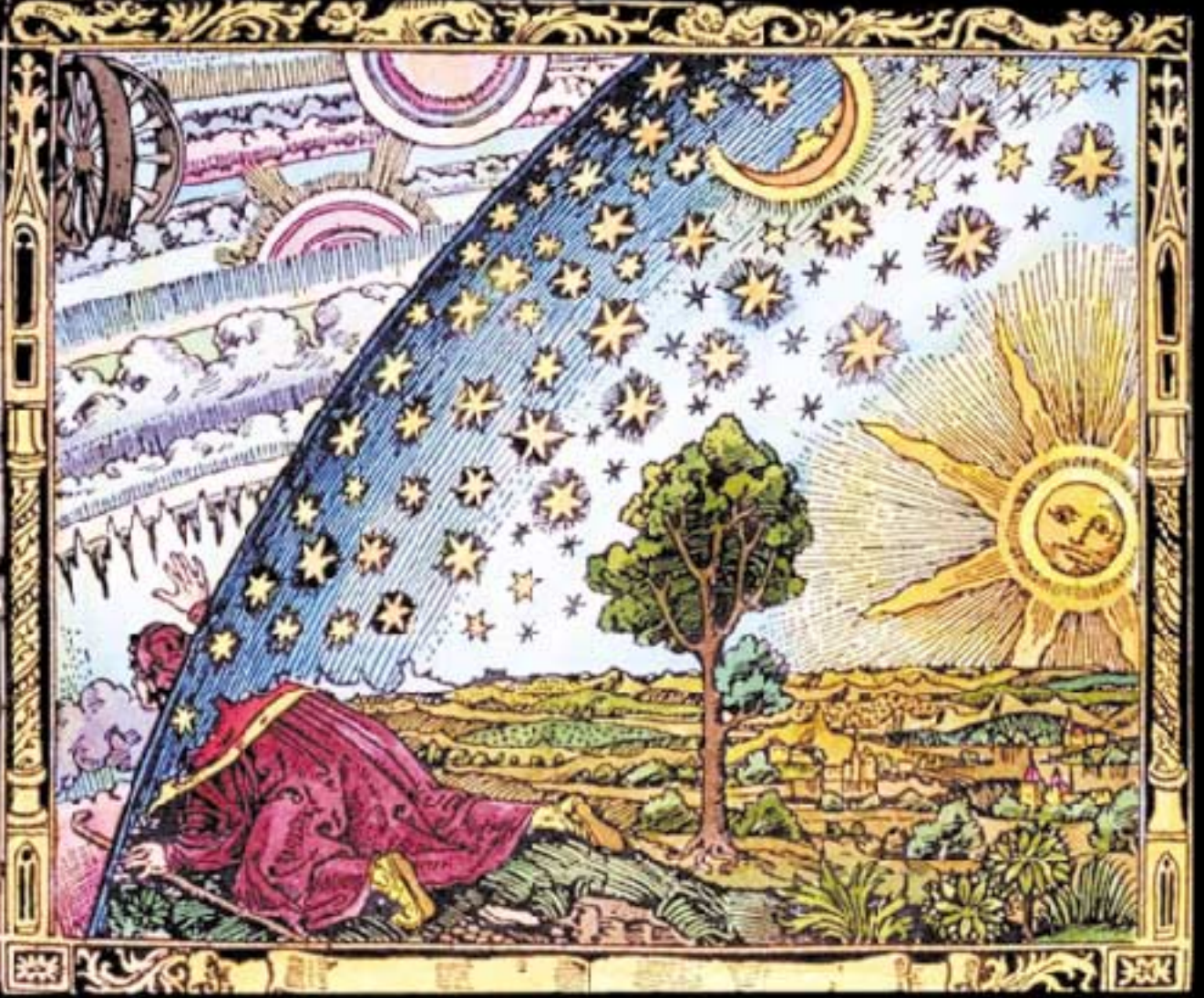




DÜNYA NASIL YUVARLAK OLDU?

Uzay mekiği uçuşlarının ve uzay istasyonunun etkileyici görüntülerini sık sık televizyonlarda ve dergilerde görüyoruz. Uzay yürüyüşü yapan astronotların arkasında devasa mavi bir misket gibi parlayan Dünya'nın görüntüleriye inanılmaz derecede göz alıcı. Üzerinde yaşadığımız gezegenin nasıl bir şekle sahip olduğunu anlamak için bu görüntüler bize fazlasıyla yetiyor. Ne var ki, günümüzden yüzlerce yıl önce, insanoğlunun evren ve üzerinde yaşadığı gezegen hakkında bildikleri çok sınırlıydı. Ancak, bundan binlerce yıl önce bile, gökyüzüne bakacak bir çift gözden fazlasına sahip olmayan ilk gökbilimciler, kullandıkları basit yöntemlerle Dünya'nın sanıldığı gibi düz olmadığını ve evrenin merkezinde durmadığımızı fark etmişlerdi.

Gökyüzüne ilişkin eldeki ilk veriler, çıplak gözle yapılan gözlemlere dayanıyordu. Bu nedenle, gökyüzündeki görünür hareketleri dışında, gökcisimlerinin yapılarını anlamak bir yana, üzerinde yaşadığımız gezegenin uzaktan bakıldığında neye benzediği bile anlaşılamamıştı. İkinci yüzyılda yaşamış olan Mısırlı gökbilimci Ptolemaios, kendisinden 400 yıl öncesine kadar, gökbilimcilerin yapmış oldukları çalışmaları bir kitapta topladı. "Matematiksel Bileşim" adını verdiği bu çalışma, Arap gökbilimciler tarafından, daha sonraları Almajest (Büyük anlamına gelen "majeste" sözcüğünden türetilmiş bir sözcük.) olarak adlandırıldı. 140 yılında yayımlanan bu kitap, Rönesans'a kadar bir "gökbilim ansiklopedisi" olarak kabul edildi. Bu kadar uzun süre raflardan inmeyen bir kitap, günümüzün yayıncıları için ancak bir hayal olabilir. Bunun yanında, Ptolemaios, bir coğrafyacı olarak, bir takım haritalar hazırladı. Columbus, batıya doğru giderek Hindistan'a ulaşabileceği sonucuna bu haritalara bakarak varmıştı.

Ptolemaios, kitabında, Dünya'nın yuvarlak olabileceğine ilişkin bazı kanıtlar sunuyordu. Kitapta yer aldığı biçimiyle, Ptolemaios şunların üzerinde duruyor:

- Güneş, Ay ve yıldızlar, Dünya'nın her yerinde aynı anda doğmuyorlar.

- Ay tutulmaları gibi belirli bir anda gözlenebilen gök olayları batıda, doğudakine göre daha erken saatlerde gözleniyor. Eğer Dünya düz olsaydı, bu tür olayların her yerde aynı anda gözlenmesi gerekirdi.

- Gözlenen gök olaylarındaki zaman farkı, gözlemin yapıldığı yerlerin birbirine uzaklığıyla orantılı. Bu, ancak küre biçimli bir cismin yüzeyindeki noktalar için geçerli olabilir.

- Güneyden kuzeye doğru yol aldıkça, güney gökküredeki takımyıldızlar giderek gözden kaybolmakta; kuzey yarıküredeki takımyıldızlarda gökyüzünde daha yükseğe çıkmakta.

- Bir geminin içinde sahilden uzaklaştığımızda, dağın tepesi görülebildiği halde, dağın dibi giderek görülememesi başlar.

Bu gözlemlerin hiçbirisi için karmaşık bir alet gerekmiyor. Sadece, gün-

lük, herkesin yaptığı gözlemleri yorumlayabilmek yeterli. Elbette, her zaman, gözlenen şeyin en mantıklı görünen yorumu doğru olmayabiliyor. Özellikle, de gökcisimlerinin yapıları hakkında neredeyse hiçbir bilgi sahibi olunmadığı Ptolemaios'un zamanında. Ptolemaios'un kitabında, Dünya'nın yuvarlaklığına kanıt olarak verilen bu gözlemlerin yanı sıra, Dünya'nın evrenin merkezinde durduğundan söz ediliyor. O zamanki bilgilerin ışığında, birçok veri Ptolemaios'un bu düşüncesini doğrular nitelikte.

Ünlü filozof Aristoteles, ağır cisimlerin hafif olanlara göre evrenin merkezine doğru daha büyük bir hızla düştüğünü düşünmüştü. Burada, kritik olan nokta, ağır cisimlerin hafif olanlardan daha hızlı düştüğü şeklindeki yanlış olan düşünce değil; her şeyin evrenin merkezine doğru düşmesi. Ptolemaios da her şeyin evrenin merkezine doğru düştüğü düşüncesine katılıyordu. Çünkü bu,



Dünya'nın düz değil, bir küre biçiminde olduğu anlaşıldıktan sonra, denizciler hata payını azaltmak için küre biçiminde hazırlanmış Dünya haritalarından yararlandılar.

neden her şeyin yere düştüğünün en basit açıklamasıydı. Eğer Dünya, evrenin merkezinde yer almasaydı; ya da evrenin merkezi başka bir noktada olsaydı, Dünya'nın ve üzerindeki, her şeyin (insanların, hayvanların ve piramitlerin) buraya düşmesi gerekirdi. Tüm bunlar, Ptolemaios'un yaptığı büyük yanlışlar olsa da, o zamanki bilgilerin ışığında yapılabilecek en mantıklı açıklamalar bunlardı. O zamanlar, insanlar kütleçekiminin varlığından habersizdi. Kütlesi olan her cismin bir başkasını kendine çektiğini bilmiyorlardı. Zaten kütleçekiminin anlaşılmasına başlanması, Ptolemaios'dan yüzlerce yıl sonrasında, Galileo ve Newton'un zamanına dayanıyor.

Aslında, Dünya'nın yuvarlak olduğunu dile getiren ilk kişi Ptolemaios değildi. Olayı onun kadar iyi kavramış olmasalar da, Pythagoras (Pisagor) ve onu izleyen bilim adamları, Dünya'nın küre biçiminde olduğunu ve bir eksen çevresinde döndüğünü anladılar. Ptolemaios'dan yaklaşık 350 yıl önce yaşamış olan İskenderiyeli bilim adamı Eratosthenes, Dünya'nın küre biçiminde olduğunu kabul etmekle kalmamış, çevresini ölçmek için de bir yöntem geliştirmişti.

Eratosthenes, İskenderiye'deki büyük kütüphanenin yöneticisiydi. Eratosthenes bir gün, Yengeç dönencesine çok yakında yer alan Syene (Mısır'da, şimdiki adı Assuan olan kent) hakkında ilginç bir şey öğrendi. Her yıl, sadece yaz gündönümünde bu kentteki bir kuyunun dibine bakıldığında, Güneş'in yansıması görünüyordu. Bir coğrafyacı olarak, Eratosthenes bu sırada Güneş'in kuyunun tam tepesinde bulunduğunu ve aynı anda öteki enlemlerde bu durumun gözlenemeyişinin, ancak Dünya'nın yuvarlak oluşuyla açıklanabileceğini anladı. Eratosthenes, Dünya'nın yuvarlak olduğuna dair bu kanıtı elde ettikten sonra, onun çapını hesaplamak için basit bir yöntem geliştirdi. Teknolojinin henüz birkaç basit el aracından öteye geçemediği o dönemde, Eratosthenes'in bu basit yöntemi geliştirmiş olması bile, onun olağanüstü bir bilgi ve zekaya sahip olduğunu gösteriyor.

Eratosthenes, Güneş'in Syene'deki kuyunun dibinde görüldüğü anda, Syene'nin tam olarak kuzeyinde oldu-

ğunu düşündüğü İskenderiye'deki bir dikilitaşın gölgesini ölçtü. Gölgenin karşısındaki açı, basit trigonometri kullanılarak hesaplanabiliyordu. (Karşı kenarın komşu kenara bölümü açının tanjantına eşit oluyor.) Eratosthenes, bu açıyı, $7^{\circ}14'$ olarak hesapladı. Bu açı, aynı zamanda Syene ile İskenderiye arasındaki açısal uzaklığa denkti. Bu açı, kürenin iç açılarının toplamı olan 360° derecenin tam olarak $1/50$ 'siydi. Yani, İskenderiye ile Syene arasındaki uzaklık Dünya'nın çevresinin $1/50$ kadar olmalıydı. Eratosthenes'in Dünya'nın çevresini hesaplayabilmek için yapması gereken, bu uzaklığı bulmaktı. Ancak, bu uzaklığı duyarlı biçimde hesaplamak o zaman için pek olası değildi. Uzaklıklar, kentler arasında gidip gelen habercilerin adımlarını saymalarıyla bulunuyordu. Bu hesaba göre, iki kent arasındaki uzaklık 5000 stat (Stadyum sözcüğünün kökeni bu sözcüktür ve bir stat yaklaşık 200 metreye denktir.) olarak biliniyordu.

Doğal olarak, uzaklık ölçümünün o zamanlar pek duyarlı yapılamaması ve Syene ile İskenderiye'nin tam olarak kuzey-güney doğrultusunda olmaması gibi nedenlerle, elde edilen sonuç gerçeğinden biraz farklıydı. Eratosthenes, Dünya'nın çevresini 252.000 stat olarak buldu. Bu da yaklaşık 46.000 kilometreye karşılık geliyor. Günümüzdeki ölçümlere göre Dünya'nın çevresi yaklaşık 40.000 km. Eratosthenes'in ölçüm teknikleri düşünüldüğünde hatta oranı kayda değer ölçüde az.

Eratosthenes'ten yaklaşık 100 yıl sonra, bir Yunan gökbilimci Dünya'nın çapını aynı yöntemle hesapladı. Bulduğu sonuç, yaklaşık 30.000 km'ydı. Bu, Eratosthenes'inkinden daha hatalı bir hesap olmasına karşın, bin yıldan daha

uzun bir süre boyunca en azından Dünya'nın yuvarlak olduğuna inananlar tarafından kabul edilen uzunluktu. Columbus, batıya doğru denize açıldığında, Asya'nın sadece 5000 km uzakta olduğunu sanıyordu. Bu da onun Asya'ya çok daha kısa bir yol bulduğuna inanmasına yol açmıştı. Dünya'nın gerçek boyutu, 1523 yılında Magellan'ın kalan son gemisinin Dünya çevresindeki yolculuğunu tamamlamasıyla anlaşılmış oldu. Elbette, böylece Dünya'nın yuvarlaklığı da kanıtlanmış oldu.

Bu konudaki bir başka çaba, İznik'te doğan ve yaşamını Rodos adasında geçiren ünlü gökbilimci Hipparchus'a ait. Hipparchus, tarihteki en önemli gökbilimcilerden biri. Bazı araştırmacılar, Ptolemaios'un Almagest'i yazarken, Hipparchus'un çalışmalarını kopyaladığını öne sürüyor. Ne var ki, Hipparchus hakkında, özellikle de yaşamıyla ilgili bilinenler çok sınırlı. Hipparchus'un en önemli çalışmalarından biri, yıldızların gökyüzündeki görünür konumlarını kaydeden ilk kişi oluşu. Avrupa Uzay Ajansı, onu onurlandırmak için, yıldızların konumlarını ve uzaklıklarını çok duyarlı olarak hesaplamak için fırlatılan bir uyduya onun adını verdi.

Hipparchus, bunun yanında, Babil'li gökbilimcilerin kayda geçirdikleri tutulmaları gözden geçirdi. Bu kayıtları kullanarak, gelecekteki yüzlerce yıl için tutulma tahminleri yaptı. Güneş Sistemi'ndeki cisimlerin birbirlerine göre uzaklıklarını oldukça doğru bir biçimde hesapladı. Ancak, Hipparchus'un en önemli keşiflerinden biri, Dünya'nın dönme eksenindeki yalpayı farketmiş olmasıydı. Bir topacın dönerken yalpalaması gibi, Dünya'nın dönme ekseni 26.000 yıllık dönemlerle yal-

pa yapar. Bundan yaklaşık 13.000 yıl sonra, Vega, kutupyıldızı olacak. Kutupyıldızı yanında elbette gökyüzündeki tüm gökcisimlerinin görünür konumu buna bağlı olarak sürekli değişir. Hipparchus, yıldızların ve Güneş'in konumlarının zaman içinde değişmiş olduğunu, dikkatli ölçümlerle ve eski gözlemlere bakarak farketmişti. Dikkatleri Hipparchus üzerine çeken en önemli olay, onun Güneş ve Ay'ın büyüklüklerini ve uzaklıklarını hesaplamasıyla oldu.

M.Ö. 190 yılının 14 Mart'ında, Orta Doğu'da bir Güneş tutulması meydana geldi. Bu sırada, Ay'ın İstanbul'daki ve İskenderiye'deki görünüş açılarını ölçen Hipparchus, basit trigonometri kullanarak Ay'ın uzaklığının Dünya'nın çapının yaklaşık 71 katı olması gerektiği sonucuna vardı. Aynı şekilde, Güneş'in uzaklığını da 490 Dünya çapı olarak, yani 300.000 km olarak hesapladı. Ay'ın uzaklığı gerçekte yaklaşık 60 Dünya çapı, Güneş'inkiyse yaklaşık 150 milyon km'dir. Hipparchus, Ay'ın uzaklığını o zaman için kabul edilebilir bir duyarlılıkla hesaplamıştı. Ancak, Güneş'in uzaklığını hesaplarken gerçekten çok uzak bir sonuca vardıgı açık.

Sonuçta, M.Ö. yaklaşık 200'lü yıllarda, Dünya'nın yuvarlaklığının bir çok aydın kişi tarafından benimsenmiş olduğu görülüyor. Hatta, bu tarihten daha da önceleri, M.Ö. 350 civarında, ünlü filozof Aristoteles, Dünya'nın düz değil yuvarlak olduğu düşüncesine varmıştı büyük olasılıkla. Ancak, gökyüzüne bakıp da yıldızların değil, Dünya'nın döndüğü düşüncesi ona pek mantıklı gelmiyordu. Aristoteles'e göre, eğer Dünya dönüyor olsaydı, bu hareketi hissetmemiz gerekirdi. Rüzgar hep Dünya'nın dönüş yönüne ters yön-

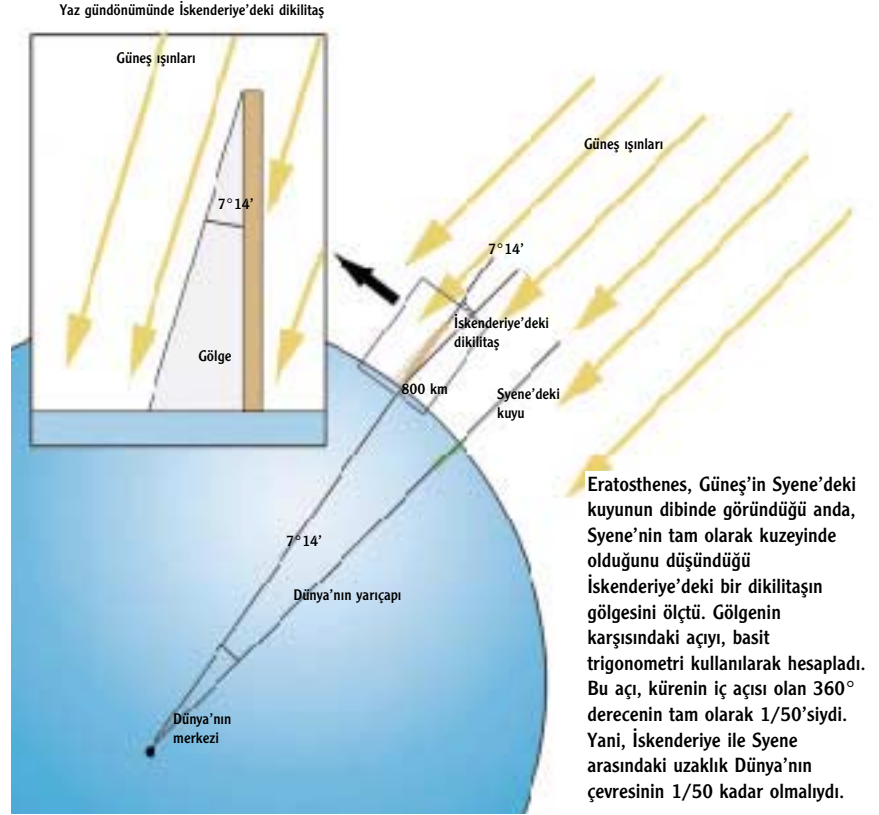


den eser, bulutlar ve kuşlar geride kalırdı. Ona göre, Dünya'nın durması, geri kalan her şeyin de onun etrafında dönüyor oluşu daha mantıklı bir açıklamaydı. Yine aynı dönemde yaşamış olan Yunan filozof Heraclides, Dünya'nın dönüyor oluşunun daha basit bir açıklama olduğunun üzerinde duruyordu.

Aristarchus ve Pythagoras'ın Dünya merkezli bir evrenin olanaksız olduğu düşünceleri pek taraftar bulamadı. Bunun yerine, Aristoteles'in öne sürdüğü ve Ptolemaios'un kitabına aldığı Dünya merkezli evren, 1800 yıl boyunca yaygın inanış olarak kaldı. Ptolemaios, bu varsayımı desteklemek için, gezegenlerin gökyüzünde yaptıkları hareketleri açıklamaya çalıştı. Gezegenler, genelde yıldızlar gibi doğudan batıya hareket etseler de, belli dönemlerde buna ters hareketler yapıyorlardı. Bu, ancak onların farklı bir merkez etrafında dönmeleriyle ya da yörünge'nin çevresinde sarmallar çizerek ilerlemeleriyle kısmen açıklanabiliyordu. Gezegenlerin hareketlerini pek de açıklayamayan bu varsayımın Ptolemaios'u ne kadar tatmin ettiği bilinmiyor; ama, 17. yüzyıla kadar, Katolik Kilise'nin de baskısıyla, Dünya merkezli evren üzerinde pek fazla tartışılmadı.

Üzerinde yaşadığımız gezegen ve gök cisimlerinin hareketlerinin anlaşılmasına başladığı Ptolemaios'a kadar olan dönemden Copernicus'a (Kopernik) kadar geçen yaklaşık 1400 yıllık dönemde, her şey bir kenara atılmış görünüyor. Avrupa için durum böyle olabilir; ancak, gerçek tam olarak böyle değil. Bu dönemde, Avrupa karanlık çağını yaşarken, Ptolemaios'un kitabı, Arap gökbilimciler için bir başlangıç noktası oldu. Arap gökbilimciler, bu kitabı kaynak olarak yüzyıllar boyunca gözlemler yaptılar. Almajest, 1175 yılında Arapça'dan Latince'ye çevrildi ve yeniden batılı gökbilimcilerin bu kitabı ulaşması mümkün oldu.

Modern gökbilimin kurucusu kabul edilen Polonyalı din adamı Copernicus (1473 - 1543), Almajest'i okudu. Ardından, Aristarchus'un çalışmalarına rastladığında, onun Güneş merkezli evren düşüncesinin doğru olması gerektiğine karar verdi. Bunu kanıtlamak için, kendi gözlemlerini yapmaya başladı. 1533'de, 60 yaşına geldiğinde, Roma'da bir dizi ders verdi ve kuramı-



nı, din adamlarına fark ettirmeden öğrencilerine sundu. Kiliseye karşı duyduğu çekince nedeniyle, "Göksel Kürelerin Dolanmaları Hakkında" adlı kitabını uzun süre yayımlamaktan kaçındı. Sonunda, 60'li yaşlarının sonlarında, kitabı yayımlamaya karar verdi. Kitabının ilk baskısı, öldüğü gün, 24 Mayıs 1543'de elinde oldu. Copernicus'un bu konudaki çabaları nedeniyle, Güneş merkezli Güneş Sistemi, günümüzde Copernicus sistemi olarak da biliniyor.

Yaklaşık yüz yıl sonra, küre biçiminde, dönen bir Dünya'da, Güneş merkezli bir sistemde yaşadığımız düşüncesi ciddi olarak tartışılır oldu. Alman Gökbilimci Johannes Kepler ve İtalyan gökbilimci Galileo Galilei başta olmak üzere, bilim adamları Copernicus'un modelini destekleyen çalışmalar yaptılar. Galileo'nun 1600 yılında teleskopunu gökyüzüne çevirmesiyle, Aristoteles ve Ptolemaios'un varsayımları anlamlarını yitirdi. Galileo, Jüpiter'e baktığında, onun çevresinde dolanmakta olan uydularını gördü. Bu, Aristoteles ve Ptolemaios'un varsaydığı gibi, her şeyin Dünya çevresinde dolanmadığını kanıtlıyordu. Kepler, gezegenlerin Copernicus'un öne sürdüğü gibi, tam olarak dairesel yörüngelerde değil, hafif elips biçimli yör-

rüngelerde dolanıyor olabileceklerini açıklayınca, Güneş merkezli sistem kuramı, gözlemlerle tam olarak örtüştü.

17. yüzyılın sonlarına doğru, Isaac Newton, kütleçekim kuramını oluşturdu. Bu kuram, gök cisimlerinin neden birbirlerinin çevresinde dolandığını açıklıyordu. Kütleçekimi, sadece cisimlerin yere düşmesine neden olan bir kuvvet değil, aynı zamanda her cismi birbirine bağlayan bir kuvvetti. Newton'un kütleçekim yasası sayesinde, gök cisimlerinin hareketleri matematiksel olarak da hesaplanabildi.

Üzerinde yaşadığımız, evrensel boyutta çok küçük olan gezegenimizin düz mü, yuvarlak mı olduğu; evrenin merkezinin Dünya mı yoksa Güneş mi olduğu tartışmaları binlerce yıl sürdü. Son yüz yıl içinde, kendi küçük Dünya'mızdan çıkıp, gerçek evrenin tarihindeki gökbilimcilerin hayal bile edemeyeceği kadar büyük olduğunu anladık.

Alp Akoğlu

Kaynaklar
Trefil J., Rounding the Earth, Astronomy, Ağustos 2001
Asimov, I., How We Found About the Earth Being Round, Longman, 1972
<http://www.fascinatingearth.com/theroundingoftheearth.html>
<http://math.rice.edu/~ddonovan/Lessons/eratos.html>
<http://www.portergaud.edu/cmcarver/hels.html>