özümseyebildiğini gösteriyor. Devinen Dünya klasik Aristotelesçi evrende olağandışı bir düzensizliktir. Ancak, *De Revolutionibus*'un evreni, Kopernik'in Dünya'nın devinimiyle bağdaşır gibi gösterebildiği her açıdan klasik bir evrendir. Kendisinin söylediği gibi bu sistemde Güneş'in devinimi kabaca Dünya'ya aktarılmıştır. Güneş hâlâ bir yıldız değildir; çevre-

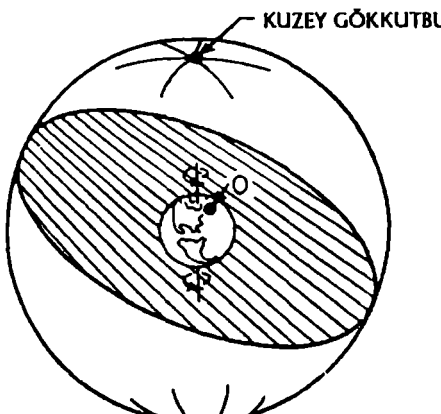
sinde evrenin kurulmuş olduğu, eşi benzeri olmayan merkezi bir cisimdir; bazı yeni işlevlerle birlikte, eskiden Dünya'ya ait olan işlevleri üstlenmiştir. Biraz sonra göreceğimiz gibi, Kopernik'in evreni hâlâ sonlu bir evrendir; birbirinin içine geçen eşmerkezli küreler, artık sabit olduğu için dış küre tarafından itilemeyecek olsalar da, hâlâ bütün gezegenleri devindirmektedir. Tüm devinimler çemberlerin birleşimiyle oluşmalıdır; Dünya'yı devindirmekle Kopernik dış tekerleme eğrilerinden bile kurtulamaz. Bizim bildiğimiz Kopernik Devrimini *De Revolutionibus*'ta pek bulamayız, işte yapıttaki ikinci temel uyumsuzluk da budur.

Kopernik Astronomisi – İki Küre

Kopernik'in Birinci Kitap'ını tam olarak bitirmiş değiliz. Yukarıda alıntılanan son bölümün hemen sonrasındaki onuncu ve on birinci bölümler astronomik konularla daha yakından ilgilidir; bu bölümleri, Kopernik'in meslek dışından okurlar için anlaşılabilir bir şekilde aktardığı uslamlamaların ötesine geçen bir astronomik tartışma bağlamında ele alacağız. Kopernik'in metnine ileridekı bir bölümde kısaca yeniden döneceğiz; ancak, öncelikle astronomların neden Kopernik'in önerisinden meslekten olmayanlara göre daha fazla etkilenebildikleri sorusunun yanıtını vermeye çalışacağız. Bu sorunun yanıtını Birinci Kitap'ta pek bulamayız.

Kopernik, Dünya'ya eşzamanlı üç çembersel devinim veriyordu: Kendi ekseni çevresindeki günlük dönüşü, yörüngesindeki yıllık dönüşü ve ekseninin yıllık bir konik devinimi. Dünya'nın doğuya doğru günlük dönüşü, yıldızların, Güneş'in, Ay'ın ve gezegenlerin görünüş-

te izlediği günlük çemberleri açıklayan dönüştür. Dünya, yıldızlar küresinin merkezine yerleştirilir; kuzey ve güney kutuplarından geçen bir eksen çevresinde günlük olarak doğuya doğru dönerse, yıldızlar küresine göre durağan ya da hemen hemen durağan olan tüm nesneler ufuk üzerinde çembersel yaylar boyunca, yani gökcisimlerinin herhangi bir kısa zaman aralığında devindiğinin gözlendiği gibi yaylar boyunca batıya doğru ilerliyor gibi görünecektir.



Şekil 26. Sabit bir yıldızlar küresinin merkezinde dönen bir Dünya. Bu çizimi Şekil 11 ile karşılaştırırken, burada ufuk düzleminin Dünya ile birlikte dönmesi gerektiğine ve böylece de ufkun devinen gözlemci, *O* ile geometrik ilişkisinin sabit kaldığına dikkat ediniz.

Eğer Kopernik'in ya da Oresme'nin bu konuya ilişkin uslamlamaları anlaşılmazsa, Şekil 6 ve 7'de (s. 51; s. 52) gösterilen yıldız izlerine tekrar bakınız. Bu izler ya sabit bir gözlemcinin önündeki yıldızların çembersel bir devinimiyle (Batlamyus'un açıklaması) ya da sabit yıldızların karşısındaki gözlemcinin çembersel dönüşüyle (Koper-

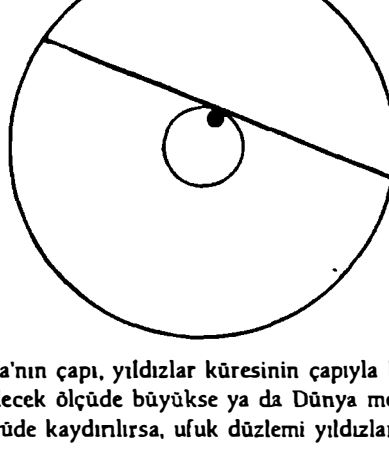
nik'in açıklaması) oluşabilir. Ya da Şekil 26'ya bakınız; bu şekil, kutupların göksel kürenin değil de, Dünya'nın kutupları olarak gösterilmiş olması ve dönüş yönünün tersine çevrilmesi dışında, iki küreli evrende yıldızların devinimini irdelerken ilk kez kullandığımız çizimin (Şekil 11, s. 69) basitleştirilmiş biçimidir. Benzer bir çizimi ilk kez kullandığımızda, Dünya'yı, gözlemciyi ve ufuk düzlemini sabit tutup, yıldızlar küresini batıya doğru döndürmüştük. Şimdi ise, dış küreyi sabit tutup, Dünya'yı, gözlemciyi ve ufuk düzlemini hep birlikte doğuya doğru döndürmemiz gerekir. Ufuk düzleminin merkezinde bulunan ve onunla birlikte devinen bir gözlemci, en azından göklerde görebildiği bir şeyden yola çıkarak, iki durum arasında bir farklılık olduğunu söyleyemeyecektir. Bu gözlemci, iki durumda da yıldızların ve gezegenlerin ufkun doğu kıyısında ortaya çıktığını ve aynı çembersel yörüngeleri izleyerek, yukarıdan batı ufkuna doğru ilerlediğini görecektir.

Bu noktaya kadar, dönmekte olan Dünya'yı durağan yıldızlar küresinin merkezinde tuttuk; başka bir deyişle, Herakleides'in önerdiği ve Oresme'nin geliştirdiği evren modelini ele almış olduk. Ancak bu, yalnızca, Kopernik evrenine doğru giden yoldaki ilk adımdır; bir sonraki adımsa hem daha radikal hem de daha zordur. Kopernik'ten alıntıladığımız beşinci bölümün bir kesiminde belirtildiği gibi, artık Dünya'nın deviniyor olabileceğini kabul etmeye hazırsak, yalnızca merkez çevresinde devindiğini değil, aynı zamanda merkezden dışarı doğru devindiğini de kabule hazırlıklı olmamız gerekir. Aslında, der Kopernik, devinmekte olan bir Dünya'nın merkezde durmasına da gerek yoktur; yalnızca merkeze göreli olarak yakın olması gerekir ve Dünya merkezin ye-

terince yakınında olduğu sürece, yıldızların görünen devinimlerini etkilemeksizin, istenilen biçimde devinebilir. Bu, Dünya'nın sabit durduğuna ilişkin yalnızca sağduyudan ve yer fiziğinden türetilen görüşün aksine, Dünya'nın merkezde olduğu savı doğrudan astronomik gözlemlere dayandırılabildiği için, Kopernik'in astronomi eğitimi almış meslektaşları için kabul edilmesi güç bir sonuçtu. Bu nedenle, Kopernik'in merkezi olmayan Dünya tasarımı başlangıçta salt astronomik gözlemlerin dolaysız sonuçlarıyla bağdaşmıyor gibi görünüyordu; bu bağdaşmazlıktan ya da gelecek bölümde inceleyeceğimiz ona bağlı bir diğerinden kurtulmak güçtü. İşte, Kopernik'i yıldızlar küresinin boyutunu fazlasıyla genişletmeye ve böylece daha sonra ardılları tarafından ayrıntılı bir biçimde işlenecek sonsuz evren görüşüne doğru ilk adımı atmaya zorlayan da buydu. Kopernik'in Dünya'nın konumuna ilişkin yürüttüğü tartışma Birinci Kitap'ın altıncı bölümündedir. Burada bu tartışmamn daha açık ve daha kapsamlı bir biçimine gerek duyacağız.

Dünya'nın yıldızlar küresi içindeki merkezi konumu Dünya'daki herhangi bir gözlemcinin gördüğü ufkun, yıldızlar küresini iki eşit parçaya böldüğü gözleminden açıkça çıkarsanabilir. Örneğin, bahar ve güz ılım noktaları, iki büyük çemberin, ekvatorun ve tutulumun kesişme noktaları olarak tanımlandıklarından, yıldızlar küresi üzerinde taban tabana karşıt iki noktadır. Gözlemler, bu noktalardan biri doğuda yükselmeye başladığında, diğerinin de tam o zaman batıda batmakta olduğunu gösterir. Bu, küre üzerinde birbirine taban tabana karşıt olan başka bütün nokta çiftleri için de geçerlidir: Biri doğarken, aynı anda diğeri de batar. Bu gözlemlerin ancak, Şekil 26'da ve daha önce de Şekil 11'de

gösterildiği gibi, ufuk düzlemi, yıldızlar küresinin merkezinden geçecek ve kesişimi büyük bir çember oluşturacak biçimde çizildiğinde açıklanabileceği açıktır. Ancak ve ancak ufuk düzlemi yıldızlar küresiyle büyük bir çemberde kesişecek olursa çember üzerindeki birbirine taban tabana karşıt noktalar her zaman aynı anda doğacak ve batacaktır.



Şekil 27. Dünya'nın çapı, yıldızlar küresinin çapıyla karşılaştırdığında dikkate alınabilecek ölçüde büyükse ya da Dünya merkezden dikkate alınabilecek ölçüde kaydırılırsa, ufuk düzlemi yıldızlar küresini iki eşit parçaya bölmez.

Ancak, bütün ufuk düzlemleri küresel Dünya'ya teğet olacak bir şekilde çizilmek zorundadır. (Şekil 26 ve Şekil 11'de, böyle bir yapıdan kaçınmış olmamızın nedeni, bu şekillerde Dünya'nın boyutunu çok abartarak göstermemizdir.) Öyleyse gözlemci yıldızlar küresinin merkezinde ya da merkezine çok yakın bir yerde bulunmalıdır. Yerkürenin tüm yüzeyi merkezde ya da merkezin çok yakınında olmalıdır; Dünya neredeyse bir nokta gibi çok küçük ve merkezde konumlanmış olma-

lıdır. Eğer Şekil 27'de olduğu gibi, (içteki eşmerkezli çember ile gösterilen) Dünya yıldızlar küresine göre çok büyükse ya da (siyah nokta ile gösterildiği gibi) küçük olsa da merkezden uzaklaşmışsa, ufuk düzlemi yıldızlar küresini iki eşit parçaya bölüyormuş gibi görünmeyecek, küre üzerindeki taban tabana zıt olan noktalar da birlikte doğup batmayacaktır.

Burada geliştirildiği haliyle bu uslamlama, Kopernik'in kendi yararına kullandığı zaafı açık bir biçimde gösterir. Gözlem Dünya'nın bir nokta olması gerektiğini göstermez (eğer öyle olsaydı, Aristoteles ve Batlamyus evrenleri gözlemle çelişecekti), Dünya'nın tam merkezde durması gerektiğini de göstermez; çünkü, gözleme dayanarak hiçbir zaman, örneğin, bahar ılım noktasının *tam olarak* güz ılım noktası batarken doğduğu söylenemez. Çıplak gözle yapılan kaba gözlemler, bahar ılım noktasının, güz ılım noktası tam batmaktayken, ufkun bir ya da bir dereceye yakın bir açı kadar uzağında olduğunu gösterecektir. Çıplak gözle yapılan duyarlı (atmosferik kırılma ve gerçek bir ufkun düzensizlikleri dikkate alınarak uygun bir biçimde düzeltilmiş) gözlemlerse, kış gündönümü tam batı ufkuna vardığı anda yaz gündönümünün doğu ufkundan 6′ (ya da 0.1°) kadar uzakta olduğunu gösterebilir. Ancak, çıplak gözle yapılan hiçbir gözlem bundan daha iyi bir sonuç veremez. Böyle bir gözlem yalnızca ufkun küreyi birbirine *çok yakın* büyüklükte iki parçaya böldüğünü ve bu nedenle de Dünya'daki tüm gözlemcilerin evrenin merkezine çok yakın bir yerde olmaları gerektiğini gösterebilir. Ufkun küreyi birbirine tam olarak ne kadar yakın iki parçaya böldüğü, Dünya'daki gözlemcilerin merkeze ne kadar yakın olması gerektiği, gözlemin kesinliğine bağlıdır.

Örneğin, bir gündönümü her ufukta olduğunda, diğerinin de ufuktan 0.1°'den *daha fazla* uzakta olmadığını gözlemlere dayanarak biliyorsak, Dünya'daki hiçbir gözlemci yıldızlar küresinin merkezinden, bu kürenin yarıçapının 0.001 katından daha uzakta olamaz. Ya da gözlem bize, bir gündönümü ufuk çizgisindeyken diğerinin ufuk çizgisinden 0.01°'den daha fazla bir uzaklıkta olamayacağını veriyorsa (aslında çıplak gözle yapılan pek az gözlem yaklaşık olarak bile bu kadar iyi değildir), Şekil 27'deki iç kürenin yarıçapı dış kürenin yarıçapının 0.0001 katından daha büyük olamaz ve Dünya'nın yine hep iç çemberin içinde bir yerlerde olması gerekir. Dünya iç çemberin dışında deviniyor olsaydı, ufuk düzlemi yıldızlar küresini ikiye bölmekte 0.01 dereceden fazla hata verecek, varsayımlı gözlemlerimiz de bu tutarsızlığı açığa çıkaracaktı; ancak, Dünya'nın iç çemberin içinde herhangi bir yerde olması durumunda ufuk düzlemi, gözlem sınırları içinde, küreyi iki eşit parçaya böler gibi görünecektir.

Bu Kopernik'in uslamlamasıdır. Gözlem Dünya'yı yalnızca yıldızlar küresiyle eşmerkezli küçük bir kürenin içinde bir yerde tutmamızı gerektirir. Bu iç kürenin içinde Dünya, görünümlere ters düşmeksizin serbestçe devinebilir. Dünya, özellikle merkez çevresinde ya da merkezdeki Güneş çevresindeki bir yörüngede devinebilir; yeter ki bu yörünge onu hiçbir zaman merkezden fazla uzağa götürmesin. Buradaki "fazla uzağa" ifadesi, "dış kürenin yarıçapına göre fazla uzağa" anlamındadır. Dış kürenin yarıçapı bilinmekteyse, kesinlik derecesi bilinen gözlemler Dünya'nın yörüngesinin yarıçapına bir üst sınır getirir. Dünya'nın yörüngesinin boyutu bilinmekteyse (bu, kuramsal olarak Aristarkhos'un Dünya

ile Güneş arasındaki uzaklığı ölçerken kullandığı teknikle saptanabilir), kesinlik derecesi bilinen gözlemler yıldızlar küresinin boyutuna bir alt sınır getirir. Örneğin, Dünya ile Güneş arasındaki uzaklık, Aristarkhos'un "Teknik Ek"te anlatılan ölçümünün verdiği gibi, Dünya'nın çapının 764 katına (ya da yarıçapının 1528 katına) eşitse ve gözlemlerin 0.1° yanılma payıyla doğru olduğu bilinmekteyse, yıldızlar küresinin yarıçapının en azından Dünya'nın yörüngesinin yarıçapının 1000 katı ya da en azından Dünya'nın yarıçapının 1.528.000 katı olması gerekir.

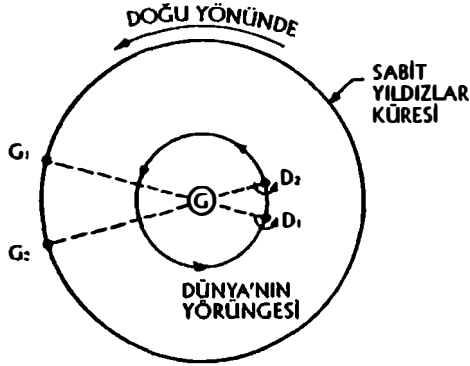
Bu yararlı bir örnektir; çünkü, Kopernik'in gözlemleri pek bu kadar kesin değilse de hemen ondan sonra gelen Brahe'nin yaptığı gözlemler belki 0.1°'den bile biraz daha kesindi. Bizim verdiğimiz örnek, on altıncı yüzyılda bir Kopernikçinin yıldızlar küresinin boyutunun en az ne kadar olacağına ilişkin tahminini temsil ediyor. On altıncı ve on yedinci yüzyıllarda yıldızlar küresinin uzaklığını doğrudan belirlemek hiçbir biçimde olanaklı olmadığı için, ilkesel olarak bu sonucun saçma olması sözkonusu değildir. Yıldızlar küresinin yarıçapı Dünya'nın yarıçapının 1.500.000 katından fazla olabilir. Ancak, yıldızlar küresinin yarıçapı bu denli büyükse – Kopernikçilik böyle olmasını gerektiriyordu – geleneksel kozmolojiden gerçek bir kopuş olduğunun kabul edilmesi gerekir. Örneğin el-Fergani yıldızlar küresinin yarıçapının Dünya'nın yarıçapının 20110 katı olduğunu, yani Kopernikçilerin öngördüğünden yetmiş beş kat daha küçük olduğunu tahmin etmişti. Kopernik evreninin geleneksel kozmolojinin evreninden çok daha büyük olması gerekir. Hacmi *en azından* 400.000 kat daha büyüktür. Bu evrende Satürn küresi ile yıldızlar küresi

arasında büyük bir boşluk vardır. Her ne kadar Kopernik şaşırtıcı bir biçimde bu kopuşun farkında değilmiş gibi görünse de, geleneksel evrenin birbirinin içine geçen kürelerinin o eksiksiz işlevsel tutarlılığı artık bozulmuştur.

Kopernik Astronomisi – Güneş

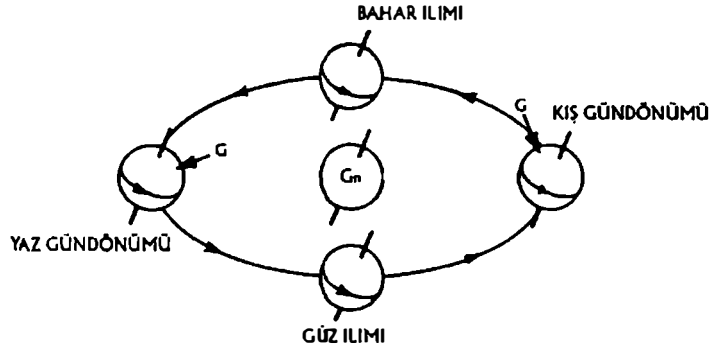
Kopernik'in uslamlaması, çok genişletilmiş bir evrende Dünya'nın bir yörüngede devinmesine olanak tanır; ancak bu, sözkonusu deviniminin Güneş ve diğer gezegenlerin devinimleriyle uyumlu olduğu gösterilemedikçe akademik bir konu olarak kalacaktır. Kopernik bu devinimlere Birinci Kitap'ın onuncu ve on birinci bölümlerinde tekrar döner. Kopernik'in Dünya'nın yörüngesi boyunca nasıl devindiğini ve bunun Güneş'in görünürdeki konumu üzerindeki etkisini açıkladığı on birinci bölümü farklı sözcüklerle ayrıntılı bir biçimde anlatarak bu konuya iyi bir başlangıç yapabiliriz. Şimdilik, evrenin merkezinin, Güneş'in ve Dünya'nın yörüngesinin merkezlerinin Şekil 28'de gösterildiği gibi çakıştığını varsayalım. Şekilde tutulum düzlemi, kuzey gökkutbu yakınındaki bir noktadan görülmektedir; yıldızlar küresi sabittir; Dünya yörüngesi boyunca doğu yönünde yılda bir ve aynı zamanda kendi ekseninde doğuya doğru her 23 saat 56 dakikada bir düzenli olarak dönmektedir. Dünya'nın yörüngesi yıldızlar küresinden çok daha küçükse, Dünya'nın ekseninde dönüşü, yıldızların günlük dönüşünü açıkladığı gibi, Güneş'in, Ay'ın ve diğer gezegenlerin günlük çemberlerini de tam olarak açıklar, çünkü Dünya'nın yörüngesi üzerindeki herhangi bir noktadan bakıldığında tüm bu gökcisimleri yıldız-

lar küresinin karşısında görülecek ve Dünya döndükçe yıldızlar küresiyle birlikte deviniyor gibi görüneceklerdir.



Şekil 28. Dünya Kopernikçi yörüngesinde D_1'den D_2'ye geldiğinde, merkezdeki Güneş'in, G, görünürdeki konumu yıldızlar küresine karşı G_1'den G_2'ye kayar.

Çizimde Dünya birbirinden otuz gün arayla bulunduğu iki konumda gösteriliyor. Her konumda Güneş yıldızlar küresine karşı görülür ve Güneş'in görünüşteki her iki konumu da şimdi Dünya'nın (Güneş'i de içine alan) devinim düzleminin yıldızlar küresiyle kesiştiği çizgi olarak tanımlanan tutulumda bulunmalıdır. Çizimde Dünya D_1 noktasından D_2 noktasına doğru doğu yönünde devindiğinde, görünüşte Güneş de tutulum boyunca doğuya doğru, G_1 noktasından G_2 noktasına doğru ilerler. Öyleyse, Kopernik'in kuramı, tıpkı Batlamyus'un kuramı gibi, Güneş'in tutulum boyunca doğuya doğru yıllık bir devinim yapmasını öngörür. Biraz sonra göreceğimiz gibi bu kuram, Güneş'in gökteki yüksekliğinin mevsimlere göre değişimi konusunda da aynı öngörüde bulunur.



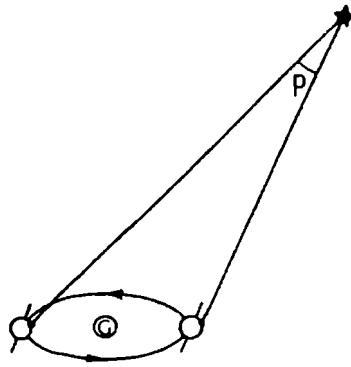
Şekil 29. Dünya'nın Kopernikçi yörüngesindeki yıllık devinimi. Dünya'nın ekseni her zaman kendisine ya da Güneş'ten geçen sabit bir çizgiyle paraleldir. Bunun bir sonucu olarak öğle saatlerinde, orta-kuzey enlemlerdeki bir gözlemci, *G*, yaz gündönümünde Güneş'i, kış gündönümüne göre baş hizasına çok daha yakın görür.

Şekil 29, gökküresindeki sonbahar noktasının biraz kuzeyindeki bir noktadan bakıldığında Dünya'nın yörüngesinin nasıl görüneceğini gösteriyor. Şekilde Dünya, sırasıyla, bahar ılım noktası, yaz gündönümü, sonbahar ılım noktası ve kış gündönümünde bulunduğu dört konumda gösterilmiştir. Tüm devinimi boyunca olduğu gibi, bu dört konumun tümünde de Dünya'nın ekseni, Güneş'ten geçen ve tutulum düzlemine dik bir doğruyla 23½°'lik bir açı yapan sanal bir çizgiye paraleldir. Şekildeki iki küçük okla, Dünya'nın orta-kuzey enlemlerdeki bir gözlemcinin 22 Haziran ve 22 Aralık'ta, yani iki gündönümünde bulunduğu bölgenin yerel saatine göre öğle vaktindeki konumları gösterilmiştir. Güneş'ten Dünya'ya doğru çizilecek çizgiler (şekilde gösterilmemiştir), öğle güneşi ışınlarının, yaz gündönümünde kış gündönümüne göre gözlemcinin baş hiza-

sının üstüne daha yakın olduğunu açıkça gösterecektir. Benzeri çizimlerle Güneş'in bahar ve güz ılım noktalarındaki ve ara mevsimlerdeki yüksekliği belirlenebilir.

Böylece, Şekil 29 kullanılarak Güneş'in yüksekliğinin mevsimlere göre değişimi tam olarak saptanabilir. Ne var ki uygulamada Batlamyus'un açıklamasına geri dönmek daha kolaydır. Bütün mevsimlerde Güneş, Batlamyus sisteminde olduğu gibi Kopernik sisteminde de yıldızlar arasında aynı konumda göründüğünden, her iki sistemde de aynı yıldızlar ile birlikte doğacak ve batacaktır. Mevsimler ile Güneş'in yörüngesel konumu arasındaki karşılıklı bağıntı, dönüşümden etkilenmeyecektir. Güneş'in ve yıldızların görünüşteki devinimleri açısından bu iki sistem eşdeğerdedir ve Batlamyus'un sistemi daha yalındır.

Son şekil Kopernik sisteminin diğer iki ilginç özelliğini daha gösteriyor. Yıldızların günlük çemberleri Dünya'nın dönüşüyle oluştuğu için, Dünya'nın ekseninin gökküresinde bu çemberlerin merkezini göstermesi gerekir. Ancak, şekilde görüldüğü gibi, Dünya'nın ekseni gökküresinde bir yıllık devinim boyunca tam olarak aynı konumu hiç bir zaman göstermez. Kopernik kuramına göre, uzatılan Dünya ekseni bir yıl boyunca yıldızlar küresinde, biri kuzey gökkutbu, diğeri güney gökkutbu çevresinde iki küçük çember çizmektedir. Dünya üzerindeki bir gözlemciye göre yıldızların günlük çemberlerinin merkezleri de gökkutbu çevresindeki küçük bir çember boyunca yılda bir kez deviniyor gibi görünecektir. Ya da bunu gözlemle daha yakın ilişkili bir biçimde ifade edersek, yıldızların her birinin, yıldızlar küresindeki (ya da kürenin görünüşteki kutbuna göre) konumları yıl boyunca biraz değişecektir.



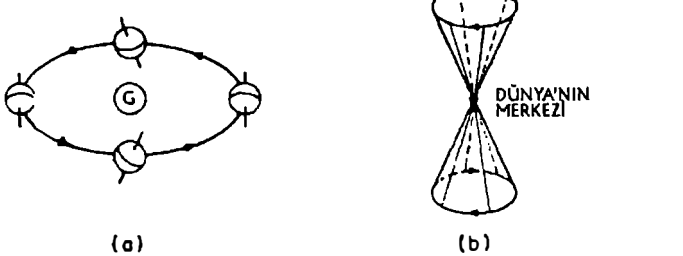
Şekil 30. Bir yıldızın yıllık paralaksı. Dünya yörüngesinde devinirken, yeryüzündeki bir gözlemci ile sabit bir yıldız arasındaki doğru tam olarak kendisine paralel kalamadığı için bu yıldızın yıldızlar küresindeki görünüşteki konumu altı aylık bir zaman aralığında bir *p* açısı kadar kayacaktır.

Çıplak gözle görülemeyen ve 1838 yılına kadar teleskopla bile görülememiş olan bu görünüşte devinim, paralaks devinimi olarak bilinir. Dünya'nın yörüngesindeki taban tabana karşıt noktalardan bir yıldıza çizilen iki çizgi birbirine tam olarak paralel olmadığı için (Şekil 30), Dünya'dan bakıldığında bu yıldızın görünüşteki açısal konumu farklı mevsimlerde farklı olmalıdır. Ancak, yıldıza olan uzaklık Dünya'nın yörüngesindeki taban tabana karşıt olan iki nokta arasındaki uzaklıktan çok büyükse, bu durumda Şekil 30'da *p* olarak gösterilen paralaks açısının değeri, çok ama çok küçük olacak ve yıldızın görünür konumundaki değişimin farkına varılamayacaktır. Paralaks devinimi'nin görülememesinin tek nedeni yıldızların Dünya'nın yörüngesinin boyutlarına göre fazlasıyla uzakta olmalarıdır. Bu durum, daha önce Dünya'nın deviniminin neden ufuk düzlemi

ile yıldızlar küresinin kesişmesini değiştiriyormuş gibi görünmediği konusunu irdelerken tartıştığımız duruma kesinlikle eşdeğer olan bir durumdur. Aslında, yine aynı sorunla uğraşıyoruz. Ancak, bu sorunun şu an ele almakta olduğumuz biçimi daha önemlidir; çünkü, ufuk yakınlarında, ufkun yıldızlar küresini iki parçaya bölüp bölmediğini ortaya çıkarabilmek için yıldız konumlarına ilişkin gerekli ölçümleri kesin bir biçimde yapmak oldukça zordur. Yukarıda tartışılan bahar ve güz ılım noktalarının doğuşu ve batışından farklı olarak, paralaks devinimleri üzerine araştırmanın ufuk incelemesiyle sınırlandırılması gerekli değildir. Bu nedenle, Dünya'nın yörüngesinin boyutuna göre yıldızlar küresinin boyutunun en az ne kadar olduğu konusunda paralaks, ufkun konumundan çok daha duyarlı bir gözlemsel sınama olanağı vermektedir; kürenin boyutunun ne olduğuna ilişkin yukarıdaki Kopernikçi tahminlerin, aslında paralaksa ilişkin bir tartışmadan türetilmiş olmaları gerekirdi.

Şekil 29'un ortaya çıkardığı ikinci bir konu göklere değil Kopernik'e ilişkindir. Burada, yörüngedeki devinimi Dünya'nın merkezini Güneş'in çevresindeki bir çemberde taşıyan tek bir devinim olarak tanımladık; bu sırada Dünya'nın ekseni Güneş'ten geçen sabit bir çizgiye her zaman paralel kalıyordu. Kopernik aynı fiziksel devinimi, eşzamanlı iki matematiksel devinimden oluşan bir devinim olarak tanımlar. Dünya'ya toplam üç çembersel devinim vermesinin nedeni budur. Kopernik'in böyle bir tanım yapmasına yol açan nedenler, Aristotelesçi düşüncenin geleneksel dokusuna ne denli bağlı olduğuna ilişkin önemli bir başka örnek oluşturur. Kopernik'e göre Dünya, daha önce Güneş'i merkezdeki

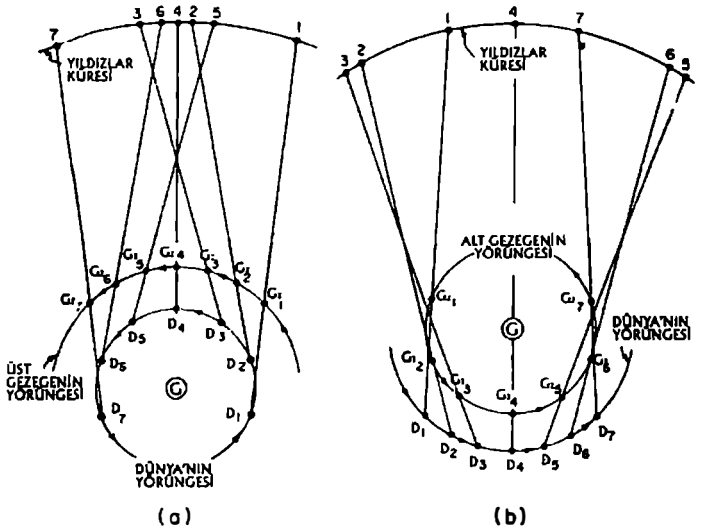
Dünya çevresinde taşımakta kullanılan küreye benzer bir küreyle Güneş çevresinde taşınan bir gezegendir. Dünya küre içine sağlam bir şekilde sabitlenmiş olsaydı, Dünya'nın ekseni Güneş'ten geçen aynı çizgiye sürekli paralel kalamayacak, Dünya bu kürenin dönüşüyle taşınarak Şekil 31*a*'da gösterilen konumlara gelecekti. Güneş çevresinde 180° döndükten sonra Dünya'nın ekseni yine düşey çizgiyle 23½°'lik bir açı yapacak, ancak bu devinimin başladığı noktadaki yönün tersini gösteriyor olacaktı. Dünya'yı taşıyan kürenin dönüşünün neden olduğu bu eksen yönü değişimi sorununu çözmek için Kopernik, yalnızca Dünya'nın eksenine uygulanan ve Şekil 31*b*'de gösterilen üçüncü bir çembersel devinimi gerekli görüyordu. Bu, eksenin kuzey ucunu yılda bir batı yönüne taşıyan konik bir devinimdir ve böylece yörünge deviniminin Dünya'nın ekseni üzerindeki etkisini tam olarak dengelemektedir.



Şekil 31. Kopernik'in "ikinci" ve "üçüncü" devinimleri. Dönen Güneş merkezli bir kürede sabit olan bir gezegen için sözkonusu olan ikinci devinim (*a*)'da gösterilmektedir. Bu devinim Dünya'nın eksenini Dünya'nın kendisine paralel durumda kalmasını engeller ve bu nedenle ekseni tekrar hizaya getirmek için, (*b*)'de gösterilen konik biçimli üçüncü bir devinim gerekir.

Bu noktaya değin Kopernik'in geliştirdiği kavramsal şema, Batlamyus'unki kadar etkilidir; ancak daha etkili olmadığı kesindir; hatta ona göre epeyce kullanışsız gibi görünmektedir. Getirdiği yeniliğinin gerçek temeli ancak Kopernik'in evrenine gezegenlerin de eklenmesiyle ortaya çıkar. Örneğin, Kopernik'in giriş niteliğindeki Birinci Kitap'ın beşinci bölümünün sonunda bir tartışma yapmaksızın değindiği gerileme devinimi konusundaki açıklamasını düşünelim. Batlamyus sisteminde her gezegenin gerileme devinimi, gezegeni, merkezi gezegenin taşıyıcı çemberi tarafından Dünya çevresinde taşınan bir ana dış tekerleme eğrisi üzerine yerleştirerek açıklanır. Bu iki çemberin bileşik devinimi üçüncü bölümde incelenen karakteristik ilmekli çizgiler oluşturur. Kopernik'in sisteminde ana dış tekerleme eğrisine hiç gerek yoktur. Bir gezegenin yıldızlar arasında gerilemesi ya da batıya doğru devinimi, Güneş'in tutulumda görünen devinimi gibi, Dünya'nın yörüngesindeki deviniminin ortaya çıkardığı görünüşteki bir devinimdir. Kopernik'e göre Batlamyus'un ana dış tekerleme eğrileriyle açıklamış olduğu devinim aslında Dünya'nın devinimidir; Dünya'da kendisini sabit sanan bir gözlemci bu devinimi gezegenlere yüklemektedir.

Kopernik'in savının temel ilkesi Şekil 32*a* ve 32*b*'de gösterilerek açıklanmaktadır. İlk çizimde devinmekte olan bir Dünya'dan yıldızlar küresinin oluşturduğu sabit arka plana doğru bakıldığında, bir üst gezegenin birbirini izleyen görünüşteki konumları; ikinci çizimde ise bir alt gezegenin birbirini izleyen görünüşteki konumları gösterilmiştir. Bu çizimlerde yalnızca yö-



Şekil 32. Üst gezegenler (*a*) ve alt gezegenler (*b*) için gerileme devinimlerinin Kopernikçi açıklaması. Her iki şekilde de Dünya kendi yörüngesinde düzenli olarak D_1'den D_7'ye ve gezegen ise Gz_1'den Gz_7'ye doğru ilerler. Aynı zamanda gezegenin yıldızlar küresine karşı görünüşteki konumu da doğuya doğru 1'den 7'ye kayar; ancak, bu iki gezegen geçerken, 3'den 5'e doğru batı yönünde kısa bir gerileme devinimi olur.

rünge devinimleri belirtilmektedir; Güneş'in, gezegenlerin ve yıldızların hep birlikte görünüşte batıya doğru hızla devinmelerine neden olan Dünya'nın günlük dönüşü gösterilmemiştir. Her iki şekilde de Dünya'nın Güneş merkezli çembersel yörüngesindeki birbirini izleyen konumları, D_1, D_2, ..., D_7 noktaları ile; gezegenlerin bu noktalara karşılık gelen ardıl konumları ise Gz_1, Gz_2, Gz_7 ile gösterilmektedir. Gezegenin bu noktalara karşılık gelen görünüşteki konumları ise Dünya'dan, gezegen, geçerek yıldızlar küresini kesinceye kadar uza-

tılan bir çizgiyle bulunur, bu konumlar 1, 2, ..., 7 olarak işaretlenmiştir. Her durumda merkeze daha yakın olan gezegen kendi yörüngesinde daha hızlı devinir. Çizim incelendiğinde, gezegenin yıldızlar arasındaki görünüşteki deviniminin 1'den 2'ye ve 2'den 3'e (doğuya) doğru normal bir devinim olduğu; daha sonra gezegenin 3'ten 4'e ve 4'ten 5'e (batıya) doğru gerilediği; sonunda deviniminin yönünü yine tersine çevirerek 5'ten 6'ya ve 6'dan 7'ye doğru normal bir biçimde devindiği görülür. Dünya yörüngesinin dengesini kurduğunda, gezegen normal devinimini sürdürür; Dünya'ya göre Güneş'in tam karşısında olduğunda doğuya doğru en büyük hızla yol alır.

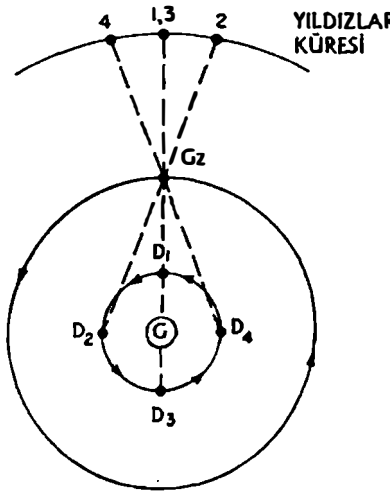
Öyleyse, Kopernik'in sisteminde gezegenlerin Dünya'dan görüldüklerinde çoğunlukla doğuya doğru ilerliyor gibi görünmeleri gerekir; gezegenler yalnızca Dünya kendi yörüngesinde daha hızlı devinerek onları geçtiğinde (üst gezegenler) ya da onlar Dünya'yı geçtiklerinde (alt gezegenler) gerilerler. Gerileme devinimi, yalnızca Dünya'nın konumu devinimi gözlenen gezegene en yakın duruma geldiğinde ortaya çıkar ve bu gözlemlere de uyar. En azından, üst gezegenler batıya doğru ilerlerken en parlak durumdadırlar. Gezegen devinimindeki birinci temel düzensizlik dış tekerleme eğrileri kullanılmaksızın nitel olarak açıklanmış olmaktadır.

Şekil 33'te, gezegen devinimindeki ikinci temel düzensizliğinin, bir gezegenin tutulumda birbirini izleyen yolculukları için gereken zamanlar arasındaki düzensizliğin Kopernik'in tasarımıyla nasıl açıklandığı gösteriliyor. Şekilde, Dünya kendi yörüngesinde doğuya doğru yolculuğunun 1¼'ünü tamamladığında, bu örnekte bir üst gezegen olan gezegenin kendi yörüngesinde doğuya

doğru ilerleyerek bir yolculuk yaptığı varsayılmıştır. Bir dizi gözlemin başlangıcında Dünya'nın D_1'de, gezegenin ise G_2'de olduğunu varsayalım. Bu durumda gezegen bir gerileme deviniminin ortasındadır ve 1'de, sabit olarak duran yıldızlar küresine izi düşmüş olarak görünmektedir. Gezegen kendi yörüngesindeki bir yolculuğu tamamlayarak G_2'ye döndüğünde, Dünya kendi yörüngesindeki yolculuğunun 1¼'ünü tamamlamış ve D_2'ye varmıştır. Böylece, gezegen 2 noktasında, yani yola çıkmış olduğu 1 noktasının batısında görünür. Gezegen henüz tutulum çevresindeki bir tam yolculuğunu tamamlamamıştır ve bu nedenle ilk tam yolculuğu, yörüngesinde bir yolculuk için gereken zamandan daha fazla zaman alacaktır.

Gezegen yörüngesinde ikinci tam yolculuğunu yapıp G_2'ye döndüğünde, Dünya da yörüngesinde bir yolculuktan daha fazla yol almış ve D_3'e varmıştır. Bu kez gezegen izi 3'e düşmüş olarak görülür; bu nokta 2 konumunun doğusundadır. Gezegen kendi yörüngesinde yalnızca bir kez dönerek tutulum boyunca bir tam yolculuktan fazlasını yapmıştır; bu nedenle, gezegenin tutulum çevresindeki ikinci yolculuğu çok hızlıdır. Üçüncü yolculuğunun sonrasında gezegen yine G_2'dedir; ancak 4 noktasında, yani 3'ün doğusunda görünür ve bu nedenle tutulumdaki devinimi yine hızlı bir devinim olmuştur. Yörüngesinde dördüncü yolculuğunun sonrasında gezegen yeniden 1'de, yani 4'ün batısında görünür ve bu nedenle bu son yolculuğundaki hızı yavaştır. Böylece, gezegen yörüngesindeki ve tutulumdaki dört yolculuğunu aynı anda tamamlamış olur. Bu nedenle, bir üst gezegenin tutulumdaki bir yolculuğu için gerekli olan ortalama süre, yörüngesindeki yolculuğu için ge-

reken süreye eşittir. Ancak, tutulum çevresinde tek bir yolculuk için gerekli olan süre ortalamadan oldukça büyük ya da oldukça küçük olabilir. Buna benzer bir uslamlamayla, bir alt gezegenin devinimindeki benzer düzensizlikler de açıklanacaktır.



Şekil 33. Bir üst gezegenin tutulumda birbirini izleyen yolculukları tamamlamak için gerekli olan sürelerdeki değişimlerinin Kopernikçi açıklaması. Gezegen kendi yörüngesi çevresinde doğuya doğru ilerleyerek *Gz*'den tekrar *Gz*'ye geldiğinde, Dünya kendi yörüngesinde doğuya doğru ilerleyerek 1¼ dönüş yapar ve D_1'den D_1'e oradan da D_2'ye varır. Bu zaman aralığında gezegenin yıldızlar arasındaki görünüşteki konumunu doğuya doğru 1'den 2'ye değiştirir; bu, tam bir dönüşten biraz daha azdır. Gezegenin bir sonraki dönüşünde Dünya D_2'den D_2'ye ve oradan da D_3'e geçer; böylece, gezegenin yıldızlar arasındaki görünüşteki konumu 2'den 1'e ve yeniden 1'e kayar; bu, tutulum çevresindeki bir tam turdan biraz daha fazlasıdır.

Gerileme devinimi ve tutulum çevresindeki bir yolculuğu tamamlamak için gereken sürenin değişmesi,

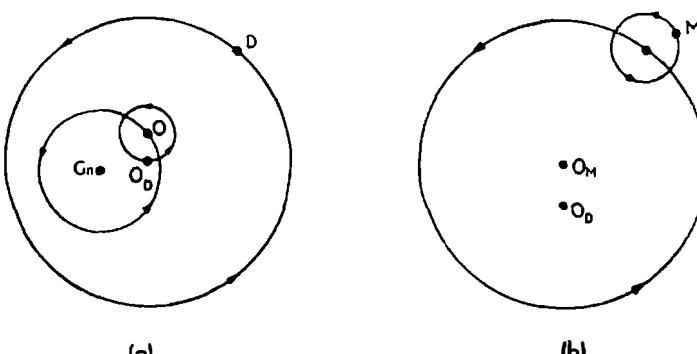
gezegenlerin devinimlerinde görülen iki büyük düzensizliktir ve bu düzensizlikler eskiçağda astronomların gezegenler sorununu ele alırken dış tekerleme eğrilerini ve taşıyıcı çemberleri kullanmalarına neden olmuştur. Kopernik'in sistemi bu büyük düzensizlikleri açıklar ve bu açıklamada dış tekerleme eğrileri ya da en azından ana dış tekerleme eğrileri kullanılmaz. Gezegen devinimlerine ilişkin yaklaşık ve nitel bile olsa bir açıklama sunabilmek için Hipparkhos ve Batlamyus'un Güneş ve Ay için birer, geri kalan beş "gezgin" için ise ikişer çember olmak üzere toplam on iki çember kullanmaları gerekiyordu. Kopernik ise aynı nitel açıklamayı görünüşteki gezegen devinimlerine ilişkin yalnızca yedi çember kullanarak verebiliyordu. Bilinen altı gezegenin, Merkür, Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün her biri için Güneş merkezli tek bir çembere, Ay için de Dünya merkezli ek bir çembere gerek duyuyordu. Gezegenlerin devinimleriyle ilgili yalnızca nitel bir açıklama yapmak isteyen bir astronoma Kopernik'in sistemi daha ekonomik bir sistem gibi görünecektir.

Ancak, Kopernik sisteminin görünüşteki ekonomikliği, yeni astronomiyi savunanların vurgulamayı pek ihmal etmedikleri bir propaganda zaferi olsa da, büyük ölçüde bir yanılsamadır. Kopernik'in gezegenler astronomisinin karmaşık yapısıyla henüz ilgilenmeye başlamış değiliz. *De Revolutionibus*'un Birinci Kitap'ında ve Kopernik sistemine ilişkin giriş niteliğindeki modern anlatımların birçoğunda ortaya konulan yedi çember sistemi olağandışı ölçüde ekonomik bir sistemdir; ancak bu sistem işe yaramaz. Bu sistemde gezegenlerin konumu, Batlamyus sisteminde elde edilen kesinlik derecesiyle ölçüştürülebilir bir kesinlikle tahmin edilemeye-

cektir. Bu sistem kesinlik açısından Batlamyus sisteminin basitleştirilmiş on iki çemberli biçimiyle karşılaştırılabilir; Kopernik, gezegen devinimlerinin Batlamyus'tan daha ekonomik bir *nitel* açıklamasını yapabilir. Ancak Batlamyus, gezegen konumlarındaki değişimlere ilişkin olarak akla yakın bir *nicel* açıklama yapmak için on iki çemberli temel sistemine küçük dış tekerleme eğrileri, dış merkezliler ve denge noktaları ekleyerek sistemini karmaşıklaştırmak zorunda kalmıştı; Kopernik de kendi temel yedi çemberli sistemiyle bu sistemle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilecek düzeyde sonuçlara ulaşabilmek için küçük dış tekerleme eğrileri ve dış merkezliler kullanmak zorunda kaldı. Bir bütün olarak Kopernik'in sistemi Batlamyus'un sistemine göre, olsa olsa biraz daha kullanışlı bir sistem sayılabilir. Her iki sistemde de otuzun üzerinde çember kullanılıyordu; ekonomi açısından bakıldığında bu iki sistem arasında bir tercih yapabilmek için çok az fark vardı. Bu iki sistemi ulaştıkları kesinlik düzeylerine bakarak da birbirlerinden ayırmak olanaklı değildi. Kopernik sistemine yeni çemberler eklemeyi bitirdiğinde, onun Güneş merkezli hantal sistemi Batlamyus'unki kadar kesin sonuçlar verse bile, daha kesin sonuçlar vermiyordu. Kopernik gezegenler sorununu çözmüş değildi.

Kopernik sistemi tam olarak *De Revolutionibus*'un sonraki kitaplarında açıklanmaktadır. Neyse ki bizim bu kitaplarda ortaya konulan karmaşık konuları yalnızca örneklerle göstermemiz yeterli olacaktır. Örneğin, Kopernik'in sistemi gerçek anlamda Güneş merkezli bir sistem değildi. Güneş'in burçlar kuşağında kış döneminde hızlanmasını açıklamak için Kopernik, Dünya'nın çembersel yörüngesini dış merkezli yapıyor, yörüngenin

merkezini Güneş'in merkezinden kaydırıyordu. Güneş'in devinimine ilişkin olarak eskiçağda ve kendi döneminde yapılan gözlemlerle saptanan diğer düzensizliklerin nedenini açıklamak için de kaydırdığı bu merkezi devindiriyordu. Dünya'nın dış merkezlisinin merkezi ikinci bir çembere yerleştiriliyor, bu çemberin devinimi Dünya'nın dış merkezliliğinin ölçüsünü ve yönünü sürekli olarak değiştiriyordu. Dünya'nın devinimini hesaplamakta kullanılan sistemin son durumu kabaca Şekil 34*a*'da gösterilmiştir. Şekilde *Gn*, uzayda sabit olan Güneştir. Güneş'in çevresinde yavaşça dönen *O* noktası, Dünya'nın dış merkezlisinin devinmekte olan O_D merkezini taşıyan ve yavaşça dönen bir çemberin merkezidir. *D* ise Dünya'dır.



Şekil 34. Kopernik'in (*a*) Dünya'nın, (*b*) Mars'ın devinimine ilişkin yaptığı açıklama. (*a*)'da Güneş *Gn*'dedir, Dünya ise, *D*, O_D merkezi çevresinde dönmektedir; O_D ise Güneş merkezli çember üzerinde dönmekte olan bir *O* noktası çevresinde yavaşça dönmektedir. (*b*)'de Mars bir dış tekerleme eğrisi üzerine yerleştirilmiştir; bu dış tekerleme eğrisinin üzerinde döndüğü taşıyıcı çemberin merkezi O_M. Dünya yörüngesinin devinmekte olan merkezi O_D ile sabit bir geometrik bağıntı içindedir.

Diğer gökcisimlerinin gözlenen devinimleri de buna benzer karmaşıklıklara yol açıyordu. Kopernik Ay için toplam üç çember kullanıyordu; bunlardan birincisinin merkezi devinmekte olan Dünya'da, ikincisininki birinci çemberin devinmekte olan çevresinde, üçüncüsününki ise ikinci çemberin çevresindeydi. Mars ve diğer gezegenlerin çoğu için Kopernik, Şekil 34*b*'de gösterilen sisteme çok benzer bir sistem kullanıyordu. Mars'ın yörüngesinin merkezi, O_M, Dünya'nın yörüngesinin merkezinden, O_E'den kaydırılıyor ve onunla birlikte devindiriliyordu; gezegenin kendisi bir dış merkezliye değil de, dış merkezliyle aynı yönde ve aynı periyotla doğuya doğru dönmekte olan bir dış tekerleme eğrisi üzerindeki *M*'ye yerleştiriliyordu. Karmaşıklık bununla da bitmiyordu. Her bir gezegeninin tutulumdan kuzeye ve güneye doğru sapmalarını açıklamak için tümüyle Batlamyus'unkine eşdeğer başka araçlara da gerek vardı.

Kopernik'in gezegenlerin konumunu hesaplamak için kullandığı birbirine kenetlenen karmaşık çemberler sisteminin taslak biçimindeki bu kısa sunumu bile bize *De Revolutionibus*'un üçüncü büyük uyumsuzluğunu ve Kopernik'in yaşamını adadığı bu çalışmadaki büyük ironiyi göstermeye yeter. *De Revolutionibus*'un önsözü Batlamyus astronomisinin kesinlikten uzak, karmaşık ve tutarsız olduğuna ilişkin iddialı bir suçlama ile başlar. Oysa, Kopernik'in metni daha bitmeden kendisini tanı olarak bu eksikliklerle mahkûm etmiştir. Kopernik'in sistemi Batlamyus'un sisteminden ne daha basit, ne de daha kesin bir sistemdir. Kopernik'in sistemini kurarken kullandığı yöntemlerin gezegenler sorununun tek bir tutarlı çözümüne götürme olasılığı, Batlamyus'unkiler kadar azdır. *De Revolutionibus*'un kendisi,

Kopernik'in *Commentariolus*'un erken bir elyazmasında açıklamış olduğu ve sisteminin elimizde bulunan tek eski biçimiyle uyumlu değildir. Kopernik'in kendisi bile varsayımından birbirine kenetlenen çemberlerden tek bir bileşim türetemiyordu; ardılları da bunu yapmamıştır. Eskiçağ geleneğinin Kopernik'i astronomiye kökten bir yenilik getirme çabasına yöneltmiş olan özellikleri, Kopernik'in getirdiği yenilikle ortadan kalkmamıştır. Kopernik, Batlamyus geleneğini "matematikçilerin bu konudaki (astronomideki) araştırmalarında tutarsız olduklarını" saptadığı için ve "varsayımları yanıltıcı olmasaydı, bunlara dayanan tüm çıkarımlar kuşkuya yer kalmaksızın doğrulanabileceği" için yadsıyordu. Başka bir Kopernik de buna benzer uslamlamaları Kopernik'e yöneltebilirdi.

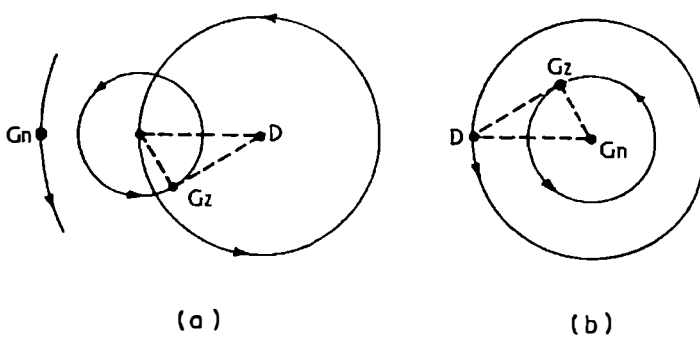
Kopernikçi Sistemin Uyumu

Yalnızca pratik amaçlar açısından bakıldığında, Kopernik'in yeni gezegenler sisteminin bir fiyaskoyla sonuçlandığı görülür; bu sistem ne Batlamyusçu öncellerinden daha kesindir, ne de onlardan kayda değer ölçüde daha yalındır. Fakat, bu yeni sistem tarihsel olarak büyük bir başarıydı; *De Revolutionibus,* Kopernik'in birkaç ardılını gezegenler sorununu çözecek olan anahtarın Güneş merkezli astronomide olduğu konusunda ikna etmiş ve bu insanlar sonunda Kopernik'in aradığı yalın ve kesin çözüme ulaşmışlardır. Kopernik'in ardıllarının çalışmalarını bir sonraki bölümde inceleyeceğiz; ancak, öncelikle "bu insanlar neden Kopernikçi oldular?" sorusunu yanıtlamaya çalışmalıyız; ekonomi ya da kesinlik açısından bir ilerleme yoksa, Dünya ile Güneş'in

yerlerini değiştirmenin ardında hangi gerekçeler vardı? Bu sorunun yanıtı *De Revolutionibus*'un teknik ayrıntılarla dolu içeriğinden kolayca soyutlanamayacaktır; çünkü, Kopernik'in kendisinin de belirttiği gibi, dönemin astronomları için Güneş merkezli astronomik sistemin cazip olmasının asıl nedeni pragmatik olmaktan çok estetikti. Bu astronomlar için Kopernik sistemiyle Batlamyus sistemi arasında ilk tercihi yapmak yalnızca beğeniyle ilgili olabilirdi; beğeniyle ilgili konularsa tanımlaması ya da tartışılması en zor konulardır. Fakat Kopernik Devriminin kendisinin de gösterdiği gibi beğeniye ilişkin bu konular göz ardı edilecek konular da değildir. Geometrik uyuma duyarlı kulakları olanlar Kopernik'in Güneş merkezli astronomisinde yeni bir düzenlilik ve tutarlılık saptayabiliyorlardı. Bu düzenliliğin ve tutarlılığın fakına varılmamış olsaydı devrim gerçekleşmeyebilirdi.

Kopernik sisteminin estetik avantajlarından birini görmüştük. Bu sistem gezegen devinimlerinin temel *nitel* özelliklerini dış tekerleme eğrisi kullanmadan açıklıyordu. Özellikle gerileme devinimi Güneş merkezli yörüngelerin geometrisinin doğal ve dolaysız bir sonucuna dönüştürülmüştür. Yalnızca nitel düzenliliğin nicel kesinlikten çok daha önemli olduğunu düşünen astronomlar (aralarında Galileo'nun da olduğu bir kaç astronom böyle düşünüyordu) *De Revolutionibus*'ta dış merkezliler ve dış tekerleme eğrileriyle geliştirilmiş sistemin karmaşıklığına karşın bu uslamlamanın ikna edici olduğunu düşünebilirdi. Neyse ki yeni sistemi destekleyecek daha kalıcı başka uslamlamalar da vardı. Örneğin, Kopernik sistemi alt gezegenlerin devinimlerini Batlamyus sisteminden daha yalın ve çok daha doğal bir bi-

çimde açıklamaktadır. Merkür ile Venüs hiç bir zaman Güneş'ten çok fazla uzaklaşmazlar. Batlamyus astronomisi buna ilişkin gözlemi, Merkür, Venüs ve Güneş'in taşıyıcı çemberlerini birbirlerine bağlayarak açıklar; buna göre, iki alt gezegenin de dış tekerleme eğrilerinin merkezi her zaman Dünya ile Güneş arasındaki bir doğru üzerinde bulunmaktadır (Şekil 35*a*). Dış tekerleme eğrilerinin merkezlerinin bu biçimde dizilmesi, Dünya merkezli astronominin geometrisi için "fazladan" bir araç, *ad hoc* bir ektir; Kopernik'in sisteminde ise böyle bir varsayıma hiç gerek yoktur. Şekil 35*b*'de görüldüğü gibi, bir gezegenin yörüngesi tümüyle Dünya'nın yörüngesinin içindeyse, bu gezegenin Güneş'in uzağında görünmesi büsbütün olanaksızdır. Şekildeki gibi, en büyük uzanım Dünya'dan gezegene çizilen doğru gezege-



Şekil 35. Alt gezegenlerin sınırlı uzanımının (a) Batlamyusçu sistem, (b) Kopernikçi sistem tarafından açıklanması. Batlamyusçu sistemde dış tekerleme eğrisinin merkezinin Dünya ile Güneş arasındaki doğru üzerinde tutularak Güneş *Gn* ile gezegen *Gz* arasındaki açının sınırlandırılması gerekir. Kopernikçi sistemde ise, Dünya'nın yörüngesi gezegenin yörüngesini bütünüyle içine aldığı için, böyle bir sınırlandırmaya gerek yoktur.

nin yörüngesine teğet olduğunda ve *GnGzD* açısı dikaçı olduğunda görülür. Buna göre, uzanım açısı, *GnDGz*, alt gezegenin Güneş'ten sapabileceği en büyük açıdır. Sistemin temel geometrisi Merkür ile Venüs'ün Güneş'e nasıl bağlı olduklarını tam olarak açıklamaktadır.

Kopernik geometrisi alt gezegenlerin davranışının daha da önemli bir başka yönünü, yörüngelerinin düzenini de açıklamaktadır. Batlamyus sisteminde gezegenler Dünya merkezli yörüngelere diziliyor, gezegenlerin Dünya'ya ortalama uzaklığı, tutulumu kat etmek için gereken zamana bağlı olarak artıyordu. Bu araç üst gezegenler ve Ay için oldukça uygundu; ancak, Merkür, Venüs ve Güneş'in tutulum çevresindeki bir yolculukları için ortalama olarak bir yıl gerektiği için, bunların yörüngelerinin dizilişi her zaman tartışmalı olmuştu. Kopernik sisteminde böyle bir tartışmaya yer yoktur; çünkü, herhangi iki gezegen yörüngelerindeki dönüşlerini aynı sürede tamamlamazlar. Ay, artık bu sorunun bir parçası değildir; çünkü merkezdeki Güneş'in değil, Dünya'nın çevresinde dönmektedir. Üst gezegenlerin, yani Mars, Jüpiter ve Satürn'ün yörüngelerindeki periyotları, tutulumu kat etmek için gereken ortalama süreye eşit olduğundan, bu gezegenler yeni merkez çevresinde eski sıralarını korurlar. Bir yıl olan Dünya'nın yörünge periyodu, Mars'ın 687 günlük periyodundan daha kısa olduğu için, Dünya'nın yörüngesi Mars'ın yörüngesinin içinde yer alır. Bu durumda geriye yalnızca Merkür ile Venüs'ün sisteme yerleştirilmesi sorunu kalır ki bu gezegenlerin dizilişi ilk kez ve benzersiz bir biçimde belirlenmektedir.

Bunun nasıl olduğunu görelim. Venüs'ün her 584 günde bir gerilediği bilinir; gerileme devinimi yalnızca

Venüs Dünya'yı geçtiğinde gözlenebildiği için 584 gün, Venüs'ün Güneşle ortak çemberi üzerinde Dünya'ya bir tur bindirmesi için gereken süre olmalıdır. Bu 584 günde Dünya kendi yörüngesinde $\frac{584}{365}(=1\frac{219}{365})$ kez dolanır. Venüs bu sürede Dünya'ya bir tur bindirdiği için, Venüs'ün 584 günde yörüngesinde $2\frac{219}{365}(=\frac{949}{365})$ kez dolanmış olması gerekir. Kendi yörüngesini 584 günde $\frac{949}{365}$ kez dolanan bir gezegenin, bu yörünge çevresinde bir kez dönmesi için $584\times\frac{365}{949}(=225)$ gün gerekir. Bu nedenle, Venüs'ün periyodunun 225 gün olması gerekir; bu süre Dünya'nınkinden daha kısa olduğu için Venüs'ün yörüngesi Dünya'nın yörüngesinin içinde olmalıdır; burada herhangi bir muğlaklık sözkonusu değildir. Buna benzer bir hesapla Merkür'ün yörüngesi Venüs'ün yörüngesinin içine, Güneş'e en yakın olacak biçimde yerleştirilir. Merkür 116 günde bir gerilediği ve böylece Dünya'ya bir tur bindirdiği için, 116 günde yörüngesinde tam olarak $1\frac{116}{365}(=\frac{481}{365})$ kez dolanıyor olmalıdır. Bu nedenle, Merkür yörüngesinde bir tam yolculuğu $116\times\frac{365}{481}(=88)$ günde tamamlayacaktır. 88 günlük yörünge periyodu, tümünün içinde en kısa olamdır; o halde, Merkür, Güneş'e en yakın olan gezegendir.

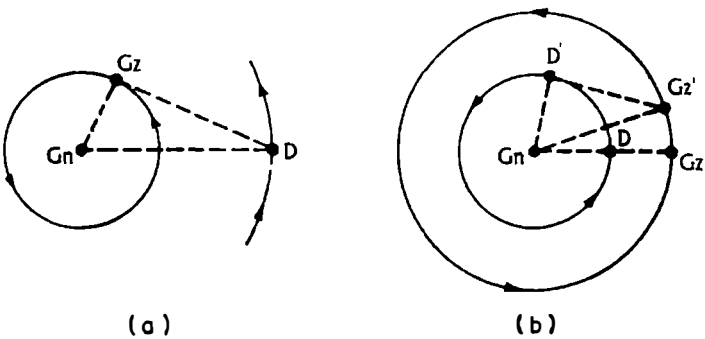
Şu ana kadar Güneş merkezli gezegen yörüngelerini, Batlamyusçu astronomların Dünya merkezli gezegen yörüngelerini düzenlemek için kullandıkları aracı kullanarak düzenledik: Evrenin merkezinden daha uzakta olan gezegenlerin merkez çevresindeki dönüşleri daha çok zaman alır. Yörünge boyutunun yörünge dönemiyle orantılı olarak büyüdüğü varsayımı, Batlamyus sistemine göre Kopernik sisteminde daha kesin bir biçimde kullanılabilir; ancak, her iki sistemde de bu en başta keyfi bir varsayımdır. Gezegenlerin, Vitruvius'un çark

üzerindeki karıncaları gibi, bu biçimde davranmaları doğal sayılır; ancak, bu hiçbir biçimde zorunlu değildir. Bu varsayım belki de tümüyle keyfidir; belki de uzaklıkları doğrudan belirlenebilen Güneş ve Ay dışında, gezegenler başka bir düzende dizilmişlerdir.

Önerilen bu yeni sıralamaya verilen karşılık Kopernik ve Batlamyus sistemleri arasındaki bir diğer önemli farkın nedenidir; bunu, *De Revolutionibus*'un önsözünde gördüğümüz gibi Kopernik'in kendisi de özellikle vurguluyordu. Batlamyus sisteminde herhangi bir gezegenin taşıyıcı çemberi ile dış tekerleme eğrisi, diğer gezegenlerin yörüngelerini de bu gezegenin merkezdeki Dünya'dan bakıldığında yıldızlara karşı görüldüğü konumu da etkilemeksizin, istenildiği gibi daraltılabilir ya da genişletilebilir. Yörüngelerin sırası, yörünge boyutuyla periyot arasında bir bağıntı varsayılarak *belirlenebilir*. Buna ek olarak, yörüngelerin göreli boyutları, üçüncü bölümde tartıştığımız başka bir varsayımla, bir gezegenin Dünya'ya asgari uzaklığının, onun bir altındaki gezegenle Dünya arasındaki azami uzaklığa eşit olduğu varsayımıyla *hesaplanabilir*. Ancak, doğal gibi görünseler de bu iki varsayım da zorunlu değildir. Batlamyus sistemi, bu iki varsayımı da kullanmaksızın gezegenler için aynı görünüşteki konumları tahmin edebilirdi. Batlamyus sisteminde görüngüler, gezegen yörüngelerinin dizilişine ya da boyutlarına bağlı değildir.

Kopernik sisteminde buna benzer bir özgürlük sözkonusu değildir. Eğer tüm gezegenler Güneş çevresinde yaklaşık olarak çembersel olan yörüngelerde dönmekteyse, yörüngelerin hem sırası hem de bağıl boyutları, ek varsayımlar kullanılmadan gözlemle doğrudan belirlenebilir. Yörüngelerin sıralanışında ya da hatta bağıl bo-

yutunda yapılacak bir değişiklik, tüm sistemi altüst edecektir. Örneğin, Şekil 36*a*'da, Güneş'ten en büyük uzanımına eriştiğinde Dünya'dan görülen bir alt gezegen, *Gz* gösterilmektedir. Gezegenin yörüngesinin çembersel olduğu varsayıldığı için, uzanım açısı *GnDGz* en yüksek değerine ulaştığında, *GnGzD* açısının dikaçı olması gerekir. Gezegen, Güneş ve Dünya bir diküçgen oluşturur; bu üçgenin dar açılarından birisi olan *GnDGz* doğrudan ölçülebilir. Bir diküçgenin bir dar açısı bilindiğinde, kenarların uzunluklarının oranı saptanır. Bu nedenle, alt gezegenin yörüngesinin yarıçapının, *GnGz*'nin Dünya'nın yörüngesinin yarıçapına, *GnD*'ye oranı, *GnDGz* açısının ölçülen değeri kullanılarak hesaplanabilir. Dünya'nın yörüngesinin ve her iki alt gezegenin yörüngelerinin göreli boyutları gözlem yoluyla bulunabilir.



Şekil 36. Kopernikçi sistemde (*a*) bir alt gezegen için, (*b*) bir üst gezegen için yörüngelerin göreli boyutlarının saptanması.

Kullanılan teknikler daha karmaşık olsa da bir üst gezegen için de buna eşdeğer bir hesaplama yapılabilir. Olası bir teknik Şekil 36*b*'de örneklenmektedir. Belirli

bir anda Güneş, Dünya ve gezegenin düz bir çizgi, *GnDGz* üzerinde dizildiğini varsayalım; bu, gezegenin tutulumda tam Güneş'in tam karşısında ve gerileme deviniminin ortasında bulunduğu konumdur. Dünya yörüngesini herhangi bir üst gezegenden daha hızlı kat ettiğinden, daha sonraki bir zamanda Dünya *D'*'de, gezegen *Gz'*'deyken gezegen ile Güneş bir *GnD'Gz'* dikaçısı oluşturacaktır. *GnD'Gz'* açısı, Dünya'dan bakıldığında görülen Güneş ile üst gezegen arasındaki açı olduğu için, doğrudan saptanabilen bir açıdır ve bu açıya ulaşılıncaya kadar geçen zaman ölçülebilir. Artık *DGnD'* açısı da saptanabilecektir; çünkü, bu açının 360°'ye oranı, Dünya'nın *D*'den *D'*'ye gelmesi için gereken sürenin Dünya'nın yörüngesinde bir kez dönmesi için gereken 365 güne oranına eşittir. *GzGnGz'* açısı da aynı biçimde belirlenebilir; çünkü gezegenin yörüngesi çevresinde bir kez dönmesi için gereken süre zaten bilinmektedir; gezegenin *Gz*'den *Gz'*'ne gitmesi için gereken süre de Dünya'nın *D*'den *D'*'ne gitmesi için gereken süreye eşittir. *GzGnGz'* ve *DGnD'* açılarının bilinmesiyle, *Gz'GnD'* açısı da çıkarma işlemiyle bulunur. Bu durumda, elimizde yine bir dikaçı, *GnD'Gz'* ve ölçüsünü bildiğimiz bir dar açı, *Gz'GnD'* vardır; böylece, gezegenin yörüngesinin yarıçapı, *GnGz'*'nin Dünya'nın yörüngesinin yarıçapına *GnD'*'ye oranı, bir alt gezegen için olduğu gibi belirlenebilir.

Bunun gibi tekniklerle tüm gezegenlerin uzaklıkları, Dünya ile Güneş arasındaki uzaklık cinsinden ya da Dünya yörüngesinin yarıçapının ölçülmüş olduğu gibi, örneğin stadion türünden herhangi bir birim cinsinden belirlenebilecektir. Şimdi, ilk kez olarak, Kopernik'in önsöz mektubunda söylediği gibi, "bütün yıldızların ve

kürelerin dizilim ve boyutları, birbirine öylesine bağlı bir duruma gelecektir ki buradaki hiçbir parça diğer tüm parçalarda ve bir bütün olarak evrende karışıklığa yol açmadan yerinden kımıldatılamayacaktır." Gezegen yörüngelerinin göreli boyutları, Güneş merkezli astronominin en temel geometrik öncüllerinden doğrudan çıkarıldığı için, Kopernik'e göre yeni astronomide, daha önceki Dünya merkezli görüşte olmayan bir doğallık ve tutarlılık vardı. Göklerin yapısı, Kopernik'in sisteminde daha az sayıda dışsal ve *ad hoc* varsayım (örneğin *plenum* gibi) kullanılarak çıkarsanabilir. İşte bu, giriş niteliğindeki Birinci Kitap'ının onuncu bölümünde Kopernik'in ısrarla vurguladığı, örneklediği yeni estetik uyumdur; yeni sistem hakkında (Kopernik'in meslekten olmayan okurlarından farklı olarak) yeterince şey öğrendiğimize göre, Kopernik'in neden söz ettiğini anlamak için bu bölüme dönelim.

10. *Gökcisimlerinin Düzeni Üzerine*

Sabit yıldızlar küresinin, en uzaktaki görülebilen nesne olduğu konusunda hiç kimsenin kuşkusu yoktur. Gezegenlerin dizilimi konusuna gelince, ilk filozoflar bunu dönüşlerinin büyüklüğünden yola çıkarak belirlemek istediler. Bu filozoflar, (Eukleides'in *Optik*'inde kanıtlandığı gibi) eşit hızda devinen nesnelerden daha uzakta olanın daha yavaş devinir gibi göründüğünü ileri sürerler. Ay'ın, Dünya'ya en yakın olduğu için, en küçük çemberde dolandığını, bu nedenle yörüngesini en kısa zamanda dolandığını düşünürler. En uzağa ise, en uzun zamanda en büyük çemberi çizen Satürn'ü yerleştirirler. Satürn'den daha yakın olan Jüpiter'dir; ardından Mars gelir.

Diğerlerinden farklı olarak Güneş'ten tamamıyla ayrılmayan Venüs ve Merkür'e ilişkin değişik görüşler vardır. Bazıları, Platon'un *Timaeus*'ta yaptığı gibi onları Güneş'in

ötesine; bazılarıysa, Batlamyus ve çağdaşların çoğunluğunun yaptığı gibi, Güneş'in berisine yerleştirir. (Bir on ikinci yüzyıl İslam astronomu olan) Bitrûcî (Alpetragius), Venüs'ü Güneş'ten daha yakına, Merkür'ü ise daha uzağa yerleştirir. Gezegenlerin kendilerinin karanlık kütleler olduğu, yalnızca Güneş'ten gelen ışığı yansıttıkları konusunda Platon'un düşüncesine katılırsak, bundan, gezegenlerin Güneş'e daha yakın olduklarında, yarım ya da kısmi daireler olarak görünecekleri de çıkacaktır; çünkü, genel olarak aldıkları ışığı yukarı, Güneş'e doğru, büyüyen ya da küçülen Ay gibi yansıtacaklardır. (Bir sonraki bölümdeki Venüs'ün evreleriyle ilgili tartışmaya bakınız. Ne bu etki, ne de bir sonraki, teleskop olmaksızın belirgin olarak görülebilir.) Kimileri bu gezegenlerin, kendi boyutlarıyla orantılı bile olsa, hiçbir tutulmaya yol açmadıkları için, kesinlikle bizimle Güneş arasında bulunamayacağını düşünür... (Kopernik, Güneş'in ve alt gezegenlerin göreli dizilimlerini belirlemekte sıklıkla kullanılan uslamlamalarda karşılaşılan pek çok güçlükten söz eder. Ardından şöyle sürdürür:)

Batlamyus'un, Güneş'ten uzaklaşan cisimler ile ondan büsbütün uzaklaşmayan cisimlerin arasında (yani, herhangi bir uzanım açısında bulunabilen üst gezegenler ile azami uzanımları sınırlı olan alt gezegenler arasında) devindiği konusundaki kanıtına inanmak da çok güçtür. Bu biçimde uzaklaşan Ay örneği incelendiğinde kanıtın yanlışlığı açığa çıkar. Yine, Venüs'ü Güneş'ten daha yakına ve Merkür'ü daha öteye ya da bir başka düzene göre yerleştirenler hangi nedeni öne sürebilirler? Bu gezegenlerin yörüngeleri niçin, (taşıyıcı çemberleri Güneş'inkine bağlanmayan) diğer gezegenlerinki gibi, Güneş'inkinden ayrı olmasın? Bunların göreli olarak hızlı ya da yavaş olmaları sözde dizilimin yanlışlığını göstermese bile böyle şeyler söylenebilir. Öyleyse, ya Dünya gezegenlerin ve kürelerinin dizilip bağlandığı merkez değildir ya da gezegenlerin göreli dizilimi açıkça gözlenememektedir; Satürn'e neden Jüpiter'den ya da bir başka gezegenden daha yüksekte bir konum verilmesi gerektiği açık değildir.

Bu nedenle, (olasılıkla ilk kez Herakleides'in önerdiği alt gezegenler kuramını kayda geçiren, beşinci yüzyıl Roma ansiklopedicisi) Martianus Capella'nın ve diğer bazı Latinlerin savunduğu o zekice görüşü, Venüs ile Merkür'ün diğer gezegenler gibi Dünya'nın çevresinde dönmeyip, Güneş'in merkezde olduğu kendi güzergâhlarında devindiklerine ve böylece Güneş'ten, kürelerinin dış kavislerinin olanak verdiğinden daha fazla uzaklaşmadıklarına ilişkin görüşü ciddi biçimde dikkate almamız gerektiğini düşünüyorum... Bu kişiler, sözkonusu kürelerin merkezinin Güneş'in yakınlarında olduğundan başka ne demek istiyor olabilirler? O halde, Merkür'ün çemberi, kendisinden iki kattan daha büyük olduğu kabul edilen Venüs'ün çemberinin kesinlikle içinde olmalıdır.

Şimdi bu varsayımın kapsamını, Satürn, Jüpiter ve Mars'ı da bu merkeze bağlayıp, kürelerini Venüs, Merkür ve Dünya'nın kürelerini içine alacak ölçüde büyütmek üzere genişletebiliriz... Bu dış gezegenler, akşam doğdukları dönemlerde, yani Güneş'e karşı konumda olduklarında, Dünya onlar ile Güneş arasında bulunduğunda her zaman Dünya'ya daha yakındırlar. Akşam battıkları dönemlerde, Güneş ile kavuşumda olduklarında, Güneş onlarla Dünya arasında bulunduğunda ise, Dünya'dan daha uzaktadırlar. Bu belirtiler, bu gezegenlerin merkezinin Dünya'da değil, Güneş'te olduğunu ve bu merkezin, Venüs ve Merkür'ün bağlandığı merkezle aynı olduğunu kanıtlar.

(Kopernik'in söyledikleri aslında hiçbir şeyi "kanıtlamaz." Batlamyus sistemi bu görüngüleri Kopernik sistemi kadar eksiksiz açıklamaktadır; ancak, yine de Kopernik'in açıklaması, alt gezegenlerin sınırlı uzanımına getirdiği açıklama gibi, gezegenlere atfedilen belli yörünge periyotlarına değil, yalnızca Güneş merkezli astronomik sistemin geometrisine dayandığı için daha doğaldır. Kopernik'in sözleri Şekil 32*a* göz önüne alındığında açıklığa kavuşur. Bir üst gezegen Dünya onu geçtiğinde geriler; bu durumdayken, aynı zamanda Dünya'ya en yakın, tutulumda da Güneş'e karşı konumda olmalıdır. Batlamyus sisteminde de gerile-

yen bir üst gezegen Dünya'ya herhangi bir başka zaman olduğundan daha yakın olmak zorundadır ve gerçekten de aynı zamanda gökte Güneş'e karşı konumdadır. Ancak, gökte Güneş'in karşısında oluşu yalnızca dış tekerleme eğrisiyle taşıyıcı çemberinin dönüş hızlarının, dış tekerleme eğrisi gezegeni merkezdeki Dünya'ya yaklaştırdığında Güneş'e karşı konuma getirecek değerlerde olmasına bağlıdır. Batlamyus sisteminde dış tekerleme eğrisinin ya da taşıyıcı çemberin periyotları nicel olarak biraz farklı olsaydı, gerileyen bir üst gezegeni gökte Güneş'in karşısında konumlandıran nitel düzenlilik oluşmayacaktı. Kopernik sisteminde bu durum gezegenlerin yörüngelerindeki dönüş hızlarına bağlı olmaksızın, zorunlu olarak ortaya çıkacaktır.)

Ancak, tüm bu (kürelerin) tek bir merkezi olduğu için, Venüs'ün küresinin dışbükey tarafı ile Mars'ın küresinin içbükey tarafı arasındaki uzayın, Dünya'yı, onun uydusu Ay'ı ve Ay'ın küresinin içindeki her şeyi taşıyabilmesi ve diğerleriyle ortak merkezli bir küre olarak görülmesi zorunludur; çünkü, Dünya'ya en yakın olduğu kuşku götürmeyecek Ay'ı, özellikle de bu uzayda ona uygun ve yeterince bol yer bulunduğu için, Dünya'dan ayırmamamız gerekir.

Böylece, Dünya'nın merkezinin, Ay'ın yörüngesini de taşıyarak, Güneş'in çevresinde, diğer gezegenlerin arasındaki büyük bir çemberi bir yıllık bir sürede dolaştığını; evrenin merkezinin Güneş'in yakınında olduğunu; kendisi devinimsiz olan Güneş'in görünüşteki herhangi bir deviniminin Dünya'nın deviniiniyle daha iyi açıklanabileceğini ileri sürüyoruz. Evren o kadar büyüktür ki Dünya'nın Güneş'ten uzaklığı, bir başka gezegenin yörüngesinin boyutuyla karşılaştırıldığında önemsiz bir oranda olmasa bile, sabit yıldızlar küresinin uzaklığıyla karşılaştırıldığında önemsiz kalır.

Buna inanmanın, Dünya'yı merkezde tutanların yapmak zorunda kaldıkları gibi, çok büyük sayıda küre varsayarak konuyu karıştırmaktan daha kolay olduğu kanısındayım. Bu yolu seçmek, boş ve gereksiz hiçbir şey yapmayan, çok sayıda etkiyi çoğunlukla tek bir nedene bağlayan doğayı izlemektir. Güç, beklentilere aykırı ve hiç kuşkusuz alışılma-

dık olsalar da bu görüşleri, Tanrı'nın izniyle, ilerideki bölümlerde en azından matematikçiler için fazlasıyla açık kılacağız.

Periyotların kürelerin boyutlarıyla orantılı olduğuna ilişkin görüş – bundan daha akla yakını yoktur – kabul edildiğinde, kürelerin, en uzakta olanından başlayan dizilimi şöyle olur: En uzaktaki, her şeyi içeren ve bu nedenle, kendisi devindirilemez olan sabit yıldızlar küresidir. Bu küre, tüm diğer cisimlerin devinim ve konumları için başvurulacak yeri temsil etmektedir.... Bir sonraki, otuz yılda bir dönen Satürn gezegenidir. Bunun ardından, on iki yılda dönen Jüpiter gelir; sonra da iki yılda dönen Mars. Dördüncü sırada, bir dış tekerleme eğrisi üzerindeki Ay küresiyle birlikte Dünya'yı içine alan ve bir yılda dönen küre vardır. Periyodu dokuz ay olan Venüs beşinci sıradadır; altıncı ise, uzayda seksen günde dönen Merkür'dür.

Tümünün ortasında tahtındaki Güneş durur. Bu ışık kaynağını, tapınakların bu en güzelinde bütünü aynı anda aydınlatabileceği daha iyi bir yere yerleştirebilir miydik? Haklı olarak ona evrenin Feneri, Zihni, Yöneticisi denmektedir; Hermes Trismegistos ona Görünen Tanrı adını verir; Sophokles'in Elektra'sı ona her şeyi gören der. Güneş, işte böyle, adeta bir kral gibi tahtında otururak, çevresinde dönen çocuklarını, gezegenleri yönetmektedir. Ay, Dünya'nın hizmetindedir. Aristoteles'in yapıtı *Canlıların Ortaya Çıkışı Üzerine*'de dediği gibi, Dünya'ya en yakın duran Ay'dır. Dünya, Güneş tarafından döllenmekte, her yıl yeniden doğurmaktadır.

Böylece, bu düzenlemenin altında evrende hayranlık uyandıran bir simetri, kürelerin devinim ve büyüklüğünde, başka hiçbir biçimde ortaya çıkarılamayacak olan açık bir uyum ilişkisi buluruz. Bu düzende, ilerleme ve gerileme deviniminin Jüpiter için neden Satürn'den daha fazla, Mars'tan daha az, Venüs için neden Merkür'den daha fazla göründüğünü (Şekil 32'ye bakıldığında, bir gezegenin yörüngesinin Dünya yörüngesine daha yakın olmasının, görünür gerileme deviniminin daha büyük olmasını gerektirdiği gö-

rülecektir; bu Kopernik sistemindeki fazladan bir uyumdur); bu salınımın neden Satürn'de Jüpiter'de olduğundan daha sık, Mars ve Venüs'te ise neden Merkür'de olduğundan daha ender görüldüğünü (Dünya yavaşça devinen bir üst gezegene daha hızlı devinen bir diğerinden daha sık tur bindirecektir; alt gezegenler için ise bunun karşıtı geçerlidir); dahası, Satürn, Jüpiter ve Mars'ın Güneş'e karşı konumdayken Dünya'ya, Güneş ışınlarında kaybolmuş ya da Güneş ışınlarından yükselirken görüldükleri durumdan neden daha yakın olduklarını anlayabiliriz. Özellikle Mars tüm gece boyunca parladığında (karşı konumda olduğunda) büyüklükte, ancak kırmızımsı rengiyle fark edilebilen Jüpiter ile yarışır gibidir; bunun dışında büyüklüğü ancak ikinci derece bir yıldızınki kadardır ve yalnızca devinimleri dikkatle izlendiğinde tanınabilir. Bu görüngülerin tümü de aynı nedenden, yani Dünya'nın deviniminden kaynaklanmaktadır.

Sabit yıldızlar için böyle görüngülerin olmaması bunların ölçülemeyecek kadar uzakta olduklarının kanıtıdır; bu nedenle, dış kürenin (görünüşteki) yıllık devinimi ya da (paralaks) görüntüsü gözle görülmez. Çünkü, görülebilen her nesne için, optikte kanıtlandığı gibi, daha ötesinde artık görülemediği belli bir uzaklık vardır. Yıldızların ışıklarının titremesi de en uzak gezegen Satürn ile sabit yıldızlar küresi arasında hâlâ çok büyük bir uzaklık olduğunu gösterir (çünkü, yıldızlar Satürn'ün çok yakınında olsalardı, onun gibi parlayacaklardı); yıldızlar gezegenlerden en başta bu belirtiyle ayırt edilirler. Dahası, devinen ve devinmeyen cisimler arasında önemli bir fark olması gerekir. Büyük ve soylu yaratıcının kutsal yapıtı işte böylesine büyüktür!

Çok önemli olan bu onuncu bölüm boyunca Kopernik'in vurgusu, Güneş merkezli bir geometrinin göklerin görünümlerine kazandırdığı "hayranlık uyandıran simetri", "kürelerin devinimlerindeki ve büyüklüklerindeki uyum" üzerindedir. Güneş merkezdeyse, bir alt ge-

zegenin Güneş'ten uzak görünmesi olası değildir; Güneş merkezdeyse, bir üst gezegen Dünya'ya en yakın olduğunda Güneş'e karşı konumda olmalıdır vb. Kopernik buna benzer uslamlamalarla çağdaşlarını kendi yeni yaklaşımının geçerliliğine inandırmaya çalışmaktadır. Uslamlamaların her biri görünümlerin Batlamyusçu *ya da* Kopernikçi sistemle açıklanabilen bir yönüne göndermede bulunmakta ve sonra bu uslamlamaların tümü de Kopernik'in açıklamasının nasıl çok daha uyumlu, tutarlı ve doğal olduğunu gösterecek biçimde gelişmektedir. Bu türden çok sayıda uslamlama vardır. Her şeyden önce, uyumdan çıkarılan kanıtlar bir bütün olarak etkileyicidirler.

Ancak, bu kanıtların hiçbir anlamı da olmayabilir. "Uyum" Dünya'nın devinimini kanıtlamak için garip bir temel gibi görünmektedir; özellikle de gerçek Kopernik sistemini oluşturan karmaşık çemberler yığını bu kavramın anlamını belirsizleştirdiği için. Kopernik'in uslamlamaları pragmatik uslamlamalar değildir. Bunlar uygulamacı astronomun yararcılık duygusuna değil, olsa olsa estetik duygusuna, yalnızca buna seslenirler. Bu uslamlamaların, onları kavramış olsalar bile gökteki önemsiz uyumlar adına dünyada önemli uyumsuzlukları göze almaya yanaşmayacak sıradan kişiler için hiçbir çekiciliği yoktu. Kopernik'in vurguladığı uyum astronomun işini daha iyi yapabilmesini de sağlamadığı için, bu uslamlamalar aslında astronomların da ilgisini çekmiyordu. Yeni uyumlar kesinlik ya da yalınlıkta bir ilerleme sağlamıyordu. Bu nedenle, bu uslamlamalar aslında sınırlı ve belki de usdışı bir matematikçi astronomlar grubuna, zaten bildiklerinden olsa olsa biraz daha iyi sayısal tahminler yapılmasını sağlayan sayfalar dolusu

karmaşık matematikle kafaları karışmayacak, matematiksel uyumların peşindeki yeni Platonculara seslenebilirdi ve öyle de oldu. Gelecek bölümde göreceğimiz gibi, iyi bir rastlantı sonucu böyle birkaç astronom vardı. Bu kişilerin çalışmaları da Kopernik Devriminin temel bileşenlerindendir.

Kademeli Devrim

Dünya'nın devinimi üzerine kurulu bir astronomik sistemi ilk kez tam olarak geliştiren kişi olduğu için, Kopernik sıklıkla ilk modern astronom olarak anılmaktadır. Ancak, *De Revolutionibus* metninin gösterdiği gibi, onu son büyük Batlamyusçu astronom saymak için aynı ölçüde inandırıcı kanıtlar bulunabilecektir. Batlamyus astronomisi sabit bir Dünya üzerine kurulan bir astronomiden daha fazlasıydı; Kopernik ise Batlamyus geleneğinden yalnızca Dünya'nın konumu ve devinimiyle ilgili konularda ayrılıyordu. Kopernik'in astronomisinin içinde yer aldığı kozmolojik çerçeve, onun yer ve gök fiziği, hatta sisteminin uygun tahmin sonuçları verebilmesi için kullandığı matematiksel araçların tümü eskiçağ ve ortaçağ bilimcilerinin yerleştirdikleri geleneğe aittir.

Kimi zaman tarihçiler arasında Kopernik'in eskiçağ astronomlarının sonuncusu mu, yoksa modern astronomların ilki mi olduğu konusunda gergin tartışmalar yaşanmış olsa da bu tartışma ilkece saçmadır. Kopernik ne bir eskiçağ astronomudur, ne de bir modern astronomdur; o, yapıtında bu iki geleneğin karışıp birleştiği bir Rönesans astronomudur. Kopernik'in yapıtının aslında eski mi yoksa modern mi olduğunu sormak, geri

kalan her yeri düz olan yolda bulunan bir dönemece girildiğinde, bu dönemecin yolun önceki bölümüne mi, yoksa sonraki bölümüne mi ait olduğunu sormaya benzer. Bu dönemeçten yolun her iki bölümü de görülmektedir ve iki yönde de yol düzdür. Ancak, dönemeçten önceki bir noktadan bakıldığında, yol bu dönemece kadar düz bir şekilde devam ediyor gibi görünür; ilerisi de görünmez. Sonraki bir noktadan bakıldığında ise, yol dönemeçten başlayarak dosdoğru ilerliyor gibi görünür. Bu dönemeç yolun iki bölümüne de aittir ya da ikisine de ait değildir. Yoldaki bir dönüm noktasıdır; tıpkı *De Revolutionibus*'un astronomik düşüncenin gelişim doğrultusunda bir dönüm noktası olması gibi.

Bu bölümde buraya kadar esas olarak *De Revolutionibus* ile önceki astronomi ve kozmoloji geleneği arasındaki bağlantıların üzerinde durduk. Kopernik'in kendisinin de yaptığı gibi, Kopernik'in yeniliğinin boyutlarını dikkate almadık; bunun nedeni, içinde yıkıcı bir güç taşıyan bir yeniliğin sonunda yıkacağı bir geleneğin içinden nasıl çıkabildiğiyle ilgilenmemizdi. Ancak, biraz sonra göreceğimiz gibi, *De Revolutionibus*'u ele alırken izlenecek biricik meşru yol bu değildir; sonraki Kopernikçilerin çoğu da böyle bir değerlendirme yapmıyordu. On altıncı ve on yedinci yüzyıllarda Kopernik'i izleyenler için *De Revolutionibus*'un önemi esas olarak, biricik yeni kavramı olan gezegen Dünya'dan ve Kopernik'in bu kavramdan türetmiş olduğu yeni astronomik sonuçlardan, yeni uyumlardan kaynaklanıyordu. Onlar için Kopernikçilik, Dünya'nın üç türlü devinimi olması demekti; başlangıçtaki anlamı yalnızca buydu. Kopernik'in yeniliğini sarmalayan geleneksel kavramlar, onu izleyenlere göre çalışmasının ana öğeleri değildi; çünkü,

bunlar geleneksel öğelerdi; Kopernik'in bilime kattığı şeyler değildi. İnsanlar *De Revolutionibus* konusunda kendisindeki geleneksel öğeler yüzünden kavgaya tutuşmamıştı.

İşte bu nedenle *De Revolutionibus* bir yandan yeni bir astronomi ve kozmoloji geleneğinin başlangıç noktası, bir yandan da eski bir geleneğin doruğu olarak görülebilir. Kopernik'in Dünya'nın devindiğine inandırdığı kişiler araştırmalarına Kopernik'in bıraktığı noktadan başladılar. Çıkış noktaları, Kopernik'ten zorunlu olarak aldıkları Dünya'nın devinimiydi; kendilerini adadıkları sorunlar ise eski astronominin Kopernik'i uğraştıran sorunları değil, *De Revolutionibus*'ta buldukları yeni Güneş merkezli astronominin sorunlarıydı. Kopernik onlara ne kendisinin, ne de öncellerinin ilgilenmek zorunda kalmadıkları bir yığın sorun miras bırakmıştı. Bu sorunların ardına düşülmesiyle Kopernik Devrimi tamamlandı; temelini *De Revolutionibus*'ta bulan yeni bir astronomi geleneği kuruldu. Kopernik için Hipparkhos, Batlamyus ne idiyse, modern astronomi için de *De Revolutionibus* odur.

Bilimin temel kavramlarında büyük değişiklikler aşamalarla olur. Tek bir bireyin yapıtı böylesi bir kavramsal devrimde önde gelen bir rol oynayabilir; ancak bunun nedeni, ya *De Revolutionibus* gibi bilimi yeni sorunlarla yüz yüze getiren küçük bir yenilik ile bir devrimi başlatması ya da Newton'un *Principia*'sı gibi çok sayıda kaynaktan gelen kavramları kaynaştırarak bir devrimi sona erdirmesidir. Bir bireyin yapabileceği yeniliğin ölçüsü sınırlı olmak zorundadır; çünkü araştırmasında geleneksel bir eğitimden edindiği araçları kullanmak zorundadır ve yaşamı boyunca bu araçların tümü-

nün yerine yenilerini koyamayacaktır. O halde, *De Revolutionibus*'un, bu bölümün başında uyumsuzluk olarak işaret ettiğimiz unsurlarının çoğu aslında tutarsızlık değildir. *De Revolutionibus* yalnızca Kopernik Devriminin tümünü bu devrimin adını aldığı bu yapıtta bulmayı umanlara uyumsuz gibi görünür. Böyle bir beklenti yeni bilimsel düşünce biçimlerinin ortaya çıkışına ilişkin bir yanlış anlamadan kaynaklanmaktadır. *De Revolutionibus*'un eksikliklerini, bütün devrimci yapıtlarda bulunan temel ve ayırt edici özellikler olarak görmek daha doğru olur.

De Revolutionibus'ta göze çarpan uyumsuzlukların çoğu yazarının kişiliğini yansıtmaktadır; Kopernik'in kişiliği, astronomide yeni ufukların açılmasında oynadığı role uygun gibi görünmektedir. Kopernik kendini adamış bir uzmandı. Yeniden canlandırılmış olan Helenistik matematiksel astronomi geleneğine bağlıydı. Bu gelenek kozmolojiyi göz ardı etme pahasına, matematiksel gezegenler sorununu öne çıkarır. Kopernik'in Helenistik öncellerine göre bir dış tekerleme eğrisinin ortaya çıkardığı fiziksel uyumsuzluk Batlamyus sistemi adına önemli bir kusur değildi; Kopernik de, geri kalanı geleneksel olan bir evrende devinen bir Dünya'nın yarattığı uyuşmazlıkların farkına varamıyor, kozmolojik ayrıntılara öncelleri gibi önem vermiyordu. Kopernik için matematiksel ve göksel ayrıntılar her şeyden önce geliyordu; göklerin matematiksel uyumuna odaklanıyor, gözü başka bir şey görmüyordu. Onun gibi uzman olmayan biri için, Kopernik'in evren görüşü sınırlı, değer anlayışı ise çarpıktı.

Oysa, göklere aşırı bir ilgi duyması ve değer anlayışında bir çarpıklık olması, astronomi ve kozmoloji dev-

rimini başlatan bu adamı niteleyen temel özellikler olarak da görülebilir. Kopernik'in yalnızca göklerle ilgilenmesi işe yaramış olabilir. Böylece astronomik tahminlerin birkaç derecelik uyuşmazlığından o denli rahatsız oluyordu ki bunlara çözüm bulmak çabasıyla Dünya'nın devindiğini öne sürmek gibi aykırı bir kozmolojik düşünceyi benimseyebiliyordu. Bakışları geometrik uyuma o kadar odaklanmıştı ki kendisini benimsemeye iten sorunu çözemediğinde bile, bu aykırı düşünceye yalnızca uyum adına tutunabiliyordu. Aynı sınırlılık, yeniliğinin yol açtığı astronomi dışı sonuçları görmezden gelmesine de yardımcı oluyordu; oysa daha geniş bir açıdan bakanlar bu sonuçları saçma olarak niteliyor, bu yeni görüşü yadsıyorlardı.

Her şeyden önce, Kopernik'in Dünya'nın devinimi-nin matematiksel sonuçlarını özenli ve ayrıntılı bir biçimde araştırması, bunları göklere ilişkin mevcut bilgiye uydurması, kendisini göksel devinimlere adamasıyla olanaklı olmuştur. İşte bu ayrıntılı teknik çalışma Kopernik'in gerçek katkısıdır. Kopernik'ten önce de, ondan sonra da daha radikal kozmolojiler önerenler, kaba hatlarıyla sonsuz ve kalabalık bir evren taslağı çizenler olmuştur. Ancak, bunların hiçbiri ortaya *De Revolutionibus*'un daha sonraki kitaplarına benzer bir çalışma koymamıştır; bu kitaplar astronomun işinin devinen bir Dünya kavramından yola çıkılarak daha uyumlu yapılabileceğini ilk kez kanıtlayan, böylece yeni bir astronomi geleneğini başlatacak sağlam bir temeli hazırlayan kitaplardır. Kopernik'in kozmolojiye ilişkin Birinci Kitap'ı tek başına yayınlansaydı, Kopernik Devrimi bir başkasının adıyla anılır ve bu yerinde de olurdu.

6
Kopernikçi Astronominin Özümlenmesi



Kopernik'in Yapıtının Kabulü

Kopernik, *De Revolutionibus*'un yayınlandığı 1543 yılında öldü. Tarih geleneğine göre yaşamını adadığı yapıtın ilk basılı kopyası Kopernik'in eline ölüm döşeğinde geçmiştir. *De Revolutionibus*'un varoluş savaşında artık yazarının herhangi bir yardımı olamayacaktı. Ancak, Kopernik bu savaş için kusursuz sayılacak bir silah bırakmıştı. Kitabını döneminin engin bilgi sahibi astronomlarının dışında kimsenin okuyamayacağı bir biçimde yazmıştı. *De Revolutionibus*, astronomi dünyasının dışında başlangıçta ciddi bir hareketlenmeye yol açmadı. Meslekten olmayan insanlarla ruhban sınıfı arasında yapıta karşı geniş çaplı bir muhalefet geliştiğinde, kitabın seslendiği kişiler olan Avrupa'nın en yetkin astronomlarından pek çoğu, Kopernik'in şu ya da bu mate-

matiksel tekniğinin vazgeçilemez olduğunu düşünmeye başlamıştı. O zaman da, Oresme'nin ya da Buridan'ın çalışmaları gibi elyazması değil, basılı bir kitap olduğu için, *De Revolutionibus*'u tümden ortadan kaldırmak olanaksızdı. İsteyerek mi, yoksa rastlantıyla mı olduğu belli olmasa da, *De Revolutionibus*'un mutlak zaferi içeriye sızma yoluyla elde edilmiştir.

Bu temel yapıtının yayınlanmasından önceki yirmi yıl boyunca Kopernik, geniş bir çevrede Avrupa'nın önde gelen astronomlarından biri olarak tanınıyordu. Yeni varsayımı da dahil olmak üzere, araştırmalarının raporları yaklaşık olarak 1515'ten beri elden ele geziyordu. *De Revolutionibus*'un yayınlanması sabırsızlıkla beklenmekteydi. Yayınlandığında, Kopernik'in çağdaşları yapıtın temel varsayımına kuşkuyla yaklaşmış, içindeki astronomi kuramının karmaşıklığı karşısında hayal kırıklığına uğramış olabilirler; ancak, yine de Kopernik'in yapıtının, Avrupa'nın derinlik ve bütünlük açısından *el-Mecisti* ile yarışabilecek ilk astronomi metni olduğunu kabul etmek zorunda kalmışlardı. Kopernik'in ölümünden sonraki elli yıl boyunca yazılan ileri düzeydeki astronomi metinlerinin çoğunda, Kopernik "ikinci Batlamyus" ya da "çağımızın önde gelen üstadı" olarak anılmaktadır. Bu kitaplarda, en azından *De Revolutionibus*'un Dünya'nın devinimi varsayımına bağlı olmayan bölümlerindeki veriler, hesaplamalar ve çizimler, giderek artan ölçüde kaynak olarak kullanılır olmuştur. On altıncı yüzyılın ikinci yarısında yapıt, astronomik araştırmaların ileri düzeydeki sorunlarıyla ilgilenen herkes için standart bir başvuru kitabı olmuştu.

Ancak, *De Revolutionibus*'un başarısı, onun temel savının başarısı anlamına gelmez. Başta çoğu astrono-

mun Dünya'nın sabit olduğuna inancı sarsılmamıştı. Kopernik'in derin bilgisini takdir eden, onun çizimlerini ya da Ay'ın Dünya'dan uzaklığına ilişkin hesaplarını kullanan yazarlar, genellikle ya Dünya'nın devinimini göz ardı ediyor ya da saçma bularak yadsıyorlardı. Kopernik'in varsayımından saygıyla söz eden birkaç metinde bile, bu varsayım nadiren savunuluyor ya da kullanılıyordu. Birkaç önemli istisna dışında, astronom Thomas Blundeville'in aşağıdaki ifadeleri, Kopernik'in astronomiye getirdiği yeniliğe verilen ilk tepkilerden en olumlu olanlarının tipik bir örneğidir: "Kopernik Dünya'nın döndüğünü ve Güneş'in göklerin ortasında devinmeden durduğunu öne sürmüş ve bu yanlış varsayımın yardımıyla gökkürelerinin devinimlerine ve dönüşlerine daha öncekilerden daha doğru açıklamalar getirmiştir."[1] Blundeville'in bu görüşü 1594 yılında, Dünya'nın sabit durduğu düşüncesini kabul eden bir astronomiye giriş kitabında yer alıyordu. Yine de, Blundeville'in yadsıma tutumundaki anlamlılık, daha dikkatli ve yetkin okurlarını doğrudan doğruya, önde gelen hiçbir astronomun hiçbir koşulda görmezden gelemeyeceği bir kitap olan *De Revolutionibus*'a yönlendirmiş olmalıdır. *De Revolutionibus* çıktığından itibaren yaygın biçimde okunuyor, ancak garip kozmolojik varsayımından dolayı değil, bu varsayıma karşın okunuyordu.

Yine de kitabın geniş izleyici kitlesi, Kopernik'in sisteminin uyumunu keşfedecek kadar donanımlı olan ve bu uyumu bir kanıt olarak benimsemeye istekli, az olsalar da sayıları giderek artan okurlara ulaşmasını sağladı. Yeni görüşü benimseyen birkaç kişinin çalışmaları da Kopernik sistemine ilişkin bilgilerin farklı biçimlerde yayılmasını sağladı. Kopernik'in ilk öğrencisi olan George Joachim Rheticus'un (1514-1576) *Narratio Prima* ya

da *Ilk Rapor*'u, 1540 yılındaki ilk baskısından itibaren uzun yıllar boyunca yeni astronomik yöntemlere ilişkin en yetkin kısa teknik açıklama olarak bilindi. İngiliz astronom Thomas Digges'in (y.1546-1595) 1576 yılında yayınlanan giriş düzeyindeki popüler Kopernikçilik savunusu, devinen Dünya kavramının astronomların dar çevresinin sınırlarının dışında da tanınmasını sağladı. Tübingen Üniversitesi'nde astronomi profesörü olan Michael Maestlin'in (1550-1631) dersleri ve araştırmaları, yeni astronomiye, aralarında Kepler'in de olduğu birkaç yandaş daha kazandırdı. Devinen Dünya kavramına bağlılıklarını açıkça belirten astronomlar küçük bir azınlık olarak kalsalar da bu gibi insanların dersleri, yazıları ve araştırmalarıyla Kopernikçilik kaçınılmaz bir biçimde yaygınlaştı.

Ancak, açıkça Kopernikçi olduğunu söyleyenlerin sayısı, Kopernik'in astronomiye getirmiş olduğu yeniliğin başarısını ölçmek için uygun bir gösterge değildir. Çoğu astronom, Dünya'nın devinimini yadsıyarak ya da bu konuda suskun kalarak Kopernik'in matematiksel sisteminden faydalanmanın ve böylece yeni astronominin başarısına katkıda bulunmanın olanaklı olduğunu düşünüyordu. Helenistik astronomi bir örnek oluşturuyordu. Batlamyus'un kendisinin de, *el-Mecisti*'de gezegen konumunu hesaplamak için kullanılan bütün çemberlerin fiziksel olarak gerçek olduğuna ilişkin bir iddiası hiç olmamıştı. Bu çemberler kullanışlı matematiksel araçlardı ve bundan fazla bir anlam taşımaları gerekmiyordu. Benzer biçimde, Rönesans astronomları da Dünya'nın yörüngesini temsil eden çemberi yalnızca gerekli hesaplamalar için kullanışlı bir matematik kurgusu olarak ele almakta özgürdüler. Gezegenlerin konumunu,

Dünya'nın devindiğini bir fiziksel gerçeklik olarak açıkça kabul etmeksizin, sanki Dünya *dönüyormuş gibi* hesaplayabilirlerdi ve hesapladılar da. Kopernik'in eserinin elyazması baskı aşamasındayken ilgilenen Lutherci Tanrıbilimci Andreas Osiander, *De Revolutionibus*'a Kopernik'in izni olmadan eklenen imzasız önsözde, aslında okurları bu biçimde düşünmeye zorluyordu. Bu düzmece önsöz, olasılıkla çoğu astronomu kandıramamıştı; fakat, kimisi de bu seçenekten yararlandı. Fiziksel olarak Dünya'nın devindiğini savunmaksızın Kopernik'in matematiksel sistemini kullanmak, *De Revolutionibus*'taki gökyüzündeki uyum ile yeryüzündeki uyumsuzluk arasında kurulan karşıtlıktan doğan ikilemden uygun bir şekilde kaçınılmasını sağlıyordu. Bu aynı zamanda, astronomların Dünya'nın devinmesinin saçma olduğu yönündeki eski kanılarını da yavaş yavaş değiştirdi.

Dünya'nın devindiği konusunda taraf olduğunu belirtmeyen Erasmus Reinhold (1511-1553), Kopernikçilere önemli yararı dokunan ilk astronomdu. Reinhold 1551'de, *De Revolutonibus*'un yayınlanmasından yalnızca sekiz yıl sonra, Kopernik'in geliştirdiği matematiksel yöntemlerle hesaplanan eksiksiz yeni bir astronomik katalog yayınladı. Bunlar çok geçmeden, Dünya'nın konumu ve devinimi konusundaki düşünceleri her ne olursa olsun, astronomlar ve astrologlar için vazgeçilmez bir kaynak durumuna geldi. Adını Reinhold'un hamisi Prusya Dükü'nden alan *Prusya Cetvelleri*, üç yüz yıldan beri Avrupa'da hazırlanan ilk eksiksiz cetvellerdi; başından beri belli hataları olan eski cetveller ise, aradan çok zaman geçtiği için artık tarihe hiç uymuyordu. Reinhold, on üçüncü yüzyıl cetvellerini oluşturan as-

tronomların elde edebildiklerinden daha fazla ve biraz daha iyi durumdaki veriyi temel alan olağanüstü dikkatli bir çalışmayla, çoğu uygulama için eski cetvellerden üstün olduğu görülebilen bir katalog oluşturmuştu. Elbette bu cetveller bütünüyle hatasız değildi. Kopernik'in matematik sistemi, kendi içinde Batlamyus'unkinden hiç de daha kesin değildi. *Prusya Cetvelleri*'yle yapılan hesaplamalarda da Ay tutulmalarının tahmininde bir günlük hata yapılıyordu; bu cetvellerle saptanan yıl uzunluğu da eski cetvellere göre belirlenenden biraz daha hatalıydı. Ancak, birçok karşılaştırma Reinhold'un çalışmasının üstünlüğünü ortaya koyuyor ve hazırladığı cetvellerin kullanılması gitgide astronomik bir zorunluluk haline geliyordu. Bu cetvellerin *De Revolutionibus*'taki astronomik kuramdan türetildiği bilindiği için, Kopernik adı ister istemez saygınlık kazanıyordu. *Prusya Cetvelleri*'nden yararlanan herkes, Kopernikçiliğe örtük bir biçimde de olsa rıza göstermiş oluyordu.

On altıncı yüzyılın ikinci yarısına gelindiğinde astronomlar *De Revolutionibus*'tan da, ondan türetilen cetvellerden de vazgeçemez olmuşlardı. Kopernik'in önerisi yavaş da olsa açıkça karşı konulmaz bir biçimde başarı kazanıyordu. Kopernik'ten sonraki kuşaktan astronomlar, aldıkları eğitimle, deneyimleriyle Dünya'nın devinimsiz olduğunu kabul etme eğiliminden gitgide uzaklaştıkları için, yeni uyumları Dünya'nın devindiğine ilişkin güçlü kanıtlar olarak görmeye başladılar. Öte yandan, bu yüzyılın sonuna doğru Kopernikçiliği ilk benimseyenler ortaya yeni kanıtlar çıkarmaya başlamışlardı. Kopernikçi ve geleneksel evren görüşleri arasında bir seçim yapmak yalnızca astronomları ilgilendiren bir sorun olsaydı, Kopernik'in önerisinin sessiz adımlarla

zafer kazanacağına kesin gözüyle bakılabilirdi. Ancak, bu karar yalnızca ya da öncelikle astronomları ilgilendirmiyordu ve tartışma astronomi çevrelerinden dışarı taştığında gürültü koptu. Göksel devinimlerin ayrıntılı bir biçimde incelenmesiyle ilgilenmeyen birçok kişi, Kopernik'in buluşunu saçma ve dine aykırı buldu. Anlaşılsa bile, göklere çıkarılan o uyumlara kanıt gözüyle bakılmıyordu. Şikâyetler yaygınlaşmıştı, yüksek sesle dile getiriliyorlardı ve öfke doluydular.

Ancak bu şikâyetler hemen başlamamıştı. Başlangıçta, astronom olmayan çok az kişi Kopernik'in astronomiye getirdiği yeniliği biliyor ya da bunu gelmiş geçmiş birçokları gibi geçici bir bireysel sapkınlıktan daha önemli bulmuyorlardı. On altıncı yüzyılın ikinci yarısında kullanılan temel astronomi metinlerinin ve kılavuzlarının birçoğu, Kopernik'in yaşadığı dönemden çok önce yazılmıştı. Holywoodlu John'un on üçüncü yüzyıldan kalan giriş kitabı hâlâ temel astronomi eğitiminde önde gelen bir metindi. *De Revolutionibus*'un yayınlanmasından sonra hazırlanan yeni kılavuzlar ise genellikle Kopernik'ten söz etmiyor ya da getirdiği yeniliği bir iki cümleyle geçiştiriyordu. Meslekten olmayanlara evreni anlatan popüler kozmoloji kitapları hem biçim, hem de içerik bakımından tümüyle Aristotelesçi kalmıştı. Bu kitapların yazarları ya Kopernik'i bilmiyorlar ya da bilseler bile çoğunlukla görmezden geliyorlardı. Kopernik'in ölümünden sonraki birkaç on yıllık dönemde, belki bazı Protestan bilim merkezlerinin dışında, Kopernikçilik kozmolojiye ilişkin bir konu olarak görülmemiştir. On yedinci yüzyılın başlarına kadar Kopernikçilik, astronomi çevrelerinin dışında çok ender olarak önemli bir tartışma konusu olmuştur.

On altıncı yüzyılda Kopernikçiliğe karşı astronom olmayanlardan gelen birkaç karşı çıkış vardı. Çoğunlukla açıkça olumsuz olan bu tepkiler gelecekteki büyük tartışmanın nasıl gelişeceğine ilişkin bir fikir verir. Kopernik ve birkaç yandaşı devinen Dünya kavramının saçma olduğu gerekçesiyle alaya alınıyordu. Ancak bu olaylar Kopernikçiliğin inatçı ve tehlikeli bir düşman olarak kabul edildiği dönemdeki kadar sert bir dille ya da özenli bir diyalektikle yapılmıyordu. İlk kez 1578 yılında Fransa'da yayınlanan ve bunu izleyen 125 yıl boyunca Fransa ve İngiltere'de çok popüler olan uzun bir kozmolojik şiir Kopernikçileri şöyle anlatır:

Şu papazların düşünmesi nasıl düşünmek
Göklerle yıldızlar dönmezmiş
Raks etmezmiş hiç şu koca Dünya yuvarının çevresinde;
Neymiş, Dünyamız, o koca kütle;
Dönermiş çevresinde her on iki saatte:
Bizler de, sanki deniz görmemiş muçolar
İlk kez görmüşüz güverteyi de
Açılırken denize bakıp karaya dermişiz
Gemi durur, karadır uzaklaşan...
Bir de oklar dikine gökyüzüne atılan
Hiç okçunun üstüne düşmezmiş;
Tıpkı şöyle olurmuş derler, denizde atılırsa
Güverteden bir taş dikine yukarı
Düşmezmiş geri güverteye, gidermiş denize
Kıçından geminin, elverirse rüzgâr.
Uçarken batıdan gümşığına çevik kuşlar;...
Topun ağzından fırlayan gülle
(Gök gürültüsünü bastıran)
Geri tepermiş sözde, koştururmuş çünkü
Dünyamız tam burada dörtnala
Geçermiş çeviklikte yüz kere,

Kuşları, gülleleri, rüzgârı, kanatları, o kuvveti, o gücü.
Bu dediklerine güvenir, derler boşunadır,
Kopernik'in sözüne karşı çıkmak;
O ki, kurtarmak için yıldızların görünüşünü
Dermiş Dünya devinir üç kere.[2]

Kopernikçiliğin bu şiirsel reddiyesinin yazarı bir bilimci ya da düşünür değil de bir şair olduğu için, onun kozmolojik muhafazakârlığı ve klasik kaynaklara bağlılığı şaşırtıcı olmayabilir. Ancak, bugün olduğu gibi, on altıncı ve on yedinci yüzyılda da çoğu insan evren hakkında bildiklerini astronomlardan değil şairlerden ve bilimi popülerleştiren kişilerden öğreniyordu. Du Bartas'ın, yukarıdaki alıntının yapıldığı, *Hafta ya da Dünya'nın Yaratılışı* adlı kitabı, *De Revolutionibus*'tan daha yaygın okunan ve daha etkili bir kitaptı.

Ne olursa olsun, Kopernik ile yandaşlarını düşüncesizce ve dikkatsizce suçlayanlar yalnızca muhafazakârlar ve hiçbir özgünlükleri olmayan popülerleştiriciler değildi. On altıncı yüzyılın en ünlü olduğu kadar en ilerici ve yaratıcı politik düşünürlerinden biri olarak tanınan Jean Bodin, Kopernik'in yeniliğini neredeyse aynı sözlerle yadsıyordu:

> Aklı başında olan ya da bir nebze de olsa fizik bilen hiç kimse, kendi ağırlığı ve kütlesi nedeniyle ağır ve hantal olan Dünya'nın kendi merkezi ile Güneş'inki çevresinde bir aşağı bir yukarı sallanacağını düşünemez; yoksa, kentler, kaleler, dağlar Dünya'nın en küçük sallanışıyla yıkılır giderdi. Saray mensubu Aulicus adlı biri, bir astrolog Prusya Dükü Albert'in huzurunda Kopernik'in görüşünü savunurken, Falerno şarabını kadehlere dolduran uşağa dönerek, "Dikkat et, sürahideki şarap etrafa dökülüp saçılmasın" demişti. Dünya deviniyor olsaydı, dosdoğru yukarı doğru

fırlatılan bir ok da bir kulenin tepesinden yere bırakılan bir taş da dikine düşmeyecek, ileriye ya da geriye düşecekti. Son olarak, Aristoteles'in yazdığı gibi, kendi doğalarına uygun yerleri bulan nesneler orada kalırlar. Dünya'nın doğasına uygun bir yer ayrıldığına göre, Dünya kendisinin dışındaki bir devinim tarafından döndürülemez.[3]

Bu alıntıda Bodin bir gelenekçi gibi görünmektedir; ancak değildi. Bütünündeki devrimci ve Tanrıtanımaz özellikleri nedeniyle, bu alıntının yapıldığı kitap 1628 yılında Katoliklerin okuması yasak olan kitaplar listesine girmişti. Yazarın kendisi bir Katolik olmasına rağmen, kitap bugüne değin bu listede kalmıştır. Bodin gelenekle ilişkisini kesmeye oldukça yatkındı; ancak bu, kimseyi Kopernikçi yapmaya yetmiyordu. Bunun yanında, astronomiyi anlamak ve onun sorunlarına ciddiyetle eğilmek de gerekliydi. Dünya'nın devinmesi, astronomiyle ilgilenmeyenlere Kopernik'in ölümünden sonraki dönemde de neredeyse Kopernik öncesindeki kadar saçma geliyordu.

Du Bartas ve Bodin'in öne sürdükleri Kopernik karşıtı uslamlamalar, üçüncü ve dördüncü bölümlerdeki Aristoteles evrenine ilişkin tartışmaların çizgisinde oldukça ayrıntılı bir biçimde ele alınabilir. Bu uslamlamalar, Dünya'nın devinimi konusunda amansız ve yoğun tartışmaların yapıldığı bir dönem olan on yedinci yüzyılın ilk yarısında farklı kılıklarda karşımıza çıkmaktadır. Bunun ayrıntılarına girmemiz gerekmiyor. Dünya'nın devinmesinin sağduyunun en temel ilkesine aykırı olduğu, yerleşik devinim yasalarıyla çeliştiği, yalnızca "yıldızların görünüşünü kurtarmak" için öne sürüldüğü ve bunun astronomide bir devrim yapmak için gülünç derecede önemsiz bir gerekçe olduğu söylenmekteydi. Ne

var ki bunlar çoğu insanı ikna etmeye rahatlıkla yetecek kadar güçlü uslamlamalardır. Ancak bunlar, Kopernik karşıtı cephedeki en güçlü, en etkili silahlar değildir. Böyle olanları dine ve özellikle de Kutsal Kitap'a dayanan silahlardı.

Kopernik'e karşı Kutsal Kitap'tan alıntı yapılması, *De Revolutionibus*'un yayınlanmasından bile önce başlamıştı. 1539'daki "Sofra Sohbetleri"nden birinde Martin Luther'in şunları söylediği aktarılır:

> Insanlar, göklerin ya da göğün, Güneş ile Ay'ın değil, Dünya'nın döndüğünü göstermeye uğraşan türedi bir astrologa kulak verdiler. Bu çılgın tüm astronomi bilimini tersyüz etmek istemektedir; ancak, Kutsal Kitap (Yeşu 10:13) bize, Yeşu'nun Dünya'ya değil, Güneş'e durmayı buyurduğunu söyler.[4]

Çok geçmeden Protestanların Kopernik'e karşı yükselen yakınmalarına Luther'in başta gelen vekili olan Melanchthon da katıldı. Kopernik'in ölümünden altı yıl sonra şunları yazıyordu:

> Gözler göklerin yirmi dört saatte bir döndüğüne tanıklık eder. Ancak kimileri, ya yenilik sevdasıyla ya da zekâ gösterisi yapmak adına Dünya'nın döndüğü sonucuna varmışlardır; sekizinci kürenin de Güneş'in de dönmediğini savunurlar. Imdi, bu tür görüşleri kamuoyu önünde savunmak dürüstlükten ve terbiyeden yoksun olmaktır ve bu tehlikeli bir örnektir. Iyi bir zihnin yapacağı şey, hakikati Tanrı'nın vahiy yoluyla bildirdiği biçimiyle kabul etmek ve ona rıza göstermektir.[5]

Melanchthon daha sonra Kutsal Kitap'tan Kopernik'e karşı bölümleri bir araya getiriyor, Vaiz 1:4-5'ten ünlü

"Dünya sonsuza değin duruyor" ve "Güneş doğuyor, batıyor ve doğduğu yere koşuyor" bölümlerini vurguluyordu. Sonuç olarak, Kopernikçilerin dine karşı bu saygısızlığının önüne geçmek için sert önlemler alınmasını öneriyordu.

Çok geçmeden diğer Protestan liderler de Kopernik'in reddedilmesinde birleşirler. *Tekvin Yorumu* adlı çalışmasında Calvin, Doksan üçüncü Mezmur'un girişindeki, "Dünya da tespit edilmiştir ve devindirilemez" dizesini alıntılıyor ve "Kim Kopernik'in Kutsal Ruh'un üzerinde bir yetke sayılmasını göze alır?"[6] diye soruyordu. Kopernikçilik karşıtı uslamlamalar için Kutsal Kitap'tan alıntılar giderek daha çok ilgi gösterilen bir kaynak oldu. On yedinci yüzyılın ilk on yıllarına kadar, Dünya'nın devindiğini savunanların kafasını karıştıracak yeni bir bölüm bulmak için Kutsal Kitap'ı satır satır tarayan çeşitli inançlardan rahiplerle karşılaşılır. Kopernikçiler giderek artan bir sıklıkla "imansız" ve "Tanrıtanımaz" olarak yaftalanmaya başlarlar. Yaklaşık olarak 1610'dan sonra, Katolik Kilisesi Kopernikçiliğe karşı açılan savaşa kurumsal olarak katıldığında, Kopernikçiliğe yöneltilen suçlama resmen sapkınlıktır. 1616 yılında *De Revolutionibus* ve Dünya'nın devindiğini doğrulayan tüm diğer kitaplar Katoliklerce okunması yasak kitaplar listesine alınır. Devinen Dünya'ya ve merkezde duran Güneş'e yapılan bütün göndermeler dışarıda bırakılarak düzeltilmiş biçimleri dışında, Kopernikçi öğretilerin Katoliklerce öğretilmesi, hatta okunması bile yasaklanır.

Yukarıda kısaca anlatılanlar. Kopernik ve onun yandaşlarına karşı oluşturulan cephede en çok rağbet edilen ve en güçlü silahları gözler önüne sermektedir. Ancak bunlar ne uğruna savaşıldığını pek göstermez. Yu-

karıda anılanların çoğu Kopernikçiliği, Dünya'nın devinimi düşüncesini saçma buldukları ya da bu düşünce otoriteyle çeliştiği için yadsımaya o kadar hazırdılar ki Kopernikçilikte bütün bir düşünce yapısını yıkma gücü olduğunu gösteremiyorlardı; belki de başlangıçta bunun tam olarak farkına varamamışlardı. Dogmacılıkları asıl karşı çıkış nedenlerini gizlese de bu nedenleri ortadan kaldırmaz. Evrenin bir resminden ya da Kutsal Kitap'ın birkaç satırından çok daha fazlası sözkonusuydu. Hıristiyanlığın yaşama yüklediği dramatik anlam ve buna bağlanmış ahlak, Dünya'nın yalnızca içindeki gezegenlerden biri olduğu bir evrenle kolayca bağdaştırılamayacaktı. Dante'nin on dördüncü yüzyılın başlarında betimlediği geleneksel Hıristiyan düşünce dokusu içinde kozmoloji, ahlak ve teoloji, uzun zamandır birbirinin içine geçmişti. Bundan üç yüzyıl sonra, Kopernikçilik tartışmasının en hararetli olduğu zamanlardaki bu sert ve nefret dolu tutum, geleneğin ne denli güçlü ve canlı olduğunu gösteriyor.

Ciddiye alındığında, Kopernik'in önerisi inançlı bir Hıristiyan için çok büyük sorunlar yaratıyordu. Örneğin, eğer Dünya yalnızca altı gezegenden biriyse, Hıristiyan yaşam biçimi üzerinde çok büyük etkisi olan Âdem'in günahına ve kurtuluşa ilişkin öykülere ne olacaktı? Gökyüzünde özleri bakımından Dünya'ya benzeyen başka cisimler varsa, Tanrı'nın iyiliği kuşkusuz bunlarda da insanların bulunmasını gerektirecekti. Ancak, diğer gezegenlerde de insan yaşıyorsa, bu insanlar nasıl olup da Âdem ile Havva'nın soyundan geliyor olabilirlerdi? Bu insanlar nasıl olup da ilk günahın mirasçıları olabilirlerdi? İyi ve her şeye gücü yeten bir Tanrı'nın insanlar için yaratmış olduğu bir Dünya'da insan-

ların güçlüklerle dolu yaşamı ilk günah olmaksızın açıklanamazdı. Yine, diğer gezegenlerdeki insanlar, onlara sonsuz yaşam olanağını vermiş olan kurtarıcıdan nasıl haberdar olabilirlerdi? Ya da, Dünya bir gezegense ve bu nedenle evrenin merkezinden uzaktaki bir gökcismiyse, insanın, şeytanlar ve melekler arasına düşse de merkezi olan konumu ne olacaktı? Dünya, bir gezegen olarak gökcisimlerinin doğasını paylaşıyorsa, insanın göklerin kutsal saflığına kaçıp kurtulmayı arzulayacağı bir günah çukuru olamazdı. Gezegen bir Dünya'da bu kadar açıkça görülen kötülüklerden ve kusurlardan pay alacak gökler de Tanrı'nın ikametine uygun bir yer olamazdı. En kötüsü, eğer evren sonraki birçok Kopernikçinin düşündüğü gibi sonsuzsa, Tanrı'nın tahtı nereye konulacaktı? Sonsuz bir evrende insan Tanrı'yı, Tanrı insanı nasıl bulacaktı?

Bu soruların yanıtları vardır; ancak onlara kolayca ulaşılamamıştır. Bu yanıtlar hiç de önemsiz değildir; sıradan insanın dinsel deneyimini değiştirmesine yol açmışlardır. Kopernikçilik insanın Tanrıyla ilişkisinde ve ahlakının temellerinde bir dönüşüm olmasını gerektiriyordu. Böylesi bir dönüşüm bir gecede olamazdı; Kopernikçiliğin sunduğu kanıtlar henüz *De Revolutionibus*'takiler kadar belirsizken, dönüşüm daha başlamamıştı bile. Keskin gözlemciler pekâlâ bu dönüşüm gerçekleşene kadar geleneksel değerlerin yeni kozmolojiyle bağdaşmayacağını düşünebilirlerdi; Kopernikçilerin sıklıkla Tanrıtanımazlıkla suçlanmaları, gezegen bir Dünya kavramının çoğu gözlemci tarafından kurulu düzene karşı bir tehdit olarak görüldüğünü kanıtlar.

Ancak, Kopernikçiliğe yöneltilen bu Tanrıtanımazlık suçlaması yalnızca dolaylı bir kanıttır. Bu konuda

daha güçlü kanıtları, kendilerini Kopernikçi yeniliği ciddiye almak zorunda hisseden kişiler ortaya koymuştur. İngiliz şair ve ilahiyatçı John Donne, 1611 gibi erken bir tarihte Kopernikçilere, "Sizin bu görüşleriniz pekâlâ doğru olabilir... (Ne olursa olsun, bu görüşler günümüzde) bütün insanların zihnine nüfuz ediyor."[7] demişti; ancak kapıda bekleyen dönüşümün kötülük dışında pek bir şey getirmeyeceğini düşünüyordu. Dünya'nın devinmesi olasılığını gönülsüzce benimsediği aynı yıl içinde John Donne "bütün dünyanın zaaflarının ve çürümesinin temsil edildiği" şiiri *Dünya Anatomisi*'nde geleneksel kozmolojinin yakın gelecekte dağılıp gidecek olmasından duyduğu rahatsızlığı anlatıyordu. Donne'un bazı sıkıntıları özellikle Kopernikçilikten kaynaklanıyordu.

Kuşkuludur her şey şu yeni felsefeyle,
Ateş öğesi yanmaz desek yeridir;
Yiter Güneş, Dünya da,
yol gösterecek akıl çıkmaz
Nerede bulacaktır onu arasa?
Tükenmiştir derken bu Dünya herkes rahatça,
Aramaktayken gezegenlerde, göklerde
Bir sürü yeni dünya; birden bakar
Yine atomlarına bölünmüş bizimki.
Tuz buz olmuş her şey, kalmamış tutarlık;
Hakça alınanlar, o eski bağlar:
Kalmamış bey, uyruk, oğul, baba,
Phoiniks olacak herkes, olamazmış başka türlü
Olduğu şey olmayacak, bir kendisi.[8]

Elli altı yıl sonra, en azından bilimcilerin büyük çoğunluğu Dünya'nın devindiğini, bir gezegen olduğunu kabul ettikleri zaman, Kopernikçilik İngiliz şair John

Milton'ı aynı Hıristiyan ahlakı sorunuyla karşı karşıya getiriyor; ancak Milton, bu sorunu farklı bir şekilde çözümlüyordu. Milton, Donne gibi, Kopernik'in getirdiği yeniliğin pekâlâ doğru olabileceğini düşünüyordu. *Yitirilmiş Cennet*'ine iki karşıt Dünya sistemine, Batlamyus ve Kopernik sistemlerine ilişkin uzun bir betimleme de eklemiş, bu ikisi arasındaki muğlak bir teknik çekişme olarak nitelediği tartışmada bir taraf tutmaktan kaçınmıştı. Ancak, "insana Tanrı'nın yollarını göstermeyi"[9] konu edinen destanında geleneksel bir kozmolojik çatı kullanmak zorunda kaldı. *Yitirilmiş Cennet*'in evreni, tam anlamıyla bir Dante evreni değildir; Milton cennetin ve cehennemin konumlarını, Dante'ninkinden de eski bir gelenekten türetir. Ancak, Milton'un insanın ilk günahını sergilediği Dünya sahnesi, hâlâ zorunlu olarak eşi benzeri olmayan, durağan, merkeze yerleştirilen ve Tanrı'nın insanlar için yarattığı bir cisimdir. *De Revolutionibus*'un yayınlanmasının ardından yüz yılı aşkın bir zaman geçmiş olsa da Hıristiyanlığın yaşam anlayışı ve ona bağlı olan ahlak, Dünya'nın bir gezegen oluşuyla "gezegenler arasında ve gök kubbede" sürekli olarak yeni dünyaların keşfedilebildiği bir evrenle bağdaştırılamazdı.

Donne'ın kaygıları ve Milton'ın kozmolojide yaptığı seçim, bilimdışı sorunların on yedinci yüzyıldaki Kopernikçilik tartışmasının ayrılmaz parçaları olduğunu açıkça gösteriyor. Kopernik'in önerisinin bilimsel çevrelerin dışında düşmanca karşılanmasının nedenleri, saçma görünmesinden ya da yerleşik devinim yasalarıyla çelişmesinden çok bu sorunlardı. Yine de bunlar, ne o amansız düşmanlığı, ne de hem Protestan, hem de Katolik liderlerin Kopernikçilere yapılan zulmü haklı çıkarmak üze-

re karşıt görüşü resmi Kilise öğretisi yapma heveslerini pek açıklayamayacaktır. Kopernik'in getirdiği yeniliğe karşı güçlü bir direnç olmasını anlamak zor değildir: Kopernikçilik açıkça saçma ve yıkıcıydı; bu olumsuzlukları telafi edecek etkili kanıtlar da bulunmuyordu. Yine de neden bazen aşırı direnç gösterildiğini anlamak güçtür. Hıristiyanlık tarihinde on altıncı yüzyılın ortalarından önce, belli başlı din gruplarının resmi önderlerinin bilimsel ve kozmolojik bir kuramı bastırmak için Kutsal Kitap'ın metnini harfi harfine ve ödünsüzce kullandıklarına pek az örnek gösterilebilir. Katolik Kilisesinin kurulmasından hemen sonraki yüzyıllarda, Lactantius gibi önde giden Kilise Babalarının klasik kozmolojiyi yıkmak için Kutsal Kitap'a başvurdukları zamanlarda bile, Kilise üyelerinin bağlı kalmak zorunda oldukları herhangi bir resmi Katolik kozmolojik görüş yoktu.

Doğrusu Protestanların Kopernikçiliğe kurumsal olarak karşı çıkışlarındaki sertlik, Katoliklerinkine göre çok daha kolay anlaşılabilir; çünkü bu karşı çıkışın Kiliseler arasındaki ayrılıktan kaynaklanan çok daha temel bir tartışmayla ilişkilendirilmesi akla uygun olacaktır. Luther, Calvin ve onları izleyenler, İsa'nın ve eski Kilise Babalarının sözlerinden çıkarılabilecek saf Hıristiyanlığa dönmek istiyorlardı. Protestan önderlere göre İncil, Hıristiyan bilgisinin tek temel kaynağıydı. Otoriter Kilise kurullarının zamanla inananla inancının kaynağı arasına koydukları din törenlerini ve diyalektik incelikleri şiddetle reddediyorlardı. Kutsal Kitap'ın, mecazi ve alegorik bir biçimde inceden inceye yorumlanmasından nefret ediyorlardı; kozmolojiyle ilgili konularda İncil'e harfiyen bağlı kalmaları ise Lactantius, Basil ve Kosmas'ın dönemlerinden beri örneği görülmemiş bir du-

rumdur. Kopernik'i, Hıristiyanları inançlarının temelinden uzaklaştıran bütün o dolambaçlı geç ortaçağ yorumlarının simgesi olarak görmüş olabilirler. Bu nedenle, kurumsal olarak Protestanlığın Kopernik'e ateş püskürmesi neredeyse doğal gibi görünmektedir. Kopernikçiliğe hoşgörü göstermek, Kutsal Kitap'a ve genelde bilgiye yönelik tutuma, Protestanlara göre tam da Hıristiyanlığı yoldan çıkaran tutuma hoşgörü göstermek anlamına gelecekti.

Böylece Kopernikçilik dolaylı olarak Protestan ve Katolik Kiliseleri arasındaki büyük dinsel savaşa karışmıştır; bu durum Kopernikçilik tartışmasının neden aşırı bir çekişmeye yol açtığını açıklıyabilir. Luther, Calvin ve Melanchthon gibi Protestan önderler Kopernik'e karşı Kutsal Kitap'tan alıntı yapmakta ve Kopernikçilerin bastırılması konusunda ısrar etmekte başı çektiler. Protestanların elinde Katolik Kilisesinin elinde bulunan kolluk gücü gibi bir araç olmadığı için, Kopernikçiliği bastırmaya yönelik önlemleri Katoliklerinki kadar etkili olmuyordu; Kopernikçiliği destekleyen kanıtlar karşı konulmaz bir duruma geldiğinde, Protestanlar önlemlerden daha kolay vazgeçtiler. Bununla birlikte, Protestanlar resmi olarak ilk etkili Kopernikçilik karşıtlığını sergilemişlerdir. Reinhold'un *Prusya Cetvelleri*'ni hesaplarken kullandığı matematiksel sistemin fiziksel geçerliliği konusundaki suskunluğu, genellikle Wittenberg Protestan Üniversitesi'ndeki resmi Kopernikçilik karşıtlığının bir göstergesi olarak yorumlanır. *De Revolutionibus*'un girişine sahte bir savunma ekleyen Osiander de bir Protestan'dı. Kopernik astronomisini ilk kez açıktan açığa savunan Rheticus da bir Protestandı; ancak Rheticus, *Narratio Prima*'yı Wittenberg'ten uzaktayken

ve *De Revolutionibus* yayınlanmadan önce yazmıştı. Wittenberg'e döndükten sonra Kopernikçi hiçbir makale yayınlamadı.

Kopernik'in ölümünden sonraki altmış yıl boyunca Katoliklerin Protestanlarınki gibi ciddi bir Kopernik karşıtlığı olmadı. Kimi Katolik rahipler bireysel olarak yeni Dünya tasarımına ilişkin kuşkularını ve bundan duydukları nefreti dile getiriyorlardı; ancak Kilisenin kendisi bu konuda suskundu. *De Revolutionibus* okunuyor ve en azından başlıca Katolik üniversitelerinde zaman zaman okutuluyordu. Reinhold'un Kopernik'in matematiksel sistemine dayanan *Prusya Cetvelleri*, 1582 yılında XIII. Gregorius'un Katolik dünyasında geçerli olmak üzere yürürlüğe koyduğu takvim reformunda kullanıldı. Kendisi de bir rahip olan Kopernik'in astronomiye ve diğer konulara ilişkin yargıları pek çok yerde araştırılmaktaydı. Kopernik'in kitabı papaya ithaf edilmişti; kitabını yayınlaması için ısrar eden dostları arasında da Katolik bir piskopos ile bir kardinal bulunuyordu. On dördüncü, on beşinci ve on altıncı yüzyıllarda Kilise, üyelerine kozmolojide belli bir görüş dayatmıyordu. *De Revolutionibus*'un kendisi, bilim ve dindışı felsefe konularında rahiplere tanınan özgürlüğün bir sonucuydu; zaten Kilise *De Revolutionibus*'tan önce teoloji konusunda bunalıma girmeksizin çok daha devrimci birçok kozmolojik kavram üretmişti. On beşinci yüzyılda önde gelen bir kardinal ve papanın elçisi olan Nikolaus von Cusa radikal bir Yeni-Platoncu kozmoloji ortaya atarken, görüşlerinin Kutsal Kitap'a aykırı olmasından endişe bile duymamıştı. Nikolaus von Cusa, Dünya'yı Güneş ve diğer yıldızlar gibi devinen bir yıldız olarak betimlemiş, yapıtları geniş bir çevrede okunmuş

ve büyük bir etki yaratmıştı; bunlara rağmen Kilisesi onu suçlamamış, hatta eleştirmemişti bile.

Öyleyse, Kilise 1616 yılında ve daha açık bir biçimde 1633 yılında Güneş'in evrenin merkezinde olduğunun ve Dünya'nın onun çevresinde döndüğünün öğretilmesini ve buna inanılmasını yasaklarken Katoliklerin uygulamada yüzyıllardır örtük olarak benimsedikleri görüşe ters düşüyordu. Bu geri dönüş, bazı gerçek dindar Katolikleri çok şaşırtmıştı; çünkü, bu tutum Kiliseyi neredeyse her gün ortaya çıkarılan yeni kanıtlarla desteklenen bir fizik kuramına karşı muhalefete mahkûm ediyordu, oysa Kilisenin önünde başka bir seçenek daha vardı. On ikinci ve on üçüncü yüzyıllarda Kilisenin Batlamyus ve Aristoteles'i benimsemesine fırsat tanıyan araçların aynısı on yedinci yüzyılda Kopernik'in önerisi için de kullanılabilirdi. Bunlar sınırlı bir biçimde zaten kullanılmıştı. On dördüncü yüzyılda Oresme, Dünya'nın günlük dönüşünü tartışırken Kutsal Kitap'taki Dünya'nın sabit olduğuna ilişkin kanıtı görmezden gelmiyordu. Kutsal Kitap'tan yukarıda belirtilen iki bölümü andıktan sonra Oresme şöyle karşılık veriyordu:

> Kutsal Kitap'taki Güneş'in döndüğüne ve diğer şeylere ilişkin uslamlamaya bakınca, burada günlük dile uygun bir dil kullanıldığı söylenebilecektir; tıpkı İncil'in (diğer) bazı bölümlerinde olduğu gibi; örneğin, Tanrı'nın pişman olduğu, öfkelendiği, yatıştığı gibi şeyler yazılsa da, söylenmek istenen bu sözlerin ifade ettiğinden farklıdır. Yine, sorumuza ilişkin olarak, Tanrı'nın göğü bulutlarla örttüğünü okuruz oysa gerçekte gök bulutları örtmektedir.[10]

Kopernikçilik için daha kuvvetli ve bedeli daha ağır olan bir yeniden yorumlama gerekli olsa da benzer bir uslamlama yeterli olurdu. On sekizinci ve on dokuzun-

cu yüzyıllarda benzer uslamlamalar kullanılmıştır; Kopernikçiliğin yasaklanmasıyla ilgili resmi bir kararın alındığı on yedinci yüzyılda bile, böylesi geniş kapsamlı bir yeniden yorumlamanın pekâlâ düşünülebileceğini fark eden birkaç Katolik lider vardı. Ertesi yıl Kopernikçi görüşleri mahkûm edecek Kilise görevlilerinin lideri Kardinal Bellarmine, 1615'te Kopernikçi Foscarini'ye şunları yazıyordu:

> Eğer Güneş'in evrenin merkezinde olduğunu, Dünya'nın üçüncü gökte bulunduğunu ve Güneş'in Dünya'nın çevresinde değil, Dünya'nın Güneş'in çevresinde döndüğünü gösteren gerçek bir kanıt olsaydı, Kutsal Kitap'ın bunun karşıtını öğretir gibi görünen bölümlerini büyük bir ihtiyatla yorumlamamız ve doğru olduğu kanıtlanan bir düşüncenin yanlış olduğunu ilan etmek yerine, daha önce bu bölümleri anlamamış olduğumuzu kabul etmemiz gerekirdi.[11]

Büyük bir olasılıkla Bellarmine'inki gerçek değil, görünüşte bir liberalizmdir. Mektubunun bir sonraki cümlesinde "ancak kendi adıma, bana gösterilinceye değin bu tür kanıtların varlığına inanmayacağım" derken, Galileo'nun teleskopla yaptığı keşiflerle Kopernik'in yeniliğini destekleyen güçlü yeni kanıtlar bulduğunu açıkça bilmektedir. Bellarmine'in Kutsal Kitap'taki ifadelerin açık anlamlarına karşı ne türden kanıtları "gerçek kanıt" sayacağını sorabiliriz. Ancak Bellarmine, en azından ilke olarak, yeniden yorumlanması gerekecek kanıtlar olabileceğinin farkındaydı. Fakat, on yedinci yüzyılın ilk yirmi yılında Katolik yetkililer Kutsal Kitap'taki kanıtlara daha çok önem veriyor, spekülatif görüş ayrılıklarına yüzyıllar boyunca tanımış olduklarından daha az özgürlük tanıyorlardı.

Katoliklerin gitgide daha köktenci bir tavır takınarak Kopernik'i suçlu bulmalarının, Protestan ayaklanmasının Kilise üzerinde yarattığı baskıya bir tepki olabileceğini düşünüyorum. Kopernikçi öğretiler aslında, tam da Kilisenin Protestanların eleştirilerine karşılık olarak kendi içinde bazı reformlara gittiği en sarsıntılı dönemi olan Karşı-Reform döneminde mahkûm edilmişti. Kopernikçilik karşıtlığı, en azından kısmen, bu reformlardan biri sayılabilir. Kilisenin 1610'dan sonra Kopernikçiliğe karşı artan duyarlılığının bir başka nedeni de pekâlâ Dünya'nın devinimlerinin teolojiyi tam olarak nasıl etkileyeceğini farkına varmakta gecikmesi olabilir. On altıncı yüzyılda sözkonusu etkiler pek açıklığa kavuşmamıştı. Ancak, filozof ve mistik Giordano Bruno'nun Roma'da 1600'de idam edilmesinin yankıları tüm Avrupa'da duyulduğunda bu etkiler çarpıcı bir biçimde ortaya çıktı. Bruno Kopernikçi olmasından dolayı değil, üçleme (teslis) görüşündeki bir dizi teolojik sapkınlık yüzünden idam edilmişti; Katolikler eskiden de bu suçtan dolayı idam ediliyorlardı. Bruno genellikle bir bilim şehidi olarak anılsa da değildir. Fakat Bruno, Kopernik'in önerisini kendi Yeni-Platoncu ve Demokritosçu evren görüşüne uygun bulmuştu; Bruno'ya göre evren doğurgan bir tanrının yarattığı sonsuz sayıda dünya içeriyordu. Bruno, Kopernikçiliği İngiltere'de ve Kıta Avrupası'nda gündeme getirmiş ve ona *De Revolutionibus*'ta olmayan bir anlam yüklemişti (aşağıda yedinci bölüme bakınız). Kilise hiç kuşkusuz Bruno'nun Kopernikçiliğinden ürkmüştü; bu Kilisenin Kopernikçilere tepkisini tetiklemiş olabilir.

Ancak, nedenleri ne olursa olsun, Kilise 1616 yılında Kopernikçiliği bir öğreti sorunu olarak ele aldı; Dün-

ya'nın devindiği görüşüne karşı savaşta – Kopernikçi görüşlerin mahkûm edilmesi, Galileo'nun sözünü geri almaya zorlanması, "hapse atılması", önde gelen Katolik Kopernikçilerin azledilip sürülmesi gibi – en kötüsünden bütün aşırılıklar bu yılda başladı ve devam etti. Engizisyon aygıtı bir kez Kopernikçilerin üzerine salıverilmişti ve artık durdurulması zordu. Kilise 1822 yılına kadar, Dünya'nın deviniminin fiziksel bir gerçeklik olduğunu ileri süren kitapların basımına izin vermedi. O zamana kadar en katı ve en dogmacı olanların dışındaki bütün Protestan mezhepler bu düşünceye çoktan ikna olmuştu. Kilisenin resmi olarak Dünya'nın sabit olduğu görüşüne bağlanması, hem Katolik bilimine, hem de daha sonra Kilisenin saygınlığına telafi edilemeyecek zararlar vermiştir. 1633'te yaşlı Galileo acıklı bir biçimde sözünü geri almaya zorlanmıştı; Katoliklik tarihinde, Kilise aleyhine bu kadar sık ve bu kadar yerinde olarak anılan hiçbir olay yoktur.

Galileo'nun sözünü geri alması Kopernikçiliğe karşı verilen savaşın doruk noktasına vardığını gösterir. Ne tuhaftır ki bu, savaşın sonucunun tahmin edilebileceği zamana denk gelir. 1610 yılından önce, Kopernik'in öğretisine muhalefetin henüz başladığı dönemlerde Dünya'nın devindiğini savunanların en ateşlileri dışındakiler, Kopernikçiliğin Dünya'nın döndüğüne ilişkin bulgularının zayıf, karşı bulguların ise güçlü olduğunu itiraf etmeye zorlanabilirlerdi. Belki de *De Revolutionibus*'un temel varsayımından vazgeçilebilirdi. Ancak, 1633 yılına gelindiğinde durum farklıydı. On yedinci yüzyılın ilk on yıllarında Kopernikçiliği destekleyecek yeni ve daha güçlü kanıtlar bulunmuş, savaşın gidişi değişmişti. Bu yeni kanıtlarla, Galileo'nun sözünü

geri almasından önce bile Kopernikçilik karşıtlığı artçı savaşına dönüşmüştü. Bu bölümün bundan sonraki kısmında Kopernik'in üç yakın ardılının göklerde bulduğu bu yeni kanıtları inceleyeceğiz.

Tycho Brahe

Kopernik on altıncı yüzyılın ilk yarısında Avrupa'nın en büyük astronomu idiyse, Tycho Brahe de (1546-1601) bu yüzyılın ikinci yarısının en önde gelen astronomi otoritesiydi. Yalnızca teknik yeterlilik açısından değerlendirilecek olursa,. Brahe Kopernik'ten daha yetkindir. Ancak, bu karşılaştırma pek anlamlı olmayacaktır; çünkü ikisinin de güçlü yönleri ve zaafları farklıdır ve bunlar tek bir insanda kolayca bir araya gelemeyecek özelliklerdir; ikisinin de güçlü yönleri Kopernik Devrimi için vazgeçilmezdi. Bir kozmoloji ve astronomi kuramcısı olarak Brahe, Kopernik'e göre daha geleneksel bir düşünce yapısına sahipti. Brahe'nin çalışmalarında, Kopernik'in Batlamyus geleneğinden kopmasına yardımcı olan ve başlangıçta Dünya'nın devindiğinin tek gerçek kanıtını sağlayan Yeni-Platoncu matematiksel uyuma ilişkin kaygılar pek yoktur. Astronomi kuramına kalıcı bir yenilik getirmedi. Brahe, yaşamı boyunca Kopernikçiliğin karşısında olmuştu; onun büyük şöhreti astronomların yeni kuramı benimsemelerini geciktirmiştir.

Brahe astronomi kavramlarına hiçbir yenilik getirmemiş olsa da astronomik gözlem tekniklerinde ve astronomik verilerin gerektirdiği kesinlik standartlarında büyük değişiklikler yaptı. Brahe en büyük çıplak göz gözlemcisidir. Daha önce kullanılmakta olanlardan daha büyük, daha dengeli ve daha iyi kalibre edilmiş pek çok

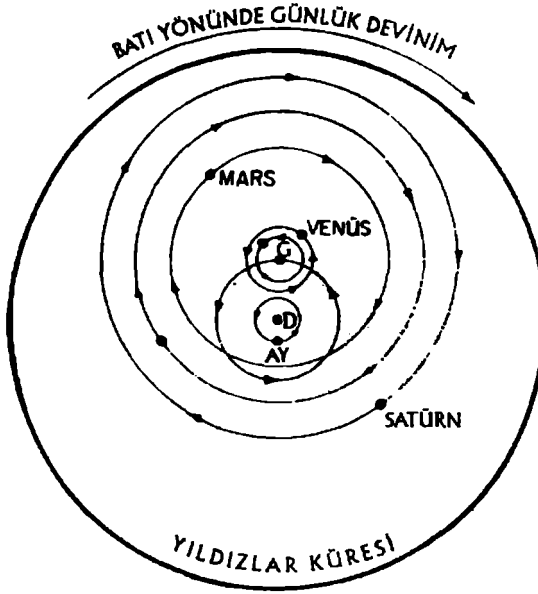
yeni alet tasarladı ve yaptı. Bu cihazların kullanımında ortaya çıkan hataları büyük bir yaratıcılıkla inceleyerek düzeltti; gezegenlerin ve yıldızların konumuyla ilgili hassas bilgiler toplamak için tümüyle yeni bir dizi teknik geliştirdi. Hepsinden önemlisi, gezegenlerin yalnızca belli uygun konumlar aldıklarında gözlenmesi yerine, gökte ilerleyişlerinin düzenli olarak gözlenmesi uygulamasını başlattı. Günümüzde teleskopla yapılan gözlemler, Brahe'nin sabit bir yıldızın konumunu özel bir dikkat göstererek incelediğinde elde ettiği verilerin hep bir dakikalık ya da daha da küçük bir hata payıyla doğru olduğunu göstermektedir; bu çıplak gözle ulaşılan olağanüstü bir başarıdır. Gezegenlerin konumlarına ilişkin gözlemlerinin ise genellikle yaklaşık dört dakikalık bir yanılma payı içinde doğru olduğu anlaşılmaktadır ve bu değerler, eskiçağda en iyi gözlemcilerin ulaştıklarının iki katından daha hassastır. Ancak Brahe'nin tek tek gözlemlerinin doğruluğundan daha da önemli olan, topladığı tüm verilerin bir bütün olarak kapsamlı ve güvenilir olmasıydı. Yaşamı boyunca kendisi ve yetiştirdiği gözlemciler, Avrupa astronomisini eskiçağ verilerine bağımlı olmaktan kurtararak yanlış verilerden kaynaklanan bir dizi sözde astronomik problemi ortadan kaldırdılar. Brahe'nin gözlemleri gezegenler sorununun yeniden ortaya koyulmasını sağladı; bu gezegenler sorununun çözümlenmesinin önkoşuluydu. Hiçbir gezegen kuramı Kopernik'in kullandığı verileri bağdaştıramazdı.

Güvenilir, kapsamlı ve güncel veriler Brahe'nin gezegenler sorununun çözümüne yaptığı en önemli katkılardır. Ancak Brahe'nin Kopernik Devriminde daha önemli olan bir rolü daha vardır; Brahe, kendisi gibi Dünya'nın devindiğini kabul edemeyen yetkin astro-

nomların buluşma noktası olarak hızla Batlamyus sisteminin yerini alan bir astronomik sistemin kurucusuydu. Her ne kadar Kopernik'i reddetme gerekçelerini pek çok çağdaşından daha ayrıntılı bir biçimde ortaya koymuş olsa da bunların birçoğu bilindik gerekçelerdi. Ancak Brahe, Kopernikçi kuramın, yalnızca paralaks deviniminin gözlenememesinin nedenini açıklamak için Satürn küresi ile yıldızlar arasına koyduğu uçsuz bucaksız boş uzay konusuna özel bir ilgi gösteriyordu. Yeni büyük aletleriyle bu paralaksı aradı. Bulamadığı için, Dünya'nın devindiği düşüncesini reddetmek zorunda kaldı. Gözlemlerine göre tek seçenek, yıldızlar küresi ile Satürn arasında, Satürn ile Güneş arasındaki uzaklığın yedi yüz katı kadar bir uzaklık olmasıydı.

Ancak Brahe, her şeyden önce yetkin bir astronomdu. Dünya'nın devindiğini reddetmiş olsa da *De Revolutionibus*'un astronomiye getirdiği matematiksel uyumları görmezden gelemezdi. Bu yeni uyumlar Dünya'nın devinimi konusundaki düşüncesini değiştirmemişti. Bunların Dünya'nın deviniminin getirdiği zorlukları dengeleyebilecek ölçüde sağlam kanıtlar olmadığını düşünüyordu. Ancak, en azından Batlamyus sisteminden duyduğu hoşnutsuzluğu artmış olmalıydı ki Brahe, Batlamyus sistemini de reddederek, kendi buluşu olan üçüncü bir sistem ortaya attı. Şekil 37'de Brahe'nin sistemi görülüyor. Dünya bu sistemde de yıldızlar küresinin geometrik merkezinde sabittir. Yıldızların günlük çemberleri bu kürenin günlük dönüşüyle açıklanır. Batlamyus sisteminde olduğu gibi, yıldızlarla birlikte günlük olarak bu dış küre tarafından batıya taşınan Güneş, Ay ve gezegenler ayrıca kendi yörüngelerinde doğuya doğru da devinirler. Aşağıdaki şekilde tüm bu yörünge devi-

nimleri çemberlerle gösterilmektedir; ancak Brahe'nin sistemine eksiksiz biçiminde küçük dış tekerleme eğrileri, dış merkezliler ve denge noktaları da gereklidir. Ay'ın ve Güneş'in yörünge çemberlerinin merkezi Dünya'dır; sistem bu noktaya kadar Batlamyusçu bir yapıdadır. Ancak, diğer beş gezegenin yörüngelerinin merkezleri Dünya'dan Güneş'e taşınmıştır. Brahe belki bunun farkında değildi; ancak bu sistem, Merkür ile Venüs'e Güneş merkezli yörüngeler atfeden Herakleides'in sisteminin genişletilmiş bir biçimidir.



Şekil 37. Brahe'nin sistemi. Dünya yine dönmekte olan bir yıldızlar küresinin merkezindedir; Ay ile Güneş eski Batlamyusçu yörüngelerinde dönerler. Diğer gezegenler ise ortak merkezleri Güneş olan dış tekerleme eğrilerine yerleştirilmişlerdir.

Brahe'nin sisteminin tarihsel açıdan dikkate değer özelliği, *De Revolutionibus*'tan kaynaklanan sorunlara uzlaşmalı bir çözüm getirmeye uygun olmasıdır. Dünya merkezde sabit olduğu için, Kopernik'in önerisine karşı öne sürülen temel uslamlamaların hepsi geçersiz olacaktır. Brahe'nin önerisiyle Kutsal Kitap, devinim yasaları ve yıldız paralaksının olmaması bağdaştırılmakta ve bu, Kopernik'in getirdiği başlıca matematiksel uyumlardan vazgeçilmeden yapılmaktadır. Brahe'nin sistemi aslında matematiksel açıdan Kopernik'in sistemine denktir. Uzaklıkların saptanması, alt gezegenlerin devinimlerinde görünüşteki sapmalar ve Kopernik'i Dünya'nın devindiği düşüncesine götüren tüm diğer yeni matematiksel uyumlar bu sistemde de bulunmaktadır.

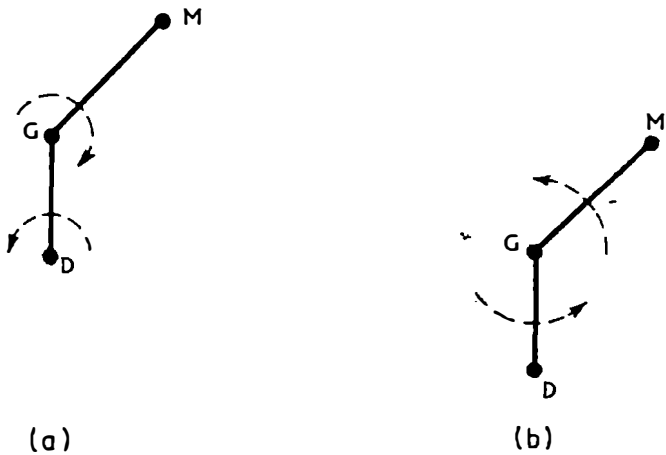
Brahe'nin sistemindeki uyumların her biri ayrıntılı olarak Kopernik'in sistemini tartışırken kullandığımız tekniklerle ayrıntılı bir biçimde incelenebilir. Ancak, buradaki amacımız açısından Kopernik ve Brahe sistemlerinin matematiksel olarak eşdeğer olduğunu gösteren aşağıdaki kısa açıklama yeterli olacaktır. Şekil 37'deki yıldızlar küresinin, devinmekte olan Güneş'te bulunan bir gözlemcinin Güneş'in yörüngesindeki karşılıklı noktalardan artık herhangi bir yıldız paralaksı gözleyemeyeceği kadar genişletildiğini düşünelim. Sistemdeki herhangi bir gezegen devinimine getirilecek matematiksel açıklama bu genişlemeden etkilenmeyecektir. Şimdi de bu genişlemiş yıldızlar küresi içinde çeşitli gezegenlerin kendi yörüngelerinde, Şekil 38a'da Dünya, Güneş ve Mars için şematik olarak gösterildiği gibi, bir saat düzeneğine benzer bir biçimde devindirildiğini düşünelim. Şekilde Güneş, merkezdeki Dünya'ya sabit uzunluktaki bir kolla bağlanmıştır; bu kol Güneş'i Dünya'nın çevre-

sinde saatin tersi yönde döndürmektedir; Mars ise Güneş'e bir başka kol ile bağlanmıştır ve bu kol, Mars'ı devinmekte olan Güneş'in çevresinde saat yönünde devindirmektedir. Her iki kolun uzunluğu da tüm devinim süresince sabit kaldığı için, saat düzeneği tam da Şekil 37'de gösterilen çembersel yörüngelerin ortaya çıkmasına yol açacaktır.

Şimdi de, Şekil 38*a*'daki kolları çeviren dişlilerin oldukları gibi bırakıldığını ve tüm mekanizmanın yerinden kaldırılarak, kollar eskiden olduğu gibi dönecek ve önceki durumda Dünya'nın bulunduğu merkeze Güneş gelecek biçimde taşındığını düşünelim. Bu, Şekil 38*b*'de gösterilen durumdur. Kolların uzunlukları daha önceki durumdakilere eşittir; aynı hızda, aynı mekanizmayla döndürülmektedirler ve bu nedenle konumları *göreli* olarak her an için aynı kalmaktadır. Dünya'nın, Güneş'in ve Mars'ın Şekil 38*a*'daki bütün geometrik uzamsal bağıntıları, Şekil 38*b*'deki düzenlemede aynen korunmaktadır; düzeneğin yalnızca sabit noktası değiştirilmiş olduğu için, tüm göreli devinimlerin de özdeş olması gerekir.

Şekil 38*b*'deki düzeneğin ortaya çıkardığı devinimler Kopernikçi devinimlerdir. Yani, ikinci şekilde gösterilen sabit kollar hem Dünya'yı hem de Mars'ı Güneş çevresinde çembersel yörüngelerde döndürmektedir ve bu yörüngeler, tam olarak Kopernik'in tanımladığı temel yörüngelerdir. Bu uslamlama Şekil 38'de tüm gezegenleri kapsayacak biçimde geliştirilmiş varsayımlı düzenek için sürdürülürse, bu sistemlerin genel olarak birbirine denk olduğu açıkça görülür. Kopernik'in sisteminin uyumlarına hiçbir etkisi olmayan küçük dış tekerleme eğrileri ve dış merkezliler bu sistemden çıka-

rıldığında, Brahe'nin sistemi yalnızca Dünya'nın yerine Güneş'in koyulmasıyla Kopernikçi sisteme dönüşür. Gezegenlerin göreli devinimleri her iki sistemde de aynı olduğu için sözkonusu uyumlar korunmaktadır. Matematiksel açıdan, iki sistemdeki devinimler arasındaki olası tek fark yıldızların paralaks devinimidir ve bu zaten baştan, yıldızlar küresi paralaks görünmez oluncaya kadar genişletildiğinde ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 38. Brahe (*a*) ve Kopernik (*b*) sistemlerinin geometrik eşdeğerliği. (*a*)'da Güneş, *G*, sabit Dünya, *D*, çevresinde sabit *DG* koluyla doğuya doğru taşınmaktadır. Aynı zamanda Mars gezegeni, *M*, *G* çevresinde *GM* kolunun sabit bir hızla dönmesiyle batıya doğru taşınır. *DG*, *GM*'den daha hızlı döndüğü için, Mars'ın net devinimi, *GM*'nin *DG* üzerinden geçtiği kısa bir dönem dışında, doğuya doğrudur. İkinci şekilde (*b*), aynı kolların sabit Güneş, *G* çevresinde dönüşü gösterilmektedir. *D*, *G* ve *M*'nin göreli konumları ıpkı (*a*)'da gösterildiği gibidir ve kollar döndükçe her iki şekilde de aynı kalır. Özellikle, (*b*)'de *DGM* açısının, *DG* Güneş çevresinde *GM*'den daha hızlı döndüğü için, tıpkı (*a*)'daki gibi küçüleceğine dikkat ediniz.

Brahe sisteminin tümüyle kendine özgü bazı uyumsuzlukları vardır: Gezegenlerin çoğu merkezden iyice kaymıştır; evrenin geometrik merkezi artık birçok gök deviniminin merkezi değildir ve Brahe'ninkini kabaca andıran bir sistemdeki gezegen devinimleri için bile bir fiziksel düzenek düşünebilmek güçtür. Bu nedenle, Brahe'nin sistemi, Kepler gibi, muhteşem simetrisinden dolayı Kopernik'in sisteminin çekiciliğine kapılmış olan birkaç Yeni-Platoncu astronomun düşüncesini değiştirememişti. Ancak bu sistem, birçoklarının fark ettiği bir ikilemden kaçma olanağı tanıdığı için, dönemin teknik açıdan yetkin, Kopernikçi olmayan birçok astronomunun düşüncesini değiştirmiştir: Brahe'nin sistemi, Kopernik'in sistemindeki matematiksel avantajları koruyor, fiziksel, kozmolojik ve teolojik sorunlardansa uzak duruyordu. Brahe sisteminin asıl önemi budur. Bu sistem neredeyse kusursuz bir uzlaşmaydı ve bugünden bakıldığında varlığını, böylesi bir uzlaşmaya duyulan gereksinime borçlu gibi görünmektedir. On yedinci yüzyıldaki Batlamyusçu bilgin astronomların neredeyse tümünün sığındığı Brahe sistemi, doğrudan doğruya *De Revolutionibus*'un bir yan ürünü gibidir.

Brahe'nin kendisi bunu kabul etmezdi. Sistemine Kopernik'ten hiçbir şey almamış olduğunu söylüyordu. Ancak, kendisinin ve çağdaşlarının üzerindeki baskının pek de farkında olamazdı. Kuşkusuz, kendi sistemini kurgulamadan önce hem Batlamyus hem de Kopernik astronomilerini ayrıntılı bir biçimde öğrenmişti ve sisteminin üstesinden gelmesi gereken açmazı çok iyi biliyordu. Sistemin bir çırpıda başarıya ulaşması, bunun ne denli önemli ve yaygın bir gereksinim olduğunu göstermektedir. Başka iki astronomun daha Brahe'nin önceli-

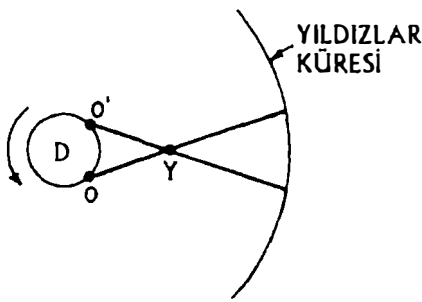
ğini tartışmaya açmış ve kendileri adına benzer uzlaşı önerileri üzerinde çalıştıklarını iddia etmiş olmaları Brahe sisteminin doğuşunda *De Revolutionibus*'un oynadığı role ve sonuçta ortaya çıkan düşünce iklimine dair ek bir göstergedir. Brahe ve sistemi, bir önceki bölümün sonunda öne sürülen en temel genellemelerden birinin ne anlama geldiğini de gösteriyor: *De Revolutionibus*, tüm astronomlar için yeni problemler yaratarak, astronominin konumunu değiştirmiştir.

Brahe'nin Kopernik'e yönelttiği eleştiriler ve onun gezegenler problemini uzlaşmacı bir şekilde çözmesi, dönemin birçok astronomu gibi Brahe'nin de Dünya'nın devinimi konusunda geleneksel düşünce kalıplarından kurtulamadığını gösterir. Kopernik'in ardılları arasındaki sayısız muhafazakârdan biri de Brahe'dir. Ancak, Brahe'nin çalışmasının etkileri muhafazakârlık kavramıyla açıklanamaz. Tam tersine, Brahe'nin sistemi ve gözlemleriyle Aristoteles-Batlamyus evreninin başlıca özelliklerini reddetmek zorunda kalan ardılları yavaş yavaş Kopernikçilik saflarına geçmişlerdir. Her şeyden önce, Brahe'nin sistemi astronomların Kopernik astronomisinin matematiksel problemleriyle tanışmasını sağlamıştır; çünkü Brahe'nin ve Kopernik'in sistemleri geometrik açıdan özdeştir. Daha da önemlisi, Brahe'nin sistemi, aşağıda söz edeceğimiz kuyrukluyıldız gözlemlerinin de katkısıyla, onu izleyenleri gezegenleri yörüngelerinde taşıyan şeffaf küreler olduğuna ilişkin eski varsayımdan vazgeçmek zorunda bırakmıştır. Şekil 37'de görüldüğü gibi, Brahe'nin sisteminde Mars'ın yörüngesi Güneş'in yörüngesini kesmektedir. O halde, Mars da Güneş de kendilerini taşıyacak kürelere yerleştirilemeyecektir; çünkü bu durumda bu iki küre sürekli olarak birbirinin

içine geçecek, birbirinin içinde devinecektir. Buna benzer bir şekilde, Güneş'in küresi, Merkür ile Venüs'ün kürelerinin içinden geçmektedir. Ancak, şeffaf küreler varsayımından vazgeçmekle Kopernikçi olunmaz; Kopernik'in kendisi de gezegen devinimlerinin nedenini açıklamak için bu küreleri kullanmıştı. Fakat, ne kadar değiştirilirse değiştirilsinler, sözkonusu küreler Kopernikçiliğin başarısının önündeki en önemli engel olan Aristotelesçi kozmoloji geleneğinin temel bileşenlerinden biriydi. Gelenekten her kopuş Kopernikçilerin işine yarıyordu ve Brahe'nin sistemi, bütün geleneksel öğelerine karşın, gelenekten önemli bir kopuştu.

Brahe'nin ustaca gözlemleri, çağdaşlarını yeni bir kozmolojiye yönlendirmekte sisteminden daha etkili olmuştu. Bu gözlemler, Kopernik'in getirdiği yenilikten yola çıkarak gezegenler sorununun ilk kesin çözümüne varan Kepler'in çalışması için gerekli temeli sağlamıştır. Brahe'nin elde ettiği yeni veriler, Kopernik'in sisteminin gözden geçirilmesi için kullanılmadan önce de, klasik kozmolojiden bir başka önemli noktada daha ayrılmanın zorunlu olduğunu düşündürüyor, göklerin değişmezliğinin sorgulanmasına yol açıyordu. 1572 yılının sonuna doğru, Brahe astronomideki meslek yaşamının başlarındayken, Koltuk (Cassiopeia) takımyıldızında, kutba göre Büyük Ayı takımyıldızının tam karşısında yeni bir gökcismi görüldü. Bu gökcismi, ilk kez gözlendiğinde çok parlaktı, Venüs'ün en parlak olduğu dönemdeki kadar belirgindi. Bunu izleyen on sekiz aylık dönemde, göklerin bu yeni sakini yavaş yavaş sönükleşti ve sonunda 1574 yılı başlarında tümüyle gözden kayboldu. Bu yeni ziyaretçi, ilk kez görüldüğü andan itibaren bütün Avrupa'da bilimcilerin de, bilimci

olmayanların da ilgisini üzerinde topladı. Bu, astronomlar ve astrologlarca yaygın olarak bilinen tek gök belirtisi olan kuyrukluyıldız olamazdı; çünkü kuyruğu yoktu ve yıldızlar küresine göre hep aynı konumda görünüyordu. Bunun bir işaret olduğu açıktı; astrolojik etkinlikler katlanarak artıyor, her yerde astronomlar gözlemlerini ve yazılarını gökteki bu "yeni yıldız"a adıyordu.



Şekil 39. Yıldızların aşağısındaki bir cismin günlük paralaksı. *Y* Dünya ile yıldızlar küresi arasındaysa, bu cisim yeryüzünde *O* ve *O'* noktalarında bulunan gözlemciler tarafından, yıldızlar arka planına göre farklı konumlarda görülecektir. İki gözlemci gerekli değildir. Dünya'nın doğuya doğru dönmesi (ya da, gözlenen cismin ve yıldızlar küresinin buna eşdeğer olarak batıya doğru dönmesi) bir gözlemciyi, altı saatte *O* noktasından *O'* noktasına taşıyacaktır; bu dönüşün bir sonucu olarak, *Y* cismi yıldızlar arasında başlangıçta bulunduğu noktaya yirmi dört saat sonra dönecek biçimde konumunu sürekli olarak değiştirecektir. Eğer *Y* Ay kadar yakın olsaydı, altı saat süresince, görünüşte yaklaşık 1° yer değiştirecekti. Dünya'dan daha uzaktaki cisimler daha az yer değiştirirler.

Yukarıda açıklanan teknik, modern cihazlarla Ay'ın ve gezegenlerin uzaklıklarının saptanmasında faydalı olmaktadır; ancak, çıplak gözle yapılan gözlemler bu uygulama için yeterli bir kesinliğe ulaşamaz. Ay'ın büyük boyutu ve hızlı yörünge devinimi paralaks etkisini gizler. Gezegenlerse çok uzaktadırlar.

"Yıldız" sözcüğü, bu yeni görüngünün astronomik ve kozmolojik açıdan önemini anlamak açısından çok önemlidir. Bu gökcismi bir yıldız idiyse, değişmez olan gökler değişmişti ve Ay üstü bölge ile bozulabilir Dünya arasındaki temel karşıtlık kuşkulu bir durumdaydı. Bu gökcismi bir yıldız idiyse, Dünya'nın bir gezegen olduğu daha kolay düşünülebilecekti; çünkü yeryüzüne ait şeylerin geçiciliği artık göklerde de keşfedilmiş oluyordu. Brahe ve en yetkin çağdaşları bu ziyaretçinin bir yıldız olduğu sonucuna vardılar. Şekil 39'da belirtilene benzer gözlemler, bu cismin Ay küresi altında, hatta Ay altı bölgenin yakınlarında bile olamayacağını gösteriyordu. Büyük bir olasılıkla yıldızların arasındaydı; çünkü yıldızlarla birlikte devindiği gözleniyordu. Kozmolojide başkaldırı için ortaya bir gerekçe daha çıkmıştı.

Ay üstü bölgenin değişebileceğine ilişkin tek kanıt 1572'de bulunan yeni yıldız ya da nova olsaydı, on altıncı yüzyılda göklerin değişebilir olduğunun keşfi göreli olarak pek etkili olmayabilirdi. Bu, geçici bir görüngüydü; Brahe'nin elde ettiği verileri reddedenler çürütülemiyordu; bu veriler yayınlanana kadar sözkonusu yıldız gözden kaybolmuştu; novayı Ay'ın altına yerleştirecek kadar paralaks gözlemiş daha dikkatsiz gözlemciler ortaya çıkabiliyordu. Neyse ki Brahe'nin 1577, 1580, 1585, 1590, 1593 ve 1596 yıllarında titizlikle yaptığı kuyrukluyıldız gözlemleriyle, birbiri ardına Ay üstü bölgedeki değişime ilişkin yeni kanıtlar bulundu. Bu kez de ölçülebilir bir paralaks gözlenmemişti böylece sözkonusu kuyrukluyıldızlar da Ay küresinin ötesine yerleştirildiler; daha önceleri kristal kürelerle doldurulan bu bölge boyunca deviniyorlardı.

Novaya ilişkin gözlemlerde olduğu gibi, Brahe'nin kuyrukluyıldızlara ilişkin tartışmaları da çağdaşlarının tümünü ikna edemedi. On yedinci yüzyılın ilk on yıllarında, başka verilerin kuyrukluyıldızların ve novaların Ay altı bölgeye ait görüngüler olduğunu gösterdiğine ve böylece göklerin değişmez olduğu görüşünün korunabileceğine inananlar sıklıkla Brahe'ye saldırıyor, bunu kimi zaman Kopernik'e gösterilen sertlikte yapıyorlardı. Ancak Brahe, astronomların çoğunu Aristotelesçi dünya görüşünde temel bir hata olduğu konusunda ikna etmiş ve daha önemlisi kuşkucuların Brahe'nin yargılarının doğruluğunu her zaman denetleyebilecekleri bir uslamlama biçimi geliştirmişti. Birkaç yılda bir, çıplak gözle görülebilecek kadar parlak bir kuyrukluyıldız ortaya çıkar. Gözlemlerle bu cisimlerin Ay üstü bölgeye ait oldukları sonucuna varılması, ardından da bu konunun yaygın bir biçimde tartışılmaya başlanmasıyla kuyrukluyıldızların göklerin değişebilirliğine getirdiği kanıt uzun süre görmezden gelinemeyecek, saptırılamayacaktı. Bu kez de Kopernikçiler kazanmıştı.

Kopernik'in ölümünden sonraki yüzyılda, Kopernikçilerin elinden çıksın çıkmasın, astronomide gözleme ve kurama ilişkin tüm yenilikler şu ya da bu biçimde Kopernikçi kuramı destekleyen kanıtlara dönüşüyordu. Öyle görünüyor ki kuram verimli olduğunu kanıtlıyordu. Ancak bu, en azından kuyrukluyıldızlar ve novalarla ilgisi bakımından oldukça garip bir kanıtlamadır; çünkü bu gözlemlerin Dünya'nın devinmesiyle hiçbir ilgisi yoktur. Bu gözlemler rahatlıkla Kopernikçi bir astronom kadar Batlamyusçu bir astronom tarafından da yapılabilir, yorumlanabilirdi. Bunlar, Brahe'nin sistemi gibi *De Revolutionibus*'un yan ürünleri değildi.

Ancak, *De Revolutionibus*'tan ya da en azından *De Revolutionibus*'u ortaya çıkaran düşünce ikliminden de tam anlamıyla bağımsız olamazlar. On altıncı yüzyılın son on yıllarından önce de sıklıkla kuyrukluyıldızlar görülüyordu. Çıplak gözle yeni yıldızlar kuyrukluyıldızlardan daha seyrek görülse bile, Brahe'nin döneminden önceki gözlemciler de zaman zaman bu cisimlerden görmüş olmalıdır. Brahe'nin ölümünden bir yıl önce böyle bir yıldız belirmiş, bir üçüncüsü ise 1604 yılında görülmüştü. Novalar ile kuyrukluyıldızların Ay üstü bölgeye ait olduğunu ortaya çıkarmak için Brahe'nin kullandığı hassas araçlara bile gerek yoktu. 1°'lik bir paralaks kayması bu araçlar olmaksızın da ölçülebilirdi; Brahe'nin bazı çağdaşları yüzyıllardır bilinen araçları kullanarak kuyrukluyıldızların Ay üstü bölgede oldukları sonucuna bağımsız olarak varmışlardı. Kopernikçi Maestlin'in, 1572 yılında gözlenen novanın Ay'ın ötesinde olduğu sonucuna varması için bir parça iplik yeterli olmuştu. Kısacası, Brahe ile çağdaşlarının geleneksel kozmolojinin çöküşünü ve Kopernikçiliğin yükselişini hızlandıran gözlemleri, eskiçağın en erken dönemlerinden o güne kadar herhangi bir zamanda da yapılmış olabilirdi. Brahe'den önce, iki bin yıldır sözkonusu görüngüler de bu görüngüleri gözlemlemek için gerekli araçlar da vardı. Ancak, böyle gözlemler yapılmıyor ya da yapılsa bile, yaygın olarak yorumlanmıyordu. On altıncı yüzyılın ikinci yarısında, çağlar boyu varolmuş bu görüngülerin anlamı ve önemi birden değişti. Bu değişiklik, önde gelen ilk temsilcilerinden birisinin Kopernik olduğu yeni bilimsel düşünce iklimi içinde değerlendirilmediğinde anlaşılmaz gibi görünür. Bir önceki

bölümün sonunda belirtildiği gibi, *De Revolutionibus* bir dönüm noktasıdır ve artık geriye dönüş yoktur.

Johannes Kepler

Brahe'nin çalışmaları, 1543 yılından sonra Kopernikçilik karşıtlarının bile astronomi ve kozmolojideki büyük reformlara ister istemez katkı yaptıklarını gösteriyor; bu, en azından en yetenekli ve en dürüstleri için geçerlidir. Kopernik'in görüşlerini ister kabul etsinler, ister etmesinler, Kopernik dünyalarını değiştirmişti. Ancak, Brahe gibi bir Kopernik karşıtının eseri bu değişikliğin boyutunu göstermez. Astronomide Kopernik'ten sonra karşılaşılan yeni sorunların neler olduğunu en açık biçimde Brahe'nin tanınmış meslektaşı Johannes Kepler'in (1571-1630) araştırmaları ortaya koymuştur. Kepler yaşamı boyunca Kopernikçiliğe bağlı kalmıştır. Kopernikçi sistemi Tübingen Protestan Üniversitesi'nde öğrenciyken Maestlin'in etkisiyle benimsediği anlaşılıyor. Bu sisteme bağlılığı öğrencilik günlerinden sonra da hiç sarsılmamıştır. Kepler, bütün yaşamı boyunca Kopernik'in Güneş'e ne kadar uygun bir işlev yüklediğini coşkulu ifadelerle dile getirmişti; bu Rönesans Yeni-Platoncularına özgü bir tutumdur. İlk önemli yapıtı, 1596 yılında yayınlanan *Göksel Gizler*'in başında Kopernikçi sistemin kapsamlı bir savunusu vardır; Kepler beşinci bölümde tartıştığımız uyum kavramına dayandırılan tüm uslamlamaları vurgulamakta ve bunlara yenilerini eklemektedir: Kopernik'in önerisi Mars'ın dış tekerleme eğrisinin Jüpiter'inkinden, Jüpiter'inkinin de Satürn'ünkinden neden o kadar büyük düşünülmüş olduğuna açıklama getirmektedir; Güneş merkezli astronomi, tüm

gök gezginleri arasında neden yalnızca Güneş'in ve Ay'ın gerileme devinimi yapmadığını açıklamaktadır vb., vb. Kepler'in bu konuda öne sürdüğü birçok uslamlama olsa da bunlar Kopernik'in uslamlamalarının aynısıdır; ancak Kepler, Kopernik'in aksine, bunları derinlemesine ve ayrıntılı şekiller kullanarak geliştiriyordu. Matematiksel uslamlamanın gücü, yeni astronomi adına ilk kez tam olarak ortaya çıkmaktaydı.

Ancak, Kepler Güneş merkezli gezegen sisteminden övgü dolu sözlerle bahsetse de Kopernik'in özgün matematiksel sistemine oldukça eleştirel bir biçimde yaklaşıyordu. Kepler, yazılarında Kopernik'in sistemindeki zenginliklerinin farkına varamadığını, ilk önemli adımı attıktan, yani Dünya ile Güneş'in konumlarını değiştirdikten sonra, sistemini ayrıntılı bir duruma getirirken Batlamyus'a fazlasıyla yakın durduğunu tekrar tekrar vurguluyordu. Keskin görüşlü Kepler, *De Revolutionibus*'taki tutarsız ve modası geçmiş kalıntılardan rahatsızlık duyuyordu. Dünya'nın diğer gezegenler gibi Güneş tarafından yönetilen bir gezegen olduğu görüşünü sonuna kadar götürerek bu kalıntıları temizleme işini üstlendi.

Kopernik, Dünya'yı Güneş merkezli bir sistemde sıradan bir gezegen olarak ele almakta pek başarılı olamamıştı. *De Revolutionibus*'un Birinci Kitap'ındaki nitel taslaktan farklı olarak, sonraki kitaplarda gezegen sistemine getirilen matematiksel açıklamada Dünya'ya diğer gezegenlerin sahip olmadığı bazı özel işlevler yükleniyordu. Örneğin, Batlamyus sisteminde tüm gezegen yörüngelerinin düzlemleri Dünya'nın merkezinde kesişecek bir biçimde kuruluyordu; Kopernik de Batlamyus sisteminde Dünya'ya atfedilen bu işlevi, tüm yörünge

düzlemlerini Dünya yörüngesinin merkezinde kesişecek biçimde çizmekle, yeni bir biçim altında korumuş oluyordu. Kepler, Güneş'in gezegenleri yönettiği ve Dünya'nın diğer gezegenlerden farklı, özel bir konumu olmadığı gerekçesiyle, yörünge düzlemlerinin Güneş'te kesişmesi gerektiği konusunda diretiyordu. Kopernik'in sistemini buna uygun bir biçimde yeniden tasarlayan Kepler, gezegenlerin tutulumdan kuzeye ve güneye doğru sapmalarının nedeninin açıklanmasında Batlamyus' tan beri ilk önemli ilerlemeyi gerçekleştirmiş oldu. Kepler, Kopernik'in matematiksel sistemine katı bir Kopernikçilikle yaklaşmış ve böylece onu geliştirmişti.

Gezegenlerin eşit olduğu konusundaki ısrarı Kepler'e, Kopernik'in çalışmalarını olumsuz yönde etkileyen bir dizi sözde sorunu da ortadan kaldırma olanağı veriyordu. Kopernik, örneğin, Merkür ve Venüs'ün dışmerkezliliklerinin yavaşça değişmekte olduğuna inanıyor ve bunun nedenini açıklamak için sistemine bazı çemberler ekliyordu. Kepler, bu görünüşteki değişimin Kopernik'in dışmerkezlilik tanımındaki bir tutarsızlıktan kaynaklandığını gösterdi. *De Revolutionibus*'ta Dünya yörüngesinin dışmerkezliliği (Şekil 34*a*'daki G_nO_D uzaklığı) Güneş referans alınarak ölçülürken, tüm diğer yörüngelerin dışmerkezlilikleri Dünya yörüngesinin merkezi referans alınarak ölçülmekteydi (Şekil 34*b*'de Mars'ın dışmerkezliliği O_DO_M'dir). Kepler, Kopernikçi bir evrende tüm gezegen dışmerkezliliklerinin aynı biçimde ve Güneş referans alınarak hesaplanması gerektiği konusunda diretiyordu. Sistemine bu yeni yöntemi eklediğinde, görünüşteki dışmerkezlilik değişimlerinin birçoğu ortadan kalkıyor ve sözkonusu hesaplamaları yapmak için gereken çemberlerin sayısı azalıyordu.

Bu örneklerin tümü de Kepler'in, Kopernik'in aşırı Batlamyusçu matematik tekniklerini Güneş'in hükmettiği Kopernikçi bir evren görüşüne uyarlamaya çabaladığını gösteriyor; Kepler bu çabasını sürdürerek Kopernik'in hantal sistemini, gezegenlerin konumunu belirleyecek çok yalın ve hassas bir tekniğe dönüştürmüş ve böylece gezegenler problemini çözmüştü. Kepler, en önemli buluşlarını, dışmerkezli yörüngesi ve Dünya'ya yakınlığıyla matematikçi astronomların zekâsına meydan okuyan düzensizlikler sergileyen bir gezegen olan Mars'ın devinimi üzerinde çalışırken yaptı. Batlamyus Mars'ın deviniminin nedenini açıklama konusunda diğer gezegenlerin devinimlerinde olduğu kadar başarılı olamamış, Kopernik de Batlamyus'tan daha ileri gidememişti. Brahe yeni bir çözüm denemek amacıyla uzun gözlemler yapmış, ancak problemin güçlüklerine yenik düşmüştü. Yaşamının son yıllarında Brahe ile çalışmış olan Kepler, onun yeni gözlem sonuçlarını miras almış ve Brahe'nin ölümünden sonra bu problemi çözme işini üstlenmişti.

Bu, yaklaşık on yıl süren ve Kepler'in zamanının büyük bir bölümünü alan çok zahmetli bir çalışma oldu. Iki yörünge ele alınmalıydı: Mars'ın kendi yörüngesi ve Mars'ın yörüngesinin gözlendiği Dünya'nın yörüngesi. Kepler, bu yörüngeleri hesaplamak için kullandığı çember bileşimini tekrar tekrar değiştirmek zorunda kaldı. Bu amaçla, birbiri ardına birçok sistem denedi ve Brahe'nin parlak gözlemleri ile uyuşmadığı için bu sistemlerden vazgeçti. Ara çözümlerin tümü de Batlamyus'un ve Kopernik'in sistemlerinden daha iyiydi. Bazıları eskiçağda yapılan gözlemlerin kabul edilebilir doğruluk sınırları içerisindeydiler; sekiz dereceden daha

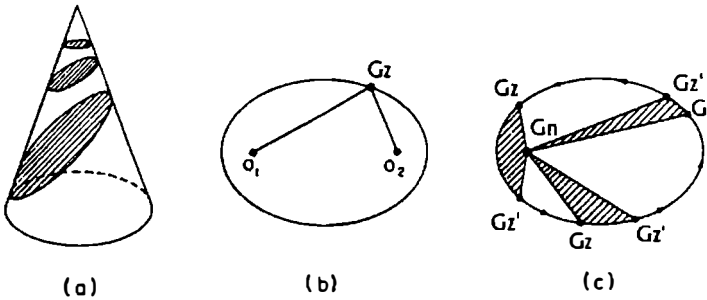
fazla hatalı değillerdi. Kepler'in yararsız saydığı sistemlerin çoğunu kendisinden önceki tüm matematikçi astronomlar yeterli bulabilirlerdi. Ancak bu astronomlar, verileri dört dakikalık bir hata payıyla doğru olan Brahe'den önce yaşamışlardı. Kepler, Tanrı'nın bize Tycho Brahe'nin kişiliğinde en çalışkan gözlemciyi göndermiş olduğunu, bu armağanın değerini bilmemiz ve ondan gerçek göksel devinimleri ortaya çıkarmak için yararlanmamız gerektiğini söylüyordu.

Başarısızlıkla sonuçlanan uzun denemelerden sonra Kepler, bileşik çemberlere dayanan hiçbir sistemin sorunu çözmeyeceği sonucuna vardı. Kepler, sorunun anahtarının başka bir geometrik şekilde olduğunu düşünüyordu. Bu nedenle, çeşitli oval yörüngeleri denedi; ancak bunlardan hiçbiri sınadığı kuramıyla gözlemler arasındaki uyuşmazlıkları gideremedi. Daha sonra, bir rastlantı sonucunda, bu uyuşmazlıklardaki değişikliklerin tanıdık bir matematiksel yapıda olduğunun farkına vardı; bu düzensizliği araştırdı ve gezegenlerin eliptik yörüngelerde, kendisinin tanımladığı basit bir yasaya göre değişen hızlarla devinmeleri durumunda kuram ile gözlemin uzlaştırılabildiğini ortaya çıkardı. Bunlar, Kepler'in, ilk kez 1609 yılında Prag'da yayınlanan *Mars'ın Devinimi Üzerine* adlı kitabında açıkladığı sonuçlardır. Apollonios ve Hipparkhos'tan beri kullanılan tüm matematiksel tekniklerden daha basit bir matematiksel teknik, daha önce yapılmış olan tahminlerden çok daha doğru tahminler yapılmasını sağlıyordu. Gezegenler sorunu sonunda çözülmüştü; üstelik bir Kopernik evreni içinde çözülmüştü.

Kepler'in (ve bizlerin) gezegenler sorununa nihai çözümü olan iki yasası Şekil 40'ta ayrıntılı olarak göste-

riliyor. Gezegenler basit eliptik yörüngelerde devinirler; bütün eliptik yörüngelerin iki odağından birinde Güneş yer alır. Bu Kepler'in Birinci Yasasıdır. Hemen ardından İkinci Yasa gelir ve Birinci Yasadaki tanımı tamamlar: Her gezegenin yörüngesindeki hızı, gezegeni Güneş'e bağlayan doğrunun eşit zaman aralıklarında elipste eşit alanlar tarayacağı biçimde değişmektedir. Batlamyus ve Kopernik astronomilerinde ortak olan çembersel ana yörüngelerin yerine elipsler, merkez ya da merkeze yakın bir nokta çevresindeki devinimin sabit hızda olduğunu söyleyen yasanın yerine de eşit alanlar yasası geçtiğinde, dışmerkezlilere, dış tekerleme eğrilerine, denge noktalarına ve diğer *ad hoc* araçlara gerek kalmayacaktır. İlk kez bileşik olmayan tek bir geometrik eğri ve tek bir hız yasası gezegen konumlarının tahmini için yeterli olmaktadır ve tahminler ilk kez gözlemler kadar hassastır.

O halde, modern bilimin miras aldığı Kopernik'in astronomik sistemi, Kepler'in ve Kopernik'in ortak ürünüdür. Kepler'in altı elipsli sistemi, Kopernik'in buluşundaki ekonomiyi ve verimliliği açığa çıkarmış, Güneş merkezli astronomiyi işe yarar bir hale getirmiştir. Kopernik sisteminden bu sistemin modern, Keplerci biçimine geçiş için nelerin gerekli olduğunu anlamaya çalışalım. Kepler'in yapıtının ortaya çıkması için gerekli iki önkoşulu zaten gördük. Öncelikle, inançlı bir Kopernikçi olmalıydı; yani uygun yörünge arayışına, Dünya'yı sıradan bir gezegen olarak ele almakla, bütün gezegen yörüngelerinin düzlemlerini Güneş'in merkezinden kurmakla başlayacak birisi olmalıydı. Ayrıca, elinde Brahe'nin verileri olmalıydı. Kopernik'in ve onun Avrupalı öncellerinin kullandığı veriler, herhangi basit bir yö-



Şekil 40. Kepler'in ilk iki Yasası. (*a*) ve (*b*) çizimleri, Kepler'in Birinci Yasasına uyan bütün gezegenlerin izledikleri geometrik eğri olan elipsi tanımlıyor. Çizim (*a*)'da elips, bir düzlemin daire tabanlı bir koniyi kestiği kapalı eğri olarak gösterilmektedir. Düzlem koninin eksenine dik olduğunda, arakesit bir çember olur; bu elipsin özel bir durumudur. Düzlem eğimli olursa, arakesit eğrisi daha tipik eliptik şekiller verecek biçimde uzar.

Elipsin daha modern ve bir bakıma daha kullanışlı olan bir tanımı çizim (*b*)'de verilmektedir. Gevşek bir ipin iki ucu bir düzlemdeki iki noktaya, O_1 ve O_2'ye bağlanır, ipe takılan bir kalem, K, ipi sürekli gergin tutacak biçimde çevrilirse, kalemin ucu bir elips çizecektir. İpin uzunluğu değiştirildiğinde ya da O_1 ve O_2 odakları birbirine yaklaştırılıp birbirinden uzaklaştırıldığında elipsin biçimi, (*a*)'daki düzlemin eğimi değiştirildiğindeki gibi değişecektir. Çoğu gezegenin yörüngesi neredeyse çemberseldir; bu nedenle, yörünge elipslerinin odakları birbirlerine oldukça yakındır.

Çizim (*c*), Kepler'in, yörünge hızını belirleyen İkinci Yasasını açıklıyor. Güneş, Birinci Yasanın gerektirdiği gibi, elipsin bir odağındadır. Güneş'in merkeziyle, taralı üç alan – *GnGzGz'* alanları – eşit olacak biçimde yerleştirilmiş, *Gz* ve *Gz'* ile gösterilen bir dizi gezegen konumu arasında düz çizgiler çizilmiştir. İkinci Yasaya göre, alanlar eşit olduğu için, gezegenin sözkonusu alanlara karşılık gelen bütün *GzGz'* yaylarını eşit zaman dilimlerinde geçmesi gerekmektedir. Gezegen, Güneş'e yakın olduğunda göreli olarak daha hızlı devinmelidir; bu durumda kısa olan *GnGz* çizgisi, birim zamanda, gezegenin Güneş'ten uzakta olduğu ve daha yavaş devindiğinde uzun olan *GnGz* çizgisinin taradığına eşit bir alanı tarayacaktır.

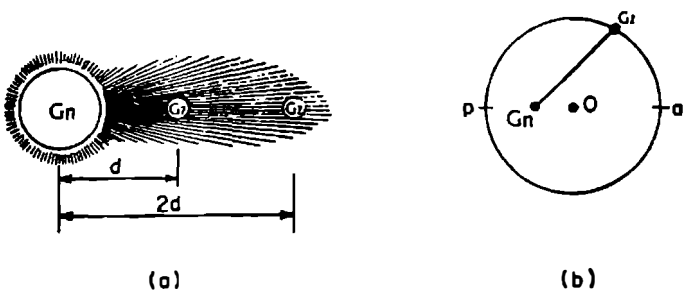
rünge takımıyla açıklanamayacak kadar hatalarla doluydu; hataları düzeltilse bile, bu veriler yeterli olmazdı. Brahe'nin gözlemlerinden daha kaba gözlemler, Kepler'in kendisinin de gösterdiği gibi, klasik bir bileşik çember sistemi kullanılarak da açıklanabilirdi. Ancak, Kepler'i ünlü Yasalarına götüren süreç, hassas verilere sahip olmaktan ve Dünya'yı baştan bir gezegen olarak kabul etmekten daha fazlasını gerektiriyordu. Kepler, ateşli bir Yeni-Platoncuydu. Tüm doğa görüngülerinin temelinde yalın matematiksel yasalar bulunduğuna ve Güneş'in gökteki tüm devinimlerin fiziksel nedeni olduğuna inanıyordu. Kepler'in astronomiye yaptığı kalıcı katkılar da kısa bir süre sonra unutulanları da onun çoğunlukla gizemci olan Yeni-Platonculuğunun bu iki yönünü sergilemektedir.

Dördüncü bölümün sonlarında alıntıladığımız bir pasajda Kepler, Güneş'i "ilk devindiriciliği bir yana bıraksak bile, asaleti ve gücü bakımından (gezegenleri yörüngelerinde devindirmeye) ve Tanrı'nın evi olmaya uygun" cisim olarak tanımlıyordu. Kepler'in bu inancı, yukarıda ele aldığımız kimi iç uyumsuzluklarla birlikte, Brahe sistemini reddetmesinin gerekçelerini oluşturur. Bu, Kepler'in kendi araştırmasında da özellikle Birinci Yasanın bağlı olduğu İkinci Yasanın türetilmesinde çok önemli bir rol oynamıştı. Kökeni bakımından İkinci Yasa, aslında en basit türden gözlemlerden başka bir şeye dayanmaz. Bu yasa daha çok Kepler'in, gezegenlerin yörüngeleri boyunca Güneş'ten yayılan devindirici bir kuvvet olan *anima motrix* ışınlarıyla itildiklerine ilişkin fiziksel sezgisinden kaynaklanmaktadır. Kepler'e göre bu ışınlar, bütün gezegenlerin üzerinde ya da yakınında devindiği tutulum düzlemiyle sınırlı olma-

lıydı. Buna göre, bir gezegene düşen ışın sayısıyla bunun karşılığı olan ve gezegeni Güneş'in çevresinde devindiren kuvvet, gezegen ile Güneş arasındaki uzaklık arttıkça azalacaktı. Güneş'ten uzaklığı iki katına çıktığında, bir gezegene düşen *anima motrix* ışını sayısı yarıya inecek (Şekil 41*a*) ve buna bağlı olarak gezegenin yörüngesindeki hızı, Güneş'ten ilk durumdaki uzaklığında sahip olduğu yörünge hızının yarısı olacaktı. Güneş, G_n, çevresinde bir dışmerkezli çember (Şekil 41*b*) ya da başka bir kapalı eğride devinen bir gezegenin, G_z, G_nG_z uzaklığıyla ters orantılı bir hızla devinmesi gerekir. Gezegenin hızı günberide (p), yani Güneş'e en yakın olduğunda en yüksek, günötede (a), yani Güneş'e en uzak olduğu noktada ise en düşük olacaktır. Gezegenin yörüngesindeki hızı sürekli olarak bu aşırı uçlar arasında değişecektir.

Kepler, eliptik yörüngeler üzerinde çalışmaya başlamadan çok önce, bildik çağdaş biçimiyle alanlar yasasını öne sürmeden uzun zaman önce uzaklıkla ters orantılı olarak değişen hız yasası üzerinde çalışmalar yapmıştı; bu yasayı, hem eskiçağın düzgün dairesel devinim yasasının, hem de bu yasanın bir denge noktasına göre düzgün devinime olanak tanıyan Batlamyusçu biçiminin yerine geçirmeyi düşünüyordu. Kepler'in ardıllarınca hemen bir kenara bırakılan bu erken hız yasası, Güneş egemenliğindeki bir evreni düzenleyen kuvvetlere ilişkin garip bir sezgiyle adeta "şapkadan çıkmıştı" Dahası, yasanın bu erken biçimi pek doğru da değildi. Kepler'in İkinci Yasası olarak bilinen daha sonraki alanlar yasası, uzaklıkla ters orantılı olarak değişen hız yasasının tam anlamıyla eşdeğeri değildir ve alanlar yasası hesaplamalarda biraz daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak, geze-

gen konumunu hesaplamakta kullanıldıklarında, hız yasasının bu iki biçimi de hemen hemen aynı tahminleri vermektedir. Kepler bir yanılgıyla bu iki yasanın ilkesel olarak birbirine eşdeğer olduğunu düşünmüş ve tüm yaşamı boyunca bu iki yasayı birbirinin yerine kullanmıştır. Her ne kadar düşsel anlamlar içerse de bu erken Yeni-Platoncu hız yasasının Kepler'in en verimli araştırmalarında çok önemli bir yeri olduğu görülmektedir.



Şekil 41. Kepler'in en erken hız yasası. Güneş'ten yayılan *anima motrix*'e özgü ışınların gösterildiği çizim (*a*)'da, Kepler'in bu yasayı türettiği fiziksel kuram açıklanmaktadır. Çizim (*b*)'de ise, bu yasanın dışmerkezli bir çember üzerinde devinen bir gezegene nasıl uygulanabileceği gösterilmektedir.

Hız yasasının türetilmesinden farklı olarak, Kepler'in eliptik yörüngeler üzerine yaptığı çalışma bütünüyle eldeki en iyi astronomik gözlemleri çok özenli ve etraflı biçimde değerlendirmesine dayanıyordu. Birbiri ardına yörüngeler deneniyor, uzun ve yorucu hesaplamalardan sonra Brahe'nin verilerine tam olarak uymadıkları için bunlar bir kenara bırakılıyordu. Kepler'in yörüngelerini nesnel verilere uydurmak için giriştiği bu ütiz denemeler, sık sık bilimsel yöntemin nasıl olması gerektiğini gösteren ilk örneklerden biri olarak anılır.

Ne var ki Kepler'in Birinci Yasası, yani eliptik yörüngeler yasası bile yalnızca gözlem ve hesaplamalardan türetilmemişti. Gezegen yörüngelerinin içe doğru eğildiği varsayılmadıkça (durum, daha önce değil, fakat Kepler'in çalışmasının ardından böyleydi), çıplak gözle elde edilen verilere dayanarak yörünge biçimini hesaplamak için bir hız yasasına gerek vardı. Kepler, Brahe'nin gözlemlerini incelerken, daha önceki Yeni-Platoncu sezgisinden her zaman yararlanmıştır.

Eskiçağ ve ortaçağ astronomları baştan basit bir hız yasasında karar kıldıkları için, astronomi kuramına ilişkin önceki açıklamalarımızda yörünge, hız yasası ve gözlem arasındaki karşılıklı ilişkiler açık bir biçimde görülmüyordu. Kepler'den önce astronomlar belli bir gezegeni yörüngesinde devindiren bileşik çemberlerin her birinin, kendi merkezleri ya da bu merkezin yakınındaki bir nokta çevresinde sabit hızla dönmesi gerektiğini varsayıyordu. Böyle bir varsayım olmaksızın gezegenlerin yörüngelerini gözlemlerle uyumlu kılmaya yönelik ayrıntılı bir çalışma yapmaya başlayamazlardı; çünkü bir hız yasası olmaksızın yörüngenin belirlenmesiyle gezegenlerin belli bir zamanda yıldızlar arasında nerede bulunacakları konusunda hemen hiçbir bilgi edinilemeyecektir. Hız yasası ve yörünge birbirinden bağımsız olarak gözlemden türetilemez, gözlemle sınanamazlar. Bu nedenle Kepler, eskiçağın düzenli devinim yasasını reddettiğinde yerine yenisini koymak ya da gezegenlere ilişkin hesaplamalardan tümüyle vazgeçmek zorundaydı. Aslında Kepler eski yasayı ancak kendi yasasını geliştirdikten sonra (ve büyük bir olasılıkla bu yüzden) reddetmişti. Yeni-Platoncu sezgileri ona bu yasanın Güneş'in egemenliğindeki bir evrende göksel

devinimleri yönetmek için eskiçağdaki muadilinden daha uygun olduğunu söylüyordu.

Kepler'in uzaklıkla ters orantılı hız yasasını türetme biçimi, hem Güneş'in nedensel işlevine hem de matematik uyumlara inancını gösterir. Kepler, *anima motrix* kavramını geliştirmesinin hemen ardından, sözkonusu yasanın kaba gözlemlerle bile uyuşacağında ısrar ediyordu. Örneğin, gezegenlerin günberide en yüksek hıza sahip olduklarını biliyordu; ancak bunun dışında elinde uzaklıkla ters orantılı hız yasasına destek olabilecek pek az veri vardı; üstelik bunların hiçbiri nicel değildi. Kepler'in sayıların uyumuna ilişkin inancı ve bu inancının çalışmalarındaki belirleyiciliği, modern astronomiye miras bıraktığı bir başka yasada çok daha belirgin olarak görülür. Bu, 1619 yılında yayınladığı *Dünya'nın Uyumları*'nda (Harmonice Mundi) ortaya attığı ve Kepler'in Üçüncü Yasası olarak bilinen yasadır.

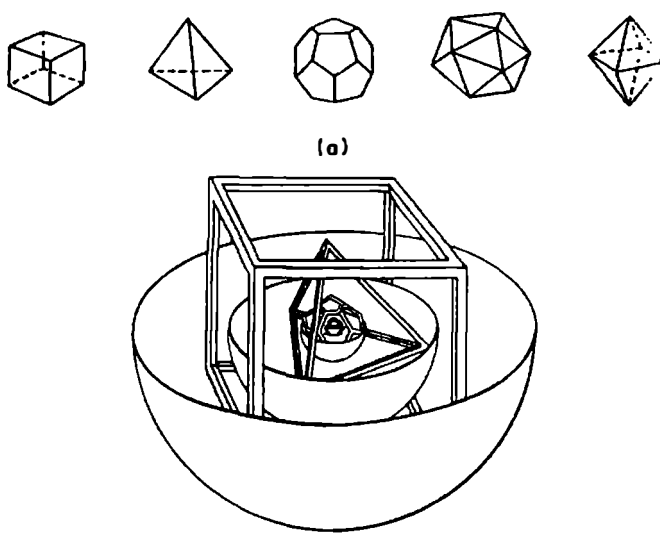
Üçüncü Yasa yeni tür bir astronomi yasasıydı. Birinci ve İkinci Yasalar, eskiçağdaki ve ortaçağdaki muadilleri gibi yalnızca tek tek gezegenlerin yörüngelerindeki devinimlere ilişkindir. Üçüncü Yasa ise tersine, farklı yörüngelerdeki gezegenlerin hızları arasında bağıntı kurmaktadır. Bu yasaya göre, T_1 ve T_2 sırasıyla iki gezegenin periyotları, R_1 ve R_2 sırasıyla bu gezegenler ile Güneş arasındaki ortalama uzaklık olduğunda, bu gezegenlerin yörüngeleri periyotlarının oranının karesi Güneş'ten ortalama uzaklıklarının oranının küpüne eşittir: $(T_1/T_2)^2 = (R_1/R_2)^3$ Bu yasa, gezegenler sisteminde daha önce hiç farkına varılmamış bir düzenliliği gözler önüne sermektedir; bu nedenle hayranlık uyandırıcıdır. Fakat, en azından Kepler'in döneminde, hayranlık uyandırmak dışında bir etkisi de olmamıştır. Üçüncü

Yasa kendi başına ne gezegenler kuramını değiştirmiş, ne de astronomların daha önce bilmedikleri niceliklerin hesaplamasını sağlamıştır. Bütün gezegenlerin yörüngelerinin boyutları ve periyotları zaten elde bulunmaktaydı.

Her ne kadar uygulamada pek doğrudan kullanımı olmasa da Üçüncü Yasa, Kepler'i meslek yaşamı boyunca en çok etkilemiş olan yasadır. Kepler, tüm doğanın basit matematik düzenlilikler sergilediğine inanan bir Yeni-Platoncu ya da Yeni-Pythagorasçıydı; bilimcilerin görevinin bu matematik düzenlilikleri keşfetmek olduğunu düşünüyordu. Kepler ve onun gibi düşünenler için basit bir matematik düzenliliğin kendisi bir açıklamaydı. Kepler'e göre, Üçüncü Yasa gezegen yörüngelerinin Tanrı tarafından neden belirli bir biçimde düzenlenmiş olduğunu kendi başına açıklamaktaydı; Kepler'in göklerde durmaksızın aradığı matematiksel uyuma dayanan böyle açıklamalardı. Kepler bu türden bir dizi yasa daha önermiştir. Bu yasalar matematiksel olarak uyumlu olsalar da gözlemlerle yeterince uyuşmadıkları için önemli görülmemiş ve daha o zamandan terkedilmişlerdir. Ancak, Kepler bu kadar seçici değildi. Bu türden pek çok matematiksel düzenlilik bulmuş ve onları kanıtlamış olduğunu düşünüyordu; bunlar onun gözde astronomi yasalarıydı.

Kepler'in ilk temel yapıtı olan *Göksel Gizler*, hem gezegenlerin sayısının, hem de bu gezegenlerin yörüngelerinin boyutlarının, gezegen küreleriyle beş düzgün ya da "kozmik" üç boyutlu cisim arasındaki ilişkiye dayanılarak anlaşılabileceğini kanıtlamaya çalışmıştı. Şekil 42*a*'da gösterilen bu üç boyutlu cisimlerin ortak özelliği, bütün yüzlerinin aynı olması ve bu yüzlerin yalnızca eşkenarlı şekillerden oluşmasıdır. Eskiçağda bu özelliğe

sahip yalnızca beş cisim olabileceği gösterilmişti: Küp, düzgün dört yüzlü, düzgün on iki yüzlü, düzgün yirmi yüzlü ve düzgün sekiz yüzlü. Kepler, Satürn'ün küresinin içine Jüpiter'in küresini içine alacak küp, Jüpiter'in küresinin içine Mars'ın küresini içine alacak dört yüzlü yerleştirilir ve bu işlem geri kalan üç düzgün cisim ve üç küre için sürdürülürse, bütün kürelerin göreli boyutlarının tam olarak Kopernik'in ölçümle belirlediği gibi olacağını söylüyordu. Şekil 42*b*'de gösterilen yapıya gö-



Şekil 42. Kepler'in beş düzgün üç boyutlu cisim uygulaması. Çizim (*a*), bu cisimleri gösteriyor. Bunlar soldan sağa küp, dört yüzlü, on iki yüzlü, yirmi yüzlü ve sekiz yüzlüdür. Kepler bu sıralamayı gezegen kürelerinin boyutlarını açıklamak için geliştirmiştir. Çizim (*b*)'de, üç boyutlu cisimlerin bu uygulamada nasıl kullanıldıkları gösteriliyor. Satürn küresi küpü içine almakta, Jüpiter küresi de küpün içine yerleştirilmektedir. Dört yüzlü Jüpiter küresinin içindedir, vb.

re, beş düzgün cisme karşılık yalnızca altı gezegen olabilecek ve gezegen kürelerinin olanaklı göreli boyutları belirlenmiş olacaktır. Kepler, böylece neden yalnızca altı gezegen bulunduğunun ve bu gezegenlerin neden bu şekilde düzenlenmiş olduğunun açıklandığını söylüyordu. Tanrı'nın doğası matematikseldi.

Kepler'in düzenli üç boyutluları kullanması yalnızca bir gençlik sevdası değildi; öyleyse de Kepler hep çocuk kalmıştı. Aynı yasanın değişik bir biçimi yirmi yıl sonra, Üçüncü Yasanın ortaya atıldığı kitap olan *Dünya'nın Uyumları*'nda karşımıza çıkar. Bu yapıtta Kepler, gezegenlerin en yüksek ve en düşük yörünge hızları ile müzikte notaların uyumlu aralıkları arasında bağıntılar kurduğu bazı Yeni-Platoncu düzenlilikleri de ayrıntılarıyla ele alıyordu. Sayısal uyumlara ilişkin bu güçlü inanç bugün bize garip gelebilir; ancak bunun nedeni bir bakıma, günümüzdeki bilimcilerin daha çapraşık uyumlarla uğraşıyor olmalarıdır. Kepler'in uyum konusunda inanca başvurması salça bir tutum gibi görülebilir; ancak özünde bu inanç günümüzün en nitelikli araştırmalarının arkasındaki yüreklendirici duygulardan pek de farklı değildir. Kuşkusuz, Kepler'in artık bir kenara bırakılan "yasa"larında örneklenen bilimsel tutumla, onu hâlâ geçerli saydığımız üç Yasaya götürmüş olan tutum arasında bir ayrım yapılamayacaktır. Hem o "yasalar", hem de bu Yasalar matematiksel uyumların varlığına inançtan, Kopernik'in astronomi geleneğinden ayrılarak Dünya'nın gerçekten devindiğine ikna olmasındaki en önemli etkenlerden biri olan o yeniden ortaya çıkarılmış inançtan kaynaklanmaktadır. Yine de tanrısal ruhun doğaya sakladığı matematiksel uyumları bulma tutkusu, Yeni-Platonculuk, Kepler'de, özellikle de artık

geçersiz sayılan çalışmalarında daha katıksız ve daha belirgindir.

Galileo Galilei

Kepler gezegenler sorununu çözmüştü. Kepler'in Kopernik'in önerdiği sisteme verdiği yeni biçimle, özellikle de Kepler'in yeni kuramına dayanan ve daha önce kullanılan tüm astronomik cetvellerden açıkça daha üstün olan *Rudolf Cetvelleri*'nin 1627 yılında yayınlanmasından sonra, tüm astronomların Kopernikçiliği benimseyecekleri neredeyse kesin sayılabilirdi. Kepler'in yapıtında astronomide Kopernik Devrimini yerleştirmek için gerekli her şey bulunduğu için, devrimin astronomiyle ilgili tarafının öyküsü, zamanla Kepler'in çalışmalarının benimsenmesiyle sona erebilirdi. Ne var ki astronomiye ilişkin öykünün sonu aslında böyle değildir. 1609 yılında göklere ilk kez teleskopla bakan İtalyan bilimci Galileo Galilei (1564-1642), eskiçağdan bu yana ilk kez farklı nitelikte yeni verilerle astronomiye katkıda bulunuyordu. Galileo'nun teleskopu göklerin astronomlara sunduğu bilmeceyi değiştirmişti; teleskop Galileo'nun elinde Kopernikçiliği destekleyen sayısız kanıt ortaya çıkardığı için, bilmecenin çözümünü çok kolaylaştırıyordu. Galileo'nun değiştirdiği bilmece, ancak farklı yollardan çözüldükten sonra dile getirilmiştir. Daha önce ortaya konmuş olsaydı, Kopernik Devriminin öyküsü farklı olabilirdi. Zamanlaması açısından bakıldığında, Galileo'nun astronomi üzerine yaptığı çalışma, Kopernik Devriminin zafer kazanacağı açıkça görüldükten sonra yürütülen süpürme harekâtına katkıda bulunmuştur.

Teleskop, 1609 yılında yeni bir cihazdı; fakat ne kadar yeni olduğu pek belli değildir. Galileo, Hollandalı

bir mercek yontucusunun iki merceği uzaktaki nesneleri büyütecek biçimde bir araya getirdiğini duymuştu. Kendisi de değişik bileşimler deneyerek kısa bir zamanda güçlü olmayan bir teleskop yaptı. Ve sonra, daha önce pek kimsenin denemediği anlaşılan bir şeyi denedi: Teleskopunu göklere çevirdi. Sonuç hayret vericiydi. Her gözlemle gökyüzünde varlığı bilinmeyen yeni cisimler açığa çıkıyordu. Teleskop bildik gökcisimlerine, Güneş'e, Ay'a ve gezegenlere çevrildiğinde bile, bu tanıdık nesnelerde çarpıcı yeni özellikler keşfediliyordu. Teleskop ile tanışmasından birkaç yıl önce Kopernikçiliği benimsemiş olan Galileo, her yeni keşfini Kopernikçilik yararına bir kanıta çevirebiliyordu.

Teleskopla ilk olarak gökyüzünde yeni dünyalar keşfedildi; Donne'un bundan iki yıl sonra yakınmakta olduğu şey buydu. Galileo, teleskopunu yöneltiği her yerde yeni yıldızlar buluyordu. En kalabalık takımyıldızlarda bile yıldız sayısı artıyordu. Çıplak gözle yalnızca soluk bir ışık olarak görülen (ve çoğunlukla, kuyrukluyıldızlar gibi Ay altı bir görüngü ya da Güneş'ten ve Ay'dan saçılan ışığın yansıması olarak açıklanan) Samanyolu'nun, çıplak gözle sönük ve küçük oldukları için ayırt edilemeyen yıldızlardan oluşan devasa bir yıldız topluluğu olduğu keşfedilmişti. Her gece sayısız yeni cisim keşfedilen gökler kalabalıklaşıyordu. Kimi Kopernikçilerin savunduğu geniş, hatta sonsuz evren varsayımı birdenbire daha akla yakın bir varsayım olarak görülmeye başlandı. Bruno'nun, sınırsız bir uzama yayılan ve sonsuz sayıda cisim barındıran evrenin Tanrının sonsuz üretkenliğini gösterdiğine ilişkin gizemci görüşü neredeyse elle tutulur, gözle görülür bir şey olmuştu.

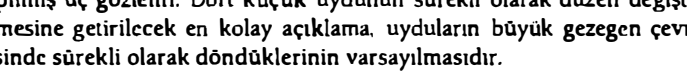
Yıldızların teleskopla gözlenmesiyle Kopernikçilerin karşılaştıkları daha teknik bir sorun da çözülmüş

oldu. Çıplak gözle gözlem yapanlar, yıldızların açısal çapını yaklaşık olarak hesaplıyor ve Dünya ile yıldızlar küresi arasındaki uzaklık için kabul edilen değeri kullanarak açısal çapları doğrusal boyutların tahminine geçiyorlardı. Batlamyusçu bir evrende bu tahminler akla yakın sonuçlar veriyordu: Yıldızlar Güneş büyüklüğünde ya da ona yakın boyutlarda olabilirlerdi. Ancak, Brahe'nin Kopernikçiliğe yönelttiği eleştirilerde tekrar tekrar vurguladığı gibi, eğer Kopernikçi evren, yıldız paralaksının gerektirdiği ölçüde büyükse, yıldızlar inanılmaz büyüklükte olmalıydı. Brahe, göklerdeki en parlak yıldızların Dünya'nın yörüngesinden daha büyük bir yeri dolduracak büyüklükte olması gerektiğini hesaplamış ve doğal olarak bu sonuca inanmayı reddetmişti. Ancak, teleskop göklere doğrultulduğunda, Brahe'nin sorununun yalnızca görünüşte bir sorun olduğu anlaşıldı. Yıldızların onun tahmin ettiği ölçüde büyük olması gerekmiyordu. Teleskop göklerde gözlenebilen yıldızların sayısını fazlasıyla artırmış, ancak görünüşteki boyutlarını artırmamıştı. Galileo'nun teleskopuyla büyüyen Güneş, Ay ve gezegenlerin aksine, yıldızların boyutlarında bir değişiklik olmamıştı. Böylece, yıldızların açısal çapının çıplak gözle yapılan gözlemlerde fazlasıyla abartılmış olduğu açığa çıkıyordu. Bugünkü açıklamaya göre, atmosferdeki hava akımları yıldızların görüntülerini bulanıklaştırmakta ve bunları, gözde dağılmamış durumda kaplayacaklarından daha geniş bir alana yaymaktadır. Aynı etkiye bağlı olarak yıldızlar göz kırpar gibi görünür. Gözde daha çok sayıda ışın toplayan teleskop bu etkinin ortaya çıkmasını büyük ölçüde önlemektedir.

Kopernikçiliği destekleyen kanıtlar yalnızca yıldızlardan gelmiyordu; hatta en güçlü kanıtlar yıldızlardan

elde edilenler değildi. Galileo teleskopunu Ay'a çevirdiğinde, Ay yüzeyinin çukurlar, kraterler, vadiler ve dağlarla kaplı olduğunu gördü. Güneş, Ay ve Dünya'nın göreli konumlarının bilindiği belli bir zamanda dağların kraterlere düşen gölgelerinin uzunluğunu ölçerek eğimli bölgelerin derinliklerini, tümseklerin yüksekliğini hesapladı ve Ay'ın üç boyutlu topografyasını çıkarmaya başladı. Ay'ın topografyasının Dünya'nınkinden çok farklı olmadığı sonucuna vardı. Kuyrukluyıldızların paralaks değerlerinin ölçülmesi gibi, teleskopla yapılan Ay gözlemleri de Dünya ile göksel bölgeler arasındaki geleneksel ayrıma ilişkin kuşkular uyandırdı. Hemen ardından Güneş'in teleskopla gözlemlenmesi bu kuşkuları daha da pekiştirdi. Güneş'in de kusurları vardı; yüzeyinde koyu lekeler ortaya çıkıyor ve kayboluyordu. Bu lekelerin varlığı gök bölgesinin kusursuzluğuyla, görünüp kaybolmaları göklerin değişmez olmasıyla çelişiyordu; en kötüsü de lekelerin Güneş yüzeyinde devinmesinin Güneş'in kendi ekseni çevresinde sürekli olarak döndüğünü göstermesi ve bunun Dünya'nın kendi ekseni çevresindeki dönmesine görsel bir örnek oluşturmasıydı.

En kötüsü bu da değildi. Galileo teleskopu ile Jüpiter'e bakmış ve çok yakınında dört küçük ışık noktası görmüştü. Birbirini izleyen gecelerde yapılan gözlemler

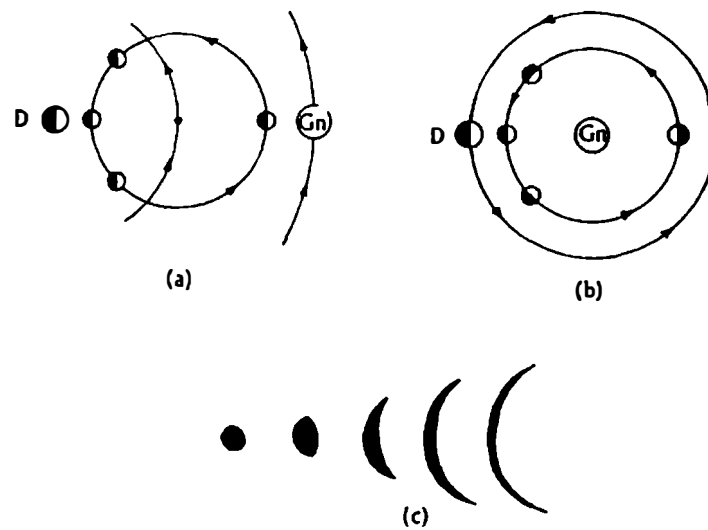


Şekil 43. Jüpiter ve uydularının birkaç günlük aralıklarla art arda yapılmış üç gözlemi. Dört küçük uydunun sürekli olarak düzen değiştirmesine getirilecek en kolay açıklama, uyduların büyük gezegen çevresinde sürekli olarak döndüklerinin varsayılmasıdır.

bu noktaların göreli konumlarını sürekli olarak değiştirdiklerini gösteriyordu; bunu açıklamanın en kolay yolu, noktaların Jüpiter'in çevresinde sürekli ve oldukça hızlı bir biçimde döndüklerinin varsayılmasıydı (Şekil 43). Jüpiter'in dört ana uydusu olan bu cisimlerin keşfi on yedinci yüzyıl imgelemi üzerinde büyük bir etki yapmıştır. "Gökte" olduğu kadar "gezegenlerde" de yeni dünyalar olduğu anlaşılıyordu. Daha da önemlisi, bu yeni dünyaların evrenin merkezi çevresinde kabaca çembersel yörüngelerde döndükleri düşünülemezdi; bu, ne Batlamyusçu, ne de Kopernikçi varsayıma uyacaktı. Bir gezegenin çevresinde döndükleri açıktı; öyleyse, Kopernik astronomisindeki Dünya'nın Ay'ı gibiydiler. Böylece, Jüpiter'in aylarının keşfi Kopernikçi sisteme karşı öne sürülen bir eleştirinin daha gücünü azaltıyordu. Yeni astronomi kadar eski astronomi de gezegenlere bağlı uyduların varlığını kabul etmek zorundaydı. Bütün bunların yanında, Jüpiter gözlemleriyle ortaya Kopernikçi Güneş sisteminin gözle görülür bir modeli çıkmıştı. Belki de sözkonusu gözlemlerin en önemli sonucu bu olmuştur. Gezegenler uzayında, tıpkı Güneş'in bilinen gezegenlerle çevrelendiği gibi, kendi "gezegenleriyle" çevrelenmiş bir gökcismi vardı. Teleskop neredeyse gökcisimlerini çoğaltttığı hızla Kopernikçiliği destekleyen kanıtları da çoğaltıyordu.

Teleskopla yapılan gözlemlerden Kopernik'in önerisini destekleyen pek çok başka kanıt bulunmuş olsa da, yeterince dolaysız kanıtlar yalnızca Venüs'e ilişkin gözlemlerden elde edilmiştir; biz de bu gözlemlerin üzerinde duracağız. Kopernik *De Revolutionibus*'un, Birinci Kitap'ının, onuncu bölümünde, eğer ayrıntılı gözlenebilirse, Venüs'ün görüntüsünün bu gezegenin yörüngesi-

nin biçimi konusunda dolaysız bilgi verebileceğini belirtiyordu. Eğer Venüs, Dünya merkezli bir taşıyıcı çember üzerinde devinen bir dış tekerleme eğrisine bağlıysa ve eğer bu dış tekerleme eğrisinin merkezi her zaman Güneş ile aynı hizada bulunuyorsa, Dünya'daki bir gözlemcinin bu gezegeni, Şekil 44*a*'da olduğu gibi, bir hilal



Şekil 44. Venüs'ün (*a*) Batlamyus sistemindeki, (*b*) Kopernik sistemindeki ve (*c*) zayıf bir teleskop ile yapılan gözlemlerle saptanan evreleri. (*a*)'da Dünya'daki bir gözlemci, Venüs'ün ışık alan yüzünün oluşturduğu ince bir hilalden daha fazlasını hiçbir zaman göremeyecektir. (*b*)'de ise gözlemci, Venüs'ü Güneş'in tam karşısına gelmesinden hemen önce ya da hemen sonra, neredeyse tüm yüzü aydınlanmış olarak görecektir. Venüs'ün, ilk kez bir akşam yıldızı olarak göründüğünde neredeyse tam daire olan görüntüsü, zayıf bir teleskopla yapılan gözlemlerin çizimle verildiği şekil (*c*)'de, solda gösterilmektedir. Sağ tarafa çizilmiş ardışık gözlemlerde Venüs'ün yörüngesinde devinerek Dünya'ya yaklaştıkça hilal biçimini aldığı ve eşzamanlı olarak boyutunun büyüdüğü görülmektedir.

parçasından daha fazla görememesi gerekir. Ancak, Venüs'ün yörüngesi Şekil 44*b*'de olduğu gibi Güneş'i çevreliyorsa, Dünya'daki bir gözlemcinin Venüs'ü, tıpkı Ay'ın evreleri gibi, neredeyse bütün evrelerinde görebilmesi gerekir; Venüs yalnızca "yeniay" ve "dolunay" evrelerinin yakınlarında görülemeyecektir; çünkü Güneş'in çok yakınında olacaktır. Venüs'ün evreleri çıplak gözle ayırt edilemez; çünkü çıplak gözle gezegenler yalnızca biçimsiz birer nokta olarak görülürler. Fakat teleskop gezegenleri biçimlendirecek kadar büyütür. Venüs'ün biçimi, Şekil 44*c*'de gösterildiği gibi, Güneş merkezli bir yörüngede devindiğine ilişkin sağlam bir kanıt sunmaktadır.

Galileo'nun teleskopu Kopernikçiliğe kuvvetli bir kanıt getirmiş olsa da bu garip bir kanıttır. Belki sonuncusu dışında, yukarıda incelediğimiz gözlemlerden hiçbiri, Kopernik'in kuramının ana ilkelerini, Güneş'in merkezde olduğunu ya da gezegenlerin onun çevresinde döndüklerini gösteren dolaysız kanıtlar değildirler. Batlamyus'un evreninde de Brahe'nin evreninde de yeni keşfedilen yıldızlara yetecek kadar uzay vardır. Her iki sistemde de göklerdeki kusurları ve gökcisimlerine eklenen uyduları hesaba katacak değişiklikler yapılabilecektir; en azından Brahe'nin sistemi, gözlenen Venüs evrelerine ve bu gezegenin uzaklığına Kopernikçi sistem kadar iyi bir açıklama getirmektedir. O halde, teleskop Kopernik'in kavramsal şemasının geçerli olduğunu kanıtlamış değildir. Fakat, bu mücadelede çok etkili bir silah olmuştur. Bu bir kanıtlama değil, propagandadır.

1609 yılından sonra Batlamyus sisteminin psikolojik gücü asıl olarak muhafazakârlığındaydı. Bu sisteme sadık kalanlar astronomideki yeni yöntemleri öğrenmek

zorunda kalmayacaktı. Halbuki Batlamyus sistemini teleskopla yapılan gözlemlerin sonuçlarına uyumlu kılmak için kapsamlı düzeltmeler yapılacak olsaydı, sistemin muhafazakârlığından gelen çekiciliği de kaybolacaktı. Büsbütün Kopernikçiliğe dönmek, neredeyse gerekli düzenlemeler yapılmış Batlamyus sistemine uyum sağlamak kadar kolaydı. Gözlem sonuçlarını ciddiye alanların çoğu Kopernikçiliği kabul etti. Bu dönemde Kopernikçiliğe dönenlerin kararlarında başka bir değerlendirme daha etkili olmuş olabilir: Kopernikçiler ya da onların en azından kozmolojik açıdan daha köktenci olanları, teleskopla ortaya çıkmaya başlayan evreni önceden görmüşlerdi. Venüs'ün evreleri gibi bir ayrıntıyı kesin bir biçimde tahmin etmişlerdi. Daha da önemlisi, üstü kapalı bir biçimde de olsa, gökteki kusurları ve gökcisimlerinin sayısındaki büyük artışı tahmin etmişlerdi. Kopernikçilerin evren görüşüyle teleskopun ortaya çıkardığı evren arasında belirgin koşutluklar vardı. "Ben sana demiştim" çok can sıkıcı ve etkili bir sözdür.

Astronomi eğitimi almış olanlar için, teleskopla elde edilen kanıtlara gerek olmayabilirdi. Kepler Yasaları ve *Rudolf Cetvelleri*, çok daha uzun zaman alsa da teleskop kadar etkili olurdu. Teleskopun en güçlü biçimde ve doğrudan etkiledikleri astronomi bilenler değildi. Teleskop Kopernikçi görüşü ilk kez yaygın bir biçimde tanıtmış ve matematiksel olmayan bir yoldan belgelemiştir. 1609 yılından sonra astronomi konusunda yüzeysel bir bilgi sahibi olanlar bile evrenin ortak duyunun kaba ilkelerine uymayan bir yapısı olduğunu teleskopla gökyüzüne bakarak kendi gözleriyle görebilirlerdi ve on yedinci yüzyıl boyunca bunu yaptılar. Teleskop çok popüler bir oyuncak olmuştu. Daha önce astrono-

miye ya da herhangi bir bilim dalına hiç ilgi göstermemiş olanlar bile bu yeni cihazı satın ya da ödünç alarak açık gecelerde heyecanla gökleri tarıyordu. Amatör gözlemci bir yandan gıpta edilen, bir yandan da parodi konusu olan tanıdık bir tipti. Bu tiple yeni bir yazın türü gelişmişti. Popüler bilimin ve bilimkurgunun başlangıcının on yedinci yüzyılda olduğu görülecektir; bunların ilk örneklerindeki en çok göze çarpan konular da teleskop ve teleskopla yapılan ilk keşiflerdir. Galileo'nun astronomi çalışmalarının en büyük katkısı astronomiyi popülerleştirmesidir; popülerleştirdiği astronomi de Kopernikçi astronomiydi.

Batlamyus Astronomisinin Çöküşü

Kepler'in elipsleri ve Galileo'nun teleskopu Kopernikçilik karşıtlığını hemen yok etmedi. Aksine, bu bölümün başında belirttiğimiz gibi, en amansız ve en gürültücü karşıtlık, Kepler'in ve Galileo'nun temel astronomik keşiflerinden sonra örgütlenmişti. Kepler'in çalışması, Kopernik'in altmış beş yıl önceki yapıtı gibi, yalnızca eğitimli astronomların anlayabileceği türdendi ve Kepler'in büyük bir hassaslığa ulaştığı bilinmesine karşın, pek çok astronom onun çembersel olmayan yörüngelerini ve gezegen hızlarını belirlerken uygulamış olduğu yeni teknikleri tuhaf ve kullanışsız buluyor, hemen benimseyemiyordu. Yüzyılın ikinci yarısından sonrasına kadar Kepler sisteminin hassaslığına onun sistemi kadar köktenci olmayan sistemlerle de ulaşılabileceğini göstermeye çalışan bir dizi Avrupalı seçkin astronomla karşılaşılır. Bunların biri dış tekerleme eğrilerini tekrar kullanmaya başlamış, bir diğeri elipsleri kabul etse de geze-

genlerin hızının elipsin boş odağına göre sabit olduğunda diretmiş; kimileri de yörüngeler için elipsten farklı biçimler denemişti. Bu denemelerin hiçbiri başarılı olmadı ve yüzyılın sonlarına doğru bu türden denemeler giderek seyrekleşti. Ancak Kepler Yasaları, on yedinci yüzyılın son on yıllarına değin, Avrupa'daki en iyi uygulamacı astronomlar arasında bile astronomik hesaplamalar için evrensel olarak geçerli bir temel olmadı.

Galileo'nun gözlemleri, başlangıçta çok daha büyük bir muhalefetle karşılaştı; ancak bu muhalefet farklı bir gruptan geliyordu. Teleskopla birlikte Kopernikçiliğin içrekliği sona ermişti. Artık öncelikle ileri düzeyde eğitim almış matematikçi astronomların ilgilendiği bir konu değildi. Buna bağlı olarak, daha endişe verici, kimilerinin gözündeyse daha tehlikeli olmuştu. Teleskopla birlikte keşfedilen yeni dünyalar, Donne'un duyduğu rahatsızlığın başta gelen nedenlerinden biriydi. Birkaç yıl sonra, teleskopla yapılan gözlemler Kopernikçiliğe karşı kurumsal Katolik muhalefetin Kilise mekanizmasını devreye sokmasının gerekçelerinden biri oluyordu. Galileo'nun 1610 yılında gözlem sonuçlarını ilan etmesinden sonra, Kopernikçilik işe yarayan ancak fiziksel bir anlam taşımayan salt matematiksel bir araç olarak görmezden gelinemeyecekti. En iyimserler bile artık Dünya'nın devinmesi kavramına kendi kendine kaybolacak geçici bir çılgınlık gözüyle bakamayacaktı. Bu nedenle, teleskopla yapılan buluşlar Kopernik'in önerisine karşı varlığını sürdüren muhalefetten pek çok kişinin doğal olarak yöneleceği uygun bir hedef olmuştur. Bu buluşlar, tartışma konusu olan kozmolojik sorunları sayfalar dolusu matematikten çok daha çabuk ve çok daha açık bir biçimde göstermiştir.

Farklı biçimlerde muhalefet ediliyordu. Galileo'ya karşı çıkanların en bağnazları arasından birkaçı teleskoptan bakmayı bile reddediyor, Tanrı insanın bilgi edinmesi için bu tür bir aygıtı kullanmasını amaçlamış olsaydı ona teleskop gibi gözler bahşederdi diyorlardı. Kimileri ise istekle, hatta heyecanla bakıyor, yeni görüngüler olduğunu kabul etseler de bu yeni nesnelerin gökte olmadığını öne sürüyorlardı; onlara göre bunlar teleskopun kendisinin neden olduğu görüntülerdi. Galileo'ya karşı çıkanların çoğu daha akılcı davranıyordu. Bellarmine gibi, bu görüngülerin göklerde olduğunu kabul etmekle birlikte, bunların Galileo'nun savlarını kanıtladığına karşı çıkıyorlardı. Kuşkusuz bunda haklıydılar. Teleskopla birçok şey öne sürülmüş olsa da hiçbir şey kanıtlanmamıştı.

Teleskop gözlemlerinin sonuçlarına sürekli olarak karşı çıkılması, on yedinci yüzyılda Kopernikçiliğe karşı daha derinden gelen ve daha kalıcı bir muhalefet olduğunu gösteriyor. İkisinin tek nedeni vardır: Bilinçaltından gelen bir dirençle, yüzyıllardır pratik ve tinsel hayatın temeli olan bir kozmolojinin yıkılmasını kabul edememek. Kepler ve Galileo'dan sonra bilimciler için verimlilik anlamına gelen kavramsal yön değişikliği, Donne ve Milton gibi asıl ilgi alanları astronomi dışında olan insanlar için çoğunlukla kavramsal tutarlılığın yitirilmesi anlamına geliyordu; öncelikli ilgi alanları din, ahlak ve estetik olan kimileri de çok uzun bir zaman Kopernikçiliğe sert bir biçimde karşı çıkmayı sürdürmüştür. Bu saldırıların şiddeti on yedinci yüzyılın ortalarına değin azalmamıştır. On sekizinci yüzyılın ilk on yıllarında Kutsal Kitap'ın harfî harfine anlaşılması gerektiğini düşünen ve Dünya'nın devinmesinin saçma

olduğunda ısrar eden çok sayıda önemli risale basılmıştır. 1873 gibi geç bir tarihte, bir Amerikan Lutherci ilahiyat okulunun eski bir yöneticisi, Kopernik, Newton ve onlardan sonraki bir dizi önde gelen astronomu, Kutsal Kitap'ın kozmolojisinden uzaklaşmakla suçlayan bir çalışma yayınlamıştı. Bugün bile gazetelerde Dünya'nın tek ve devinimsiz olduğunda ısrar eden kaçıkların vecizeleriyle karşılaşmaktayız. Eski kavramsal şemalar asla yok olmazlar.

Ancak, eski kavramsal şemalar güçlerini kaybederler: Dünya'nın tek ve devinimsiz olduğu görüşünün yavaş yavaş etkisini yitirmesinin, bu pek fark edilmese de Kepler ve Galileo'nun çalışmalarıyla başladığı açıktır. Galileo'nun 1642'de ölümünden sonraki yüz elli yıllık dönemde, evrenin Dünya merkezli olduğuna inanmak akıl sağlığını gösteren bir şey olmaktan çıkmış ve yavaş yavaş, önceleri koyu bir muhafazakârlık, daha sonra aşırı bir dar görüşlülük, sonunda ise tam bir bağnazlık belirtisi sayılmaya başlamıştır. On yedinci yüzyılın ortalarında Kopernikçi olmayan önemli bir astronom bulmak zordur; yüzyılın sonuna doğru ise olanaksızdır. Temel astronomi bu gelişmelere daha ağır tepki vermiş olsa da yüzyılın son on yıllarında birçok önde gelen Protestan üniversitesinde Kopernik, Batlamyus ve Brahe astronomileri birlikte öğretilmiş, on sekizinci yüzyılda ise son iki sistemi işleyen dersler yavaş yavaş kaldırılmıştır. Kopernikçiliğin etkisini en yavaş hisseden alan popüler kozmoloji olmuştur. Halka ve onu eğitecek olanlara yeni bir sağduyuyu benimsetmek ve Kopernik evrenini Batı insanının ortak malı yapmak için on sekizinci yüzyılın sonuna gelinmesi gerekecekti. Kopernikçilik aşamalarla zafer kazanmıştır; zafere giden sü-

reçte, toplumsal konuma, mesleki ilişkilere ve dinsel inanışlara bağlı olarak iniş çıkışlar olmuştur. Ancak bütün güçlüklere ve rastlantılara karşın, bu kaçınılmaz bir süreçti. En azından, düşünce tarihçilerinin bildiği herhangi bir süreç kadar kaçınılmazdı.

Ne var ki Galileo'nun ölümünden sonra yüz elli yıllık bir dönemde özümlenen Kopernikçi evren, Kopernik'in ve hatta Galileo'nun ya da Kepler'in evreni değildi. Bu evrenin yeni yapısı da ağırlıklı olarak astronomik kanıtlardan türetilmiş değildir. Kopernik ve onu izleyen astronomlar Aristotelesçi kozmolojiden ilk kez ve kesin olarak ayrılarak yeni bir evrenin inşasına girişmişlerdi. Ancak, ilk Kopernikçiler çalışmalarının sonuçlarının nereye varacağını tam olarak göremiyorlardı. On yedinci yüzyılda pek çok başka bilimsel ve kozmolojik akım, kendi temel düşüncelerine yön vermiş olan kozmolojik çatıda değişiklikler yaparak onu tamamlamak üzere birlik olmuştur. On sekizinci, on dokuzuncu ve yirminci yüzyılların miras olarak aldığı Kopernikçilik, on yedinci yüzyılda ortaya çıkan Newtoncu makine dünya anlayışıyla bağdaştırılmak üzere yeniden kurgulanmış bir Kopernikçiliktir. Kopernikçi astronominin sonunda on yedinci yüzyıl düşüncesinin bütünlüklü ve tutarlı evren anlayışıyla tarihsel bir biçimde kaynaşması son bölümün konusu olacak. Ancak, bu konuyu, sonsöze uygun olarak, fazla ayrıntıya girmeksizin kısaca ele alacağız. Kopernik Devrimini yalnızca astronomik düşüncede bir devrim olarak düşünecek olursak, onun öyküsü burada biter. Bundan sonra anlatacaklarımız, bilimde ve kozmolojide daha büyük bir devrimin, Kopernik ile başlayan ve sonunda Kopernik Devrimini tamamlayan bir devrimin ana hatlarını ortaya koyacaktır.

7
Yeni Evren

Yeni Bilimsel Bakış Açısı

Kepler ve Galileo, Dünya'nın devinen bir gezegen olduğunu gösteren etkileyici kanıtları bir araya getirdiler. Ancak, eliptik yörüngeler kavramı ve teleskop kullanılarak elde edilen yeni veriler, Dünya'nın bir gezegen olduğunu yalnızca *astronomik* olarak göstermeye *yönelik* kanıtlardı. *Astronomik olmayan* diğer kanıtlara *karşı* bir yanıt vermiyorlardı. Bunlar yanıtsız kaldıkça, fiziksel olsun, kozmolojik ya da dinsel olsun bu uslamlamalar, teknik astronominin kavramları ile diğer bilimler ve felsefede kullanılan kavramlar arasında çok büyük bir uyumsuzluk olduğuna tanıklık ediyordu. Astronomideki yenilikten kuşku duymak zorlaştıkça, düşüncenin diğer alanlarında düzenlemeler yapmak gitgide daha acil bir gereklilik durumuna geliyordu. Bu düzenleme-

ler yapılıncaya kadar Kopernik Devrimi de tamamlanmış olmayacaktı.

Bilimsel düşüncedeki büyük çaplı değişikliklerin birçoğu buna benzer uyumsuzluklara yol açar. Örneğin bugün biz Planck, Einstein ve Bohr'un başlattığı bir bilimsel devrimin ileri bir evresindeyiz. Bu bilimcilerin yeni kavramları ve çağdaş bilimsel devrimin dayandığı diğer yeni kavramlarla, Kopernik'in gezegen Dünya kavramı arasında önemli tarihsel benzerlikler vardır. Bohr'un atom, Einstein'ın sonlu ancak sınırsız uzay kavramı gibi kavramlar, belli bir bilimsel uzmanlık alanındaki zorlayıcı sorunları çözmek için ortaya atılmışlardır. Bunları benimseyenler, her şeyden önce bu kavramların ortaya çıktıkları alanda ciddi bir çözüm gereksinimi hissedildiği için benimsemişler ve bunu sağduyu, fiziksel sezgi ve diğer bilimlerin temel kavramlarıyla belirgin bir biçimde çelişiyor olmalarına karşın yapmışlardır. Bu kavramlar belirli bir süre, daha geniş bir bilimsel düşünce iklimi içinde akıl almaz gibi görülseler de uzmanlarca kullanılmıştır.

Ne var ki böylesi kavramların kullanımının sürmesi, en alışılmadık kavramı bile akla yakın kılar; bu yeni kavram akla yakın olduğunda da daha önemli bir bilimsel işlev kazanır. Birinci bölümde kullanılan sözcüklerle ifade edilecek olursa, yeni kavram böylece bilinenin ekonomik olarak tanımlanması için yalnızca paradoksal ve *ad hoc* bir araç olmaktan çıkar, doğayı açıklamak ve araştırmak için kullanılan temel bir gereç olur. Bu aşamada bu yeni kavram tek bir bilimsel uzmanlık alanıyla sınırlanamayacaktır. Doğanın farklı alanlarda birbiriyle bağdaşmayan farklı özellikleri olmamalıdır. Eğer fizikçinin elektronu bir yörüngeden diğerine aradaki boşlu-

ğu geçmeden sıçrayabiliyorsa, kimyacının elektronu da aynı yeteneğe sahip olmak zorundadır; buna bağlı olarak, filozofun madde ve uzay kavramlarının da yeniden gözden geçirilmesi gerekir. Bir bilimsel uzmanlık alanındaki her temel yenilik, kaçınılmaz olarak bu alana yakın diğer bilimsel uzmanlık alanlarını ve daha yavaş olsa da felsefecinin ve meslek dışından eğitimli insanların dünyalarını dönüştürür.

Kopernik'in yeniliği de bir istisna değildir. On yedinci yüzyılın ilk yarısında bu, en fazla astronomik bir yenilikti. Astronomi dışındaysa bu yenilik, çözümlediği sayısal ayrıntılara ilişkin sorunlar kadar kafa karıştırıcı ve onlardan çok daha belirgin bir yığın soruna yol açmıştır. Ağır cisimler niçin Güneş çevresindeki yörüngesinde yol alırken kendi çevresinde dönmekte olan Dünya'nın yüzeyine doğru düşmektedir? Yıldızlar ne kadar uzaktadırlar; evrenin yapısındaki işlevleri nedir? Gezegenleri ne devindirmektedir; kürelerin yokluğunda nasıl yörüngelerinde kalmaktadırlar? Kopernikçi astronomi bu sorulara geleneksel yanıtları geçersiz kılmış, ancak yerine yenilerini koyamamıştır. Astronominin yeniden bütüncül bir düşünce modelinde yer alabilmesi için, yeni bir fizik ve yeni bir kozmoloji gerekiyordu.

On yedinci yüzyılın sonunda bu yeni bilim ve kozmoloji geliştirildi; bunu yapanların hepsi de Kopernikçi azınlığın üyeleriydi. Kopernikçiliğe olan bağlılıkları, araştırmalarının çoğuna yeni bir biçim ve yön veriyordu. Bu bir dizi yeni soruna da yol açmıştır; "Dünyayı devindiren nedir?" sorusu bunlardan biriydi; bu konuya Kepler'in *anima motrix*'ini incelerken kısaca değinmiştik. Öte yandan, Kopernikçilik yeni sorunların çözümü için gereken kavramlar ve teknikler konusunda birçok

ipucu da veriyordu. Örneğin, yeryüzüne ve gökyüzüne ilişkin yasaların birleştirilmesi fikrini aşılamakla, eğik atışın gezegenlerin devinimleri konusunda meşru bir bilgi kaynağı olmasını sağlıyordu. Kopernikçilik son olarak, daha önce çoğu bilimcinin görmezden geldiği, eskiçağ ve ortaçağda azınlıkta kalan görüşler de olsalar geçerliliklerini sürdürmüş bir dizi kozmolojik öğretiye yeni bir anlam ve değer kazandırmıştır. On yedinci yüzyılda yeniden popüler olan bu görüşlerden birkaçı, özellikle de atomculuk, bilim için önemli fikirlerin sürekli bir kaynağı olmuştur.

Bu yeni sorunlar, yeni teknikler ve yeni değerlendirmeler, on yedinci yüzyıl biliminin Kopernikçilikten almış olduğu yeni bakış açısını oluşturur. Bir önceki bölümde bu yeni bakış açısının astronomi üzerindeki etkileri gösterilmişti. Bu bölümde Kopernikçiliğin diğer bilimlerin ve kozmolojinin gelişimindeki rolünü göreceğiz; bu konuyu burada ele almamızın nedeni, Newtoncu evren anlayışının, Kopernikçiliğin verimli kıldığı bir düşünsel iklimde gelişmiş olmasıdır. Ancak Kopernik Devriminin astronomideki doruğu olan Kepler Yasalarından farklı olarak, Newton evreni Kopernik'in getirdiği yenilikten başka şeylerin de ürünüdür. Bu nedenle, Newtoncu evren anlayışının evrimine ilişkin tartışmamızda, gezegen Dünya kavramının sonunda nasıl tutarlı bir anlam kazandığını ortaya koyarken, astronomi ya da kozmolojinin gelişiminde Kopernik'in ölümünden sonraki döneme değin pek etkili olmadıkları için şimdiye kadar göz ardı ettiğimiz bazı kavramları ve teknikleri de yeri geldikçe tanıtacağız. Artık sorunumuzun kapsamı Kopernik Devriminin kendisinden daha geniştir.

Aristoteles evreni, çoğu yorumunda sonlu bir evrendi - bu evrende madde ile uzay, yıldızlar küresinde birlikte sonlanmaktaydı - ilk Kopernikçilerin çoğu da bu geleneksel özelliği korumuştu. Kopernik'in, Kepler'in ve Galileo'nun kozmolojilerinde Güneş'in merkezi, sonlu yıldız küresinin merkeziyle çakışmaktaydı; Güneş yalnızca Dünya ile yer değiştiriyor, Yeni-Platoncu düşüncede Tanrının simgesi, eşi benzeri olmayan merkezi cisim durumuna geliyordu. Bu yeni iki küreli evren, geleneksel kozmolojinin doğal bir biçimde gözden geçirilmiş haliydi. Hiçbir somut karşı kanıt olmadığı için, bu evren anlayışı, çeşitli yıldızların Güneş'ten çok farklı uzaklıklarda olduğunun gelişmiş teleskoplarla gösterileceği on dokuzuncu yüzyıla kadar etkisini ve gücünü pekâlâ sürdürebilirdi.

Ancak, iki küreli yapının Aristotelesçi ve Kopernikçi Dünya görüşlerindeki rolü çok farklıdır; en başta, Aristotelesçilikte sonluluğa temel işlevler veriliyordu; oysa bunların hiçbiri Kopernikçilikte yoktu. Örneğin, Aristotelesçi bilimde yıldızları günlük çemberlerinde taşımak ve gezegenlerle gökcisimlerinin deviniminin sürmesini sağlayan itmeyi vermek için yıldızlar küresi gerekliydi. Ayrıca, dış küre uzayın mutlak merkezini, tüm ağır cisimlerin kendiliğinden yöneldiği merkezi tanımlıyordu. Kopernik'in evreni sözkonusu küreyi bu işlevinden olduğu kadar, diğer işlevlerinden de yoksun bırakmıştı. Yeryüzündeki devinim mutlak bir uzay merkezi gerektirmiyordu; taşlar devinen Dünya'ya doğru düşebiliyordu. Gökteki devinimleri ortaya çıkarmak için bir dış küre de gerekmiyordu; ister bir küre üzerine yerleş-

tirilmiş olsunlar, ister olmasınlar, yıldızlar sabitti. Kopernikçiler yıldız küresini hâlâ sistemlerinde tutmakta özgürdüler; ancak bunun gerekçesi yalnızca geleneği izlemek olabilirdi. Bu küre, Kopernik fiziğine ya da kozmolojisine aykırı düşmeyecek bir biçimde terk edilebilirdi.

Böylece Kopernikçilik, kozmolojik düşünceye yeni bir özgürlük olanağı sunuyordu; bunun varacağı sonuçsa, Kopernik'i de Kepler'i de kesinlikle dehşete düşürecek yeni bir spekülatif evren görüşüydü. Kopernik'in ölümünden yüz yıl sonra, onun iki küreli temel çerçevesinin yerini, yıldızların sonsuz bir uzayda, oraya buraya saçılmış olduğu bir evren görüşü almıştı. Bu yıldızların her biri bir "Güneş"ti ve bunların birçoğunun kendi gezegen sistemleri olduğu düşünülüyordu. 1700'e gelindiğinde, Kopernik'in altı gezegenden yalnızca biri olmaya indirgediği benzersiz Dünya, artık kozmik bir toz zerresinden pek de büyük olmayan bir şey durumuna gelmişti.

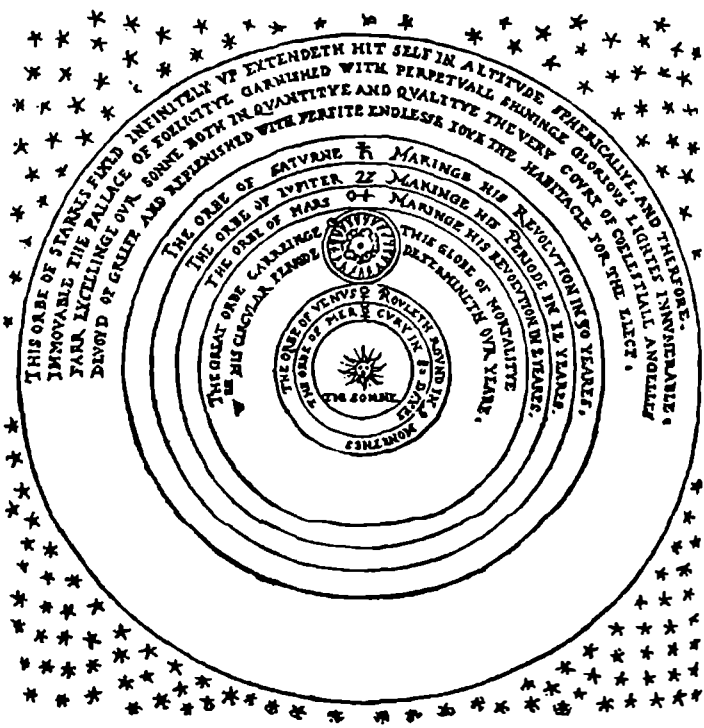
Tarihçiler bu yeni Kopernikçi görüşün nasıl yerleştiği konusunda hâlâ pek fazla bir şey bilmeseler de bu görüşün kaynağı oldukça belirgindir. Kopernik, dış kürenin kozmolojik işlevlerinden vazgeçerek, daha önce öne sürülen spekülatif üç evren yorumunu, sırasıyla skolastik, Yeni-Platonculuk ve atomculuk ile ilgili görüşleri yeniden canlandırmıştır. *De Revolutionibus*'tan önce bu üç kozmoloji, yapıları ve gerekçeleri bakımından tümüyle farklı kozmolojilerdi ve hiçbirinin gökbilimle doğrudan bir ilişkisi yoktu. Ancak, hepsi de Kopernikçilik aracılığıyla bilimsel kozmolojilere dönüşmüş ve bundan böyle önemli yapısal benzerlikler göstermeye başlamışlardır.

İlk olarak, Kopernik öncesindeki en geçerli görüşü, Aristoteles'in boşluğun varlığının mantıksal olanaksızlığına ilişkin kanıtını kabul etmeyen İslam düşünürleri tarafından öne sürülen sonsuz evren görüşünü ele alalım. Bu sonsuz evren, merkezde duran Dünya'dan, dönmekte olan yıldız küresine kadar, özünde Aristoteles evreninin aynısıydı; fakat bu evrende uzay artık maddeyle birlikte, kürenin ötesinde bitmiyordu. Bunun yerine, tüm Aristotelesçi evren, maddenin olmadığı ve Tanrıyla meleklerinin evi olan sonsuz bir uzayın merkezindeki bir çekirdeğin içine yerleştirilmişti. Tanrının gücünü sonsuz bir evren yaratamamakla sınırlamadığı için bu evren anlayışı, on üçüncü yüzyıldan sonra Avrupa'da göreli bir popülerlik kazandı. Bu evren Kopernik'in yaşadığı dönemde dolaşımda olan tanınmış birkaç temel kitapta betimleniyordu; bu kavramı bilmesi, Kopernik'in yıldızlar küresinin genişlemesini temellendirmesine yardım etmiştir; paralaks gözlenememesi de bu genişlemeyi zorunlu kılıyordu. Ancak, Kopernik'ten önce, bu sonsuz evren modelinin astronominin ya da diğer bilimlerin uygulamaları üzerinde pek az etkisi olmuştur. Sürekli bir devinim içinde oldukları düşünüldüğü sürece, gökcisimleri en dıştaki kürenin ötesindeki sonsuz uzaya kolayca yerleştirilemezdi. Bu uzaya yüklenen işlevler teolojikti fiziksel ya da astronomik değil.

Ancak Kopernik, devinmekte olan bu yıldızları durdurarak sonsuz uzaya astronomik işlevler yüklenmesini olanaklı kılmış oldu; bu yeni olanak ilk kez, *De Revolutionibus*'un yayınlanmasından yaklaşık bir kuşak sonra değerlendirildi. 1576 yılında İngiliz Kopernikçi Thomas Digges, Kopernik'in Birinci Kitabından doğrudan alıntı sayılabilecek bir yoruma sonsuz bir evren fik-

rini ekliyordu. Ortaya çıkan sonuç, Digges'ın özgün çiziminden kopyalanan Şekil 45'te gösterilmektedir. Bu evrenin merkez çekirdeği *De Revolutionibus*'un evreniyle özdeştir. Fakat bu evrende yıldızlar sabit yıldız küresinin yüzeyinden alınarak, azınlıkta kalmış eski bir kozmoloji geleneğinin savunduğu gibi, sonsuz bir evrenin içine, dışarı doğru saçılmıştır. Kopernik'in yakın ardıllarının pek azı Digges kadar ileri gitmiş olsa da birçoğu yıldızların artık bir küre üzerinde durmasının gerekmediğini, her bir yıldızla Güneş arasındaki uzaklığın değişik olabileceğinin ve bunun görüngüleri etkilemeyeceğinin farkına varmışlardı. Galileo'nun teleskopu daha önce hiç görülmemiş sayısız yeni yıldızın varlığını gösterdiğinde, yıldızların ölçülemeyecek kadar derin bir uzaya saçılmış olduğu düşüncesi, geleneğe daha az bağlı olan astronomlara neredeyse deneysel bir sorun gibi görünüyordu.

Digges sonsuz bir Kopernikçi evren tanımlayan ilk astronomdu. Fakat, Digges'in bu sonsuzluk düşüncesine ulaşması yalnızca, sonsuz evren kavramına eskiçağda ve ortaçağda karşı çıkılmasının temel gerekçesi olan bir paradoksu farkında olmaksızın ileri sürmesine bağlıydı. Yıldız ve gezegenlerin hiçbiri daha fazla "merkezde" olamayacağı için, Digges'ın biricik ve merkezi Güneş kavramı çelişkilidir. Merkez, çevredeki tüm noktalardan eşit uzaklıkta olan noktadır; bu koşula ya sonsuz bir evrendeki her nokta uyacak ya da hiçbir nokta uymayacaktır. Bu çelişkiyi Kopernik'ten bir yüzyıl önce, önemli bir Yeni-Platoncu olan Nikolaus von Cusa ayrıntılı bir biçimde irdelemişti. Nikolaus von Cusa evrenin sonsuz bir küre olduğuna inanıyor, bundan daha küçük bir kürenin Tanrının sonsuz yaratıcı gücüyle tutarlı olma-



Şekil 45. Thomas Digges'ın, 1576 yılında yayınlanan *Perfit Description of the Caelestiall Orbes* başlıklı çalışmasından alınan Kopernikçi sonsuz evreni. Bu çizim, yıldızların artık gökkürenin yüzeyinde durmak zorunda olmayışı dışında, tüm diğer erken Kopernikçi evren taslaklarına benzemektedir. Kürenin içinde herhangi yıldız yoktur (eğer kürenin içinde yıldız olsaydı, yıldız paralaksı gözlenebilecekti). Ancak, kürenin ötesindeki sonsuz uzay, çakılı yıldızlarla bezenmiştir. Yine de Güneş'in hâlâ ayrıcalıklı bir konumda bulunduğuna ve birbirlerine komşu yıldızların aralarındaki uzaklığın, Güneş ile gökküre arasındaki uzaklıktan çok daha az olduğuna dikkat ediniz. Digges'ın evreninde Güneş, yıldızlardan herhangi biri değildir.

yacağını söylüyor, sonuç olarak ortaya çıkan paradoksu da kürenin merkezinin her bir noktada çevresiyle çakıştığını söyleyerek dile getiriyordu. Onun evreninde sabit ya da devinmekte olan her cisim eşzamanlı olarak merkezde, yüzeyde ve kürenin içindeydi. Uzayın hiçbir parçası diğerlerinden ayırt edilemeyeceği için, uzaydaki her şey, Dünya, gezegenler ve yıldızlar deviniyor olmalıydı; bunların doğası da aynı olmalıydı.

Cusa'nın bu görüşü, Kopernikçiliğin varlığıyla dönüştürülebilecek kozmolojinin ikinci bir örneğidir. Cusa'nın *De Revolutionibus*'un yayınlanmasından yüzyıl önce geliştirdiği haliyle bu kozmoloji herhangi bir bilimsel anlam taşımıyordu. Cusa, tüm paradoksların kendisinde uzlaştığı sonsuz Tanrının aşkın kavranışı uğruna tüm görünümleri coşkuyla reddeden kozmolog rolündeki bir mistikti. Ancak, sonsuzluk ve ona bağlı paradokslar konusundaki Yeni-Platoncu ısrarının özünde görünümlerle ya da bilimle uyuşmadığı söylenemez. Kopernik'in ölümünden sonra, İtalyan mistik Giordano Bruno'nun kozmoloji yazılarında itici güç olarak aynı diretme vardır; Bruno'nun evren görüşünde sonsuzluk kavramı ile görüngüler de Kopernikçilik aracılığıyla uzlaştırılmaktadır. Bruno'nun kozmolojiye yaklaşımında bilimin ya da görüngülerin, onun büyük ölçüde etkilendiği Cusa'nın yaklaşımına göre daha çok dikkate alındığı söylenemez. Fakat, gerekçeleri ne olursa olsun, Bruno haklıydı. Güneş'in merkezde olmasına gerek yoktu; aslında, herhangi bir merkezin olması da gerekmiyordu. Kopernikçi bir Güneş sistemi sonsuz bir evrende herhangi bir yere yerleştirilebilir. Paralaks gözlenememesini açıklamak için yalnızca Güneş'i komşu yıldızlardan yeterince uzakta tutmak yetecek, böylece görüngüler kurtarılmış olacaktır.

Bruno'nun sonsuz ve merkezsiz bir evrenle görünümleri bağdaştırmış olması, onun kozmolojik yapısının yalnızca bir parçasıydı. Bruno, yaklaşık olarak 1584'ten itibaren, kendi sonsuz uzayındaki diğer gökcisimleriyle Kopernikçi Güneş sisteminin fiziksel ilişkilerini açıklıyordu. Güneş'in sonsuz uzaya saçılmış sonsuz sayıdaki yıldızdan yalnızca biri olduğunu düşünüyordu; sonsuz göklerdeki diğer gökcisimlerinin bazıları da Dünya gibi üzerinde yaşam bulunan gezegenler olmalıydı. Yalnızca Dünya değil, Güneş ve bütün bir Güneş sistemi Tanrının yaratısının sonsuzluğu içinde kaybolan sıradan toz zerrelerine dönüşmüş, skolastiklerin derli toplu, düzenli evreni uçsuz bucaksız bir kaos olmuştu; Kopernikçiliğin gelenekten ayrılışında en yüksek noktaya varılmıştı.

Ancak, radikal olsa da Kopernikçiliğin bu son açılımı neredeyse herhangi bir yenilik olmaksızın gerçekleştirilmiştir. Bruno'dan iki bin yıl önce, eskiçağ atomcuları Leukippos ve Demokritos, içinde devinen birçok Dünya ve birçok Güneş bulunan sonsuz bir evren tasarlamışlardı. Öğretileri eskiçağda Aristoteles'in öğretisine hiçbir zaman bilimsel düşünce için bir temel olarak rakip olamamış, yazıları ortaçağda neredeyse tümüyle kaybolmuştu. Ancak Epikuros ve Lucretius gibi ardıllarının çalışmaları, Rönesans hümanistlerinin ortaya çıkardıkları temel yazınsal yapıtlar arasındaydı. Bruno, birçok verimli kavramını bu çalışmalardan, özellikle de Lucretius'un *De Rerum Natura*'sından türetmiştir. Bruno'nun kozmolojisinde üçüncü bir eski spekülatif evren tasarımı yeniden canlandırılıyor ve Kopernikçiliğe yakınlığı nedeniyle bu tasarım gerçeğe biraz daha çok benziyordu.

Atomculuk ve Kopernikçilik büsbütün farklı öğretiler gibi göründükleri için, bu iki kozmoloji arasındaki yakınlık hem tarihsel hem de mantıksal açıdan biraz şaşırtıcıdır. Eskiçağ atomcuları kendi kozmolojilerinin temel ilkelerini, her şeyden önce, gözlem yaparak değil, görünüşteki mantıksal paradoksları çözmeye çalışırken geliştirmişlerdi. Atomcular, sonlu cisimlerin varlığının ve devinimlerinin ancak, gerçek dünyanın uçsuz bucaksız boş bir uzayda ya da boşlukta serbestçe gezinen ve bölünemeyecek kadar küçük olan taneciklerden ya da atomlardan oluşması durumunda açıklanabileceğini düşünmüşlerdi. Boşluğa, devinimi açıklamak için gerek duyulmaktaydı; boş uzay olmasaydı, maddenin içinde devineceği hiçbir yer olmayacaktı. Benzer biçimde, daha küçük parçalara ayrılamayacak son parçacıkların bölünemezliği onlara sonlu cisimlerin varolması için zorunlu gibi görünüyordu; madde sonsuza değin bölünebilseydi, son parçalar uzayda hiç yer kaplamayan salt geometrik noktalar olacaktı. Tek başlarına ele alındığında hacimsiz parçacıklardan, sonlu büyüklükte bir cismi oluşturmak olanaksız görünüyordu. Toplama işlemi ne kadar yinelenirse yinelensin, sonuçta sıfır artı sıfır eşittir sıfırdır. Böylece, atomcular gerçekliğin bölünemez atomlardan ve boşluktan oluşması gerektiğini söylediler; Kopernikçiliğe tümüyle yabancı olan bu öncül, dünya görüşlerinin temeliydi.

Ancak bu öncülün o kadar da yabancı sayılamayacak bazı çarpıcı sonuçları vardır. Örneğin, atomcuların boşluğunun boyutu sonsuz olmalıdır. Bu boşluk yalnızca maddeyle sınırlandırılabilir; maddenin de boşlukla sınırlandırılmış olması gerekir. Aristoteles fiziğinde olduğu gibi, madde ile uzay birlikte sona erseydi, evreni

sınırlama sürecinin sonu olmazdı. Yine, atomcuların evreninde herhangi bir özel konum ya da eşi benzeri olmayan cisim yoktu. Boşluğun kendisi nötrdü; bütün konumlar diğerlerine benziyordu. Atomlar rastlantısal devinim ve çarpışmalarla belirli bir noktada bir yığın oluşturdukları, rastlantıyla karşılaştıklarında birbirlerine dolanıp yapıştıkları için, Dünya ya da Güneş başka yerlerde değil, belli yerlerde oluşmuşlardı. Bu süreç pekâlâ başka yerde de ortaya çıkabilirdi. Aslında, evren sonsuz olduğu ve sonsuz sayıda atom içerdiği için, bu sürecin başka bir yerde herhangi bir zaman gerçekleşmiş olması neredeyse kesindi. Atomcu kozmolojinin sınırsız boşluğunu çok sayıda atom kadar, çok sayıda Dünya ve Güneş de doldurmaktaydı. Bu kozmolojide herhangi bir dünyevi-göksel ayrımı olanaklı değildi. Atomculara göre, aynı türdeki madde, özelliği aynı kalan sonsuz ve nötr bir boşluğun her yerinde, aynı yasalara uymaktaydı.

Kopernikçilik Dünya'nın biricik olduğu görüşünü, dünyevi-göksel ayrımını geçersiz kıldığı ve evrenin sonsuz olabileceğini ileri sürdüğü için, atomcuların sonsuz boşluğu, Kopernik'in Güneş sistemine ya da daha doğrusu, çok sayıdaki Güneş sistemine doğal bir mekân sağlıyordu. Bruno'nun başlıca katkısı, eskiçağdaki öğretilerle modern öğretiler arasındaki bu belli belirsiz yakınlığın farkına varması ve bu konuyu ayrıntılı bir şekilde irdelemesiydi. Bu doktrinler arasında bir yakınlık olduğunun farkına varıldığında, on yedinci yüzyılda atomculuk, sonlu Kopernikçi evrenini sonsuz ve kalabalık bir evrene dönüştüren birkaç düşünce akımının arasında en etkilisi ve en uzun erimlisi olarak öne çıktı. Ancak, kozmolojik uzamı genişletmesi, atomculuğun

yeni evrenin kuruluşunda oynadığı önemli rollerden yalnızca birincisidir.

Parçacıklardan Oluşan Evren

On yedinci yüzyıl başlarında atomculukta büyük bir canlanma olmuştur. Kısmen Kopernikçilikle belirgin bir uyum içinde olması, kısmen de giderek gözden düşen skolastik dünya görüşünün yerini almaya uygun tek gelişmiş kozmoloji olması nedeniyle atomculuk, bilimsel imgelemi yönlendiren "yeni felsefe"nin temel ilkesi olarak Kopernikçilikle sıkı bir birlik oluşturdu. Donne'un "yeni felsefe" yüzünden evrenin "yine atomlarına bölünmüş" olmasından yakınması, daha önce birbirlerinden ayrı olan bu düşünsel akımlarının birleşmesini haber vermektedir. 1630'a gelindiğinde, fizik bilimlerindeki araştırmalara yön verenlerin birçoğunda bu birleşmenin etkileri görülür. Bunlar Dünya'nın devinmekte olan bir gezegen olduğuna inanıyor, Kopernikçi anlayışın ortaya koyduğu sorunlara eskiçağ atomculuğundan türettikleri bir dizi "parçacıkçı" öncülle yaklaşıyorlardı.

On yedinci yüzyıl bilimini dönüştüren "parçacıkçılık" (corpuscularism), eskiçağ atomculuğunun öncüllerini çoğu zaman ihlal etse de atomcuydu. Bu "yeni filozof"ların bazıları parçacıkların ilkece bölünebilir olduğuna inanıyordu; ancak tümü de bu parçacıkların çok ender olarak bölündüğü ya da hiç bölünmediği konusunda uzlaşıyordu. Bazıları boşluğa kuşkuyla yaklaşıyordu; ancak bütün uzayı kendisiyle doldurdukları esir akışkanı, çoğu bakımdan boşluk kadar nötr ve pasifti. Hepsinden önemlisi, bu kişilerin tümü de farklı parçacıkların devinimlerinin, etkileşimlerinin ve birleşmele-

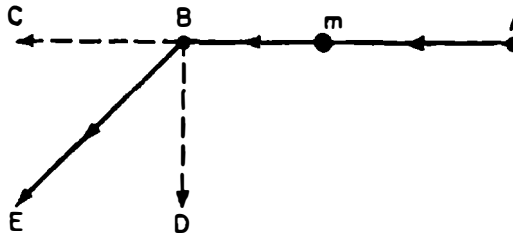
rinin Tanrının Yaratılışta cisimler için koyduğu yasalara uygun olarak gerçekleştiğini kabul ediyordu. Parçacıkçılar için bu yasaların ortaya çıkarılması yeni bilimin programındaki birinci sorundu. İkincisiyse, bu yasaların duyu deneyimindeki zengin akışın açıklanmasında nasıl kullanılacağıydı.

Fransız filozof René Descartes (1596-1650), bu programı Kopernik evreninin sorunlarına sistemli bir biçimde uygulayan ilk kişidir. Descartes işe tek bir taneciğin boşlukta nasıl devineceğini sorarak başlıyordu. Bunun ardından, bu parçacığın serbest deviniminin ikinci bir parçacıkla çarpıştığında nasıl değişeceğini soruyordu. Parçacıklardan oluşan bir evrendeki tüm değişimlerin parçacıklar arasındaki çarpışmalarla belirlenen serbest parçacık devinimleri dizisinin sonucu olduğuna inandığı için, Kopernik evreninin tüm yapısını böylesi birkaç soruya verilecek yanıtlardan çıkarsayabileceğini düşünüyordu. Her ne kadar çıkarımlarının hepsi sezgisel ve pek çoğu yanlış olsa da Descartes'ın imgelemiyle aklına dayattığı bu kozmoloji gerçeğe çok benziyordu. Ayrıntılı olarak ilk kez 1644 yılında *Felsefenin İlkeleri* başlıklı çalışmasında yayınlanan Descartes'ın bu görüşü, bir yüzyıla yakın bir süre boyunca bilime geniş ölçüde egemen oldu.

Descartes ilk soruya verdiği yanıtta son derece başarılıydı. Ortaçağ *impetus* kuramının çağdaş biçimlerini atomcu kozmolojinin sonsuz ve nötr uzayındaki bir parçacığa uygulayarak devinimin eylemsizlik yasasının ilk açık ifadesini ortaya koymuştu. Boşlukta durmakta olan bir parçacığın durmaya devam edeceğini, devinmekte olan bir parçacığınsa, başka bir parçacık tarafından yolundan saptırılmadıkça, doğrusal bir çizgi üze-

rinde aynı hızda devinmeyi sürdüreceğini söylüyordu. Özellikle Galileo'nun geliştirdiği biçiminde olduğu gibi, parçacık hızının sabit olması, dördüncü bölümün sondan bir önceki kısmında tartıştığımız *impetus* kuramının doğrudan bir sonucuydu. Ancak, devinimin doğrusallığı yeni ve oldukça önemli sonuçları olan bir düşünceydi. Bu, atomculuğun on yedinci yüzyıl bilimine getirdiği verimli önerilere tipik bir örnektir. Atomcuların sonsuz boşluğu herhangi bir merkezi olmayan bir uzaydı ve (on yedinci yüzyılın başlarında bir yana bırakılan birkaç gözden düşmüş biçimi dışında) bu uzayın "aşağı" ve "yukarı" gibi kendine özgü yönleri yoktu. Böyle bir uzayda, dış etkilerden bağımsız bir cisim ancak durabilir ya da doğrusal olarak devinebilirdi. Kopernik'in, Galileo ve diğer ilk Kopernikçilerin skolastik *impetus* kuramından aldıkları kendi kendine süren çembersel devinim kavramı olanaksızdı. Descartes'ın çalışmasından sonra bu devinim biçiminin Kopernikçi evrenin kuruluşunda hiçbir önemli işlevi kalmadı.

Descartes doğadaki tüm parçacıkların ya da parçacık kümelerinin hızlarını ve yönlerini sürekli olarak değiştirdiklerinin farkına varmıştı. Bu değişimlerin diğer cisimlerden kaynaklanan dışsal itmeler ve çekmeler sonucunda oluşması gerektiğini söylüyordu (Şekil 46). Bu nedenle, parçacıkların çarpışmaları araştırılması gereken ikinci konuydu. Descartes bu konuda daha az başarılıdır. Ardılları onun çarpışmaya ilişkin yedi yasasından yalnızca birini korudular. Ancak, Descartes'ın çarpışmalara ilişkin yasaları bir yana bırakılmış olsa da çarpışma sürecine ilişkin görüşü kabul görmüştür. Parçacıkçılık bu kez de ortaya yeni bir sorun koymuştu ve bu sorun Descartes'in ölümünden otuz yıl sonra çö-



Şekil 46. Bir itmenin eylemsizlik devinimine etkisi. *m* cismi, *A* noktasında, *B*'ye doğru hızlı bir biçimde itilir. Eğer *m* cismi bir daha itilmezse, *A*'dan *B*'ye sabit bir hızla doğrusal bir çizgi üzerinde ilerleyecektir. Cisim *B*'ye geldiğinde aynı yönde ikinci kez itilirse, *C*'ye doğru, ancak artan bir hızla yol almayı sürdürecektir. Ters yönde itilirse, *C*'ye doğru azalan bir hızla ilerlemeyi sürdürebilir ya da bu ikinci itme yeterince güçlüyse, bu kez, *B*'den geri teperek, *A*'ya doğru ters yönde ilerleyebilir. Son olarak, cisim *B*'ye ulaştığında *D*'ye doğru, yana doğru itilirse, *BE* eğimli çizgisi boyunca yeni bir eylemsizlik devinimine başlayacaktır. *BE* boyunca olan eylemsizlik devinimi, biri *A*'daki ilk itmeyle ortaya çıkan *BC* doğrultusunda, diğeriyse *B*'deki yana doğru ikinci itişten kaynaklanan ve *BD* doğrultusunda eşzamanlı iki eylemsizlik deviniminin sonucu olarak düşünülebilir.

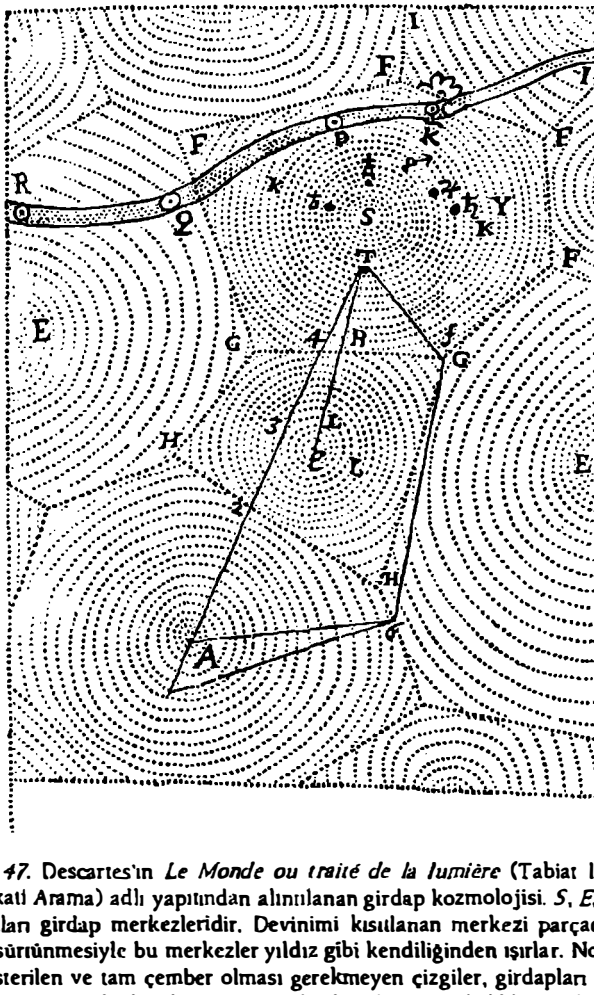
züldü. Bu çözüm, momentumun korunumu yasasını ve daha dolaylı bir yoldan da olsa, bir kuvvetle onun yarattığı momentum değişimi arasındaki kavramsal bağıntıyı veriyordu. Her iki gelişme de Newton'un evrenine giden yolda vazgeçilmez adımlardır.

Kendi devinim ve çarpışma yasalarından bir Kopernik evreni yapısına doğru ilerlerken Descartes, on yedinci yüzyıldan bu yana biliminin ve kozmolojisinin parçacıkçı temelini büyük ölçüde karanlıklaştıran bir kavram ortaya atmış, evreni dolu bir evren yapmıştır. Ancak Kartezyen uzayı dolduran madde, her yerde parçalıydı; Descartes parçalara ayrılmış bu plenumun davranışını saptamak için boşluk düşüncesinden sürekli ola-

rak yararlanıyordu. Bu düşünceyi ilkin tek tek parçacıklar için devinim ve çarpışma yasalarını belirlemekte kullandı. Öyle görünüyor ki Descartes, bu yasaların plenumda nasıl sonuç vereceğini bulmak için, önce parçacıkların eylemsizlik devinimlerinin çarpışmalarla kesildiği bir boşlukta yüzdüklerini varsaymış; sonra da bunları, çarpışmalarla eylemsizlik devinimlerini plenumdaki tek bir süreçte birleşinceye kadar birbirine yaklaştırmış ve boşluğu yavaş yavaş sistemden çekip çıkarmıştır. Ne yazık ki plenumdaki tüm parçacık devinimlerinin eşzamanlı devinimler olarak ele alınması gerekir; ancak bu, Descartes'ın pek çözmeye çalışmadığı, inanılmaz ölçüde karmaşık bir sorundur. Descartes, bu sorunun çözümü için mutlak anlamda gerekli olan aşamaların hiçbirinin üzerinde durmadan, kendi parçacık yasalarından nihai çözümüne doğru hayali bir sıçrama yapıyordu.

Descartes'a göre, plenumda kalıcı tek devinim biçiminin çembersel akıntıların içinde ortaya çıkacağı kendiliğinden apaçıktı. Böyle bir akıntıda her parçacık en yakın komşusunu ileri doğru iter; sonunda, boşluğu önlemek için, bu itiş yaklaşık bir çember üzerinden ilk parçacığa geri döner. Daha sonra, potansiyel boşluk doldurulduğunda, bu süreç yeniden başlar. Descartes için, çembersel akıntılar, olanaklı tek kalıcı devinim biçimiydi; bu nedenle, Tanrı yaratılış anında parçacıkları nasıl itmiş olursa olsun, bunların sonunda bütün uzaya saçılmış girdap gruplarında döneceklerine inanıyordu. Bunlardan küçük bir grup, Descartes'ın ilk eserlerinden birinden alınan bir çizimle, Şekil 47'de gösterilmektedir.

Descartes'ın bütün girdapları, en azından potansiyel olarak, parçacıkların eylemsizlik ve çarpışma yasalarının sonucunda oluşan ve bu yasaların hüküm sürdüğü



Şekil 47. Descartes'ın *Le Monde ou traité de la lumière* (Tabiat Işığı ile Hakikati Arama) adlı yapıtından alınıtılanan girdap kozmolojisi. *S*, *E*, *A* ve ε noktaları girdap merkezleridir. Devinimi kısıtlanan merkezi parçacıkların hızlı sürünmesiyle bu merkezler yıldız gibi kendiliğinden ışırlar. Noktalarla gösterilen ve tam çember olması gerekmeyen çizgiler, girdapları oluşturan ve sonsuza kadar dönen parçacık akıntılarının izledikleri yolu temsil ediyor. Girdabın merkezi olan *S*'nin çevresindeki noktalar, girdaptaki akıntıyla yörüngelerinde sürüklenen gezegenlerdir. Çizimin üst bölümünü boydan boya geçen *C* cismi, girdaplara girip çıkan bir kuyrukluyıldızdır. Bu kuyrukluyıldız, akıntının onu yakalayıp sabit çembersel bir yörüngeye sokamayacağı kadar yavaş olduğu bir bölgededir. Çizimin dışında kalan uzayı yine girdaplar doldurmaktadır. Bu girdapların her biri, Descartes'ın kalabalık Kopernikçi evreninde, en azından potansiyel olarak, bir güneş sistemini temsil eder.

birer güneş sistemiydi. Örneğin, parçacık çarpışmaları eylemsizliğin girdaptaki her parçacığa verdiği merkezkaç eğilimini tam olarak dengelemektedir. Geri kalan bütün parçacıklar ortadan kaldırılsaydı, her parçacık kendi çembersel yörüngesine teğet bir doğru boyunca ilerleyerek girdabın dışına çıkardı. Parçacığın girdabın dışına çıkmamasının nedeni yalnızca, girdabın kendine göre dış tarafındaki parçacıklarla sürekli olarak çarpışmasının onu hep geriye, merkeze doğru götürmesidir. Buna benzer çarpışmalarla, girdap merkezi çevresinde yaklaşık olarak çembersel yörüngelerde dönmekte olan gezegenleri oluşturan parçacık yığınları da sabitlenir.

Her bir girdap merkezinin bitmez tükenmez hızlı çalkalanma devinimiyle merkezden tüm uzaya dalgalarla iletilen sürekli bir titreşim oluşur. Descartes'a göre bu titreşim, girdapların merkezleri olan güneşlerden ya da yıldızlardan sürekli olarak yayılan ışıktır. Sonsuz sayıda yıldız merkezli gezegen sistemi olması, açıkça parçacıkçı öncüllerden türetilmektedir. Descartes'ın çıkarımları bu göksel görüngülerle de sınırlı değildir. Örneğin, Ay'ın devinimini, gelgitleri ve eğik atışı her bir gezegenin çevresinde küçük ve ikincil girdap grupları olduğunu söyleyerek açıklar. Daha küçük olan bu girdapların içindeki parçacık çarpışmaları Ay'ın yörüngesinde kalmasını sağlamakta, düşen taşları Dünya'ya doğru yönlendirmektedir. Descartes evreninde ağırlık bile, devinim, ışık ve tüm diğer duyusal görünümler gibi, sonunda, atomlara ilişkin devinim ve etkileşim yasalarınca yönetilen parçacık çarpışmalarına götürülebilecektir.

Bugün Descartes'ın girdap kozmolojisindeki ve bu kozmolojiden çıkarsadığı astronomi, optik, kimya, fizyoloji, jeoloji ve dinamikteki hataları, yetersizlikleri or-

taya çıkarmak çocuk oyuncağıdır. Descartes'ın görüşü esin vericiydi, çok kapsamlıydı; ancak, ayrıntılarda ortaya koyduğu eleştirel yaklaşım oldukça zayıftı. Descartes'ın parçacık çarpışmalarına ilişkin yasaları, bu konuda verilebilecek sayısız örnekten yalnızca biridir. Fakat, onyedinci yüzyıl biliminin gelişiminde Descartes sisteminin ayrıntıları sistemin bütününden çok daha az önemlidir. Descartes'ın zeki ve yetenekli ardıllarına ve en başta Christian Huyghens'e esin veren bu sistemin ayrıntılı, geliştirilmiş biçimi değil, temelindeki kavrayıştı. Descartes'ın çarpışma ve ışığın yayılımı yasalarıyla girdaplara ilişkin tanımlarını değiştirebilirlerdi; değiştirdiler de. Ancak, onun evreni birkaç özel parçacık yasasıyla yönetilen bir makine olarak tanımladığı görüşten ödün vermediler. Elli yıl boyunca bu görüş, kendi içinde tutarlı bir Kopernikçi evren arayışının kılavuzu oldu. Kopernikçi bir evrene uyacak yapıya ilişkin bu temel görüşün, Kopernikçiliğin popülerleşmesine yardım ettiği bir eskiçağ dünya görüşünden büyük ölçüde esinlenmiş olması bir rastlantıya benzemiyor.

Mekanik Güneş Sistemi

Kopernik'in sonlu ve Güneş merkezli evreninden Kopernik Devrimine son biçimini veren Newton evrenine birbirinden tamamıyla ayrı iki tarihsel gelişme çizgisi izlenerek varılmıştır. Bunlardan biri, yukarıda tartıştığımız gibi, Kopernikçilik ile parçacıkçı felsefe arasındaki ilişkilere; diğeri ise Kopernikçiliğin gündeme taşıdığı ve ivedi olarak yanıtlanması gereken tek bir fiziksel soruna odaklanmış bir dizi çözüm girişimine ilişkindir: Gezegenleri devindiren şey nedir? Bu iki gelişme çizgi-

sinin de başlangıcı Kopernik'in ölümünün elli yıl sonrasına gider. Ortak çıkış noktaları, Kepler, Bruno ve diğer astronomların, Kopernik'in çalışmasındaki gerçekten yeni olan unsurlarla pseudo-Aristotelesçi unsurları birbirinden ayırmalarıyla ortaya çıkan yeni bilimsel bakış açısıdır. Bu iki çizgi Newton'un Kopernik evreninin yapısına ilişkin son düzenlemesinde yeniden kesişir; bu düzenlemede her iki çizgiden gelen temel öğeler vardır. Her ne kadar bu iki gelişme çizgisi arasındaki dikkat çekici koşutluklar kimi zaman ikisinin de aynı yönde ilerlediklerine ilişkin bir kanıt olarak görülmüş olsa da bunlar başlangıç ve varış noktaları dışında hemen her zaman birbirinden ayrıydılar.

Gezegenlerin deviniminin fiziksel olarak açıklanmasına ilişkin sorun, on altıncı ve on yedinci yüzyıllarda pek de yeni bir sorun değildi. Ne Aristoteles, ne Batlamyus, ne de ortaçağ astronomları gezegenlerin devinimindeki bütün küçük düzensizliklerin fiziksel nedenini tam olarak saptayabilmişlerdi. Ancak, geleneksel bilim en azından tüm gezegenlerin tutulumda doğuya doğru sürüklenmesini açıklamıştı. Gezegenler ve içine yerleştirildikleri küreler, kusursuz bir göksel tözden, doğasını evrenin merkezi çevresindeki sonsuz dönüşler olarak açığa vuran bir tözden oluşuyordu.

Kopernik, gezegen devinimine ilişkin geleneksel açıklamayı korumaya çalışmıştı. Ancak, doğal gök devinimleri kavramı, Güneş merkezli bir evrene, Dünya merkezli bir evrene uyduğu kadar uymuyordu; Kopernik'in ilk önerisindeki uyumsuzluklar da uzun bir süre boyunca gizli kalamadı. Gezegenlerinin ortalama devinimlerinde doğuya doğru sürüklenişini açıklamak için bile, Kopernik sistemi Dünya'nın her bir parçacığının

doğal olarak iki farklı merkez, yani evrenin sabit merkezi ve Dünya'nın dönmekte olan merkezi çevresinde dönmesini gerektirmekteydi. Ay gibi bir uydunun her bir parçacığı eşzamanlı olarak en azından üç merkez – evrenin merkezi, uydunun bağlı olduğu gezegenin merkezi ve kendi merkezi – tarafından yönetilmekteydi. Bu yüzden Kopernikçilik, bu devinimleri birbirine bağlamakla, aynı zamanda hem sabit hem de devinen birçok merkezle ilişkilendirmekle, kendiliğinden süren çembersel devinimlerin akla yakınlığı konusunda ciddi kuşkulara yol açmıştı. Üstelik hem pek çok merkez olduğu, hem de bunların devinimli olduğu görüşü, Kopernikçi devinimlerle uzayın içkin geometrisi arasında değişmez bir bağıntı kurulmasını olanaksızlaştırıyordu. Aristoteles fiziğinde tüm doğal devinimler ya evrenin merkezine doğru ya merkezinden dışa doğru ya da merkezi çevresindeydi. Yalnızca geometrik bir nokta da olsa, benzersiz ve uzayın sınırıyla arasındaki bağıntı tarafından mutlak bir biçimde belirlenmiş olduğu için bu merkeze, akla yakın bir şekilde özel bir nedensel rol verilebilirdi. Kopernik'in önerisi ise, bazı doğal devinimlerin, devinimli merkezler tarafından yönetilmesini gerektiriyordu; bu devinimli merkezler de yalnızca geometrik konumlarına bağlı olarak nedensel bir rol üstlenemezdi.

On altıncı yüzyıl sonlarında ve on yedinci yüzyıl başlarında diğer yeni astronomik öğretiler birbirlerine yaklaşarak gezegenlere ilişkin fiziksel sorunu daha da belirginleştirdiler. Bir yandan kuyrukluyıldızlara ilişkin yeni gözlemlerle, bir yandan da Brahe sisteminin gitgide popülerleşmesiyle, yıldızlar küresi dışındaki gökküreleri kullanılmaz olmuştu. Bu kürelerle birlikte, daha önce gezegenlerin ortalama çembersel devinimlerini açıkla-

mak için kullanılan bütün fiziksel düzenek de geçmişte kaldı. Kürelerin ortadan kalkması bile klasik yaklaşımın sonunu getirmemiştir. 1632 gibi geç bir dönemde, *İki Büyük Dünya Sistemi üzerine Konuşmalar* adlı çalışmasında Galileo hâlâ, bu küreler olmasa bile tüm maddenin bileşik bir çemberler kümesi içinde doğal olarak, düzenli bir biçimde ve sonsuza kadar dönüp dönemeyeceğini tartışarak, Kopernik'in fiziksel öğretisini ayrıntılı bir şekilde incelemeye girişebiliyordu. Galileo'nun diyalektiği, çok az büyük bilimsel eserin boy ölçüşebileceği kadar parlak ve etkileyici olsa da sözkonusu yaklaşımın temelde güvenilmez olduğunu uzun süre gizleyemedi. Galileo'nun *Diyalog*'u Kopernikçiliği çok geniş ölçüde popülerleştirmesi açısından önemliydi; ancak onun fizik bilimine yapmış olduğu anıtsal katkılar diğer çalışmalarında yer alır. Galileo'nun ölümünden sonra gezegenlere ilişkin fiziksel sorunda oldukça farklı gelişmeler olmuştur; çünkü Galileo'nun *Diyalog*'u yayınlanmadan önce Kepler Kopernikçiliğe ilişkin fiziksel sorunlara yeni bir boyut kazandırmış, bu sorunların çözümü için yeni yöntemler önermişti.

Kepler kozmolojide dış tekerleme eğrilerinin ve dışmerkezlilerin gereksiz bir şekilde kullanılmasından vazgeçerek, göksel görünümlerin tüm karmaşıklığını ilk kez fiziksel çözümleme konusu yapma olanağını yaratıyordu. Yalnızca gezegenlerin ortalama olarak doğuya sürüklenişini ele alan Kopernikinki ya da Galileonunki gibi bir açıklama, akla yakın gibi görülse bile artık yeterli görünmüyordu. Artık ortalama sürüklenmelerin değil, geometrik olarak basit ve kesin eliptik devinimlerin açıklanması gerekiyordu. Ancak yeni ortaya çıkan bu kesinliğe ve basitliğe bir bedel ödeyerek ulaşılabil-

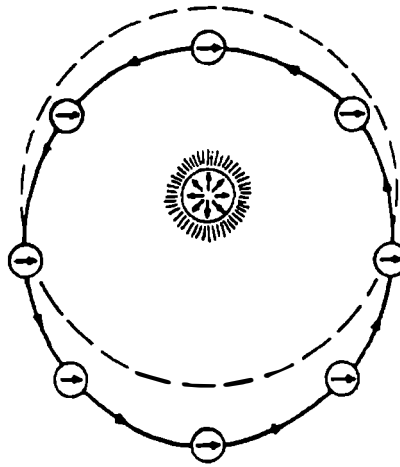
miştir. Klasik astronominin ortalama dairesel devinimlerinin aksine, İkinci Yasaya uyan eliptik devinimler, herhangi bir merkeze göre simetrik olmadıkları için, doğal devinimler olamazdı. Bir taşıyıcı çember üzerinde ve hatta basit bir dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sisteminde sabit bir hızla devinmekte olan bir gezegen, bir anlamda kendi yörüngesindeki bütün noktalarda ve her bir noktada "aynı şeyi yapan" ya da "aynı biçimde devinen" bir gezegendir; bu devinimin o gezegen için "doğal" olması anlaşılabilir. Öte yandan, Kepler Yasalarına uyan bir gezegenin yörüngesinin her noktasındaki hızı, yönü ve eğriliği değişmektedir. Bu değişimlerin, göklerde bir gücün, gezegenin devinimini yörüngesinin her noktasında sürekli olarak değiştirecek bir biçimde etki eden bir gücün devreye sokulmasını gerektirdiği düşünülüyordu. Asimetrik devinim göklerde de Dünya üzerinde de en doğal biçimde, sürekli bir itme ya da çekmenin sonucu olarak açıklanabilirdi.

Başka bir deyişle, ilkin Kopernik'in getirdiği yenilik gezegen devinimine ilişkin geleneksel açıklamayı geçersiz kılmış, ardından da Kepler'in yaptığı değişiklikler gök fiziği için kökten yeni bir yaklaşımın yolunu açmıştı. Bu yeni yaklaşım ilk kez, on altıncı yüzyılın son ve on yedinci yüzyılın ilk on yıllarında Kepler'in yazılarında ortaya çıkmıştır. Bu, temel olarak, Dünya'ya ve göklere ilişkin yasaları birleştirmek için Kopernik'in kullanmış olduğu, Galileo'nun diriltiği tekniğin tersine çevrilmesiydi. Kopernik ve Galileo geleneksel kozmolojinin göklere ilişkin doğal, çembersel devinim kavramını Dünya'ya uygulayarak birörnekliğe varıyorlardı. Kepler ise aynı sonuca, yeryüzünde etkin bir kuvvet sonucu ortaya çıkan devinimlere ilişkin eskiçağ görüşünü

göklere uygulayarak, daha verimli olacak bir biçimde ulaşıyordu. Hiçbir zaman ayrılmadığı Yeni-Platoncu Güneş anlayışının rehberliğinde Kepler, gezegen devinimi için nedensel bir temel oluşturmak amacıyla, Güneş'ten ve gezegenlerden yayılan kuvvetler olduğunu ileri sürdü. Yazılarında Güneş sistemini ilk kez bir yeryüzü makinesi örneğine göre kuruyordu. Her ne kadar ilk biçimiyle bu görüş ham idiyse de gelecek Kepler'in yaklaşımıyla biçimlenecekti.

Kepler'in Güneş'e atfettiği kuvvetlerin ilki, altıncı bölümde kısaca incelediğimiz *anima motrix*'tir. Kepler bunu tutulum düzleminde Güneş'ten çıkan ve Güneş'in sürekli dönüşüyle çevresine ilettiği bir ışın sistemi olarak tasarlıyordu. Devinen kollar bir gezegenden geçerken onu itiyor ve Güneş çevresinde bir çemberde dönmeye zorluyordu. Gezegenin temel çembersel yörüngesini elipse dönüştürmek için Güneş ile gezegen arasındaki uzaklığı yörüngenin farklı bölümlerinde değiştirecek ikinci bir güç gerekiyordu. Bu ikinci gücü Kepler manyetizma olarak tanımladı. Manyetizma yakınlarda, İngiliz fizikçi William Gilbert'in 1600 yılında yayınladığı etkili bir kitapta, *Mıknatıs Üzerine*'de ayrıntılı bir biçimde araştırılarak kayda alınmıştı. Gilbert Dünya'nın da çok büyük bir mıknatıs olduğunu fark etmişti. Kepler bu genellemeyi Güneş sisteminin diğer cisimlerini de içerecek bir biçimde genişletti. Ona göre, yalnızca Dünya değil, gezegenler ve Güneş de mıknatıstı; gezegenlerin yörüngeleri de çeşitli kutupların birbirini çekip itmesiyle belirleniyordu.

Kepler'in fiziksel kuramının ayrıntıları Şekil 48'de gösteriliyor. Ardıllarının pek azı onun bu kuramını, gezegenlerin yörüngelerine ilişkin matematiksel tanımı ka-



Şekil 48. Kepler'in mekanik Güneş sistemi. Güneş çizimin merkezindedir; Güneş'ten yayılan çizgiler, başka manyetik kuvvetler olmadığında gezegeni. merkezi Güneş olan ve kesikli çizgilerle belirtilen çemberde itecek olan *anima motrix*'i temsil etmektedir. Kepler'e göre bu dairesel devinimi bir elipse dönüştüren mıknatıslar ise oklarla gösterilmektedir. Güneş'in güney kutbu, merkezinde gömülüdür ve burada hiçbir etkisi yoktur. Güneş'in kuzey kutbu, yüzeyine eşit bir biçimde dağıtılmıştır. Dünya'nın manyetik ekseni, Dünya dönerken kendisine yaklaşık olarak hep paralel kalır. Bu nedenle, gezegen şeklin merkezinden çizilecek dikey çizginin sağında olduğunda, güney kutbu Güneş'e kuzey kutbundan daha yakındır ve Güneş'e doğru yavaş yavaş çekilir. Deviniminin geri kalan yarısında ise gezegen yavaş yavaş itilir. Gezegenin bütün konumlarındaki yörüngesel hızı, *anima motrix* Güneş'e yaklaştıkça daha güçlü olduğu için, Güneş'e uzaklığıyla ters oranlıdır.

dar ciddiye almıştır. Kepler'in dinamiğe ilişkin kavramlarından bazıları yazılarını kaleme aldığında eskimişti; Güneş gezegenlerin gözlenen periyotlarının nedenini açıklayamayacak kadar yavaş dönmekteydi; manyetik iğneler kullanarak gözlendiğinde, Dünya'nın manyetik ekseninin yönünün, astronomik gözlemleri açıklayacak yönden farklı olduğu görülüyordu. Bu nedenle, Kep-

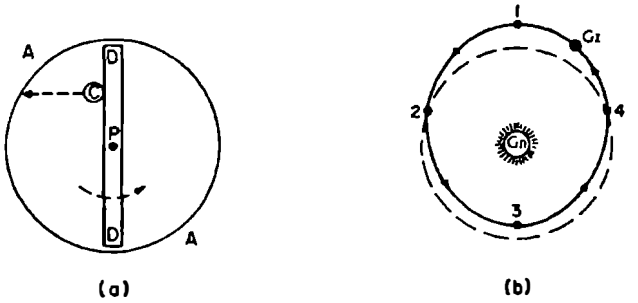
ler'den sonra on yedinci yüzyıldaki bilimsel yazılarda *anima motrix*'e de manyetik Güneş kavramına da pek sık rastlanmaz. Ancak, Kepler'in kendi kendine yeten ve kendi kendini yöneten bir makine olarak Güneş sistemi görüşü, sürekli olarak yinelenen bir görüş olmuştur. Kopernikçilik on yedinci yüzyılda geliştikçe bu görüşün iki açıdan çok önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

İlk bakışta parçacıkçı felsefeden tümüyle bağımsız gibi görünse de Kepler'in fiziksel sistemi parçacıkçılığın bazı önemli sonuçlarını pekiştirmiştir. Özellikle sonsuz ve nötr uzay görüşüne giden ikinci bir doğal yol açmıştır. Kepler'in gezegen düzeneğinde bir gezegenin devinimi yalnızca bir başka fiziksel cisimle, Güneş'le olan ilişkisine bağlıydı. Güneş'in konumu ne olursa olsun manyetizma ve *anima motrix* aynı şekilde işlev görüyordu. Kepler'in kendisi Güneş'i sonlu bir yıldızlar küresinin merkezinde tutmuş olsa da böyle bir merkez zorunlu değildi. Parçacıkçılık da benzer sonuçlara ulaşmıştı; ancak çok farklı gerekçelerden yola çıkarak ve büsbütün farklı bir yoldan giderek. Öyle anlaşılıyor ki Kopernikçiliğin en çarpıcı sonuçlarından bazıları, kendi içinde tutarlı bir Kopernikçi evrene götüren yaklaşımların hiçbiri tarafından gizlenememiştir.

Kepler'in geleneksel gök fiziğinin doğal, kuvvetten bağımsız ve uzay tarafından belirlenen devinimlerinin yerine şiddetli, kuvvetler tarafından belirlenen gezegen devinimlerini koyması, on yedinci yüzyıl biliminin gelişmesinde ikinci bir önemli etkendi. Kepler'in mekanik Güneş sistemi, Newton'un *Principia*'sında (Doğa Felsefesinin Matematik İlkeleri) doruğa ulaşacak bir dizi sistemin ilkidir. Tarihsel olarak, bu diziyi etkileyen gelişmeler son derece karmaşıktır. Başlı başına bir kitabın

konusu olabilecek nitelikteki bu gelişmeler, yeni bir dizi dinamik kavramının ve matematiksel tekniklerin dolambaçlı evrimine, bunların zahmetli çalışmalarla özümlenmesine bağlıdır. Ancak, kavramsal açıdan Kepler'den Newton'a geçiş, göreli olarak daha basittir. Kepler'in sisteminde yapılacak birkaç önemli düzeltmeyle bu sistem, nitel olarak Newtonunkine çok benzeyen bir sisteme dönüşecektir; bu düzeltmeler de doğrudan doğruya, Descartes'ın ortaya koyduğu eylemsizlik devinimi görüşünün gök fiziğindeki rolünün farkına varılmasının sonuçlarıdır. Kepler'in sisteminde eylemsizlik deviniminin olmaması, onun mekanik Güneş sistemini Newton'un yakın öncellerinin tasarladığı benzer sistemlerden ayıran temel özelliktir. Bu son dönem sistemlerinin ikisi, İtalyan G. A. Borelli'nin (1608-1679) ve İngiliz Robert Hooke'unkiler (1635-1703) bizi Newton sisteminin nitel özelliklerine epeyce yaklaştıracaktır.

Borelli'nin eylemsizlik devinimi görüşünün, Hooke'un görüşüyle karşılaştırıldığında pek çok eksiği vardır; bu nedenle onun gezegen kuramı Kepler'in kuramına çok daha yakındır. Kepler'den farklı olarak, Borelli gezegenlerin durmasını önlemek için herhangi bir itme gerekmediğinin farkına varmıştı. Ancak Borelli, bir gezegenin Güneş'e olan uzaklığının değişmesine bağlı olarak hızının da değişmesinin nedenini açıklamak için bir tür *anima motrix* kullanmaya devam ediyordu. Öyle görünüyor ki Borelli kimi zaman *anima motrix*'in sürekli bir itici güç olduğunu da düşünmüştü. Başka noktalarda Borelli, Kepler'den (ve Aristoteles'ten) daha kesin bir biçimde ayrılmaktadır. Özellikle, *anima motrix* gibi bir gücün sonucunda oluşan itmenin gezegenleri kapalı bir yörüngede sürekli devindiremeyeceğinin farkına var-



Şekil 49. Borelli'nin gezegenler kuramı. Çizim (*a*) Borelli'nin, gezegenlere ilişkin kurduğu düzeneğin modelini gösteriyor. Bu düzenekte *C* mantarı dönmekte olan *DD* koluyla, *AA* topu çevresinde saatin tersi yönde döndürülmektedir. Kol, hızlı bir şekilde çevrildiğinde *C* mantarı, düz bir çizgi üzerinde eylemsizlik eğiliminin baskın etkisi altında dönerek hızla topun kenarına doğru sarmal biçimli bir devinim yapar. Eğer kol yavaş döndürülürse, bu dönüşün sonucunda oluşan küçük merkezkaç eğilimi, *C* ve *P* noktalarına yerleştirilmiş olan mıknatıslar-arasındaki çekim tarafından fazlasıyla aşıldığı için, mantar topun merkezine doğru sarmal bir devinimle iner. Uygun bir ara hız değerinde bu iki karşıt eğilim, merkezcil ve merkezkaç eğilimleri dengelenecek ve mantar sürekli olarak çember içinde, Kopernikçi temel bir yörüngede devinecektir.

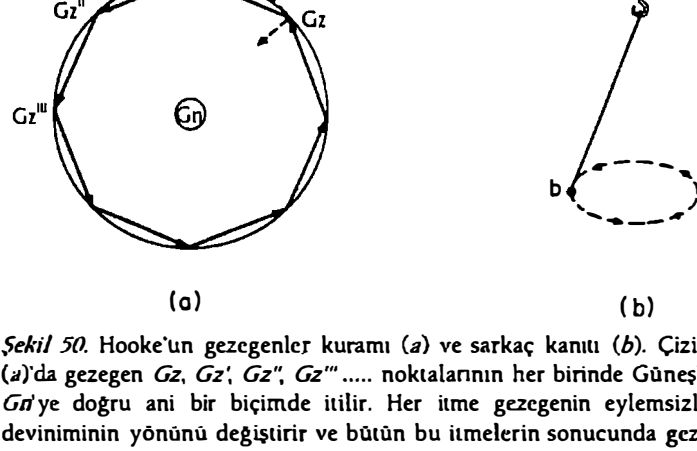
Çizim (*b*)'de, Borelli'nin eliptik bir yörüngeyi türetmesi görülüyor. Gezegen kesik çizgilerle gösterilen çemberde döndüğünde, *anima motrix*'in sonucunda oluşan merkezkaç eğilimi, gezegenin Güneş'e düşme eğilimini tam olarak dengelemektedir ve bu nedenle yörünge bir çemberdir. Bu noktada eğer gezegen kesik çizgili çemberden alınıp koyu çizgiyle gösterilen eğrideki, yani çemberin dışındaki 1 konumuna yerleştirilirse, gezegenin devinimi, *anima motrix*'in gücü Güneş'ten uzaklaştıkça zayıfladığı için, daha yavaş olacaktır; bu durum çizim (*a*)'da kolun daha yavaş dönüşüne karşılık gelir. Bunun sonucunda gezegen koyu çizgide Güneş'e doğru sarmal bir devinim yapmaya başlayacak, kesik çizgili çemberi 2 noktasında keserek *anima motrix*'in artan gücünün gezegenin hızını içe doğru sürüklenmesini önleyecek kadar artırdığı 3 noktasına doğru ilerleyecektir. Daha sonra gezegen kendisini 1'e doğru geri götürecek olan dışa doğru bir sarmal devinime başlar. Borelli, sonuçta ortaya çıkan yörüngenin bir elips olacağını öne sürmüştür.

mış ve bu görüşünü Şekil 49'da gösterilen hayali modelle kanıtlamıştı. Borelli gezegenleri doğrudan Güneş'e çekecek başka bir kuvvet olmadıkça, her gezegenin kendi yörüngesine teğet bir düz çizgi boyunca ilerleyeceğini ve Güneş sistemini büsbütün terk edeceğini düşünüyordu. Bu nedenle, yörüngeleri sabit tutmak için, yörüngesinden ayrılma eğilimde olan gezegenleri sürekli olarak Güneş'e doğru saptıracak ikinci bir kuvvet olduğunu öne sürdü. Borelli modelinde bu kuvveti temsil etmek için mıknatısları kullanıyordu; gökyüzündeyse bu kuvvetin yerine tüm gezegenlerin merkezdeki Güneş'e doğru düşmesi yönündeki doğal eğilimi koymakla, Aristotelesçi kavramların geçmişten gelen gücünü gösteriyordu.

Borelli, Güneş sistemi görüşünü 1666 tarihli bir kitapta ayrıntılı bir şekilde incelemişti; aynı yıl Robert Hooke, sonunda, gökteki devinimlerle yeryüzündeki bir makinenin devinimleri arasında tam bir koşutluk olduğunu gösteriyordu. Descartes'tan çok etkilenen Hooke, tam bir eylemsizlik devinimi kavramıyla ve Dünya ile göklere ilişkin yasaların özdeş olduğu düşüncesini kabul ederek yola çıktı. Böylece, hem *anima motrix*'ten hem de devinimin doğal eğilimleri olduğunu öne süren görüşlerin kalıntılarından vazgeçebiliyordu. Hooke, duyularımız bize gezegenleri iten ya da çeken herhangi bir şey olmadığını gösterdiğine göre, devinmekte olan bir gezegenin devinimini uzayda düz bir çizgi boyunca hep aynı biçimde sürdürmesi gerektiğini söylüyordu. Bu devinim düz bir çizgide değil de Güneş çevresinde sürekli bir kapalı eğride olduğu için, duyuların sağladığı dolaysız kanıtlar yanıltıcı olmalıydı. Güneş ile gezegenler arasında ek bir çekim ilkesi ya da kuvveti bulunmalıydı.

Hooke, böylesi bir kuvvetin gezegenlerin düz bir çizgi boyunca ilerleyen eylemsizlik devinimlerini sürekli olarak Güneş'e doğru saptıracağını söylüyordu; gezegenlerin Kopernikçi yörüngelerde devinmeleri için gereken tek şey buydu.

Hooke'un Kopernikçi bir gezegen devinimine ilişkin sezgisel görüşü, bir bakıma Hooke'un kendi çalışmalarından daha açık bir biçimde, Şekil 50*a*'da göste-



Şekil 50. Hooke'un gezegenler kuramı (*a*) ve sarkaç kanıtı (*b*). Çizim (*a*)'da gezegen *Gz*, *Gz'*, *Gz''*, *Gz'''*..... noktalarının her birinde Güneş'e, *Gn*'ye doğru ani bir biçimde itilir. Her itme gezegenin eylemsizlik deviniminin yönünü değiştirir ve bütün bu itmelerin sonucunda gezegen birçokgenin çevresinde devinir. Gezegenin merkeze doğru itildiği noktaların sayısı arttıkça, çokgenin kenar sayısı da artar. Bu artışın sınırı, merkeze doğru her noktada sürekli bir itmedir ve bir çember devinimi verir. Bu çembersel devinim fiziksel olarak, çizim (*b*)'de çizilen aygıtla kanıtlanmaktadır. Sarkacın ucundaki ağırlığa yana doğru bir itme kuvveti uygulanmadıkça, *b* kendi ağırlığıyla kesikli çizgilerle gösterilen çemberin merkezine yakın bir noktaya doğru çekilecektir. Ancak başlangıçta, sarkacın ucundaki ağırlığa, sarkaç ipine dik yönde yatay bir itme verildiğinde, sarkacın ucundaki ağırlığın devinimi saptırması yalnızca bir eğri biçiminde olabilir. İtme doğru bir şiddette olursa, sarkacın ucundaki ağırlık ya bir yatay çemberde ya da elipse çok benzeyen uzamış bir yörüngede dönecektir.

rilmektedir. Koyu çember (bu bir elips de olabilirdi) gezegenin Kopernikçi yörüngesidir ve gezegen bu yörünge üzerinde, sabit bir hızla devinmekte olduğu *Gz* noktasında gösterilmektedir. Güneş (*Gn*) ve gezegen arasında herhangi bir kuvvet olmasaydı, gezegenin yörüngeye teğet olan kesikli çizgiler boyunca sabit hızla ve dışa doğru düz bir çizgi üzerinde ilerlemesi gerekirdi. Ancak, gezegen *Gz*'de olduğunda Güneş'e doğru ani ve şiddetli bir şekilde itilirse, gezegen (Şekil 46'yı anımsayın) kesikli çizgilerle gösterilen ve çap üzerinde Güneş'e doğru yönelen kısa çizgi boyunca, diğer devinimiyle eşzamanlı bir devinim daha yapacaktır. Bu iki devinimin sonucunda, şekilde asıl yörüngeyle *Gz'* noktasında yeniden birleşen koyu renkli ok boyunca yeni bir eylemsizlik devinimi gerçekleşecektir. Eğer gezegen *Gz'* noktasında Güneş'e doğru şiddetli bir şekilde yeniden itilirse, *Gz"* noktasına doğru ikinci koyu ok boyunca ilerlemeye başlayacaktır. Bu süreç gezegen sonunda Gz'ye geri dönünceye kadar sürdürülebilir.

Yukarıda betimlenen itme dizisiyle gezegen, yörüngesini temsil eden yumuşak bir eğrinin çevresinde değil, birçokgenin çevresinde devinecektir. Ancak, koyu oklar dizisinin oluşturduğu çokgen gezegenin yörüngesine yaklaşmaktadır ve bu sonsuza kadar geliştirilebilir. Örneğin, *Gz*, *Gz'*, *Gz"*,.... noktalarında gezegene verilen itmelerin şiddetinin bu noktaların her birinde gezegenin yönünü daha az saptıracak ve bu nedenle de onu eğrisel yörüngesine daha kısa bir zamanda döndürecek bir biçimde azaltıldığını varsayalım. (Artık şiddeti azalmış olan) başlangıçtaki itmeler dizisine, gezegenin eğriye tekrar döndüğü *Gz* ile *Gz'*, *Gz'* ile *Gz"*,.... gibi noktaların arasındaki noktalarda gezegene uygulanmak üzere

yeni bir itme dizisi eklendiğini de varsayalım. Sonuçta ortaya çıkan devinim, hâlâ elips ya da çember değil, çokgen biçiminde olacaktır; fakat, bu çokgen biçimsel olarak artık çembere yaklaşmaktadır. Gezegene uygulanan itmelerin şiddeti daha da azaltılıp itmelerin sayısı daha da artırıldıkça, çembere daha çok yaklaşılır. Sonunda, her itmenin şiddeti yok denecek kadar az ve bu itmelerin sayısı sonsuz olduğunda, gezegen, yörüngesinin her noktasında Güneş'e doğru saptırılmış olur; gezegeni Güneş'e doğru yönlendiren bu kuvvet her noktada, her zaman uygun bir şiddette olursa, ortaya çıkan eğri tam da istenen elips ya da çember olacaktır.

Bu Hooke'un varsayımıydı ve oldukça belirsiz bir varsayım olarak kaldı. Hooke, bir kuvvetin büyüklüğüyle gezegenin yörüngesinden sapmasının boyutu arasında bir bağıntı kurmayı ve bu sürekli saptırma dizisinden bir elips türetmeyi bilmiyordu. Bu varsayımının işe yarayacağını göstermiyor, gösteremiyordu. Bu iş Newton'a kaldı. Ancak, Hooke merkeze yönlendirilmiş tek bir kuvvetin etkisiyle gezegen devinimleri gibi devinimler ortaya çıkaran bir model kurarak, görüşünü somut ve akla yakın bir biçimde öne sürebilmişti. 1666'da Royal Society'de meslektaşlarına, az önce içeriğini kısaca incelediğimiz bir konuşma yapıyor ve konuşmasını konik sarkaç dediği sarkacı göstererek bitiriyordu; bu, her yöne serbestçe devinebilen bir tel ve ucuna ağır bir top asılarak yapılmış bir sarkaçtı (Şekil 50*b*). Top, en aşağıdaki konumunda duruyorken hafifçe yana çekildiğinde, üzerinde etkili olan tek kuvvet, yaklaşık olarak sarkacın alt noktasına, asılma noktasının bir tel boyu kadar aşağısına doğru yönelen bir çekişti. Top alt noktadan yana doğru çekilmişken serbest bırakıldığında, yalnızca geri-

ye dönüyor ve sıradan bir sarkaç gibi, bir düzlem üzerinde düzenli olarak ileri geri salınıyordu. Ancak, çekilerek yeri değiştirildikten sonra bu sarkaca, topu alt nokta ile birleştiren çizgiye dik yönde sert bir biçimde yatay bir itme uygulandığında, top en alt noktaya dönmek zorunda değildi. Tıpkı bir gezegen gibi sürekli bir yörünge çizerek, alt nokta çevresindeki yatay bir düzlemde düzenli olarak salınabiliyordu. Devinimine uygun bir yönde ve uygun bir hızda başlarsa, top yatay bir çember boyunca dönüyordu. Bundan biraz farklı bir başlangıç hızı verildiğindeyse, elipse çok benzeyen uzatılmış bir yörüngede deviniyordu. Merkeze yönelen kuvvet, devinmekte olan topu merkeze doğru çekemiyor, yalnızca devinimin yönünü merkeze doğru saptırıyor ve böylece kesintisiz bir eğri oluşturuyordu. Merkeze yönelen bir kuvvet, laboratuvarda kapalı ve düzgün biçimli bir yörünge oluşturmuştu. Hooke göklerde buna benzer bir kuvvetin aynı etkiyi oluşturacağını söylüyordu.

Hooke'un modeli, belirsiz bir biçimde dile getirdiği kuramını hem anlaşılır hem de akla yakın kılıyordu; ancak bu model daha geniş bir anlamda da önemlidir: Gezegenlere ilişkin fiziksel sorunun, önce Kopernikçiliğin, sonra da parçacıkçı düşünce ile Kopernikçiliğin bileşiminin etkisiyle çok büyük ve verimli bir değişime yol açmasını çarpıcı bir biçimde göstermektedir. Gezegen deviniminin açıklanması Hooke için, Kepler ve Borelli için olduğundan da çok, uygulamalı bir mekanik sorununa, ilkece yeryüzündeki sarkaca ve eğik atışa ilişkin sorunlara özdeş bir soruna dönüşmüştür. Dünya'daki deneyler, göklere ilişkin doğrudan bilgi sağlar, göklere ilişkin gözlemler de doğrudan yeryüzünde uygulana-

bilir bilgiler verirler. *De Revolutionibus*'un gerekli kıldığı ve parçacıkçı düşüncenin kolaylaştırdığı Dünya-gök ikiliğinin aşılması süreci sonunda tamamlanmıştır. Kristal küreler ve göklere ilişkin diğer tüm özel aygıtlar ortadan kaldırılmış, bunların yerine dünyevi bir düzenek koyulmuş ve bu düzeneğin Aristoteles'in küreleri kadar işlevsel olduğu gösterilmiştir.

Yerçekimi ve Parçacıklardan Oluşan Evren

Kopernik'in yeniliğinin sonucunda ortaya çıkan ve ivedi olarak yanıtlanması gereken bir başka sorun da yeni evrenin evriminde çok önemli bir rol oynamıştır: Dünya'nın uzaydaki konumu ne olursa olsun, ağır cisimler niçin hep devinmekte olan Dünya'ya düşmektedir? Her ne kadar filozoflar bilimcilerin bu türden, yani "niçin"le başlayan sorular sormamaları gerektiği düşüncesini savunmuş olsalar da hiç kuşkusuz bu sorular on yedinci yüzyılda soruluyor, hatta verimli yanıtlar verilebilecek bir biçimde soruluyordu. Örneğin Descartes bu özel soruya, serbest cisimlerin merkezinde Dünya olan bir girdaptaki göksel parçacıklara çarparak Dünya'ya yöneleceği biçiminde bir yanıt veriyordu; Newton'dan sonraki yıllara kadar bu yanıtın doğru olduğuna yaygın bir biçimde inanılmıştır. Buna bir seçenek olarak ilk Kopernikçiler de bir çözüm geliştirmişlerdi: Ağır cisimler, tüm madde parçaları arasında işleyen içsel bir çekim ilkesi uyarınca Dünya'ya doğru çekilir. İçsel bir çekim ilkesine dayanan bu çözüm, parçacıkçı düşüncenin en azından birkaç temel öncülüyle uyum gösterecek bir biçimde biraz değiştirildiğinde, Descartes ve ardıllarının tümüyle parçacıkçı olan açıklamasına galip geliyordu.

Bugün yerçekimi olarak bilinen bu temel çekim ilkesi, on yedinci yüzyılın sonuna kadar yeryüzündeki pek çok devinimi ve göklerdeki devinimlerin tümünü açıklamak için anahtar işlevi görmüştür.

On yedinci yüzyıl biliminde geçerli olan görüşlerin çoğu gibi, yerçekiminin de geçmişe, eskiçağa kadar uzanan bir başlangıcı vardır. Örneğin Platon'un öncellerinden bazıları, benzer maddelerin birbirlerini çekmeleri ya da birbirlerini itmeleri gerektiğine inanıyorlardı. Fakat doğadan gelen bu çekme ve itmeye ilişkin ilkelerin, Dünya'nın gezegen olduğu görüşüyle birlikte yeniden anımsanıncaya kadar, manyetizma ve elektrik konularında yürütülen çalışmalar dışında, pek az somut uygulaması olmuştu. İlk bakışta bambaşka gibi görünen bu iki kavram, yerçekimi ve bir gezegen olarak Dünya kavramları arasındaki belirsiz ilişki, Oresme'nin Aristoteles'in *Gökyüzü Üzerine*'si üzerine yorumu kadar erken bir dönemde, daha önce işaret ettiğimiz (bkz. ss. 195-197) bir bölümde açıkça görülmektedir. Oresme, uzayda çok sayıda dünya olabilir, fakat taşlar Dünya'ya düşmelidir, çünkü madde evrenin geometrik merkezinde toplanmak yerine, doğal olarak maddede toplanmaktadır diyordu.

De Revolutionibus'un Birinci Kitabında Oresme'ninkine çok benzer bir gereklilik ortaya çıkmıştı. Kopernik, "Öyle sanıyorum ki yerçekimi (burada ağırlık anlamındadır), Yaratıcının parçaları bir küre biçiminde birleştirmek ve böylece birlik ve bütünlüklerini sağlamak için cisimleri oluşturan parçalara bahşetmiş olduğu doğal bir eğilimden başka bir şey değildir" diyordu (bkz. s. 256). Kepler de, Dünya ile onun parçaları arasında etkili olan bir çekim ilkesi düşüncesini ayrıntılı bir biçimde incelemişti. Hatta Kepler, aynı ilkenin Dünya ile Ay

arasında karşılıklı olarak işlediğini bile öne sürmüştü. Kepler, yalnızca Dünya-Ay sistemi dışındaki cisimleri incelerken *anima motrix* gibi özel göksel kuvvetlere gerek duyuyordu. Descartes'ın parçacıkçı ağırlık açıklamasının 1644 yılında yayınlanmasına kadar çoğu Kopernikçi serbest düşüşü Kepler'inkine benzer araçlarla açıklamayı sürdürdü. Ya manyetizma gibi Dünya'nın taşları ve taşların Dünya'yı çektiği doğal bir çekim ilkesi ya da taşların Dünya'nın fiziksel merkezine doğru düşmeye yönelik içsel bir eğilimi olduğu düşünülüyordu (bu ikisi, yalnızca bu durumdaki amaçlar göz önüne alındığında eşdeğerdir).

Yüzyılın ortalarından sonra serbest düşme konusundaki bu Kopernikçi açıklamalar, eylemsizlik devinimi kavramının benimsenmesinin sonucunda ortaya çıkan Kopernikçi sorunu çözmek için hemen uygulamaya koyuldu. Öncelikle Descartes ve sonra da Borelli, Hooke, Huyghens ve Newton, Güneş çevresindeki kapalı bir yörünge izlemesi için bir gezegenin sürekli olarak Güneş'e doğru "düşmesi" gerektiğini ve böylece, doğrusal eylemsizlik devinimi'nin bir eğriye dönüşeceğini gördüler. Bu "düşme"ye bir açıklama gerektiğinin farkına varıldığında, her Kopernikçi, Dünya'daki serbest düşme konusundaki açıklamasının biraz farklı bir biçimini göklere uyguladı. Descartes'ın gezegenleri, parçacıkların çarpmasıyla Güneş'e doğru itilmekteydi; Borelli'nin gezegenlerinin Güneş'e doğru devinmek gibi bir doğal eğilimleri vardı; Hooke'un gezegenleri ise doğalarına içkin bir karşılıklı çekimle Güneş'e doğru çekilmekteydi. Bunları zaten görmüştük.

Fakat, Hooke ve Newton, yaklaşık olarak aynı dönemde çok önemli bir başka adım daha attılar. Belki de

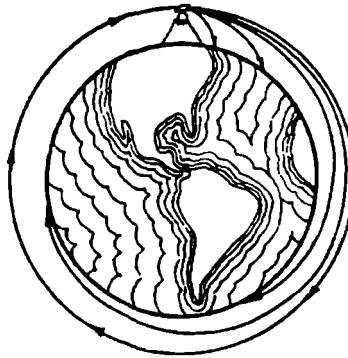
Descartes'ın Dünya ve göklerdeki düşüşü aynı düzeneğin yönettiği görüşünden yola çıkarak, gezegenleri Güneş'e, Ay'ı Dünya'ya çeken kuvvetle, taşların ve elmaların düşmesine neden olan kuvvetin aynı yerçekimi olduğunu ileri sürdüler. Belki de bu görüşe hangisinin daha önce ulaştığını asla bilemeyeceğiz. Ancak, Hooke, en azından, bu görüşü kamuoyuna duyuran ilk kişiydi ve 1674 tarihli ifadesi, daha sonra Newton'un nicel ve parçacıkçı bir biçime sokacağı, on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyılların bilimsel imgelemini yönlendiren görüşün açık bir betimlenmesi olarak hâlâ okunmaya değer. Hooke şunları yazıyordu:

> (Gelecekte bir tarihte) birçok noktada şimdiye dek bilinenlerden farklı (ve) mekanik devinimlerin ortak ilkelerine tüm ayrıntılarda doyurucu yanıtlar veren bir Dünya Sistemini açıklayacağım. Bu Dünya Sistemi, üç varsayıma dayanır: Birincisi, tüm gökcisimlerinin bir çekimi ya da kendi merkezlerine doğru bir yerçekimi gücü olduğudur. Böylece, Dünya için gözleyebildiğimiz gibi, bu gökcisimleri de yalnızca kendi parçalarını kendisine doğru çekmekle ve bunların kopmasını önlemekle kalmayıp, aynı zamanda kendi etkinlik küreleri içindeki tüm gökcisimlerini de çekmektedirler; buna bağlı olarak, Dünya'nın cismi ve devinimi üzerinde yalnızca Ay'ın ve Güneş'in ve onların üzerinde Dünya'nın değil, aynı zamanda Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün de çekim güçleriyle Dünya'nın üzerinde bir etkisi olduğu gibi, Dünya'nın da aynı biçimde bu çekim güçlerine karşılık gelen çekim gücüyle bütün bu gezegenlerin devinimleri üzerinde hatırı sayılır bir etkisi vardır. İkinci varsayım şudur: Düz ve basit şekilde devinmekte olan bütün cisimler, üzerlerinde etkili olan başka birtakım güçlerle saptırılıp eğilmedikçe ve böylece devinimlerinin yörüngesi bir çember, bir elips ya da daha bileşik bir eğri biçimini almadıkça, doğrusal bir çizgi boyunca devinimlerini sürdürürler.

> Üçüncü varsayım ise şudur: Bu çekim kuvvetleri, sözkonusu cisim merkezlerine ne kadar yakınsa o kadar güçlü etki yapar. Şu anda bunların derecelerinin ne olduğunu deneysel olarak doğrulamış değilim; ancak bu kavram gereğince uygulandığında, astronomlara tüm göksel devinimleri kesin bir kurala indirgemekte çok büyük ölçüde yardımcı olacaktır; korkarım o olmaksızın sözkonusu indirgeme hiçbir zaman doğru bir biçimde yapılamayacaktır.[1]

Hooke'un ilk iki "varsayımı", yeni evrenin temel öncülleridir. Eylemsizlikle birlikte tek bir çekim gücü, yani yerçekimi, hem göksel devinimleri hem de yeryüzündeki eğik atışları belirlemektedir. Bu yeni evrende gezegenler ve uydular, en azından çıkarım gereği olarak, yeryüzündeki eğik atışlardı; bir toptan ateşlenen ve fırlatılma hızları çok büyük olduğu için hiçbir zaman Dünya'ya düşmeyen, sürekli olarak onun etrafında dönen gülleler gibiydiler. Newton evrene ilişkin bu betimlemeyi *Dünya Sistemi* adlı yapıtında açıklığa kavuşturmuş ve tanıtmıştır (Şekil 51). Ancak Hooke'un bu konudaki vurguları kavramsal temellerden daha fazlasını verir. Yukarıda Hooke'dan alıntılanan bölüm, yeni evren tasarımının tamamlanabilmesinden önce çözülmesi gereken temel sorunlardan ikisini açıkça göstermektedir: Yerçekimi kuvveti birbirini çeken cisimler arasındaki uzaklığın değişmesiyle nasıl değişmektedir? Ve, bu çekim yasasına ilişkin bilgi hem Dünya'daki hem de gökteki devinimlerin tahmininde nasıl kullanılabilir?

Hooke bu sorunlar çözülmedikçe hiçbir şey yapamazdı. Kepler'in gezegen yörüngeleri tanımından çekim yasasını türetecek kadar yetkin bir matematikçi değildi; St. Paul katedralinin tepesine ve maden ocaklarının dibine kadar taşıdığı araçlar, yer yüzeyinin yakınlarında



Şekil 51. Newton'un top güllesini bir uydu olarak betimlemesi. Güllenin hızı arttıkça yörüngesinin uzunluğu da artar ve gülle böylece Dünya'nın eğri yüzeyi çevresinde daha uzak bir noktaya kadar gidebilir. Bu hız yeterince büyük olduğunda, gülle Dünya'ya hiç düşmez ve yaklaşık olarak çembersel bir yörüngede sürekli döner.

yerçekimindeki küçük değişimi ölçebilecek kadar duyarlı aygıtlar değildi. Ancak Hooke, bu alanda çalışan tek bilimci de değildi. Ne kendisi, ne de çağdaşlarının haberi olmasa da, Isaac Newton (1642-1727) Hooke'un nitel kavramlarına önemli ölçüde zaten kendi başına ulaşmıştı. Üstelik, sonradan keşfine ilişkin kendi verdiği tarihe güvenilirse, Newton bu kavramları Hooke'un yerçekiminin "derecelerini" saptamak için yukarıda alıntıladığımız bölümün yazıldığı tarihten sekiz yıl önce kullanmıştı.

Newton 1666 yılı civarında bu soruna tekrar dönerek, sabit bir çembersel yörüngede kalması için bir gezegenin Güneş'e ya da Ay'ın Dünya'ya hangi oranda "düşmesi" gerektiği sorununu matematiksel olarak çözmeyi başarmıştı. Bu düşüşün matematiksel oranının gezegenin hızı ve dairesel yörüngesinin yarıçapına bağlı olarak nasıl değiştiğini bulan Newton, bundan oldukça

önemli iki fiziksel sonuç türetebildi. Newton, gezegenlerin hızları ile yörünge yarıçapları arasındaki bağıntı Kepler'in Üçüncü Yasasının belirttiği gibiyse, gezegenleri Güneş'e yönelten çekim kuvvetinin, gezegenlerin Güneş'ten uzaklığının karesiyle ters orantılı olarak azalması gerektiğini bulmuştu. Güneş'ten bir başka gezegene göre iki katı kadar uzakta olan bir gezegenin çembersel yörüngesinde kalarak gözlenen hızıyla devinimini sürdürmesi için, ilk gezegen için gereken çekim kuvvetinin yalnızca dörtte biri kadar bir çekim kuvveti gerekecekti. Newton'un ikinci bulgusu da aynı ölçüde kapsamlıydı: Güneş ile gezegenler arasındaki çekime ilişkin ters kare yasasının, uzaklardaki Ay ile yakındaki bir taşın Dünya'ya düşme oranları arasındaki farkı da oldukça iyi açıklayacağını ortaya çıkarıyordu. Newton, on üç yıl sonra, Hooke'la yaptığı bir tartışma çerçevesinde bu soruna tekrar dönerek sonuçlarını daha da genelleştiriyor ve bir ters kare yasasının, hem yörüngelerin Kepler'in İlk Yasasının belirttiği gibi eliptik olmasını, hem de İkinci Yasasının tanımladığı hız değişimini açıklayacağını gösteriyordu.

Bilim tarihinde herhangi bir örneği olmayan bu matematiksel çıkarımlar, Kopernikçiliğin astronomiye getirdiği yeni bakış açısıyla ulaşılan tüm diğer başarıların önüne geçmiştir. Bunları giriş düzeyindeki bu çalışmada izleyemeyecek olmanız, Kopernik Devrimine ilişkin bu kısa sonsözün en kötü tarafıdır. Newton'un ters kare yasası ve bu yasayı devinimle ilişkilendiren matematiksel tekniklerinden yola çıkılarak, göklerdeki ve yeryüzündeki yörüngelerin biçimleriyle hızları ilk kez büyük bir kesinlikle hesaplanabiliyordu. Top güllesinin, Dünya'nın, Ay'ın ve gezegenlerin devinimleri arasındaki

benzerlik artık tasarlanarak değil, sayılarla ve ölçümlerle görülüyordu. Bu başarıyla birlikte on yedinci yüzyıl bilimi doruğuna ulaşmıştır. Fakat bu doruğun Kopernik Devriminin son aşaması olmaması oldukça gariptir. Kapsamına ve gücüne karşın, yerçekimi kavramı ve onun kullanılış biçimi ne Newton'u, ne de çağdaşlarının çoğunu tatmin etmişti. 1670'e kadar parçacıkçı düşünce, gelişmeye açık hemen tüm bilimsel araştırmalar için metafizik bir temel oluşturmuştu ve yerçekimi kavramı parçacıkçılığın öncüllerine iki önemli açıdan aykırı düşüyordu. Bu iki görüşün bağdaştırılması için elli yıllık araştırma ve tartışma dönemi gerekecektir. Sonunda ortaya çıkan yeni evrende hem parçacıkçılık hem de Newton'un yerçekimi kavramı bir kez daha değiştirilmiştir.

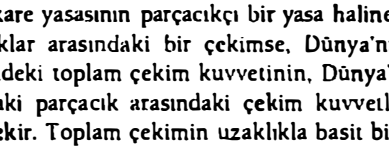
Newton'un mektupları ve üniversite defterleri, onun parçacıkçılığa her zaman bağlı kaldığına tanıklık eder. Kendisi de kullandığı yerçekimi kavramının metafizik açıdan yetersiz olduğunun kesinlikle farkındaydı. Bu, Newton'un gök fiziğine ilişkin ilk çalışmasının sonuçlarını açıklamayı ertelemesini en azından kısmen açıklamaktadır. Aslında Newton *Principia*'yı, yerçekimi kavramıyla parçacıkçı felsefe arasındaki açık uyuşmazlıklardan birini 1685 yılında çözene kadar yayınlamamıştır; bu tarihe kadar diğer uyuşmazlığı çözmek için de birçok girişimde bulunmuş ancak bunu başaramamıştır.

Parçacıkçı öncüllerle Newton'un ilk yerçekimi kuramı arasındaki birinci uyuşmazlık, Dünya'nın uzaktaki Ay ile yakındaki bir taşa uyguladığı çekim kuvvetlerinin karşılaştırıldığı 1666 tarihindeki hesaplarda ortaya çıkar. Taşın düşme oranını Ay'ınkiyle karşılaştırarak Newton, Dünya'nın yüzeyi dışındaki bir birim kütleye uyguladığı çekimin, bu kütleyle *Dünya'nın merkezi* arasın-

daki uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değiştiği sonucuna varmıştı. Bu basit ve deneyle iyi uyuşan bir görüştü. Üstelik, tüm Güneş sistemine oldukça başarılı bir biçimde uygulanıyordu. Ancak, parçacıkçı değildi. Parçacıkçılara göre, Dünya'nın dışındaki bir parçacığa uyguladığı çekim, ancak Dünya içindeki her bir parçacığın bu parçacığa uyguladığı çekim kuvvetleri toplanarak bulunabilir (Şekil 52). Eğer dışarıdaki parçacık Dünya'dan çok uzaktaysa, bu toplama kolayca yapılabilir. Bu durumda, dışarıdaki parçacık, Dünya'nın içindeki her bir parçacıktan aşağı yukarı eşit uzaklıktadır; bu parçacıkların bulundukları yer ne olursa olsun, her birinin dışarıdaki parçacık üzerinde uyguladığı çekim kuvvetinin büyüklüğü yaklaşık olarak aynıdır. Böylece, dışarıdaki parçacık üzerindeki toplam kuvvetin, Dünya'daki parçacıklar ortalama konumlarına doğru biraz kaydırılıp hepsi Dünya'nın merkezinde toplanacak olduğunda etki edecek kuvvetle yaklaşık olarak aynı büyüklükte bir kuvvet olması gerekir. O halde, her bir parçacığın çekim gücü ters kare yasasına uyuyorsa, çok uzaklardaki dev cisimlerin çekiminin de aynı yasaya uyması gerekir.

Ancak dışarıdaki parçacık yer yüzeyine yakın olduğunda, mikroskobik kuvvetlerin toplanması hiç de bu kadar kolay değildir. Bu durumda, uzaktaki büyük cisimler için kullanılan ters kare yasasının uygulanmasının pek olanağı yoktur. Dışarıdaki parçacık Dünya'ya yakınsa (Şekil 52), Dünya'nın bu parçacığa bakan yüzündeki parçacıklar ona, diğer yüzündeki parçacıklardan milyonlarca kez daha yakındır. Bu nedenle, dışarıdaki bu parçacığın yakınında olan parçacıklar daha uzaktaki parçacıklardan çok daha büyük bir çekim kuv-

veti uygularlar. Aslında, yakındaki bu parçacıklar dışarıdaki parçacığa uygulanan kuvvetin neredeyse tümünü uygulayacak ve dışarıdaki parçacık Dünya yüzeyine yaklaştıkça toplam çekim son derece hızlı bir şekilde artacaktır. Örneğin, bir elma üzerinde etkili olan toplam kuvvet hesaplanırken, elmanın Dünya'nın *merkezine* olan uzaklığının neredeyse hiçbir önemi yoktur. Newton bu uzaklığın önemsiz olmadığını gösterebiliyordu. 1685 yılında, dışarıdaki parçacığa uzaklıkları ne olursa olsun Dünya'nın tüm parçacıklarının merkezde bulunuyorlarmış gibi ele alınabileceklerini kanıtladı. Sonunda yerçekimini her bir parçacıkta temellendiren bu şaşırtıcı keşif, *Principia*'nın yayınlanması için bir başlangıç ve belki de önkoşuldu. Böylece Newton, hem Kepler Yasasının, hem de serbest düşüşün Dünya makinesini oluşturan temel parçacıklar arasındaki doğal çekimin bir sonucu olarak açıklanabileceğini gösterebilmişti.



Şekil 52. Ters kare yasasının parçacıkçı bir yasa haline getirilmesi. Yerçekimi parçacıklar arasındaki bir çekimse, Dünya'nın dışarıdaki bir parçacık üzerindeki toplam çekim kuvvetinin, Dünya'daki her bir parçacıkla dışarıdaki parçacık arasındaki çekim kuvvetlerinin toplamına eşit olması gerekir. Toplam çekimin uzaklıkla basit bir orantıyla değiştiği hiçbir biçimde açık değildir. Fakat Newton, her bir parçacık arasındaki çekim kuvveti bu parçacıklar arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişiyorsa, Dünya'yla dışarıdaki bir parçacık arasındaki toplam çekim kuvvetinin büyüklüğünün, Dünya'nın merkezi ile dışarıdaki parçacık arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişeceğini göstermeyi başarmıştı.

Ancak, bu parçacıkçı yerçekimi görüşü bile Newton'u tatmin etmemişti. Aslına bakılırsa, bu görüş on sekizinci yüzyıla kadar pek az bilimciyi tatmin etmiştir. Doğal bir çekim ilkesi olarak yerçekimi, on yedinci yüzyıl parçacıkçılarının çoğu için, reddetme konusunda uzlaştıkları Aristotelesçi "devinim eğilimleri" kavramına çok yakın bir görüştü. Descartes sisteminin en büyük erdemi, bu türden tüm "gizli nitelikleri" dışlamış olmasıydı. Descartes'ın parçacıkları bütünüyle nötrdü; ağırlık bile çarpmanın sonucu olarak açıklanıyordu. Bu nedenle, belirli bir uzaklıktan etki eden, cisimlerde yerleşik bir çekim ilkesi olduğuna ilişkin bu görüş, bu bilimcilere ortaçağ biliminin alay konusu olmasına neden olan "sempati", "gizilgüç" gibi mistik kavramlarına geri dönmek gibi görünüyordu. Newton da bu düşünceye katılıyordu. Sürekli olarak çekim kuvvetinin mekanik bir açıklamasını bulmak için çabalamıştı. Sonunda bu konudaki başarısızlığını itiraf etmek zorunda kalsa da kendisi olmasa bile bir başkasının başarılı olacağını, yerçekiminin nedeninin "bulunamayacak ve apaçık ortaya koyulamayacak" bir şey olmadığını savunmaya devam etti.[2] Sürekli olarak yerçekiminin maddenin doğasında olmadığında ısrar ediyordu. *Optik* adlı çalışmasının sonundaki bilimsel vasiyetinde, "Her Türden Nesnenin, kendisi aracılığıyla etkide bulunduğu, apaçık Etkiler ortaya koyduğu, (Yerçekimi gibi) gizemli ve özgül bir Nitelikle donatılmış olduğunu söylemek, aslında hiçbir şey söylememektir" diyordu.[3]

Newton'un Descartes gibi bir *Felsefenin İlkeleri* yazmak istediğini, ancak yerçekiminin nedenini açıklayamadığı için konusunu *Doğa Felsefesinin Matematik İlkeleri* ile sınırlandırmak zorunda kaldığını söyleme-

nin, onun bir bilimci olarak amaçlarını göstermek açısından yersiz olmadığını düşünüyorum. Bu iki çalışmanın başlıkları arasında hem bir benzerlik hem de bir farklılık olması anlamlıdır. Newton, başyapıtı *Principia*'nın adeta eksik kaldığını düşünmektedir. Bu çalışma, yerçekiminin yalnızca matematiksel bir tanımını içermekteydi. Descartes'ın *İlkeler*'inden farklı olarak *Pricipia*, evrenin neden bildiğimiz gibi devindiğini açıklamak iddiasında bile değildir. Burada yerçekimi açıklanmamakta ya da Newton açıklanmadığını düşünmektedir. Yirminci yüzyıl bilimi Newton'un, yerçekiminin uzaktan etki eden içsel bir çekim ilkesine başvurulmaksızın açıklanabileceğine ilişkin öngörülerini haklı çıkarmış olsa da Newton'un çağdaşlarının ve ardıllarının pek azı onun ince ayrımlarını dikkate almaya hevesliydi. Onlar ya Aristotelesçiliğe geri dönüş olarak gördükleri yerçekimi düşüncesini tümden reddediyor ya da bu kavramı benimsiyor ve Newton'un yerçekiminin maddeye içkin bir özellik olduğunu göstermiş olduğunda ısrar ediyorlardı.

Bu konudaki mücadele hiç de boşuna değildi. Newtoncu fiziğin Kartezyen fiziğin tahtına geçmesi, İngiliz üniversitelerinde bile kırk yıl almıştır. On sekizinci yüzyılın en yetkin fizikçilerinden bazıları yerçekimi için mekanik ve parçacıkçı bir açıklama aramaya devam ettiler. Ancak, bu türden hiçbir açıklama bulunamadı; bu arada, *Principia*, büyük etkisiyle bilimciler için vazgeçilemez bir kaynak haline gelmişti. Böylece, yerçekimi kavramı yavaş yavaş benimsenmiş ve Newton bu konuda bir iddiada bulunmamasına rağmen, maddenin temel parçacıklarının içindeki bir özellik olarak kabul edilmiştir.

Sonuç olarak, parçacıkçı felsefe yeni baştan kurulmuş ve kuvvetler aranmaya başlanmıştı. Newton, *Principia*'nın başlarında şunları söylüyordu:

> Birçok gerekçe beni, bütün (Doğa görüngülerinin) belli kuvvetlere bağlı olabileceklerini, cisimleri oluşturan parçacıkların henüz bilinmeyen bazı nedenlerle ya karşılıklı olarak birbirlerine doğru çekilerek düzgün biçimlerde bir araya geldiklerini ya da karşılıklı olarak itilerek birbirlerinden uzaklaştıklarını düşünmeye yönlendiriyor.[4]

Yine, Newton'un *Optik*'inin sonlarına doğru, parçacık etkisinin sonuçları konusunda uzun bir "Soru" dizisi bulunmaktadır:

> Tüm bunlar göz önüne alındığında, bana öyle geliyor ki Tanrı, maddeyi başlangıçta, katı, kütleli, sert, içine nüfuz edilmeyen ve devindirebilen parçacıklardan, amacına en uygun boyut, biçim ve diğer özelliklerde, boşluğa göre belirli bir oranda biçimlendirmiştir. Buna göre, doğanın kalıcılığı, cisimsel nesnelerin değişimi yalnızca bu kalıcı parçaların çözülmelerine, yeni birliktelikler oluşturmalarına ve devinimlerine bağlı olmalıdır. Yine, bana öyle geliyor ki bu parçacıklar yalnızca kendilerine ait bir *Vis inertiae* (eylemsizlik kuvveti) ve bu kuvvetten doğal olarak kaynaklanan ve ona eşlik eden edilgin devinim yasalarıyla değil, yerçekiminde olduğu gibi, (kimyasal) mayalanmaya ve cisimlerin yapışmasına neden olan belli etkin ilkelerle de devindirilmektedirler.[5]

On sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıl düşüncesinde çok önemli bir rol oynayan Newtonculuğun özellikleri bunlara benzer ifadelerle betimlenmektedir. Newton'un 1727 yılındaki ölümünden sonra, bilimcilerin ve eğitimli insanların birçoğu evreni, devinimleri eylemsizlik gibi

birkaç edilgin ve yerçekimi gibi birkaç etkin yasaya bağlı olan, sonsuz sayıdaki parçacığın doldurduğu sonsuz ve nötr bir uzay olarak görüyorlardı. Newton, bu öncüllerden bilinen optik olayların birçoğunu, gelgitler ve ılım noktalarının yalpalaması da dahil olmak üzere, göklere ve Dünya'ya ilişkin tüm mekanik görüngüleri, daha önce örneği görülmemiş bir kesinlikte çıkarıyordu. Onun bıraktığı yerden başlayan ardılları, geri kalan ısı, elektrik, manyetizma, yapışma ve hepsinden önemlisi kimyasal bileşim gibi doğal görüngüleri açıklamak için gerekli olan yeni kuvvet yasalarını bulmaya çalıştılar. Sonunda, çöken Aristoteles evreninin yerini kapsamlı ve tutarlı bir dünya görüşü almış ve insanın dünya görüşünün gelişiminde yeni bir dönem başlamıştı.

Yeni Düşünce Dokusu

Newton'un parçacıkçı Dünya makinesinin kurulmasıyla Kopernik'in yüz elli yıl önce başlattığı kavramsal devrim tamamlanmıştır. Bu yeni evrende Kopernik'in astronomik yeniliğiyle birlikte sorulmaya başlayan sorular en sonunda yanıtlanmış ve Kopernik astronomisi ilk kez fiziksel ve kozmolojik olarak akla yakın bir duruma gelmiştir. Dünya'nın evrendeki diğer gökcisimleriyle bağıntısı bir kez daha tanımlanmıştır. Havaya doğru fırlatılan nesnelerin neden tam da fırlatıldıkları yere döneceklerı yeniden anlaşılmıştır; fakat, şimdi fırlatılan nesnenin neden tam olarak dikine fırlatılmaması gerektiği bilinmektedir. Bu yeni kavramsal çerçevenin yaygınlaşması ve benimsenmesiyle Kopernikçilik güvenilir bir görüş olmaya başladıkça, gezegen Dünya kavramına karşı son ciddi direniş de ortadan kalkmıştır. Ancak, New-

ton'un evreni yalnızca Kopernik'in gezegen Dünya kavramı için bir çerçeve değildi. Bundan çok daha önemlisi, doğaya, insana ve Tanrı'ya yeni bir bakış açısı getirmesidir; bu, on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıllarda bilimleri sürekli olarak zenginleştiren ve hem dinsel hem de politik felsefeyi sürekli olarak yeniden biçimlendiren yeni bir bilimsel ve kozmolojik bakış açısıdır.

Kepler Yasaları için ekonomik bir türetme ve akla yakın bir açıklama sunan ve böylece astronomi devrimini sona erdiren Newtoncu ilkeler, astronomiye pek çok etkili yeni araştırma tekniği de getirmiştir. Örneğin, teleskopla yapılan gözlemlerde uygulanan gelişmiş nicel tekniklerle gezegenlerin Kepler Yasalarına aslında tam uymadığı görüldüğünde, Newton fiziği gezegenlerin temel eliptik yörüngelerinden küçük sapmalarını önce açıklamayı, sonra da bunları tahmin etmeyi olanaklı kılıyordu. Kepler Yasaları, Newton'un bunları türetirken gösterdiği gibi, ancak ve ancak gezegene uygulanan çekim yalnızca Güneş'in çekim kuvveti olduğunda tam olarak geçerlidir. Oysa gezegenler de özellikle birbirlerine yaklaşırken ve birbirlerinin yakınından geçerken birbirlerini çekerler ve bu ek çekim kuvveti gezegenlerin temel yörüngelerinin dışına doğru sürüklenmesine, hızlarının değişmesine neden olur. On sekizinci yüzyılda Newton'un çalışmalarının matematiksel açılımları astronomlara bu sapmaları büyük bir kesinlikle tahmin etme olanağı vermiş, on dokuzuncu yüzyılda ise bu tahmin tekniğinin tersine çevrilmesiyle, astronominin en büyük zaferlerinden biri kazanılmıştır. 1846 yılında Fransa'da Leverrier ve İngiltere'de Adams, birbirlerinden bağımsız olarak, Uranüs'ün yörüngesindeki açıklanamayan düzensizliklere neden olduğunu düşündükle-

ri, daha önce varlığı bilinmeyen bir gezegenin yörüngesini tahmin ettiler. Teleskop göklere çevrildiğinde bu yeni gezegen, yani Neptün keşfedildi; Newton kuramına göre tahmin edilen konuma bir derecelik uzaklıkta belli belirsiz görülebiliyordu.

Astronomide Newtonculuğun ne denli verimli bir görüş olduğuna ilişkin neredeyse sayısız örnek verilebilir; ancak Newtonculuğun etkilediği tek bilim astronomi de değildir. Birçok bilim dalından verilebilecek örneklerden yalnızca birini, Newton'un çalışmalarının on sekizinci yüzyılda kimyasal deneyler üzerindeki etkisini ele alalım. Bu konudaki niyeti farklı olmasına karşın, Newton ardıllarının çoğunu yerçekiminin ve dolayısıyla ağırlığın maddenin içsel özellikleri olduğuna inandırmış, böylece bilimde ağırlık kavramına yeni bir anlam kazandırmıştı. Ağırlık ilk kez maddenin niceliğinin açık bir ölçüsü olmuş ve buna bağlı olarak tartı temel bir kimyasal araç haline gelmiştir. Kimyacıya bir kimyasal tepkimeye ne kadar madde girdiğini ve bu tepkimenin sonucunda ne kadar madde çıktığını yalnızca tartı söyleyebilirdi. Eskiçağdan beri kimyacılar kimyasal tepkimeler sırasında maddenin niceliğinin korunduğuna inanıyordu; ancak "madde niceliği"nin yaygın bir biçimde kabul edilen bir ölçüsü olmamıştı. Aristotelesçi, hatta Kartezyen düşünce ikliminde bile ağırlık genellikle, renk, doku ya da sertlik gibi, maddenin ikincil bir özelliği, kimyasal tepkime süreciyle değiştirilebilecek bir özelliği olarak görülüyordu. Dolayısıyla, kimyasal tepkimeleri "dengelemek" ve bu tepkimelerde maddenin fark edilmeyen bir kaynağa gidip gitmediğini ya da böyle bir kaynaktan gelip gelmediğini belirlemek için evrensel olarak kabul edilen bir araç olan ağırlık kavramı,

kısmen Newtonculuğun eseridir. Bu yeni araç, on sekizinci yüzyılın son on yıllarında Fransız Lavoisier'de odaklanan kimyasal düşüncedeki devrimin birkaç önemli temelinden birisidir.

Birbirinden çok farklı bu iki örneği, Neptün'ün bulunuşunun ve ağırlığın yeni anlam kazanışının, yeni evren anlayışının bilim üzerindeki etkileri olarak ele alacak ve bu örnekleri çoğaltacak dengeli bir tartışma yapmak için bile bu konuda bir kitap yazmak gerekirdi; hatta bu bile yetmezdi. Yeni evren anlayışı çevresinde oluşan bu kavramsal doku içinde bilimdışı düşünce de dönüşüm geçirmiştir: On yedinci yüzyıl bilimcilerinin ve filozoflarının tasarladığı sonsuz ve kalabalık evrende, cennetin yerinin gökler, cehenneminkinin yerin altı olması yalnızca bir metafordur; bu, bir dönemler somut coğrafi bir anlam taşıyan simgeciliğin gittikçe kaybolan yankısıdır. Bununla aynı zamanda, Tanrının koyduğu birkaç yasaya göre sonsuza kadar devinen atomlardan oluşan bir evren görüşü de çoğu insanın Tanrı imgesini değiştiriyordu. Bir saat gibi işleyen evrende Tanrı, çoğunlukla, atomik parçaları biçimlendiren, devinim yasalarını belirleyen, bunları işleten ve sonunda kendi kendilerine çalışır bir halde bırakan Varlık, yalnızca bir saatçi olarak karşımıza çıkar. Bu görüşün ayrıntılı olarak irdelenmiş bir biçimi olan Yaradancılık (Deism), geç on yedinci ve on sekizinci yüzyıl düşüncesinin önemli bir bileşenidir. Mucizeler mekanik yasalarının askıya alınması, dünya işlerine Tanrının ve meleklerinin doğrudan karışması anlamına geldiği için, Yaradancılık zemin kazandıkça mucizelere inanç azalmıştır. On sekizinci yüzyılın sonlarına doğru, bilimciler ya da bilimdı-

şından kişiler arasında gittikçe daha fazla sayıda insan Tanrının varlığına ilişkin koyuta gerek duymaz oldu.

Yeni bilimin başka etkileri de on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyılların politik felsefesinde görülebilir. Son dönemlerde kimi yazarlar, on yedinci yüzyılın mekanik olarak işleyen Güneş sistemi kavramıyla, on sekizinci yüzyılın düzgün bir biçimde işleyen toplum kavramları arasındaki önemli koşutluklara dikkat çektiler. Örneğin, Amerikan Anayasasındaki denetim ve denge (checks and balances) sistemi, yeni Amerikan toplumuna, tıpkı Newtoncu Güneş sisteminde çatışan eylemsizlik ve yerçekimi kuvvetlerinin dengelenmesiyle oluşan düzen gibi bir düzen getirmeyi amaçlıyordu. On sekizinci yüzyılda görülen, iyi bir toplumun özelliklerinin tek bir insanın doğuştan özelliklerinden türetmeye yönelik kararlılık da kısmen on yedinci yüzyıl parçacıkçı düşüncesinden beslenmiş olabilir. On sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıl düşüncesinde birey sürekli olarak toplum mekanizmasını oluşturan atom olarak görülmüştür. Bağımsızlık Bildirgesinin açılış paragraflarında Jefferson, devrim hakkını, toplumsal atoma, yani insana Tanrı tarafından verilmiş, vazgeçilmez haklardan türetiyordu; bu, bir yüzyıl önce Newton'un doğa mekanizmasını, fiziksel atoma Tanrı tarafından verilmiş içsel özelliklerden türetmesine koşut gibi görünüyor.

Burada ayrıntılarıyla ele alınmayan birkaç farklı örnek bile, Newton evreninin yaratılışıyla birlikte öykümüzün başladığı yere gelerek sona erdiğini gösteriyor. Aristoteles evreni Dünya merkezli astronomi için neyse, Newton evreni de Kopernik astronomisi için odur. Her ikisi de astronomiyi diğer bilimlere bağlayan ve onu bilimdışı düşünceyle ilişkilendiren dünya görüşleriydi;

her ikisi de kavramsal birer araç, bilgiyi örgütleme, değerlendirme ve daha fazla bilgi edinme yöntemiydi ve her ikisi de bir çağın bilimine ve felsefesine egemen olmuştu. Bu döngüyü bir dünya görüşünden diğerine kadar izledikten sonra, Kopernik'in astronomiye getirdiği yeniliğin buradaki anlamını kavrayabiliriz. Gezegen Dünya kavramı, eskiçağın dünya görüşünün temel bir bileşeninden ilk başarılı kopuştur. Amaçlanan yalnızca astronomik bir reform olsa da bu kavram ancak yeni bir düşünce dokusu içinde çözülebilecek yıkıcı sonuçlar getirmiştir. Bu düşünce dokusunu Kopernik'in kendisi oluşturamamıştı; onun evren görüşü Newtonunkinden çok Aristotelesinkine yakındı. Ancak Kopernik'in getirdiği yenilikten türeyen sorunlar ve öneriler, bu yeniliğin sonucunda ortaya çıkan yeni evren görüşünün gelişimindeki en belirgin dönüm noktalarıdır. Kopernik Devrimi, bir gereğin ortaya çıkması ve yerine getirilmesi adına yapılan tarihsel katkılardan oluşmaktadır.

Bu devrimin anlamı onun tarihsel katkılarıyla da sınırlı değildir. Kopernik Devrimi, bilgiyi üreten sürekli çembersel sürece örnek oluşturduğu için, daha geniş bir çerçevede de önemlidir. Son iki yüz elli yıl, bu devrimin sonucu olan evren görüşünün Aristoteles'in ve Batlamyus'un evreninden çok daha güçlü bir entelektüel araç olduğunu kanıtlamıştır. On yedinci yüzyıl bilimcilerinin geliştirdiği bilimsel kozmoloji ve bunun arkasındaki uzay, kuvvet ve madde kavramları, hem gökteki hem de Dünya'daki devinimlerin nedenini eskiçağda hayal bile edilemeyecek bir kesinlik düzeyine erişerek açıklıyordu. Üstelik bu kavramlar, daha önce farkına varılmayan birçok doğal olayı ortaya çıkaran, eskiçağ dünya görüşünün egemenliği altındaki insanlar için kavranılması

olanaksız deneyim alanlarındaki düzenlilikleri gösteren, oldukça verimli birçok yeni araştırma programı için yol gösterici olmuştur. Bunlar kalıcı başarılardır. Batının sürekli bilim geleneği ayakta kaldıkça, bilimciler başlangıçta Newtoncu kavramlarla aydınlatılan görüngüleri açıklayabileceklerdir; bu, tıpkı Newton'un, Aristoteles ile Batlamyus'un aydınlığa kavuşturduğu, görece daha sınırlı sayıdaki görüngüyü açıklamayı başarmasına benzer. Bilim böyle ilerlemektedir: Her yeni kavramsal taslak öncellerinin açıkladığı görüngüleri kuşatır ve onlara yenilerini ekler.

Ancak, Kopernik ve Newton'un başarıları kalıcı olsa da bu başarıları olanaklı kılan kavramlar kalıcı değildir. Yalnızca açıklanabilen olayların sayısı artmaktadır; açıklamaların kendileri için benzer bir yığılarak artma sürecinden söz edilemez. Bilim ilerledikçe kavramlar sürekli olarak ortadan kaldırılmakta ve bunların yerini yenileri almaktadır; bugün Newtoncu kavramların da bir istisna oluşturmadığı görülmektedir. Kendinden önceki Aristotelesçilik gibi, Newtonculuk da sonunda – bu kez fizik alanında – kendilerini ortaya çıkaran dünya görüşüyle uzlaştırılamayan sorunlar ve araştırma tekniklerinin evrimine yol açmıştır. Elli yıldır, bir sonuç olarak ortaya çıkmış kavramsal bir devrimin içindeyiz; bu devrim, (henüz bilim çevreleri dışındaki insanların olmasa da) bilimcilerin uzay, madde, kuvvet ve evrenin yapısına ilişkin görüşlerini bir kez daha değiştirmektedir. Oldukça geniş bir bilgi yığınını ekonomik bir biçimde özetleyebildiği için Newtoncu kavramlar hâlâ kullanımdadır. Ancak, bu kavramlara, tıpkı eskiçağ iki küreli evreninin günümüzün denizcileri ile haritacıları tarafından kullanılmasında olduğu gibi, giderek yalnızca ekonomik

oldukları için başvurulmaktadır. Bunlar, hâlâ belleğe yardımcı olsalar da artık bilinmeyene doğru giderken güvenilir bir rehber olmaktan çıkmışlardır.

O halde, Newton evreni öncellerinden daha güçlü bir evren tasarımı olsa da onlardan farklı olarak nihai olamaz. İnsan düşüncesinin gelişimindeki birçok evreden biri olarak düşünebileceğimiz tarihi de Kopernik ile Newton'un yıktığı Dünya merkezli evrenin tarihinden çok farklı bir yapıda değildir. Elinizdeki bu kitapsa, bugüne kadar gelen ve devam eden bir öykünün uzun bölümlerinden biridir.

Teknik Ek

1. Güneş Zamanının Düzeltilmesi

Bu kitabın merkezi bölümlerinde, görünen güneş günü bir yerel öğle ile bir sonraki yerel öğle arasındaki zaman aralığı olarak tanımlanırsa, yıldızların günlük çemberlerini tamamlamaları için gereken sürenin her zaman bu güneş gününden tam 4 dakika (daha doğrusu 3 dakika 56 saniye) daha kısa olacağım varsaymıştık. Ancak birinci bölümdeki dipnotta belirtildiği gibi, durum tam olarak böyle değildir. Eğer birbirini izleyen yerel öğleler arasındaki zaman aralıkları tam olarak düzenli ise, yıldızların düzensiz bir hızla devinmesi gerekir. Öte yandan, eğer yıldızlar birbirini izleyen günlük çemberlerini eşit zaman aralıklarında tamamlarlarsa, birbirini izleyen güneş günlerinin uzunluklarının değişmesi gerekir. Bu gerçek, eskiçağda, en azından Batlamyus döneminde ya da büyük olasılıkla daha önceden biliniyordu. Bunu an-

lamak için, eskilerin yapmış olduğu gibi, yıldızların görünen deviniminin tam olarak düzenli olduğunu, yani yıldızların temel bir zaman ölçeği sağladıklarını varsayalım. O zaman, Güneş'in gün içinde en yüksek noktasına eriştiği anlar arasındaki zaman aralıklarının neden değişmesi gerektiği konusunda iki ayrı neden buluruz.

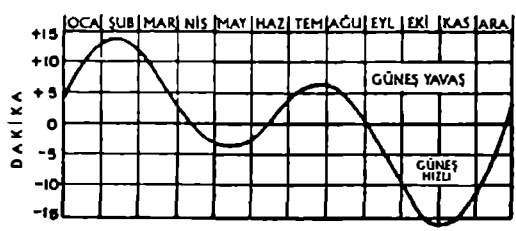
Görünen güneş zamanının düzensizliğinin birinci nedeni, Güneş'in burçlar kuşağı takımyıldızları arasında hareket eder gibi görünürken hızının değişmesidir. İkinci bölümde belirttiğimiz gibi, Güneş, tutulum boyunca, güz ılım noktası ile bahar ılım noktası arasında, bahar ılım ile güz ılım noktası arasında olduğundan daha hızlı yol alır. Bu nedenle Güneş, yıldızlarla günlük yarışında kış döneminde, yaz döneminde olduğundan daha hızlı geride kalır gibi görünür; öyle ki zaman yıldızlarla ölçülürse, Güneş'in en yüksek noktasına varması için kışın, yazınkinden daha fazla zaman gerekecektir. Bundan, görünen güneş gününün kış ortasında en uzun, yaz ortasında ise en kısa olması gerektiği çıkar; işte, araya başka bir düzensizlik nedeni girmese durum bu olacaktı.

Görünen güneş gününün değişkenliğinin ikinci kaynağı, tutulumun ekvator ile gökküresinde kesiştiği açıdır. Bunun etkisini anlamak için birinci bölümdeki Şekil 13'e yeniden bakalım ve tıpkı yerküresi üzerine çizilmiş boylam çizgileri gibi, gökküresi üzerinde de eşit aralıklarla çizilmiş göksel boylam çizgileri olduğunu düşünelim. Ayrıca, durumu basitleştirmek için, Güneş'in tutulum boyunca görünen deviniminin tam olarak düzenli ve büyük çember boyunca her gün 1° hızında olduğunu varsayalım. Buna göre, tutulum ekvatora eğik olduğu için, Güneş'in *doğuya doğru* net devinimi bir günden diğerine değişecektir. Güneş gündönümlerin-

den birinde ya da bunların yakınında olduğunda yıldızlara göre görünen devinimi gök ekvatoruna yaklaşık olarak paraleldir. Ayrıca, kürenin, boylam çizgilerinin birbirlerine ekvatorda olduğundan biraz daha yakın olduğu bir bölgesinde devinmektedir. Sonuç olarak, Güneş'in doğuya doğru net devinimi gün başına *gök boylamının* 1°'sinden biraz daha fazladır ve bu nedenle de gökküresinin, Güneş'i bir en yüksek noktasından diğerine taşımak için batı yönünde, 361°'den biraz daha çok dönmesi gerekir. Ilım ise durum oldukça farklıdır. Bu noktalarda göksel boylam çizgileri küre üzerinde birbirinden en geniş aralıklarla ayrılırlar. Dahası, Güneş'in toplam sabit devinimi, tam doğuya değil de kuzeydoğuya ya da güneydoğuya doğrudur ve bu nedenle doğuya doğru her gün 1° kadar yol almaz. Sonuç olarak, gökküresinin Güneş'i en yüksek noktasına tekrar getirmek için tam olarak 361° dönmesine gerek yoktur. Tek başına düşünülürse, bu etki, görünen güneş gününün gündönümlerinde en uzun, ılımlarda ise en kısa olmasına yol açar.

Bu iki düzensizliği düzeltmek için modern uygarlıklar, temel zaman birimi olarak ortalama güneş zamanı olarak bilinen ve görünen güneş gününün *ortalama* uzunluğu olan bir zaman ölçeği benimsemişlerdir. Bu zaman ölçeğinde yıldızlar, tanım gereği olarak tam düzenli devinir ve günlük çemberlerini tam 23 saat 56 dakika 4.091 saniyede tamamlarlar. Ancak yıldızları düzenli yapan bu ölçek, Güneş'i düzensiz yapar. Örneğin, ortalama güneş zamanında Güneş azami yüksekliğine çok ender olarak yerel öğlede, yani ortalama güneş zamanında ulaşır. Görünen güneş zamanını doğrudan ölçen tek araç olan güneş saatleriyle ölçülen zaman, saat-

lerimizle ölçülen ya da radyodaki zaman sinyalleriyle duyurulan zamanla aynı hızda akmaz. Yukarıda tartışılan her iki etkinin de görünen Güneş gününü kısaltan yönde katkıda bulunduğu Aralık ve Ocak aylarında Güneş'in birbirini izleyen azami yükseklikleri arasındaki zaman ortalama güneş gününden hemen hemen 0.5 dakika daha kısadır. Üstelik bu küçük farkın etkisi eklenerek artar – görünen zaman birbirini izleyen birkaç gün boyunca ortalama zamandan daha yavaş akar – ve böylece Güneş azami yüksekliğine (görünen öğleye) yılın bir mevsiminde ortalama güneş öğlesinden yaklaşık 20 dakika önce erişir. Diğer mevsimlerde ise görünen zaman ortalama zamandan daha hızlı akar; yıllar içindeyse bunlar birbirini tutarlar. Ancak, belli bir günde örtüşmeleri çok enderdir. Bu nedenle, Güneş'i kullanarak kesin bir zaman ölçümü yapabilmek için güneş saatini bir tablo ya da Şekil 53'teki gibi grafik kullanarak düzeltmek gerekir.



Şekil 53. Ortalama ve görünen Güneş zamanları arasındaki farkın yıllık değişimini gösteren bir zaman denklemi grafiği.

Zamana ilişkin önceki tartışmada, düzenlilik ölçüsü olarak yıldızların görünen devinimi kullanılır. Bu ölçü seçiminin, en azından mantıksal bir bakış açısından,

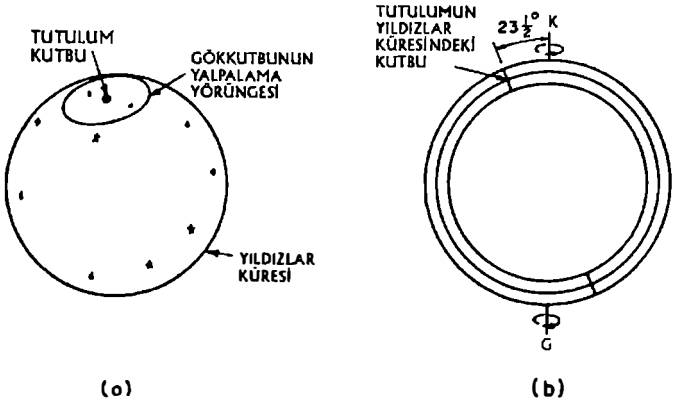
keyfi olduğu açıktır. Mantıksal açıdan, düzenlilik ölçüsü olarak pekâlâ Güneş'in görünen devinimini de seçebilir ve buna karşılık gelen zaman ölçeğinde yıldızların sürekli olarak değişen bir hızda yol aldıklarını gösterebilirdik. Ancak, Güneş'in bir düzenlilik ölçüsü olarak seçilmesi hem bilim hem de toplumsal yaşam açısından çok elverişsiz olacaktı. Şekil 53'teki grafiği, güneş saatleri yerine kol, masa, duvar saatlerine uygulamak gerekecekti. Astronomlar ve fizikçiler Dünya'nın ekseni çevresinde sürekli olarak değişen bir hızla döndüğünü tanımlamak zorunda kalacaklardı. Yıldızlara bağlı ölçü bu sıkıntılı durumların önüne geçer; toplumsal işlevlerin tümüyle, bilimsel işlevlerin de çoğuyla iyi bir uyum sağlamıştır.

Yine de bu ölçünün bilim için, en azından bilimsel kuram için pek o kadar uygun olmadığı ortaya çıkmıştır; Newton'un devinim yasalarındaki örtük zaman ölçeği yıldızlara bağlı ölçüyle pek örtüşmez. Bugün anlaşılan biçimleriyle, Newton yasalarından yola çıkarak Dünya'nın ekseni çevresindeki dönüşünün gelgit sürtünmesi gibi etkilerle gitgide yavaşladığını ve buna bağlı olarak görünen yıldız devinimlerinin de çok ağır bir biçimde gitgide yavaşladığını göstermek olanaklıdır. O halde ya bu yasaların ya da yıldız ölçüsünün düzeltilmesi gerekmektedir; bilimde elverişliliğe ilişkin değerlendirmeler akla yeni bir ölçü gerektiğini getirir. Bugün için yıldız ölçüsünün kuramsal açıdan yetersiz olmasının pratik bir anlamı yoktur. Ancak, bunun bilim açısından çok önemli olması bilimcileri, bilimsel kuramın zaman ölçeğine gök makinesinden daha kesin bir uyum sağlayacak bir saat bulmak için, bugün de etkin olarak süren yeni araştırmalar yapmaya yönlendirmiştir.

2. Ilım Noktalarının Yalpalaması

Bu kitabın ana bölümlerindeki ikinci bir teknik sadeleştirme de ılım noktalarının yalpalamasını dikkate almamaktı. Bu, birinci bölümde kısaca değinildiği gibi, gökkutbunun yıldızlar arasında yavaşça devinmesine neden olan etkidir. Eğer belli bir astronomun yaşamı süresince yalnızca çıplak gözle yapmış olduğu gözlemlerle ilgileniyor olsaydık bu sadeleştirme tümüyle yerinde olurdu; çıplak gözle yapılan gözlemler, yapıldıkları tarihler arasında büyük bir zaman farkı bulunmuyorsa, sadeleştirmenin yanlışlığını açığa çıkaramayacaktır. Ancak, örneğin birbirinden iki yüzyıl arayla yapılan gözlemler, yıldızlar kendi aralarındaki değişmeyen göreli konumlarını korurken, çevresinde döndükleri gökkutbunun bu yıldızların arasındaki konumunun ağır ağır, yüzyılda 0.5°'den biraz daha fazla kaydığını gösterir. Çok daha uzun dönemler boyunca yinelenen gözlemler bu yalpalama deviniminin biçimini ortaya çıkarır; yüzyıllar geçtikçe gökkutbu yıldızlar arasında, 26.000 yılda bir kez döndüğü bir çember üzerinde yavaşça devinir. Bu çemberin merkezi tutulumun kutbu, yani tutulum düzlemine dik bir çapın gökküresini kestiği noktadır; yarıçapı ise tam 23½°'dir; bu açı, gök ekvatorunun yıldızlar küresinde tutulumla kesiştiği açıya eşittir (Şekil 54*a*).

Bu yalpalama devinimi ilk kez MÖ ikinci yüzyılda Helenistik çağ astronomu Hipparkhos'un dikkatini çekmiş gibi görünüyor; başlangıçta yaygın olarak bilinmese de sonraları aralarında Batlamyus'un da olduğu bir dizi astronom bu konuyu ele almıştır. Batlamyus'un İslam dünyasındaki ardıllarının çoğu bu etkinin belli bir türünü tanımlamış ve onu eski sisteme dokuzuncu bir



Şekil 54. Ilım noktalarının yalpalaması. Çizim (*a*) gökküresi üzerinde, gökkutbunun 26.000 yılda bir döndüğü çemberi gösteriyor. Çemberin merkezi, tutulumun kutbudur; çember üzerindeki tüm noktalar da bu merkezden tam 23½° uzaklıktadır. Çizim (*b*) İslam astronomlarının yalpalamayı, bu çizimde dıştaki küre olan dokuzuncu küre yardımıyla nasıl açıkladıklarını gösterir. Bu dokuzuncu küre, yıldızlar küresinin eski sekiz küreli sistemlerde döndüğü gibi, 23 saat 56 dakikada bir döner. Üzerinde yıldızların yer aldığı sekizinci küre, kendi kutupları çevresinde 26.000 yılda bir döner ve böylece gökkutbunun yıldızlar arasındaki konumunu yavaşça değiştirir. Sekizinci kürenin içinde, eski sistemlerde olduğu gibi, geri kalan gezegen kürelerini içine alan Satürn küresi bulunmaktadır.

küre ekleyerek fiziksel olarak açıklamayı başarmışlardır. En iyi bilinen açıklamaları, şematik olarak Şekil 54*b*'de gösteriliyor. Burada takımın en dıştaki üç küresi görülmektedir; K ve G, kuzey ve güney gökkutuplarıdır. En dıştaki küre, eski sistemdeki yıldızlar küresi gibi, bu kutupların çevresinde batıya doğru her 23 saat 56 dakikada bir dönmektedir. Şekilde ortada bulunan bir sonraki küre, yıldızları taşıyan küredir ve en dıştaki küreye, yıldızlar küresi üzerindeki tutulum kutuplarından geçen bir eksenle, dış kürenin kutuplarından 23½'ar dere-

ce uzaklıkta bulunan iki noktadan bağlanır. Bu yeni yıldızlar küresi en dıştaki küre tarafından günlük olarak döndürülür (bu, yıldızların günlük çembersel devinimlerini açıklar). Buna ek olarak, bu kürenin kendisi de yavaşça devinir; bir dönüşünü 26.000 yılda tamamlar ve onun bu devinimi tek tek yıldızlarla gökkutupları arasındaki bağıntıları yavaşça değiştirir. Üç kürenin en içte bulunanı Satürn'ün küresidir ve Satürn'ün deviniminin dış tekerleme eğrisi bileşenlerine yer sağlaması için kalın bir kabuk olarak çizilir. Yıldızlar küresine tutulum kutuplarından geçen bir eksenle bağlanan bu kalın küre de kendi başına, Satürn'ün yıldızlar arasındaki ortalama çembersel devinimini açıklar.

Dokuzuncu küreyle yalpalamaya getirilen bu açıklama, eskiçağ ve ortaçağ astronomik düşüncesi bağlamında hem basit hem de doğal görünmektedir. Aslında bu açıklama, bir bakıma, Dünya'nın ekseninin 26.000 yıl içinde tutulum kutbunu çevreleyen 23½° yarıçaplı bir çember üzerindeki tüm noktaları art arda tarayarak ağır bir konik devinim yaptığını söyleyen Kopernikçi açıklamayla da pekâlâ boy ölçüşebilir. Newton yalpalamayı, Ay'ın Dünya'nın ekvator bölgesindeki şişkinliği üzerindeki çekim gücünün fiziksel bir sonucu olarak açıklayıncaya kadar, Kopernikçiler de Batlamyusçular da yalpalamanın nedenini açıklamak için fazladan ve fiziksel açıdan gereksiz olan bir devinime gerek duyuyorlardı.*

Kopernik'in kendisi, bir başka bağlamda zaten ek bir devinim önermiş olduğu için, yalpalamayı açıklamak için fazladan bir devinime gerek duymuyordu. Dünya'nın eksenini yıl boyunca kendisine koşut tutmak için yıllık bir konik devinim kullanıyor (Şekil 31*b*) ve buna bağlı olarak yalpalamayı, bu konik devinimin periyodunu bir yıldan çok çok az bir miktar daha kısa bir süre olarak belirleyerek açıklayabiliyordu. Ancak Kopernik'in, tek bir yörünge devinimlinin Dünya'nın eksenini sürekli olarak aynı yönde tutaca-

O halde, yalpalamanın Dünya merkezli evrenden Güneş merkezli evrene geçişle hiçbir mantıksal ilişkisi yoktur.

Ancak, tarihsel açıdan, yalpalamayı açıklama sorunu Kopernik Devrimini başlatmakta önemli bir rol oynamıştır. Batlamyus astronomisinin bir hilkat garibesi gibi görünmesine katkıda bulunmuştur. Yalpalamaya ilişkin gözlemlerin sonuçları, bu gözlemler birkaç yüzyıla yayıldığında bile çok küçük değerlerdir; verilerdeki küçük bir hata bile görüngünün genel olarak betimlenmesinde köklü bir değişime yol açabilir. Hem Hipparkhos hem de Batlamyus yalpalamayı nitel açıdan Şekil 54'te gösterilene eşdeğer bir biçimde tanımladılar; oysa çağdaşlarının çoğu ya bu etkiyi tümüyle yok sayıyor ya da oldukça farklı tanımlıyordu. Özellikle İslam dünyasında birbirinden farklı birkaç yalpalama tanımlaması geçerliydi. Hızı konusunda hiçbir uzlaşma yoktu; aslında, birçok astronom hızın değiştiğine inanmaktaydı. Bunun yanında, yalpalamanın yönünün bile periyodik olarak değiştiğine inanan önemli bir okul vardı; bu etki trepidasyon olarak bilinir. Astronomların bu görüngünün gerçek basitliğini yeniden fark edebilmeleri için Brahe'nin gözlemleri gerekiyordu. Kopernik'in kendisi de bu soruna hiçbir biçimde olumlu bir katkı yapmadı. Yalpalama hızındaki yavaş değişimin ve gerçekte olmayan diğer etkilerin nedenlerini açıklamak için, kendi sistemine fazladan çemberler ekledi. Ancak, Kopernik eskiçağ ve ortaçağ astronomlarının getirdiği yalpalama açıklamasını geliştirmese de bunun için çok çaba gösteriyordu ve onun bu çabası astronomideki reform için önemli bir itici güç oldu. Kopernik'in yaşadığı dönem-

---

ğını düşünen ardılları, gökkutbunun değişen konumunu açıklamak için, periyodu 26.000 yıl olan ek bir konik devinime gerçekten gerek duyuyorlardı.

de, yalpalamaya uygun bir açıklama getirilmesi, uygulamalı astronominin en acil sorunu olan Jülyen takvimi reformu için birinci önkoşuldu.

Yalpalamanın takvim tasarımları üzerindeki etkisini anlamak için bir kez daha Şekil 54'e dönelim. Çizimde görüldüğü gibi, tutulumun yıldızlar küresi üzerindeki yeri her zaman sabittir. Ancak, gökkutuplarının değişen konumları tutulumu etkilemese de gök ekvatorunun konumunu ve buna bağlı olarak ılım noktalarının ya da gün-gece eşitliklerinin, yani tutulumla gök ekvatorunun kesiştiği noktaların konumunu değiştirir. 26.000 yıllık yalpalama periyodunda ılım noktalarının her biri tutulum çevresinde yavaşça ve sürekli olarak yüzyılda yaklaşık 1½° kadar bir hızla devinir. Bu nedenle, Güneş'in tutulum çevresinde bir dönüşü tamamlaması için gereken (yıldız yılı olarak bilinen) zaman, tutulum üzerinde bir ilkyaz noktasından diğer ilkyaz noktasına gitmesi için gereken zamanla pek de aynı uzunlukta (tropik yıl) değildir. İlkinden 20 dakikadan fazla bir süre daha kısa olan bu ikinci zamanın ölçümü, Güneş'in devinimi sabit bir yıldıza göre değil de hayali ve devinen bir noktaya göre saptandığı için, çok çok daha güçtür. Ancak, tropik yıl mevsim yılıdır ve uzun dönemde doğru olacak bir takvim tasarlayabilmek için öncelikle hassas bir biçimde ölçülmesi gereken budur. Bu nedenle Kopernik'in takvimle ilgilenmesi, yalpalama üzerinde ciddi bir çalışma yapmasını ve buna bağlı olarak, astronominin Batlamyusçuların en büyük uzlaşmazlık içinde oldukları bu yönü hakkında yakından bilgi edinmesini sağladı. Kopernik'in "matematikçiler mevsim yılının sabit uzunluğunu bile açıklayamamakta ya da gözlemleyememektedirler" (bkz. s. 232) değerlendirmesinin ardında yalpa-

lama sorunu vardır ve bu değerlendirme onun yenilik gerekçeleri listesinin başında gelmektedir.

3. Ay'ın Evreleri ve Tutulmalar

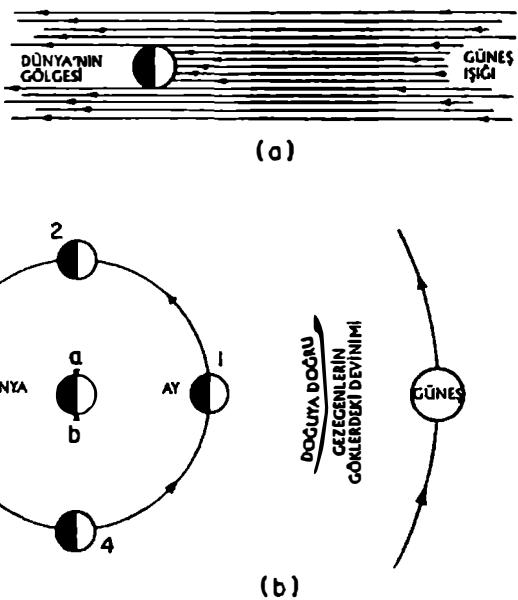
Modern açıklamayla özdeş olması nedeniyle, eski astronomların Ay'ın evrelerine ilişkin açıklamaları Kopernik Devriminde hiç rol oynamamış olduğu için kitabın ilk bölümlerinin kapsamı dışında bırakılabilmişti. Ancak Ay'ın evreleri eskiçağda evrenin boyutlarının ölçülmesinde doğrudan rol oynamış ve bu ölçümler, sürekli belirttiğimiz gibi, eskiçağ iki küreli evreninin bilimcilere olduğu gibi bilimdışı topluluğa da somut ve gerçek gibi görünmesine yardımcı olmuştur. Ayrıca, evrelere ilişkin eskiçağ açıklaması, kendisiyle karşılıklı bağıntılı olan tutulmalara ilişkin açıklama gibi, bu dönemin dünya görüşünün bilimsel yeterliliğine bir başka önemli örnek oluşturur.

Sözkonusu açıklama MÖ dördüncü yüzyıl sonlarına doğru Yunanistan'da iyi biliniyordu; ancak ortaya çıkış tarihi epeyce daha eski zamanlara gidiyor olabilir. İki küreli evrenin benimsenmesiyle birlikte, gökteki tüm gezginlerin de küre olduğu yönünde daha geniş kapsamlı ve daha az belgelenmiş bir varsayım da gündeme geldi. Bu varsayım kısmen Dünya'nın ve göğün küresel biçimleriyle benzeşim kurmaktan, kısmen de küresel biçimin kusursuzluğunun, kusursuz olan göğe uygun olduğu düşüncesinden kaynaklanıyordu. Mutlak olmasa da daha doğrudan bir kanıt, Güneş ve Ay'ın kesitlerinin gözlemlenmesinden elde edilir. Ay bir küreyse, uzaktaki Güneş, Ay'ın yüzeyinin sadece bir yarısını aydınlatabilir (Şekil 55*a*), bir gözlemcinin bu aydınlatılan yarıküreyi

hangi oranda görebileceği de zorunlu olarak gözlemcinin konumuna bağlı olarak değişecektir. Güneş üzerindeki bir gözlemci tüm yarıküreyi her zaman görebilecek; Dünya üzerinden Ay'a bakan bir gözlemci de Ay kendisiyle Güneş arasındayken, aydınlatılan yarıkürenin hiçbir bölümünü göremeyecekti. O halde bundan, Dünya'daki bir gözlemcinin açıkça görebileceği Ay yüzeyi parçasının, Güneş'in, Ay'ın ve Dünya'nın göreli konumlarına bağlı olması gerektiği sonucu çıkar.

Dünya merkezli yörüngelerinde ve tutulum düzleminde çizilen Güneş ile Ay'ın, Ay ayının eşit aralıklı dört dönemdeki dört göreli konumu Şekil 55*b*'de verilmektedir. (Ayın evrelerine ilişkin tartışmada yalnızca göreli konumlar önemli olduğu için, bu şekil Güneş merkezli bir evrene kolayca uyarlanabilir.) Merkezdeki Dünya dışında tüm şekil batı yönünde döndürüldüğünde Güneş'in ve Ay'ın günlük devinimleri açıklanmış olur; buna göre *a* noktasındaki bir gözlemci Güneş'i tam batarken, *b* noktasındaki gözlemci ise doğarken görür. Çizime göre olan devinimler yalnızca Güneş'in ve Ay'ın doğu yönündeki yörünge devinimleridir. Ay, çizimde 1 noktasında olduğunda Güneş'le birlikte yükselir; ancak karanlık yüzü Dünya'ya çevrili olduğu için, Dünya'daki bir gözlemci tarafından pek görülmez. Bu, yeniay konumudur. Bir haftadan biraz fazla bir süre sonra, hızlı yörünge devinimi Ay'ı, yavaş devinen Güneş'in 90° doğusuna, Güneş'e göre 2 noktasında göründüğü yere taşımıştır. Ay şimdi öğle zamanında doğar ve günbatımında başucu noktasına yakın bir yerdedir. Ay diskinin yalnızca yarısı Dünya'dan açıkça görülebilir; bu ilk dördün konumudur. Bundan bir hafta ya da biraz daha sonra ise, Ay dolunay evresindedir ve Güneş batı-

ğında doğar (3'teki konum). Ay'ın geceyarısı dolaylarında doğuşuna ve gündoğumunda doruğunun yakınlarında bulunmasına karşılık gelen üçüncü dördün ise, 4'teki konumda gösterilmektedir.



Şekil 55. Ay'ın evrelerine eskiçağda (ve modern dönemde) getirilen açıklama. Çizim (*a*)'da, uzaktaki Güneş ışınlarının bir kürenin yüzeyinin yalnızca yarısını aydınlattığı gösterilmektedir. Çizim (*b*)'de, Güneş'in, Dünya'nın ve Ay'ın çeşitli göreli konumlarına göre, aydınlatılan bu yarıkürenin, Dünya'daki bir gözlemcinin görebildiği parçası gösteriliyor. 1 konumu yeniay evresi; 2 konumu büyüyen yarımay; 3 konumu dolunay; 4 konumu da küçülen yarımaydır.

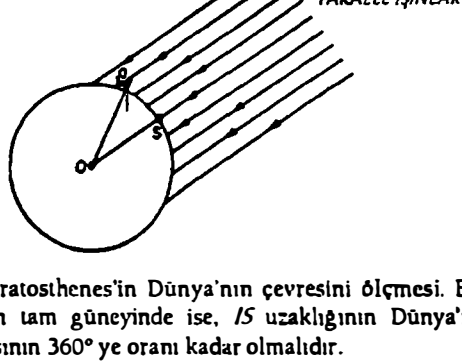
Ay'ın evrelerini çözümlemek için kullanılan şekil, aynı zamanda tutulmaları açıklamak için de kullanılabilir: Ay 2'den 4'e giderken Dünya'nın gölgesi içinden geçebilir, bu durumda kararır ve tutulur. Ay her zaman

tutulum üzerinde görünseydi, 3'e her geldiğinde tutulurdu; ancak, Ay sürekli olarak kuzey ve güneye doğru gezindiği için, dolunay, Dünya ve Güneş çok ender olarak düz bir çizgi üzerine dizilirler. Ay tutulması için dolunayın tutuluma yakın bulunması gerekir; bu yılda iki kezden fazla olamaz, bu kadar sık olması da enderdir. Güneş, Ay 1'de olduğu ve gölgesi Dünya'ya düştüğünde tutulur; Güneş tutulması göreli olarak daha sık, yılda en az iki kez olur. Yine de Dünya'daki gözlemciler çok ender olarak Güneş tutulması görürler. Ay'ın Dünya üzerindeki gölgesi son derece küçüktür ve bir gözlemcinin tutulmayı görmesi için gölgenin içinde bulunması gerekir. Ayrıca, Ay'ın Güneş diskinin küçük bir parçasından daha fazlasını engellemesi ender karşılaşılan bir durumdur. Bu nedenle, herhangi bir noktadaki bir gözlemci kısmi Güneş tutulmasını bile ender olarak görebilir; tam Güneş tutulmasını ise hiçbir zaman görmeyebilir. Bu, gözlemci için ender, çarpıcı, hatta bazen ürkütücü bir görüngü olacaktır.

4. Eskiçağda Evren Ölçümleri

Eskiçağ astronomisinin en ilginç teknik uygulamalarından biri, doğrudan, yani sıradan ölçüm çubuklarıyla ölçülemeyen kozmolojik uzaklık ve boyutların belirlenmesidir. Bu uzaklık ölçümleri sözkonusu dünya görüşünün verimliliğini diğer uygulamalarının çoğundan daha dolaysız bir biçimde göstermektedir; çünkü dayandıkları matematiksel işlemler, kavramsal taslakta en azından belli temel öğeler gerçek olmadığında tüm fiziksel anlamlarını yitireceklerdir. Örneğin, Dünya ister yassı bir disk, ister bir küre olsun, yıldızlar günlük çember-

lerde devinir görünürler; bu görünen devinimi betimleyen teknikler, o halde, kavramsal temelleri ne olursa olsun, yararlıdırlar. Oysa, ancak ve ancak Dünya gerçekten bir küreyse, aşağıda incelediğimiz gözlemlerle saptanabilen bir çevresinin olduğu söylenebilecektir.

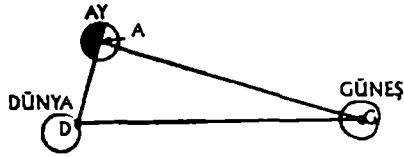


Şekil 56. Eratosthenes'in Dünya'nın çevresini ölçmesi. Eğer *S* yeryüzünde *I*'nin tam güneyinde ise, *IS* uzaklığının Dünya'nın çevresine oranı, *α* açısının 360° ye oranı kadar olmalıdır.

Dünya'nın çemberinin ölçümlerine ilişkin ilk gönderme, Aristoteles'in yazılarında görülür; buna göre bu türden ölçümler olasılıkla MÖ dördüncü yüzyıl ortalarında yapılmıştır. Ancak bu ilk ölçümlerin yalnızca sonuçlarını biliyoruz, kullanılan yöntemi değil; ikinci elden olsa da göreceli olarak bütünü elimizde olan ilk açıklama, MÖ üçüncü yüzyılda İskenderiye'deki büyük elyazmaları koleksiyonunda kütüphaneci olan Eratosthenes tarafından verilendir. Eratosthenes, İskenderiye'nin tam güneyinde, 5000 *stadion* uzaklıktaki bir başka Mısır kenti Syene'de (S), öğle güneşinin tam yukarıda olduğu bir gün, İskenderiye'de (I), öğle güneşinin ışınları ile düşey bir güneş saati mili (gnomon) arasın-

daki *a* açısını ölçtü (Şekil 56). Bu açının, bir tam çemberin 1/50'si (ya da 7 1/5°) olduğunu gördü. Çok uzaktaki Güneş'ten yeryüzüne düşen tüm ışınların paralel olduğu kabul edilebileceğine göre, İskenderiye'de Güneş'in başucu noktasından uzaklığı olan *a* açısı, I ve S'nin, Dünya'nın merkezi olan O'ya göre kiriş olduğu *IOS* açısına eşittir. Ayrıca, bu açı bir çemberin 1/50'si olduğuna göre, İskenderiye ile Syene arasındaki uzaklık Dünya'nın çevresinin 1/50'si, Dünya'nın toplam çevresi de 50x(İskenderiye-Syene arası uzaklık) = 50 x 5000 *stadion* = 250.000 *stadion* olmalıdır. Günümüzde bu konuda çalışanlar Eratosthenes'in vardığı sonucun modern ölçürnlerin sonucundan (24.000 mil) yaklaşık % 5 daha küçük olduğunu düşünüyorlar; ancak, ne yazık ki bundan emin olmak olanaksızdır. Eratosthenes'in kullandığı "stadion" biriminin uzunluğu bilinmiyor; yukarıdaki hesaplamada kullanılan "5000" ve "1/50" değerlerinin, kaydın kolayca okunması için "yuvarlanmış" oldukları açık olduğundan, İskenderiye ve Syene'nin bilinen konumları da bu birimin tanımlanmasında kullanılamaz.

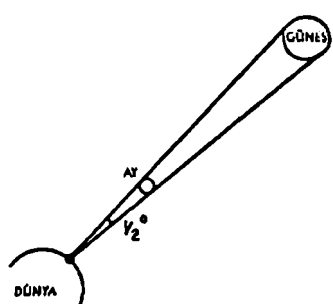
İkinci bir grup ölçüm, MÖ ikinci yüzyılda, günümüzde daha çok Kopernik sistemini öncelemiş olmasıyla tanınan Sisam'lı Aristarkhos tarafından yapılmıştır. Aristarkhos, Ay tam yarımay evresindeyken Güneş'in ve Ay'ın merkezlerini Dünya'dan gören *ADG* açısına dayanarak, Güneş'in ve Ay'ın boyutlarını ve uzaklıklarını tahmin etti (Şekil 57). Ay yalnızca, Dünya ile Güneş'i gören *DAG* açısı tam bir dikaçı olduğunda yarımay olabildiği için, *ADG* açısının büyüklüğünün, köşeleri Ay, Dünya ve Güneş olan diküçgenin biçimini tam olarak belirlemesi gerekir. Aristarkhos'un ölçümlerine göre



Şekil 57. Aristarkhos'un Dünya'dan Ay'a ve Güneş'e göreli uzaklıkları ölçmesi. Ay tam yarımay olduğunda, *DAG* açısının tam olarak 90° olması gerekir. Bu nedenle, *ADG* açısının ölçümü *DA/DG* oranını, yani, Ay'ın Dünya'dan uzaklığının Güneş'in Dünya'dan uzaklığına oranını belirleyecektir.

ADG = 87° idi, bu *DG:DA*::19:1 olan bir üçgene karşılık geliyordu. Aristarkhos bu sonuca dayanarak, Güneş'in Dünya'dan, Aya göre 19 kat daha uzak ve Ay ve Güneş yeryüzünden aynı açıdan görüldükleri için (Şekil 58), 19 kat daha büyük olduğunu saptadı.

Tümüyle değişik tekniklerle ve teleskop yardımıyla yapılan modern ölçümler, Aristarkhos'un oranının çok küçük, yirmiden daha fazla bir çarpan kadar daha küçük olduğunu gösteriyor; *DG:DA* oranı çok yaklaşık olarak 400:1'dir, 19:1 değil. Bu fark *ADG* açısının ölçümünden kaynaklanmaktadır; açının 87° değil, 89° 51'

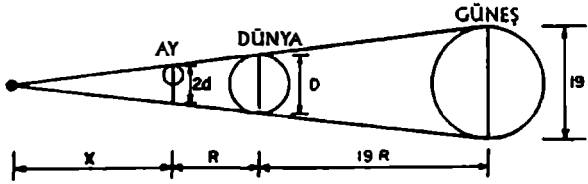


Şekil 58. Büyük, ancak uzaktaki Güneş ile daha küçük, ancak yakındaki Ay, yeryüzünden aynı açıdan görülürler.

olması gerekirdi. Uygulamada, hele Aristarkhos'un elinde olduğu bilinen araçlarla bu ölçümü yapmak çok güçtür. Güneş'in ve Ay'ın tam merkezlerini belirlemek çok zordur; ayrıca Ay'ın ne zaman *tam* yarımay olduğundan emin olmak güçtür. Bu sorunlar düşünüldüğünde, öyle görünüyor ki Aristarkhos ortaya çıkan oranı inanılır ölçülerde tutmak için, kesin olmayan gözlemlerine uyabilecek en küçük açıyı seçmiştir. Aristarkhos'un ardılları da benzer değerlendirmelerle koşullandırılmış olsalar gerek; çünkü Güneş'in ve Ay'ın göreli uzaklıklarına ilişkin tahminler önemli ölçüde geliştirilmiş olsa bile, eskiçağ ve ortaçağ boyunca çok küçük kalmıştır.

Önceki ölçümler astronomik uzaklıkların yalnızca oranlarını verir; ancak Aristarkhos, olağanüstü yaratıcı bir uslamlamayla, bunları somut büyüklüklere çevirebilmiş, yani, Güneş'in ve Ay'ın çaplarını ve uzaklıklarını *stadion* cinsinden saptayabilmiştir. Aristarkhos sonuçlarını, en uzun süreli bir Ay tutulmasının, yani Ay'ın tam tutulum üzerinde bulunduğu ve bu nedenle Dünya'nın gölgesinin tam merkezinden geçtiği bir tutulmanın gözlemlerinden çıkardı. İlk olarak Ay'ın kenarının gölgeye ilk girdiği an ile Ay'ın ilk kez tümüyle karardığı an arasında geçen zamanı ölçtü. Bu değeri Ay'ın tümüyle karanlık kaldığı süreyle karşılaştırdı ve Ay'ın tümüyle karanlık kalma süresiyle Dünya'nın gölgesine girmesi için gereken sürenin yaklaşık olarak aynı uzunlukta olduğunu gördü. Ay'ın boydan boya geçtiği bölgede Dünya'nın gölgesinin genişliğinin Ay'ın çapının yaklaşık olarak iki katı olduğu sonucuna vardı.

Şekil 59'da, Aristarkhos'un çözümlediği astronomik diziliş gösteriliyor. Şekilde Ay, Dünya'nın gölgesine tümüyle girdikten hemen sonra gösterilmiştir. Ay'ın çapı



Şekil 59. Aristarkhos'un, bir Ay tutulması sırasında yapılan gözlemlere dayanarak, Ay'ın ve Güneş'in mutlak uzaklıklarını hesaplamak için kurduğu yapı.

d (bir bilinmeyen) ve Dünya'nın Ay'daki gölgesinin çapı da bu nedenle $2d$'dir; Dünya'nın çapı D'dir (Eratosthenes'in Dünya'nın çevresini *stadion* cinsinden ölçmesinden bilinmektedir); Ay ile Dünya arası uzaklık ise R'dir (bu da saptanacak bir bilinmeyendir). Son olarak, Güneş'in çapı ve Dünya'dan uzaklığı Ay'ın çapı ve uzaklığının tam 19 katı olduğu için, Güneş diskinin çapı tam $19d$, Güneş'in Dünya'dan uzaklığı ise tam $19R$'dir. O halde, Aristarkhos'un ve bizim problemimiz, değeri daha önce *stadion* cinsinden saptanmış bir değer olan Dünya'nın çapını kullanarak, bilinmeyen uzunluklar olan d'yi ve R'yi saptamaktır.

Şekilde, taban uzunlukları $2d$, D ve $19d$ ve yükseklikleri sırasıyla x (bir bilinmeyen), $x+R$ ve $x+20R$ olan üç benzer üçgen hemen görülür. (Aslında bu üç üçgenin tabanları yukarıda eşit alınan çaplardan biraz daha kısadır; ancak eğer bu üçgenler, gerçekte olduğu gibi, çok dar açılıysalar, bu fark sonucu etkilemeyecek kadar küçüktür.) En küçük üçgende yüksekliğin tabana oranının en büyük üçgendekinin aynısı olması gerekir, ya da

$$\frac{x}{2d} = \frac{x+20R}{19d} \text{ dir.}$$

eşitliğin her iki yanının da $38d$ ile çarpılması yeni bir eşitlik verir:

$19x = 2x + 40R$ ve buradan da $x = 40R/17$ çıkar. Bir başka deyişle, Dünya'nın gölgesi, Dünya ile Ay arasındaki uzaklığın yaklaşık 2⅓ katı kadar Ay'ın ötesine uzanır.

Üçgenlerin en küçük olanının orta boy üçgen ile karşılaştırılması bir başka eşitlik verir; bundan d saptanabilir. İlk karşılaştırmadan,

$$\frac{x}{2d} = \frac{x+R}{D}$$ eşitliği elde edilir.

x yerine $40R/17$'nin kullanılması ve her iki yanın $17/R$ ile çarpılması,

$$\frac{20}{d} = \frac{40+17}{D}$$ eşitliğini verir.

Son eşitlikten $d = 20D/57 = 0.35D$ olarak bulunur. Böylece, Ay'ın çapı Dünya'nın çapının üçte birinden biraz daha büyüktür; Güneş'in çapı da, Ay'ın çapının tam 19 katı olduğuna göre, Dünya'nın çapının 6⅔ katından biraz daha büyük olmalıdır.

Dünya'nın çapı, D, bilindiği için, Güneş'in ve Ay'ın gerçek boyutları yukarıdaki hesaplamadan çıkar. Uzaklıkları ise fazladan küçük bir hesaplama yapılarak saptanabilir. Hem Güneş hem de Ay Dünya'dan 0.5°'lik bir açıdan görüldükleri için, her ikisi de, merkezi Dünya'da olan bir tam (360°) çember üzerine, 720 kez yerleştirilebilir. O halde, Ay'ın Dünya'dan uzaklığı, çevresi, Ay'ın artık bilinen çapının 720 katı olan bir çemberin yarıçapı, Güneş'in uzaklığı da bu uzaklığın tam 19 katı olma-

lıdır. Bir çemberin çevresi yarıçapının 2π katı olduğuna göre, Ay'ın Dünya'dan uzaklığı Dünya'nın çapının 40 katının biraz üzerinde, Güneş'in uzaklığı da yaklaşık olarak Dünya'nın çapının 764 katı olmalıdır.

Bu hesaplamalarda kullanılan yöntemler göz kamaştırıcıdır; Yunan bilimcilerinin eserlerinin en kusursuz örneğidir; ancak sayısal sonuçlar, özellikle de Güneş'le ilgili olanlar, Güneş ile yarımay arasındaki açının belirlenmesinde başta yapılan hata nedeniyle, her zaman yanlış olur. Modern ölçümler Ay'ın çapının Dünya'nın çapının dörtte birinden biraz fazla olduğunu, uzaklığının ise Dünya'nın çapının yaklaşık 30 katı olduğunu gösteriyor; bunlar Aristarkhos'un hesapladığı değerlerden uzak değildir. Oysa, bugün Güneş'in çapının Dünya'nın çapının hemen hemen 110 katı, uzaklığının ise Dünya'nın çapının 12.000 katı civarında olduğu düşünülüyor; bu iki değer de Aristarkhos'un kabul ettiklerinden çok daha büyüktür. Eskiçağda Aristarkhos'un ölçümlerinde çeşitli düzeltmeler yapılmış ve genellikle Güneş'in uzaklığının ölçümünde önemli bir yanlışlık olabileceğinin farkına varılmış olsa da bu kozmolojik boyuta ilişkin olarak eskiçağda ve ortaçağda yapılan tüm tahminler çok çok küçük kalmıştır.

Aristarkhos'un boyut ve uzaklık belirleme teknikleri yalnızca Dünya'nın, Ay'ın ve Güneş'in göreli konumlarına bağlı olduğu için, Batlamyus ve Kopernik evrenlerinin her ikisinde de aynı kesinlik ya da aynı belirsizlikle uygulanabilecektir. O halde, eskiçağdaki astronomik uzaklık saptamaları Kopernik Devriminde doğrudan hiçbir rol oynayamazdı. Ancak, dolaylı rolleri olmuştur; bunların hepsi de Batlamyus sisteminin güçlenmesine yardım etmiştir. Astronomik ölçümler yapma

olanağı Aristoteles-Batlamyus evreninin çok verimli olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bu ölçümlerin sonuçları, eskiçağ kozmolojisini somutlaştırarak yapısını belirginleştirmiş, onun gerçek gibi görünmesine yardımcı olmuştur. Sonuncusu ve en önemlisi ise, Ay'ın uzaklığının ölçümünün ortaçağda astronomik bir metre çubuğu işlevi görmesidir; bu ölçü tüm evrenin boyutunun dolaylı bir biçimde hesaplanmasında kullanılmıştır.

Daha önce üçüncü bölümde belirtildiği gibi, ortaçağ evrenbilimcileri çoğunlukla, her bir kristal kabuğun ancak kendi gezegeninin dış tekerleme eğrisini içine alacak kadar kalın olduğunu ve bu kabukların iç içe geçerek uzayın tümünü doldurduğunu varsaydılar. Matematikçi astronomlar, bu varsayımları kullanarak tüm kabukların göreli boyutlarını ve kalınlıklarını saptayabiliyorlardı. Bu göreli boyutlar daha sonra, Aristarkhos'un Ay küresine olan uzaklığı belirlemedeki yöntemi kullanılarak *stadion* ya da mil cinsinden Dünya'nın çapına çevrildi. Elde edilen tipik bir kozmolojik boyutlar kümesi kitabın ana bölümlerinde vardır. Bu, Kopernik öncesi bilimcilerinin evreni ne kadar ayrıntılı bir biçimde araştırdıklarını ve anladıklarını gösteriyor.

Göndermeler

1. Bölüm: Eski İki Küreli Evren

1. Sir Thomas L. Heath, *Greek Astronomy*, Library of Greek Thought (Londra: Dent, 1932), ss. 5-7.
2. Benjamin Jowett, *The Dialogues of Plato*, 3. basım (Londra: Oxford University Press, 1892), III, ss. 452-453.

2. Bölüm: Gezegenler Sorunu

1. Vitruvius, *The Ten Books on Architecture*, çev. M. H. Morgan (Cambridge: Harvard University Press, 1926), ss. 261-262.
2. Sir Thomas L. Heath, *Aristarchus of Samos* (Oxford: Clarendon Press, 1913), s. 140.

3. Bölüm: Aristotelesçi Düşüncede İki Küreli Evren

1. Aristoteles, *On the Heavens*, çev. W. K. C. Guthrie, Loeb Classical Library (Cambridge: Harvard University Press, 1939), s. 91 (279^{a} 6-17). (Aristoteles, *Gökyüzü Üzerine*, çev. Saffet Babür, Dost Kitabevi Yayınları, 1997).

2. *Ibid.*, s. 243-253 (296^b8-298^a13).
3. Sir Thomas L. Heath, *Greek Astronomy*, Library of Grek Thought (Londra: Dent, 1932), ss. 147-148.
4. Aristoteles, *On the Heavens*, s. 345 (310^b2-5).
5. Aristoteles, *Physics*, çev. P. H. Wickstead ve F. M. Cornford, Loeb Classical Library (Cambridge: Harvard University Press, 1929), I, 331 (213^a31-34).
6. Aristoteles, *On the Heavens*, ss. 23-25 (270^b1-24).
7. Jean Piaget, *The Child's Conception of Physical Causality*, çev. Marjorie Gabain (Londra: Kegan Paul, Trench, Trubner, 1930), s. 110-111.
8. Heinz Werner, *Comparative Psychology of Mental Development*, gözden geçirilmiş baskı (Şikago: Follett, 1948), ss. 171-172.
9. Aristoteles, *Physica*, çev. R. P. Hardie ve R. K. Gaye, *The Works of Aristotle* içinde, II (Oxford: Clarendon Press, 1930), 208^b8-22.

4. Bölüm: Geleneği Yeniden Biçimlendirmek: Aristoteles'ten Kopernikçilere

1. St. Augustine, *Works*, der. Marcus Dods (Edinburg: Clark, 1871-1877), IX, 180-181.
2. Aquino'lu Aziz Tommaso, *Commentaria in libros Aristotelis De caelo et mundo, Sancti Thomae Aquinatis... Opera Omnia*, III (Roma: S. C. de Propaganda Fide, 1886), s. 24. Kendi çevirim.
3. Aquino'lu Aziz Tommaso, *The "Summa Theologica,"* Part I, Questions L-LXXIV, çev. İngiliz Dominiken Bölgesi Babaları, 2. basım (Londra: Burns Oates & Washbourne, 1922), s. 225 (Q. 68, Madde 3).
4. Aquino'lu Aziz Tommaso, *Summa Theologica*, Part III, Questions XXVII-LIX (Londra: Washbourne, 1914), s. 425, 433 (Q. 57, Maddeler 1, 4). Yayıncılarının ve Benziger Brothers Inc.'ın (New York) izniyle alıntılanmıştır.
5. Charles H. Grandgent, *Discourses on Dante* (Cambridge: Harvard University Press, 1924), s. 93.

6. Dante, *The Banquet*, çev. Katharine Hillard (Londra: Routledge and Kegan Paul, 1889), ss. 65-66.
7. *Ibid.*, s. 69, 79-80.
8. Nicole Oresme, *Le livre du ciel et du monde*, der. A. D. Menut ve A. J. Denomy, *Mediaeval Studies*'de, III-V (Toronto: Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1941-1943), IV, 243.
9. *Ibid.*, IV, 272. Oresme'nin şerhinden bunu ve bunu izleyen pasajları çevirirken sıklıkla Wisconsin Üniversitesi'nden Marshall Clagett tarafından hazırlanan ve yazarın nezaketi sayesinde mimografisine ulaşabildiğim "Selections in Medieval Mechanics" adlı kitapçıktaki daha uzun Ingilizce seçkiden yararlandım. Profesör Clagett'in Oresme'den ve pek çok başka ortaçağ bilim yazarından yaptığı çeviriler yakında *Mechanics in the Middle Ages* başlığıyla yayınlanacaktır.
10. *Ibid*, s. 273.
11. Marshall Clagett'in izniyle *"Selections in Medieval Mechanics"*inden özetlendi (bkz. n. 9), s. 35-39. Orijinali Jean Buridan, *Quaestiones super octo libros physicorum* (Paris, 1509), Book VIII, Question 12'dir. Sadece biçeme ilişkin birkaç değişiklik yaptım ve bir grup italiği kaldırdım.
12. Clagett, "Selections", s. 40, Buridan, *Quaestiones*'den.
13. *Mediaeval Studies*, IV, 171.
14. Alfred North Whitehead, *Science and the Modern World* (New York: Macmillan, 1925), s. 19.
15. John Herman Randall, Jr., tarafından *The Making of the Modern Mind*, 2. basım (Boston: Houghton Mifflin, 1940), 213. sayfasından alıntılanmıştır.
16. Sir Thomas L. Heath, *A History of Greek Mathematics* (Oxford: Clarendon Press, 1921), I, s. 284.
17. Edward W. Strong tarafından *Procedures and Metaphysics* (Berkeley: University of California Press, 1936), s. 43'te, Thomas Taylor'ın, *The Philosophical and Mathematical Commentaries of Proclus on the First Book of Euclid's Elements* (Londra: I [1788] ve II [1789]) adlı çalışmasından alınmıştır.

18. Marsilio Ficino, *Liber de Sole, in Martillii Ficini Florentini,... Opera* (Basel: Henric Petrina, [1576]), I, 966. Kendi çevirim.
19. Edwin A. Burtt tarafından, Kepler'in ilk tartışmalarının birinin bir bölümünden alıntılanmış ve çevrilmiştir; *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, 2. basım (New York: Harcourt, Brace, 1932), s. 48.

5. Bölüm: Kopernik'in Yeniliği

1. 5. Bölüm'deki tüm alıntılar Kopernik'in *De Revolutionibus Orbium Caelestium*'unun (1543) Önsöz'ü ve Birinci Kitap'ından dır. Çeviri, John F. Dobson ve Selig Brodetsky tarafından yapılmış ve *Occasional Notes of the Royal Astronomical Society*, vol. 2, no. 10 (Londra: Royal Astronomical Society, 1947) adıyla yayınlanmıştır. Bu çeviriyi yeniden basarken, "yörünge" sözcüğünün yerine tutarlı bir biçimde "küre" ya da "çember" sözcüklerini kullandım (Kopernik'in Latince'de "*orbis*"i kullanmasından kaynaklanan zorluklar için bkz. Edward Rosen, *Three Copernican Treatises* [New York: Columbia University Press, 1939], ss. 13-16). Olasılıkla bir düzine başka yerde de modern terminolojinin diğer örneklerini görmezden gelmiş ya da daha anlaşılır olmak adına benzer küçük değişiklikler yapmışımdır. Bu türden değişiklikler yaparken Alexandre Koyré'nin (Paris: Felix Alcan, 1934) yetkin Thorn baskısından (1873) hazırladığı Kopernik'in Birinci Kitap'ının çok yararlı Latince-Fransızca basımından sürekli olarak yararlandım. *Royal Astronomical Society*'ye, kendi çevirilerinin bu kadar geniş bir bölümünün yeniden basımına izin verdiği için müteşekkirim.

6. Bölüm: Kopernikçi Astronominin Özümlenmesi

1. Francis R. Johnson tarafından, *Astronomical Thought in Renaissance England* (Baltimore: John Hopkins Press, 1937), s. 207'de alıntılanmıştır. Bu bölümde, bu ve birçok diğer alıntıdaki yazım biçimlerini ve noktalama işaretlerini güncelleştirdim.

2. *Ibid.*, s. 188-189, Joshua Sylvester'in çevirisinden (1605).
3. Dorothy Stimson tarafından *The Gradual Acceptance of the Copernican Theory of the Universe* (New York: 1917), adlı kitabının 46. ve 47. sayfalarında, Bodin'in *Universae Naturae Theatrum*'undan (Frankfort, 1597) çevrilmiş ve ahntılanmıştır.
4. Andrew D. White tarafından, *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom*'ın (New York: Appleton, 1896) I, 126. sayfasında çevrilmiş ve alıntılanmıştır.
5. *Ibid.*, s. 126-127, Melanchthon'un *Initia Doctrinae Physicae*'sinden.
6. *Ibid.*, s. 127.
7. John Donne, *Complete Poetry and Selected Prose of John Donne*'da, der. John Hayward (Bloomsbury: Nonesuch Press, 1929) "Ignatius, his Conclave", s. 365.
8. *Ibid.*, s. 202.
9. John Milton, *Paradise Lost*, I. Kitap, 26. satır.
10. *Mediaeval Studies*, IV, s. 276'da, Nicole Oresme, *Le livre du ciel et du monde.*
11. James Brodrick tarafından, *The Life and Work of Blessed Robert Francis Cardinal Bellarmine, S. J.* (Londra: Burns Oates and Washbourne, 1928), II, 359'da çevrilmiş ve ahntılamıştır.

7. Bölüm: Yeni Evren

1. Robert Hooke, *An Attempt to Prove the Motion of the Earth from Observations* (Londra: John Martyn, 1674), R. T. Gunther tarafından, *Early Science in Oxford*, VIII (Oxford: kişisel baskı, 1931), s. 27-28'de kopyalanmıştır.
2. Newton, *Opticks*, 4. (1730) basım (New York: Dover, 1952), s. 401.
3. *Ibid.*
4. Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, der. Florian Cajori (Berkeley: University of California Press, 1946), s. xviii.
5. Newton, *Opticks*, s. 400-401.

Kaynakça Notları

Giriş

Bu notlar hem teşekkürü borç bildiğim daha önceki çalışmaların bir dökümünü vermektedir hem de astronomi ve astronomiyle ilgili alanlarda 1700 yılından önce yayınlanan bilimsel çalışmaların uçsuz bucaksız labirentine uygun bir giriş niteliğindedir. Tartışmayı olabildiğince İngilizce'de kolayca erişilebilen kitaplarla sınırlı tuttum. Birkaç istisna dışında, yabancı dillerdeki makale, monografi ve çalışmalara ya Kopernik Devrimine ilişkin kendi anlatımıma somut bir katkı yapmışlarsa ya da (son yıllardaki birçok çalışmada olduğu gibi) aşağıdaki temel kaynaklarda yer almıyorlarsa gönderme yaptım. Kaynakça listesinde yer alan ikincil derecede önemli birkaç kaynakla bu notlarda ilgilenmedim.

Bu alanın birkaç bölümüyle ilgili daha bütünlüklü kaynakçalar, şu çalışmalarda bulunabilir: M. R. Cohen ve I. E. Drabkin, *A Source Book of Greek Science* (New York, 1948); E. J. Dijksterhuis, *De Mechanisering van het Wereldbeeld* (Amsterdam, 1950); F. Russo, *Histoire des sciences et des techniques: bibliographie* (Paris, 1954) ve George Sarton, *A Guide to the*

History of Science (Waltham, Mass., 1952). Bu alanla ilgili çeşitli konular için ayrıntılı kaynakçalar, George Sarton'un, *Introduction to the History of Science*, 3 cilt 5'te (Baltimore, 1927-1947) ve *Isis* dergisinin yıllık kaynakçalarında bulunur. Aşağıda başka bağlantılı konularla ilgili olarak göndermede bulunulan kitapların çoğunda da yararlı kaynakça bilgileri vardır. Bu konuda yakın zamanlarda yapılmış çalışmalar, özellikle de, A. C. Crombie, *Augustine to Galileo* (Cambridge, Mass., 1952) ve A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500-1800* (Londra, 1954) çok faydalı olacaktır.

Genel bilim tarihi konusunda yapılan bütün çalışmalarda bu kitabın kapsadığı dönem ve burada ele alınan çoğu sorun tartışılmaktadır; ancak yalnızca Herbert Butterfield'in *The Origins of Modern Science, 1300-1800* (Londra, 1949) adlı çalışmasının bu kitabın yapısı üzerinde özel bir etkisi vardır. Marshall Clagett'ın *Greek Science in Antiquity* (New York, 1955) ve Hall'un *Scientific Revolution* (künyesi yukarıda verilmiştir) başlıklı çalışmalarının her ikisi de her ne kadar bu kitabın taslağı son biçimini almadan önce elime geçmemiş olsalar da ele aldıkları dönemlerin arka planlarını çok faydalı olacak bir biçimde sunuyorlar. Dijksterhuis, *Mechanisering*'de (yukarıya bakınız), Felemenkçe okuyabilenler için temel bir kaynak niteliğindedir.

Bertrand Russell'ın, *A History of Western Philosophy* (New York, 1945) ve W. Windelband'ın, *A History of Philosophy*, çev. J. H. Tufts (New York, 1901) başlıklı çalışmaları felsefenin gelişimi konusunda yararlı bir arka plan sunarlar. Bu kitabı yazarken, şu üç çalışmaya öylesine sık başvurdum ki bunlara, aşağıda yalnızca değerlendirmelerini çok yakından izlediğim bölümler için gönderme yaptım: J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, 2. basım (New York, 1953); Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science*, 6 cilt (New York, 1923-1941) ve Sarton, *Introduction* (künyesi yukarıda verilmiştir). Aynı biçimde yararlanılabilecek diğer bir kaynak olan, Pierre Duhem'in *Le système du monde*, 6 cilt (Paris, 1913-1954) başlıklı çalışmasına özel konular için başvurdum.

R. H. Baker'ın *Astronomy*'si, 5. baskı (New York, 1950), teknik astronomi konusunda gerekli bilgileri edinmek için eşsiz bir kaynaktır.

George Sarton'un *A History of Science: Ancient Science through the Golden Age of Greece* (Cambridge, Mass., 1952) isimli çalışması, Mısır, Mezopotamya ve Yunan astronomilerini eskiçağ bilimi ve kültürü bağlamında irdelemektedir. O. Neugebauer'ın *The Exact Sciences in Antiquity*'si (Princeton, 1952), her ne kadar seçiciliğiyle Yunan astronomi geleneğinin oynadığı önemli rol konusunda bazı okuyucuları yanlış yönlendirebilecekse de başlangıçlarından Helenistik döneme kadar Mısır ve Babil astronomileri konusunda daha ayrıntılı bir giriş sunmaktadır. Neugebauer'in ikinci baskısının (Providence, R. I., 1957) bir ekinde, Batlamyus'un *el-Mecisti*'sinde ayrıntılı bir şekilde ele alınan astronomik araçların çok faydalı bir betimlemesi vardır. Sir Thomas L. Heath'in, *Aristarchus of Samos*'u (Oxford, 1913), MÖ üçüncü yüzyıla kadar Yunan astronomisi için standart kaynaktır. Dreyer'in *History*'sinin (yukarıya bakınız) 7 ve 9. bölümlerinde, Apollonios'tan başlayarak Batlamyus'a kadar Yunan astronomisi tartışılmaktadır.

Eskiçağ astronomi yazılarından çok sayıda seçme, Sir Thomas L. Heath'in, *Greek Astronomy*'sinde (Londra, 1932) ve Cohen ve Drabkin'in, *Source Book* (yukarıya bakınız) bulunabilir. Konuyla ilgili diğer parçalar şu kitaplarda bulunmaktadır: *The Dialogues of Plato*, der. Benjamin Jowett, 3. baskı (Londra, 1892), III, içindeki *Timaeus* diyaloğu; çevirisi bazen astronomik olgular ve kuram konusundaki yanlış bilgilerle malul olsa da Vitruvius, *The Ten Books on Architecture*, çev. M. H. Morgan (Cambridge, Mass., 1926). Batlamyus'un *el-Mecisti*si yakınlarda R. Catesby Taliaferro tarafından çevrilmiştir: *Great Books of the Western World*, cilt XVI (Şikago, 1952). Ancak, daha ayrıntılı çalışmalar standart basım olan *Syntaxis mathematica*'ya, der. J. L. Heiberg, 2 cilt (Leipzig, 1898-1903) bağlı kalmaya devam edecektir.

Eskiçağ takvimleriyle ilgili bilgilerin büyük bir kısmı, yukarıdaki verilen ikincil kaynakların çoğunda vardır. Bu konuda yapılmış daha ayrıntılı çalışmalar şunlardır: F. H. Colson, *The Week* (Cambridge, Mass., 1926) ve R. A. Parker, *The Calendars of Ancient Egypt* (Şikago, 1950). Sir Norman Lockyer'ın *Stonehenge and Other British Stone Monuments Astronomically Considered*, 2. baskı (Londra, 1909) adlı çalışmasında, Stonehenge ilkel bir gözlemevi olarak ele alınmaktadır; ancak bu çalışmanın yanı sıra bkz. Jacquetta Hawkes, "Stonehenge", *Scientific American* CLXXXVIII (Haziran 1953), ss. 25-31. Göklerin eski kozmoloji düşüncesinde oynadığı rol konusunda ise şu çalışmalara bakınız: Henri Frankfort ve diğ., *The Intellectual Adventure of Ancient Man* (Şikago, 1946) ve Heinz Werner, *The Comparative Psychology of Mental Development*, gözden geçirilmiş baskı (Şikago, 1948).

3. Bölüm

Bu bölüm için temel kaynaklar Aristoteles'in fizik bilimleri üzerine yazdıklarıdır; özellikle de onun *Fizik*, *Metafizik*, *Gökyüzü Üzerine*, *Meteoroloji* ve *Oluş ve Bozuluş Üzerine* adlı çalışmalarıdır. Bu yazıların hepsine şu kaynaktan ulaşılabilir: *The Works of Aristotle Translated into English*, der. Sir William David Ross, 12 cilt (Oxford, 1928-1952). Son çalışma hariç bu yazıların tümü The Loeb Classical Library'nin derlemelerinde de vardır. Sir W. D. Ross'un, *Aristotle's Physics* (Oxford, 1936) adlı çalışmasındaki metin ve açıklayıcı notlar, bu çalışmayı özellikle yararlı kılmaktadır.

John Burnet'ın, *Early Greek Philosophy*'si, 3. basım (Londra, 1920); Theodor Gomperz'in, *Greek Thinkers*'ı, çev. Laurie Magnus (I) ve G. A. Berry (II-IV) (New York, 1901-1912) ve Kathleen Freeman'ın, *The Pre-Socratic Philosophers*'ı (Oxford, 1946) Aristoteles'in düşüncesini, öncellerinin kurduğu gelenek içine yerleştirmeyi olanaklı kılmaktadır. Şunlar da önemli biyografik çalışmalardır: Sir W. D. Ross, *Aristotle*, 3. basım (Londra, 1937) ve Werner Jaeger, *Aristotle: Fundamentals of the History of His Development*, çev. Richard Robinson (Oxford, 1934). F.

M. Cornford'un *The Laws of Motion in Ancient Thought*'u (Cambridge, Eng., 1931) ise bu bölümde ele alınan bir dizi özel sorunu oldukça ayrıntılı bir şekilde irdelemektedir.

Kozmolojik boyutların plenum ilkesine dayanılarak Batlamyus sonrasında yapılan hesaplamaları Edward Rosen'ın, "A Full Universe"inin, *Scientific Monthly* LXIII (1946), ss. 213-217'de ve Dreyer'in *History*'sinin VIII. ve XI. bölümlerde (bkz. yukarıda, Giriş) tartışılmaktadır. Pisa deneyine ilişkin kanıt Lane Cooper'un *Aristotle, Galileo and the Leaning Tower of Pisa* (Ithaca, 1935) isimli çalışmasında incelenmektedir; fakat Cooper'ın çalışmasının Galileo'nun yasalarının gelişimi konusunda aşağıda 4. ve 7. bölümünde göndermede bulunulan çalışmalarda yapılan tartışmalarla tamamlanması gerekir. Uzay ve devinime ilişkin ilkel tasarımlar Werner'de (yukarıda 1. Bölüm) ve Jean Piaget'nin birçok çalışmasında, özellikle de *The Child's Conception of the World*'de, çev. Joan ve Andrew Tomlinson (Londra, 1929); *The Child's Conception of Physical Causality*'de, çev. Marjorie Gabain (Londra, 1930) ve *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*'da (Paris, 1946) tartışılmaktadır.

4. Bölüm

Yunan biliminden Helenistik bilime geçişin en çarpıcı yönleri, George Sarton, *Ancient Science and Modern Civilization*'da (Lincoln, Neb., 1954) ele alınmaktadır. Bu konuda çok daha ayrıntılı bilgi aynı yazarın *Introduction*'unda verilmektedir (yukarıda, Giriş).

Henry Osborn Taylor'ın, *The Mediaeval Mind*'ı, 4. basım, 2 cilt (Cambridge, Mass., 1925) Hıristiyanlığın ilk dönemlerinde pagan biliminin nasıl değersizleştirildiğini tartışmakta ve Dreyer, *History*'sinde (yukarıda, Giriş), astronomi için önemli aydınlatıcı bilgiler vermektedir. Başlıca önemli birincil kaynaklar ise Augustinus'un, *Confessions* ve *Enchiridion*'udur; *Works* içinde, der. Marcus Dods (Edinburg, 1871-1877).

Aristoteles kozmolojisinin İncil'in tarih anlayışıyla uzlaştırılmasına ilişkin anlatım, Aquino'lu Aziz Tommaso'nun, *The*

*"Summa Theologica"*sına, çev. Brothers of the English Dominican Province, 22 cilt (Londra, 1913-1925) ve *Opera Omnia*'sının, 12 cilt (Roma, 1882-1906) II. ve III. ciltlerindeki Aristoteles'in fiziğinin incelendiği *Commentaria*'sına dayanmaktadır. Bu yeni bütünleşmenin nasıl bir sonuç verdiği, *Şölen* (Dante'nin The Banquet) çev. Katharine Hillard (Londra, 1889) ve *Ilahi Komedya* (The Divine Comedy) (İngilizce'de farklı birçok baskısı vardır) açıkça görülür. Kozmolojik metaforun ortaçağ ve Rönesans düşüncesi üzerindeki etkileri, Charles H. Grandgent'ın, *Discourses on Dante* (Cambridge, Mass, 1924) ve S. L. Bethell'ın, *The Cultural Revolution of the Seventeenth Century* (Londra, 1951) adlı çalışmalarında ana hatlarıyla belirtilmektedir.

Arap ve ortaçağ Avrupası astronomisi, Dreyer'ın, *History*, Duhem'in, *Le système*; Sarton'un, *Introduction* (her ikisi için bkz. yukarıda, Giriş) ve Lynn Thorndike'ın *Science and Thought in the Fifteenth Century* (New York, 1929) adlı çalışmalarında incelenmektedir. Thorndike kendisinden önce bu konuda çalışan araştırmacıların Avrupa'da yetkin bir astronomi geleneğinin doğuşunu çok geç bir dönemde başlattıklarını düşünür; ancak Thorndike'ın, en azından gezegenler sorunu konusunda sunduğu kanıtlar bana ikna edici gelmiyor. Ayrıca, Derek J. Price'ın, der. *Equatorie of the Planetis* (Cambridge, İngiltere, 1955) adlı çalışması değerli ek bilgiler içermektedir.

A. C. Crombie'nin, *Augustine to Galileo*'su (bkz. Giriş), ortaçağ bilimi konusunda en özlü ve bibliyografik incelemeyi sunmaktadır. Tartışmam için aynı zamanda pek çok özel çalışmaya, özellikle de şunlara borçluyum: Carl Boyer, *The Concepts of the Calculus*, 2. basım (Wakefield, Mass., 1949); Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics* (New York, 1941) ve "Some General Aspects of Physics in the Middle Ages," *Isis* XXXIX (1948), 29-44; Alexandre Koyré, *Études Galiléennes*, 3 cilt (Paris, 1939); Annaliese Maier, *Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik*, 4 cilt (Roma, 1951-1955); John Herman Randall, Jr., "The Development of Scientific Method in the School of Padua", *Journal of the History of Ideas* I (1940), 177-206. Koyré ve Randall, skolastik düşüncelerin modern bilimin ilk kurucularına aktarılması konusunda çok yararlı

örnekler vermektedirler. Skolastik devinim kuramları konusunda birincil kaynaklar arasında şunlar vardır: Thomas Bradwardine, *Tractatus de Proportionibus*, der. ve çev. H. Lamar Crosby, Jr. (Madison, Wis., 1955); Marshall Clagett, "Selections in Medieval Mechanics" (Madison, Wis., mimograf, tarihsiz); Jean Buridan, *Quaestiones super libris quattuor de caelo et mundo*, der. Ernest A. Moody (Cambridge, Mass.: Mediaeval Academy of America, 1942) ve Nicole Oresme, *Le livre du ciel et du monde*, der. A. D. Menut ve A. J. Denomy, *Mediaeval Studies* III-V (Toronto, 1941-1943).

Rönesans döneminde bilimle ve çeşitli toplumsal, ekonomik ve düşünsel akımlar arasındaki ilişkiler şu yazarlar tarafından tartışılmaktadır: John Herman Randall, Jr., *The Making of the Modern Mind*, gözden geçirilmiş baskı (Boston, 1940) ve Myron P Gilmore, *The World of Humanism, 1453-1517* (New York, 1952). Lynn Thorndike, *Magic and Experimental Science*'da (yukarıda, Giriş'te) ve Arthur O. Lovejoy, *The Great Chain of Being*'de (Cambridge, Mass., 1948) eskiçağ ve Rönesans Yeni-Platonculuğunu tartışmaktadır. Henry Osborn Taylor'un, *Thought and Expression in the Sixteenth Century*'si, 2 cilt (New York, 1920) Rönesans Yeni-Platonculuğuna ilişkin bir betimleme içermektedir. Platon'un matematiğe karşı tutumu, Sir Thomas L. Heath'in, *A History of Greek Mathematics*, 2 cilt (Oxford, 1921) adlı kitabında incelenmektedir; bu tutumun Yeni-Platonculuk biçiminde bilimi nasıl etkilediği konusu ise farklı bakış açılarıyla şu çalışmalarda ele alınmıştır: Edwin Arthur Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* (New York, 1932); Alexandre Koyré, "Galileo and Plato," *Journal of the History of Ideas* IV (1943), 400-428 ve Edward W. Strong, *Procedures and Metaphysics* (Berkeley, Kaliforniya., 1936). Bu son çalışma Yeni-Platoncu düşüncenin gizemci ve bilimdışı eğilimleri üzerinde doğru vurgu yapan tek çalışmadır; ne var ki temelinde böylesine akıldışı olan hiçbir bakış açısının bilim pratiği üzerinde verimli bir etki oluşturamayacağı sonucuna varırken fazla iddialı sayılabilir. Yeni-Platonculuk için, aşağıda 6. Bölüm'de anılan, Nikolaus von Cusa ve Giordano Bruno ile ilgili çalışmalara da bakınız.

5. Bölüm

Kopernik'in yaşamı ve yapıtları Angus Armitage'in *Copernicus, The Founder of Modern Astronomy*'sinde (Londra, 1938) oldukça iyi anlatılmaktadır; ancak bu kitap daha kapsamlı bir çalışma olan Ludwig Prowe, *Nicolaus Coppernicus*, 2 cilt (Berlin, 1883-1884) ile desteklenmelidir. Kopernik'in kısa astronomi çalışmaları ve Rheticus'un *Narratio prima*'sını Edward Rosen, *Three Copernican Treatises* (New York, 1939) adlı kitapta çevirmiş ve bu çalışmalar üzerine yetkin bir giriş yazmış, açıklayıcı notlar eklemiştir. Kopernik'in temel yapıtının eksiksiz tek İngilizce çevirisi ise Nicolaus Copernicus, *On the Revolutions of the Heavenly Spheres*, çev. Charles Glenn Wallis, *Great Books of the Western World*, cilt XVI'dadır (Şikago, 1952). Bu kitaptan yararlananlar önce O. Neugebauer'in *Isis* XLVI (1955), 69-71 de yayınlanan oldukça eleştirel incelemesine başvurmalıdır. *De Revolutionibus*'un Önsöz'ünün ve 1. Kitap'ının yararlı bir İngilizce çevirisi, John F Dobson ve Selig Brodetsky tarafından yapılmış, *Occasional Notes of the Royal Astronomical Society*, cilt II, no. 10'da (Londra, 1947) yayınlanmıştır. Alexandre Koyré'nin *Copernic: Des Révolutions des Orbes Célestes* (Paris, 1934) adlı kitabı, 1. Kitap'ın kullanışlı bir Fransızca ve Latince baskısıdır; bu kitapta hem başlangıç için gerekli malzeme, hem de derin ve kışkırtıcı bir giriş tartışması bulunmaktadır. Tam metnin standart baskısı ise şudur: Maximilian Curtze, *Nicolai Copernici Thorunensis: De revolutionibus orbium caelestium libri VI* (Torun, 1873). Kopernik'in astronomisinin önde gelen özel yönleri Dreyer'in *History*'sinde (Giriş'e bakınız), fizik ve kozmolojisi ise Edgar Zilsel'in "Copernicus and Mechanics," *Journal of the History of Ideas I* (1940), 113-118, makalesinde incelenmektedir.

6. Bölüm

On altıncı ve on yedinci yüzyıllarda Kopernikçi astronomiye verilen tepkiler üzerine şu çalışmalarda çok yararlı malzeme bulunmaktadır: Francis Johnson, *Astronomical Thought in Renais-*

sance England (Baltimore, 1937); Grant McColley, "An early friend of the Copernican theory: Gemma Frisius," *Isis* XXVI (1937), 322-325; Dorothy Stimson, *The Gradual Acceptance of the Copernican Theory of the Universe* (New York, 1917); Lynn Thorndike'ın, *Magic and Experimental Science* (yukarıda, Giriş'e bakınız) adlı çalışmasının özellikle V. cildinin 18. bölümü ve VI. cildinin 31. ve 32. bölümleri ve Andrew D. White, *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom*, 2 cilt (New York, 1896). Thorndike'ın çalışması malzeme açısından en zengin ve en derli toplu olanıdır; ancak Kopernik ve Batlamyus astronomileri arasındaki teknik ilişkiler konusunda bazen önemli temel yanlışlara (örneğin cilt V'te 424. ve 425. sayfaları birbirine bağlayan tümce) dayandığı için dikkatli kullanılması gerekir.

Galileo'nun Kiliseyle çatışması konusunda en kapsamlı ve en yeni çalışma Giorgio de Santillana'nın *The Crime of Galileo* (Şikago, 1955) adlı kitabıdır. Ancak, bu konuda daha önceki kimi tartışmalar hâlâ yararlıdır: Karl von Gebler, *Galileo Galilei and the Roman Curia*, çev. Mrs. George Sturge (Londra, 1879) ve James Brodrick, S. J., *The Life and Work of Blessed Robert Francis Cardinal Bellarmine*, 2 cilt (Londra, 1928).

Tycho Brahe konusunda bkz. J. L. E. Dreyer, *Tycho Brahe* (Edinburg, 1890) ve yine *Opera Omnia*, der. J. L. E. Dreyer, 15 cilt (Hauniae, 1913-1929). Brahe sisteminin çoğu kez yeterince önemsenmeyen popülerliği şu çalışmalarda etkili bir biçimde belgelenmektedir: Grant McColley, "Nicolas Reymers and the Fourth System of the World," *Popular Astronomy* XLVI (1938), 25-31 ve "The Astronomy of Paradise Lost," *Studies in Philology* XXXIV (1937), 209-247.

İngilizce'de Kepler'in yaşamı ve yapıtları üzerine yetkin bir çalışma yoktur. Fakat, Carola Baumgardt'ın *Johannes Kepler: Life and Letters* (New York, 1951) adlı çalışmasında temel kaynaklardan yapılan kimi yararlı alıntılar bulunmaktadır. Bu konuda standart çalışma olan Max Caspar'ın *Johannes Kepler*'inin (Stuttgart, 1948) İngilizce çevirisinin yakında çıkması bekleniyor. İlgili eserler, *Gesammelte Werke*'den, der. Max Caspar, 12 cilt (Münih, 1938-1955) okunabilir. R. H. Baker, *Astronomy*'de

(yukarıda, 1. bölüm), modern bakış açısından Kepler Yasalarının teknik bir açıklamasını vermektedir. Bu yasaların teknik gelişimi konusunda pek çok bilgi içeren çalışmalar şunlardır: Dreyer, *History* (yukarıda, Giriş) ve A. Wolf, *A History of Science, Technology and Philosophy in the XVI and XVII Centuries*, Douglas McKie'nin hazırladığı gözden geçirilmiş baskı (Londra, 1950). Kepler üzerine diğer önemli çalışmalar 7. Bölüm için aşağıda verilmiştir.

Galileo'nun teleskop gözlemleri daha önce adı geçen çalışmaların çoğunda tartışılmaktadır. Ancak bu gözlemleri, doğrudan en iyi ele alan çalışmalar şunlardır: Galileo Galilei, *The Sidereal Messenger*, çev. Edward Stafford Carlos (Londra, 1880) ve *Dialogue on the Great World Systems*, der. Giorgio de Santillana (Şikago, 1953). Teleskopun bilimsel ve popüler imgelem üzerindeki büyük etkisine ilişkin bazı kanıtların bulunduğu çalışmalar şunlardır: Marjorie Hope Nicolson, "A World in the Moon," *Smith College Studies in Modern Languages* XVII, no. 2 (Northampton, Mass., 1936); Martha Ornstein, *The Role of Scientific Societies in the Seventeenth Century* (Şikago, 1938); *The Portable Elizabethan Reader*dan, der. Hiram Haydn (New York, 1946) bazı seçmeler ve Edward Rosen, *The Naming of the Telescope* (New York, 1947). Galileo'nun çalışmalarının çoğu bu kitabın kapsamı dışındadır; ancak başka bazı önemli çalışmalara 4. ve 7 bölümler için gönderme yapılmaktadır.

7. Bölüm

Evrenin sonsuzluğu konusunda Kopernik öncesi ve Kopernik sonrası dönemlerdeki düşünceler şu çalışmalarda tartışılmıştır: Francis R. Johnson ve Sanford V Larkey, "Thomas Digges, the Copernican System and the Idea of the Infinity of the Universe," *Huntington Library Bulletin V* (Nisan 1934), 69-117; Alexandre Koyré, "Le vide et l'espace infini au XIV siècle," *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge* XXIV (1949), 45-91; Lovejoy, *Great Chain* (yukarıda, 4. bölüm); Grant McColley, "Nicolas Copernicus and an Infinite Universe," *Popular Astronomy* XLIV (1936), 525-533 ve "The Seventeenth Century Doc-

trine of a Plurality of Worlds," *Annals of Science* I (1936), 385-430. McColley, Kopernik'in sonsuz bir evrene inandığı savını ciddi ölçüde abartsa da makaleleri özellikle bilgilendiricidir. Johnson'un makalesinde, Digges'ın *Perfit Description*'unun konuya ilişkin bölümleri yeniden basılmıştır. Diğer yararlı birincil kaynaklar şunlardır: Nicholas of Cusa, *Of Learned Ignorance*, çev. Germain Heron (Londra, 1950) ve Maurice de Gandillac'm *Oeuvres choisies de Nicolas de Cues*'de (Paris, 1942), *De ludo globi*'den seçip çevirmiş olduğu bölümler. Bruno'nun *On the Infinite Universe and Worlds*'unun açıklayıcı notlar eklenmiş çevirisi için bkz. Dorothea Waley Singer, *Giordano Bruno, His Life and Thought* (New York, 1950). Bu sorun üzerine standart kaynak belli bir süre daha, hiç kuşkusuz, Alexandre Koyré'nin, *From the Closed World to the Infinite Universe*'i (Baltimore, 1957) (Kapalı Dünyadan Sonsuz Evrene) olacaktır.

Bu zengin ve kapsamlı yazına karşın, sonsuz Kopernik evreni kavramının evrimi konusundaki bilgimizde hâlâ önemli bir boşluk olduğu düşünülebilir. Öyle görünüyor ki Bruno'nun ölümünden (1600), Descartes'ın *Felsefenin İlkeleri*'nin 1644'te yayınlanmasına kadar, şu ya da bu biçimde öne çıkmış Kopernikçilerin hiçbiri, en azından kamuoyu önünde, evrenin sonsuzluğunu kabul etmiş değildir. Öte yandan, Descartes'tan sonra hiçbir Kopernikçi bu kavrama karşı çıkmış gibi görünmüyor. On yedinci yüzyılın ilk yarısındaki bu sessizlik anlaşılabilir; ancak burada, fiziksel anlamda sonsuz bir evrene ilişkin inancın nasıl yayıldığı konusunda bilinmeyen şeyler vardır.

Frederick A. Lange'nin, *The History of Materialism*'i, çev. E. C. Thomas, 3. basım (New York, 1950) ve Kurd Lasswitz'in, *Geschichte der Atomistik*'i, 2. basım, 2 cilt (Hamburg, 1926) atomculuğun eskiçağdan bu yana gelişimi konusundaki temel bilgilerin çoğunu içermektedir. On yedinci yüzyıl atomculuğu Marie Boas'ın "The Establishment of the Mechanical Philosophy" *Osiris* X (1952), 412-541 adlı çalışmasında eksiksiz bir biçimde incelenmektedir. Bu monografide, konuya ilişkin iyi bir kaynakça da verilmektedir. Modern bilimin gelişimindeki atomculuğun rolünü ele alan önemli özel çalışmalar arasında şunlar bulunmaktadır: Fulton H. Anderson, *The Philosophy of Francis Bacon*

(Şikago, 1948); Marie Boas, "Boyle as a Theoretical Scientist," *Isis* XLI (1950), 261-268; Thomas S. Kuhn, "Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century," *Isis* XLIII (1952), 12-36 ve Paul Mouy, *Le développement de la physique Cartésienne* (Paris, 1934). On yedinci yüzyıl geleneğinin temel ilkelerini temsil eden önemli birincil kaynaklar, René Descartes'ın, *Les principes de la philosophie*'si ile *Le monde ou le traité de la lumière*'i [*Oeuvres de Descartes*, der. Charles Adam ve Paul Tannery (Paris, 1904 ve 1909) IX. ve XI. ciltlerinde] ve Robert Boyle'un, *Origin of Qualities and Forms*'udur [*The Works*, der. A. Millar (Londra, 1744), II. ciltte].

Kopernikçi kuramın yer fiziğinin karşısına çıkardığı sorunlar için bkz. Alexandre Koyré, *Études Galiléennes*, 3 cilt (Paris, 1939); "Galileo and the Scientific Revolution of the Seventeenth Century," *Philosophical Review* LII (1943), 333-348 ve özellikle, "A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton," *Transactions of the American Philosophical Society* (n.s.) XXXXV, no. 4 (1955), 329-395. Kepler'in gök mekaniği ise şu kaynaklarda tartışılmaktadır: Dreyer, *History* (yukarıda, Giriş); Gerald Holton, "Johannes Kepler's Universe: Its Physics and Metaphysics," *American Journal of Physics*, XXIV (1956), 340-351 ve Alexandre Koyré, "La gravitation universelle, de Kepler à Newton," *Archives internationales d'histoire des sciences* XXX (1951), 638-653. Borelli sisteminin tanımı şu çalışmalarda bulunmaktadır: Angus Armitage, "Borelli's Hypothesis' and the Rise of Celestial Mechanics," *Annals of Science* VI (1950), 268-282 ve Alexandre Koyré, "La méchanique céleste de J. A. Borelli," *Revue d'histoire des sciences* V (1952), 101-138. Robert Hooke'un çalışmaları, Newton'la olan ilişkisi açısından, Louise D. Patterson'un, "Hooke's Gravitation Theory and its Influence on Newton"unda, *Isis* XL (1949), 327-341 ve XLI (1950), 32-45'de ve yeni bir belgenin de yardımıyla daha derinlemesine, Alexandre Koyré'nin "An Unpublished Letter of Robert Hooke to Isaac Newton"unda, *Isis* XLIII (1952), 312-337 ele alınmaktadır. Hooke'un çalışmalarını örnekleyen çok sayıda belge, R. T. Gunther'ın, *Early Science in Oxford*, 14 cilt (Oxford, 1920-1945) adlı çalışmasının özellikle VI. ve VIII. ciltlerinde bulunmaktadır.

Newton üzerine uçsuz bucaksız yazın için, yukarıdaki Giriş bölümünde verilen kaynakların hemen hepsi rehber olacaktır. Kendi yaklaşımımda yeni olan ne varsa, Newton'un atomculuğuna ve buna bağlı olarak *Principia*'nın metafizik altyapısına ilişkindir. Çözümlememin, en azından kısmen dayandığı ve destek bulduğu çahşmalar şunlardır: Florian Cajori, "Ce que Newton doit à Descartes," *L'enseignement mathématique* XXV (1926), 7-11 ve "Newton's Twenty Years' Delay in Announcing the Law of Gravitation," *Sir Isaac Newton*, der. History of Science Society (Baltimore, 1928) içinde; A. R. Hall, "Sir Isaac Newton's Note-Book, 1661-65," *Cambridge Historical Journal* IX (1948), 239-250; Alexandre Koyré, "The Significance of the Newtonian Synthesis," *Archives internationales d'histoire des sciences* XXIX (1950), 291-311; Thomas S. Kuhn, "Newton's '31st Query' and the Degradation of Gold," *Isis* XLII (1951), 296-298 ve "Preface to Newton's Optical Papers," der. I. B. Cohen, *Isaac Newton's Letters and Papers on Natural Philosophy* (Cambridge, Mass., baskıda) içinde; S. I. Vavilov, "Newton and the Atomic Theory," *The Royal Society Newton Tercentenary Celebrations* (Cambridge, Ing., 1947) içinde. En elverişli birincil kaynaklar ise şunlardır: Sir Isaac Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, der. Florian Cajori (Berkeley, Calif., 1946) ve *Opticks*, tıpkıbasım (New York, 1952).

Teknik Ek

R. H. Baker'ın *Astronomy*'si (yukarıda, 1. bölüm), zaman denklemini, ılım noktalarının yalpalamasını, tutulmaları ve Ay'ın evrelerini modern bir bakış açısından tartışmaktadır. Heath'in *Aristarchus*'u (yukarıda, 1. bölüm) ve Dreyer'in *History*'si (yukarıda, Giriş), ilki hariç tüm diğer konular hakkında zengin tarihsel bilgiler vermektedir. Zaman denklemi konusunda bkz. A. Rome, "Le problème de l'équation du temps chez Ptolémée," *Annales de la société scientifique de Bruxelles* (Seri I) LIX (1939), 211-224. Heath ve Dreyer, eskiçağda astronomik boyutların saptanması konusunu da incelerler; bu konuda ayrıca bkz. Aubrey Diller, "The Ancient Measurements of the Earth," *Isis*

XL (1949), 6-12. Yalpalama sorununa ilişkin olarak İslam astronomisindeki karışıklıklar konusunda ek ayrıntılara şu kaynaklardan ulaşılabilir: Francis J. Carmody, *Al-Bitrûjî: de motibus celorum* (Berkeley, Kaliforniya, 1952) ve "Notes on the Astronomical Works of Thâbit b. Qurra," *Isis* XLVI (1955), 235-242.

Dizin

A

Açıklama, 80
  Ayrıca bkz. Kavramsal taslaklar
Adams, J. C., 418
Ağırlık, 188, 206, 388, 400, 405, 406, 414, 419
Akşam yıldızı, 95, 118, 360
Amici, G. B., 232
Anaksimandros, 63
Anima motrix, 347, 348, 349, 351, 371, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 406
Apollonios, 110, 128, 131, 132, 344
Aquinolu Tommaso, 189, 190, 191, 210, 222
Aristarkhos, 85, 151, 240, 264, 440, 441, 442, 443, 445, 446
Aristoteles, 109, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 152, 155, 157, 158, 159, 160, 162, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 173, 174, 175, 177, 178, 179, 181, 182, 187, 188, 190, 191, 192, 195, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 205, 207, 209, 215, 216, 222, 224, 232, 251, 257, 263, 294, 312, 322, 334, 373, 375, 379, 380, 390, 391, 397, 404, 405, 417, 421, 422, 439, 446
  eleştiri, 147-148, 182, 187, 195-209, 251-252, 335, 338
  yetkesi, 139, 147, 166-171, 177-178, 188, 195, 198, 216
Aristotelesçi devinim kuramı, 153, 156
Aristotelesçi kozmoloji, 159, 161, 335, 367
  Ayrıca bkz. Kozmoloji, Hıristiyan
Aristotelesçi uzay, 170
Arş küresi, 192
Artıkyıl, 43

Astroloji, 61, 161, 162, 163, 164
Astronomik cetveller, 177, 355
Astronomy, tarihöncesi, 41
Eski Yunan (Helen), 62
Helenistik, 179, 180, 181, 202, 213, 229, 300, 306, 430
İslam, 132, 175, 176, 177, 179, 191, 213, 233, 291, 375, 430, 431, 433
ortaçağ, 132, 193-195, 209-210
Rönesans, 212
Ayrıca bkz. Kozmoloji
Atomculuk, 372, 374, 380, 381, 382
Ayrıca bkz. Parçacıkçı felsefe
Augustinus, 184, 215, 216
Ay, 90-92, 103, 358
evreleri, 435-438
Ayrıca bkz. Takvimler; Uzaklık, astronomik; Tutulmalar; Gezegenler
Ay-altı bölge, 145, 146, 148, 159, 206
Ayrıca bkz. Aristotelesçi kozmoloji
Ay-üstü bölge, 142
Ayrıca bkz. Aristotelesçi kozmoloji

B

Batlamyus (Ptolemaios), 37, 96, 102, 117, 120, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 143, 144, 145, 147, 151, 152, 158, 163, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 187, 192, 199, 209, 210, 212, 214, 218, 221, 224, 229, 233, 234, 235, 238, 244, 252, 253, 259, 263, 267, 269, 273, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 291, 292, 293, 297, 299, 300, 304, 306, 308, 318, 322, 326, 328, 333, 334, 341, 342, 343, 345, 360, 361, 362, 363, 366, 390, 422, 423, 425, 430, 433, 445, 446
eleştirisi, 252
el-Mecisti, 130, 132, 143, 176, 177, 209, 214, 229, 233, 234, 304, 306
Gezegenlere İlişkin Varsayım, 181
kristal küreler üzerine, 143, 145, 190, 194, 337, 404
Tetrabiblos, 163
ve Aristotelesçi bilim, 201, 373
Ayrıca bkz. Kopernik astronomisi
Batlamyusçu (Ptolemaios)-sistem, 120, 122, 123, 126, 218, 234, 282, 284, 286, 296, 297, 329, 333, 338, 343, 348, 357, 359
çöküşü, 363
Aynı zamanda bkz. Kopernik astronomisi
Bellarmine, Kardinal, 323, 365
Bilimsel Devrimler, 28, 134, 200, 370
yapıları, 134
Bitrûcî (Alpetragius), 291
Blundeville, Thomas, 305
Bodin, Jean, 311, 312
Bonamico, F., 204
Borelli, G. A., 397, 398, 399, 403, 406
Boşluk, 140, 141, 154, 155, 156, 158, 253, 266, 380, 382, 385, 386
Ayrıca bkz. Plenum

Boylam, Gök, 35, 37, 54, 55, 58, 65, 67, 70, 79, 100, 103, 143, 144, 157, 159, 160, 162, 189, 194, 244, 248, 254, 297, 318, 322, 333, 336, 341, 358, 390, 393, 396, 397, 404, 411, 426, 427, 429
Brahe sistemi, 333, 334, 347, 391
Brahe, Tycho, 134, 163, 265, 326, 327, 328, 329, 330, 332, 333, 334, 335, 337, 338, 339, 340, 343, 344, 345, 347, 349, 350, 357, 361, 366, 391, 433
gözlemleri, 265
Kopernik Devrimindeki rolü, 327-328, 332-335
gözlemleri, 265, 326-328, 344
Ayrıca bkz. Brahe sistemi
Bruno, Giordano, 324, 356, 378, 379, 381, 390
Buridan, Jean, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 210, 304
Büyük çember, 74, 261, 290, 426

C-Ç

Calvin, 211, 314, 319, 320
Capella, Martianus, 292
Çarpışma, atom, 85, 370, 381, 384, 385, 386, 389, 421

D

Dante, 191, 192, 193, 194, 210, 315, 318
Demokritos. Bkz. Atomculuk
Denge noktası (ekuant), 127, 128, 129, 130, 232, 247
Denizcilik, 79, 212
Descartes, René, 197, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 397, 399, 404, 406, 407, 414, 415
Devinimin eylemsizlik yasası, 383
Dış merkezli (eksantrik), 125, 126
Ayrıca bkz. Batlamyusçu sistem
Dış tekerleme eğrisi, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 124, 125, 126, 129, 130, 131, 133, 136, 143, 144, 161, 233, 234, 273, 280, 281, 283, 287, 293, 294, 393, 432
büyük, 123, 124
küçük, 122, 123, 124, 125
Dış tekerleme eğrisi - taşıyıcı çember sistemi, 110
Ayrıca bkz. Batlamyusçu sistem
Digges, Thomas, 306, 375, 376, 377
Dokuzuncu küre, 191, 194, 431, 432
Dolu evren. Bkz. Plenum
Donne, John, 317, 318, 356, 364, 365, 382
Du Barıas, G. de S., 311, 312
Dünya, boyutu ve biçimi, 68, 103, 145, 151-152, 243, 439-440
Ayrıca bkz. Kopernik astronomisi; İki küreli evren
Dünyaların çokluğu, 157, 240
Düzgün üç boyutlu cisimler, 353

E

Eğik atış, 202, 203
Einstein, Albert, 32, 171, 370

Ekvator, gök, 69, 73, 75, 78, 427, 430, 434
Dünya, 72
El Fergani, 145
Elips, 346, 398, 401, 402, 407
Enlem, 50
Epikuros. Bkz. Atomculuk
Episikl. Bkz. Dış tekerleme eğrisi
Eratosthenes, 439, 443
Esir, 100, 141, 146, 251, 382
Eski Yunan (Helen) uygarlığı, 180
Eskiçağda gözlemler, 38
Ayrıca bkz. Kavramsal taslaklar
Eşmerkezli küreler, 104, 105, 107, 109, 114, 258
Eudoksos. Bkz. Eşmerkezli küreler
Evrenin boyutu, 446
sonlu, 141, 156, 157, 253
sonsuz, 157, 227, 376, 381
Ayrıca bkz. Uzaklık, astronomic; Paralaks; Plenum; Boşluk

F

Ficino, Marsilio, 220
Foscarini, P. A., 323
Fracastoro, G., 232

G

Galileo, 165, 166, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 204, 208, 216, 283, 325, 355, 357, 358, 361, 363, 364, 365, 366, 367, 369, 373, 376, 384, 392, 393
ve Kopernik devrimi, 361-364
devinim kuramı, 165, 199-200, 208, 384
teleskopla gözlemleri, 323, 355, 356, 363
Gerileme devinimi, 115, 273, 274, 275, 277, 283, 285, 341
eşmerkezli kürelerde,
dış tekerleme eğrisi-taşıyıcı çember sisteminde,
Kopernik sisteminde,
Ayrıca bkz. Gezegenler sorunu
Gezegenler
görünür devinim,
günlük devinim,
erken dönem kuramları,
alt, 93, 95, 274, 275, 283, 284, 285, 291, 292, 295, 330
sıralanma,
periyotları,
sorunu,
parlaklıklarının değişimi, 131
üst, 95, 274, 275, 285, 291
Ayrıca bkz. Kopernik astronomisi; Uzaklık, astronomik; Dış tekerleme eğrisi-taşıyıcı çember sistemi; Eşmerkezli küreler; Kepler Yasaları; İki küreli evren; Brahe sistemi
Gilbert, William, 394
Girdap kozmolojisi, 387, 388
Gnomon, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 78, 439
Gök küresi. Bkz. Yıldızlar küresi
Gök-Dünya ayrımı, 86-87, 159-160, 164, 206-207, 335-338, 358-359, 381, 404
Ayrıca bkz. Ay-altı bölge; Ay-üstü bölge
Göksel düzenekler, 63, 99-100, 141-142, 156, 181, 195, 206,

347-349, 386-388, 393-404, 407-417
Gün, görünen Güneş günü, 39, 425, 426, 427, 428
ortalama Güneş günü, 428
Günberi, 348, 351
Gündönümleri, 60, 61, 75, 124
Güneş lekeleri,
Güneş, 59, 90
yıllık ve günlük devinim, 34-36, 55-61
görünür devinim, 38-44, 425-429
düzensiz devinimi, 121-122, 279-280, 425-429
iki küreli evrende, 72, 73, 78, 101
Ayrıca bkz. Takvimler; Uzaklık, astronomik; Tutulmalar; Tutulum; Gezegenler
Güneş'e tapma, 219, 222
Ayrıca bkz. İki küreli evren
Günlük devinim. Bkz. Güneş; Gezegenler; yıldızlar küresi
Günöte, 348

H

Helenistik uygarlık, 180
Herakleides, 85, 86, 134, 151, 152, 197, 237, 248, 260, 292, 329
Hiketas, 237, 248
Hipparkhos, 110, 119, 128, 129, 130, 131, 132, 180, 192, 202, 230, 278, 299, 344, 430, 433
Holywoodlu John, 210, 309
Hooke, Robert, 397, 399, 400, 402, 403, 406, 407, 408, 409, 410
Huyghens, Christian, 389, 406
Hümanizm, 215, 216

I-İ

Ilımlar, 50, 60, 61, 75, 77, 121, 126, 427
ılımların yalpalaması, 191
İki küreli evren, 27, 61, 64, 65, 72, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 92, 97, 99, 103, 133, 134, 136, 137, 139, 187, 373
hakkında uslamlamalar, 64-73, 87, 148-154, 157, 164, 187, 317
içinde gezegenler ve yıldızlar, 68-72, 97-102
Ayrıca bkz. Aristotelesçi kozmoloji
İlmek. Bkz. Dış tekerleme eğrisi
İmpetus kuramı, 202, 205, 207, 383, 384
İşaretler. Bkz. Astroloji

J

Jüpiter, uyduları, 358
Ayrıca bkz. Gezegenler

K

Kallippos, 109, 142, 232
Karşılık, gezegenlerde, 95, 292, 295
Karşı-Reform, 324
Katolik kilisesi, astronomiye karşı tutumu, 163, 175, 183, 314, 322
ve Kopernikçilik, 183, 314, 318, 319, 320, 322, 324, 325, 366

Ayrıca bkz. Kopernikçi kozmoloji
Kavramsal taslaklar, bağlanma, 62, 79, 80, 81, 83, 133, 174
ekonomi, 76, 132
gözlemlerden farkı, 61-62, 75
psikolojik işlevleri, 79
verimlilik, 83, 365
Ayrıca bkz. Bilimsel devrimler
Kavuşum, 95, 292
Kepler, 163, 216, 219, 221. 222, 235, 306, 333, 335, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 362, 363, 365, 366, 367, 369, 371, 372, 373, 374, 390, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 403, 405, 408, 410, 413, 418
Yasaları, 362, 364, 418
Yeni-Platonculuk, 219, 221, 354, 374
Kolomb, Kristof. Bkz. Yolculuklar
Kopernik astronomisi, 258, 266, 273, 320, 334, 359, 417, 421
hesaplama gereci olarak yorumu, 306-308, 321, 365
uyumları, 237, 283-297, 300-301
Batlamyusçu astronomiyle karşılaştırılması, 134, 267-269, 273, 277-288, 292-293, 297-298, 360-361
nasıl karşılandığı, 222, 283, 299-301, 303-310, 328, 340-341, 361-362, 366-367
Brahe astronomisiyle karşılaştırılması, 229-333
Ayrıca bkz. Kopernikçi kozmoloji
Kopernik Devrimi, 27, 29, 30, 37, 133, 215, 225, 236, 240, 299, 301, 326, 370, 422
nedenleri, 37, 43, 97, 103, 132-137, 148, 173, 181, 211-224, 235, 433
çoğulluk, 27-31. 136, 148, 153, 164, 223-224, 236, 318-319, 366-372, 417-422
Kopernik, Mikolaj, 86, 129-131, 218-219
ve takvim, 42, 212-213, 232, 434
tutuculuk, 68, 110, 148, 157-158, 227, 242, 247, 257, 271-272, 297-298, 390
denge noktası (ekuant) üzerine, 127-128, 131, 232, 247
gerekçeleri, 213, 232-233, 238, 241, 300
ve Yeni-Platonculuk, 218, 221, 237, 293-295, 326
Commentariolus, 231, 282
De Revolutionibus, 28, 43, 110, 201, 213, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 239, 242, 250, 257, 258, 278, 279, 281, 282, 283, 287, 297, 298, 299, 300, 301, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 311, 313, 314, 316, 318, 320, 321, 324, 325, 328, 330, 333, 334, 338, 339, 340, 341, 342, 359, 374, 375, 376, 378, 404, 405
denge noktası (ekuant) üzerine, 127, 128, 129
Kopernikçi kozmoloji, 37, 84, 164, 243-258, 357, 362, 373-375

öncelleri, 85-86, 196-197, 237, 240, 248-249, 376-382
ve fizik, 195-209, 251-258, 348-349, 371-372, 383, 390-394, 404-407, 417-418
kabulü, 298-299, 304-305, 310-326, 340, 363-367, 382-383
ve din, 161, 220-222, 313-326, 420-421
Ayrıca bkz. Kopernik astronomisi; evrenin boyutu
Kosmas, 185, 186, 319
Kozmoloji, işlevleri, 36, 80
astronomiyle ilişkileri, 33-38, 61-64, 194-195
Hıristiyan, 161, 185
ilkel, 33, 35, 37
ortaçağ, 139
Yunan, 62, 84
Ayrıca bkz. Aristotelesçi kozmoloji; Kopernik kozmolojisi
Kristal küreler, 143, 145, 190, 194, 337, 404
Ayrıca bkz. Esir; Gök-Dünya ayrımı
Kuram. Bkz. Kavramsal taslaklar
Kutup, gök, 71, 72, 73, 105, 431, 432, 434
yer (gezegen), 48
Kutupyıldızı, 45, 47, 48
Kuyrukluyıldızlar, 56, 90, 161, 337, 338, 339, 356, 358

L

Lactantius, 185, 186, 239, 319
Leukippos. Bkz. Atomculuk
Leverrier, U. J. J., 418
Lucretius. Bkz. Atomculuk
Luther, Martin, 211, 313, 319, 320

M

Macellan (Magalhães). Bkz. Yolculuklar
Maestlin, Michael, 306, 339, 340
Manyetizma, 394, 396, 405, 406, 417
Mars, 90, 93, 94, 95, 101, 145, 278, 280, 281, 285, 290, 292, 293, 294, 330, 331, 332, 334, 340, 342, 343, 344, 353, 407
Ayrıca bkz. Gezegenler
Melanchthon, Philipp, 313, 320
Mevsimler, 40, 42, 269
Ayrıca bkz. Ilımlar; gündönümleri
Milton, John, 37, 318, 365
Momentum, 208, 385
Mutlak uzak. Bkz. Aristoteles uzayı
Müller, Johannes, 210, 214

N

Newton dinamiği, 207, 208
Newton evreni, 372, 389, 421, 424
Newton uzayı, 169
Newton, Isaac, 134, 169, 171, 197, 207, 208, 223, 235, 299, 366, 372, 385, 389, 390, 396, 397, 402, 404, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 421, 423, 424, 429, 432
Nikolaus von Cusa, 240, 321, 376

Normal devinim, 275
Ayrıca bkz. Gezegenler
Novalar, 338, 339
Novara, D. M. de, 218

O

Oresme, Nicole, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 205, 206, 210, 240, 254, 257, 259, 260, 304, 322, 405
Osiander, Andreas, 307, 320

P

Paralaks, 270, 271, 295, 328, 332, 336, 337, 339, 358, 375, 378
Parçacıkçı felsefe, 389, 396, 411, 416
Ayrıca bkz. Atomculuk
Paul III, Papa, 408
Petrarca, 215, 216
Peuerbach, Georg, 210, 214
Philoponus, John, 202
Platon, 66, 68, 96, 104, 141, 168, 216, 217, 249, 290, 405
Plenum, 154, 157, 290
Ayrıca bkz. Evrenin boyutu; Boşluk
Proklos, 217, 218, 219, 220
Protestanlık. Bkz. Kopernik kozmolojisi; Reform
Prusya Cetvelleri. Bkz. Astronomik cetveller
Pusula noktaları, 54
Pythagorasçılar, 85, 230

R

Reform, 28, 43, 211, 212, 422, 433
Reinhold, Erasmus, 307, 308, 320, 321
Rheticus, G. J., 305, 320
Royal Society, 402
Rönesans, 27, 123, 139, 152, 163, 164, 182, 183, 191, 205, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 218, 219, 222, 224, 230, 235, 240, 297, 306, 340, 379
On İkinci Yüzyıl, 176
Rudolf Cetvelleri. Bkz. Astronomik cetveller

S

Sabah yıldızı, 118
Simetri, 68, 294, 295
Ayrıca bkz. İki küreli evren
Skolastik, 177, 178, 179, 182, 188, 195, 196, 199, 200, 201, 203, 207, 208, 209, 224, 236, 242, 247, 251, 257, 374, 382, 384
Sonlu evren. Bkz. Evrenin boyutu
Sonsuz evren. Bkz. Evrenin boyutu
Stonehenge, 41

T

Takımyıldızlar, 46, 47, 48, 91, 92, 116
Büyükayı, 45, 46
zodyak, 61, 92
Takvimler, 92, 212
Taşıyıcı çember, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 126, 130, 131, 133, 136, 144, 234, 360, 393

Ayrıca bkz. dış tekerleme eğrisi-taşıyıcı çember sistemi; Batlamyus sistemi
Teleskop, 88, 291, 355, 356, 357, 359, 360, 361, 362, 363, 365, 369, 419, 441
Trepidasyon, 433
Tutulmalar, 63, 103, 435
Tutulum, 58, 59, 60, 61, 73, 74, 75, 77, 78, 90, 92, 94, 98, 100, 101, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 124, 131, 144, 266, 267, 268, 276, 277, 285, 347, 394, 426, 430, 431, 432, 434, 436, 438, 442
düzlemi, 98, 101, 110, 111, 112, 113, 118, 266, 268, 347, 394, 430, 436
kutbu, 432
eğriliği, 78, 426, 430

U-Ü

Ufuk, 34, 40, 52, 54, 55, 56, 58, 60, 61, 69, 71, 72, 76, 77, 151, 259, 260, 262, 263, 264, 270, 271
Ufuk düzlemi, 52, 69, 71, 76, 77, 262, 263, 264, 270
Ufuk penceresi, 55, 56, 60
Uzaklık, açısal, 47, 53, 61
astronomik, 442, 445
Ayrıca bkz. evrenin boyutu
Uzanım, 65, 118, 284, 285, 288, 291
Üniversiteler, 177, 183

V

Venüs, 85, 90, 92, 93, 95, 96, 101, 117, 118, 119, 145, 195, 278, 284, 285, 290, 291, 292, 293, 294, 329, 335, 342, 359, 360, 361, 362, 407
evreleri, 361
tarihöncesi gözlemler, 96
Ayrıca bkz. Gezegenler
Veriler. Bkz. Kavramsal taslaklar
Vitruvius, 100, 286

W

Whitehead, A. N., 209

Y

Yaradancılık *(Deizm)*, 420
Yeni-Platonculuk, 216, 219, 221, 223, 354, 374
Yerberi, 246
Yerçekimi, 204, 256, 404, 405, 407, 408, 411, 413, 414, 415, 417, 421
Yeröte, 246
Yıl, 28, 42, 43, 50, 54, 58, 62, 65, 74, 75, 92, 93, 95, 114, 132, 162, 200, 210, 211, 223, 224, 231, 235, 239, 269, 285, 294, 304, 307, 308, 310, 313, 317, 321, 323, 339, 343, 354, 356, 363, 364, 374, 379, 384, 389, 390, 399, 409, 410, 415, 417, 422, 432, 433
yıldız yılı, 434
Yıldız haritaları, 54, 56
Yıldız izleri, 51, 52, 259
Yıldızlar küresi, 64, 73, 75, 76, 99, 111, 121, 124, 134, 140,

142, 261, 265, 266, 295, 328, 330, 332, 336, 357, 373, 391, 431, 432, 434
günlük devinim, 58, 61
Ayrıca bkz. Uzaklık, astronomik; ılımların yalpalaması
Yıldızlar, görünür devinimleri, 44
dolaykutupsal *(Circumpolar)*, 34, 48, 50, 51, 53, 55, 69, 71
Ayrıca bkz. Yıldızlar küresi
Yolculuklar, 82, 116, 211

Z

Zaman denklemi, 428
Zaman ölçümü, 428
Ayrıca bkz. Takvimler
Zodyak. Bkz. Takımyıldızlar

Thomas S. Kuhn

Çevirenler: [illegible] Bayrak - Sinan K. Celik

KOPERNİK DEVRİMİ

Batı Düşüncesinin Gelişiminde Gezegen Astronomisi

"Modern bilime ve felsefeye temel oluşturan, bu nedenle modern dünyayı yarattığı söylenebilecek entelektüel dönüşümün aydınlatıcı bir öyküsü."

Scientific American

"Eski bilimsel kuramların kaynaklarındaki deneyim ve bakış açısını yeniden ortaya çıkarırken bu denli sabırlı, kapsayıcı ve duyarlı olan; geçmişteki düşünsel engellerin farkına varmamıza ve gerçek bilimsel keşif süreci yoluyla bazı şeyleri yeniden yaşamamıza bu denli olanak sağlayan başka bir kitap bulunmuyor."

American Historical Review

"Kopernik Devrimine ilişkin bu çalışmada yazar, tarihçinin dikkatli yaklaşımını, bilimadamının teknik anlayışını ve yetenekli bir öğretmenin ustalığıyla deneyimini ortak bir odağa yerleştiriyor. Ustalıkla işlenmiş bu kitabı dikkatle okuyanlardan hiç kimse, bilimsel düşüncenin evrimindeki başlıca dönüm noktalarından birinin eksiksizce açımlanışında bu öğelerin hoş bir biçimde dengelenmiş etkileşimini takdir etmekten geri duramaz... Bilim tarihi öğretimiyle ilgilenenler açısından, Dr. Kuhn'un Kopernik Devrimindeki sorunları konu alan tartışması vazgeçilmezliğini kanıtlayacaktır; bu, 'devrimin anatomisi' üzerine muhteşem bir çözümlemedir. Bilim tarihçisinin fikirlerin evrimine nasıl bir anlam verebileceği sorusuyla ilgilenenler de bir sentez ve yorum paradigması geliştiren bu kitabı aynı ölçüde değerli kabul edeceklerdir."

Isis

Kapak İllüstrasyonu ve Tasarımı: Aslı Sezer

İMGE kitabevi

imge·com·tr
internet kitabevi