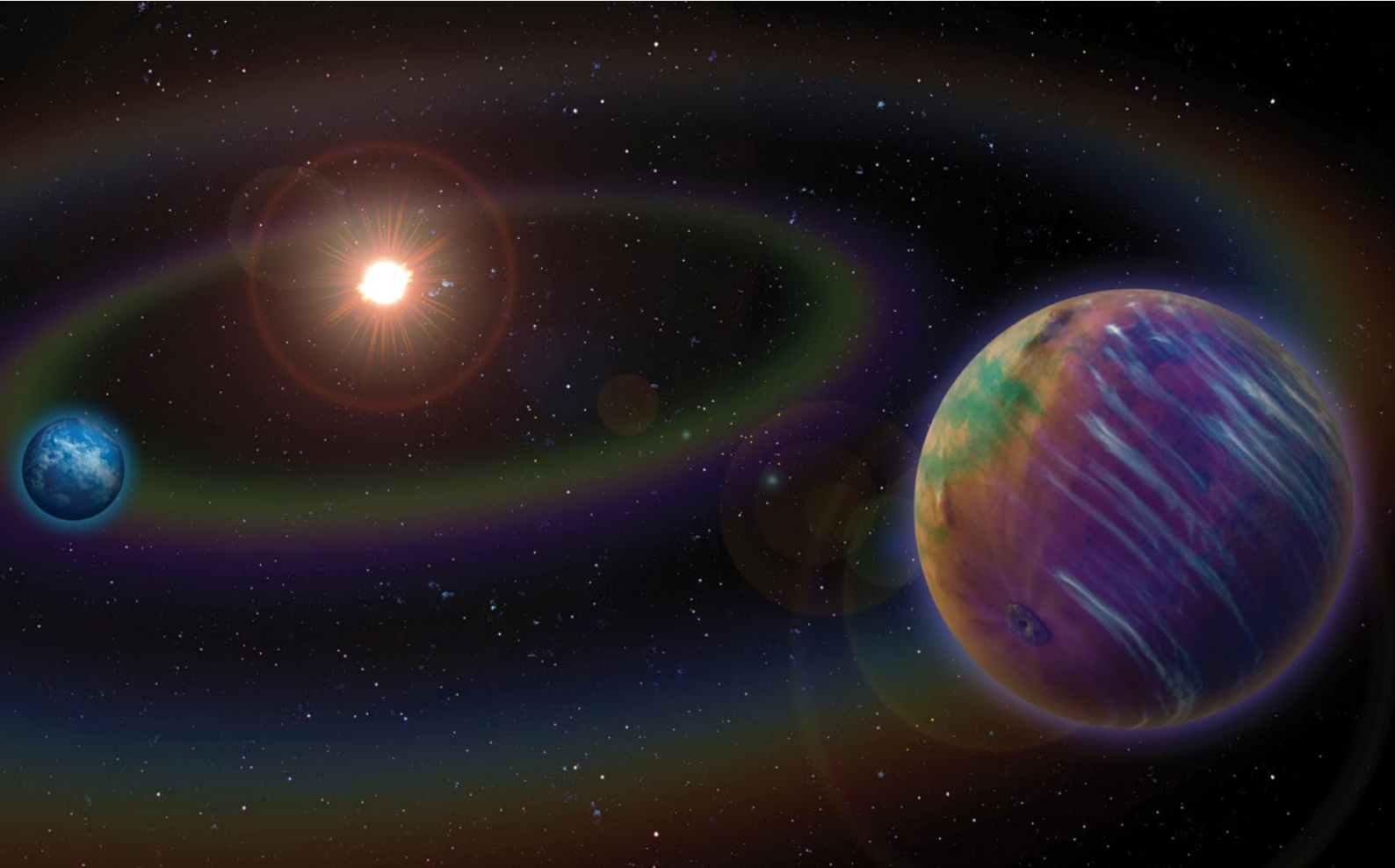
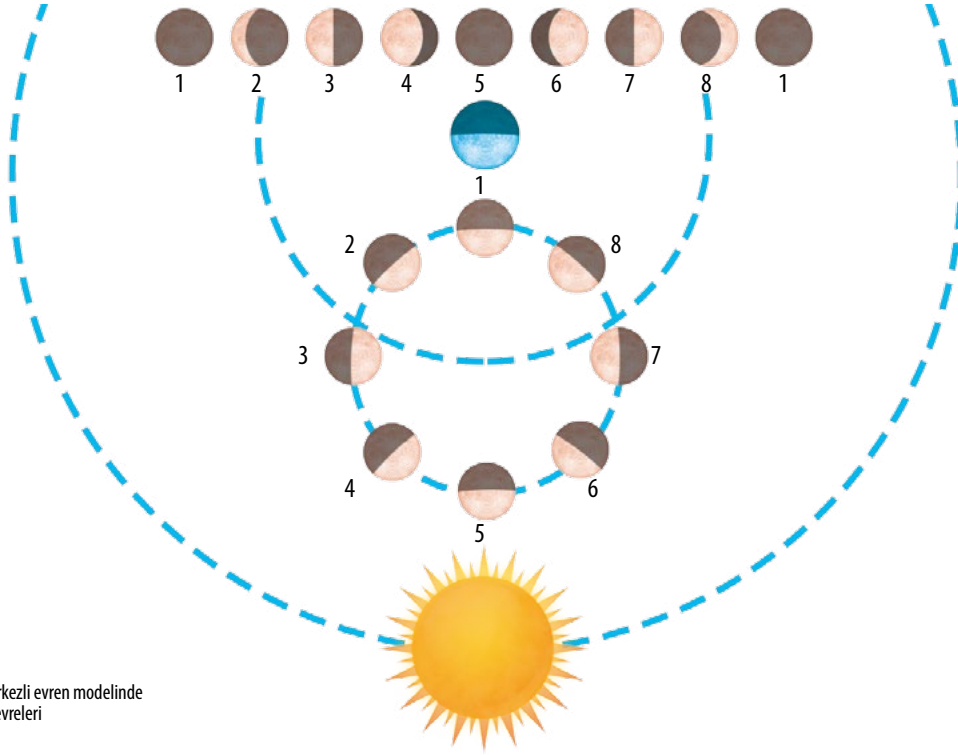


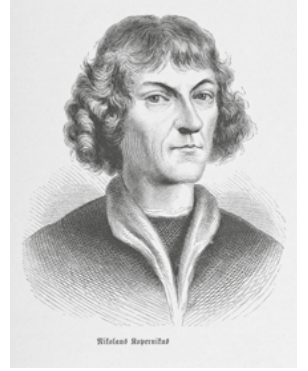
Her Şeyi Bir Arada Tutan Kuvvet: Kütleçekimi

Doğduğumuz günden beri her an şahit olduğumuz doğal olayları öyle kanıksarız ki, olayların perde arkasında söz sahibi olan doğa yasalarını irdelemek çoğu insanın aklına gelmez. Buna en güzel örnek yerçekimidir. Norveçli yazar Jostein Gaarder'ın yazdığı *Sofie'nin Dünyası*'nda vurgulandığı gibi, kahvaltı masasındaki bir bebek, annesi mutfak tezgâhında arkası dönük çalışırken, babasının havalanıp uçtuğunu görse bakışlarındaki şaşkınlıkta bir artış olmaz. Çünkü zaten her şey o bebek için acayıptır, yenidir ve ilginçtir. Ancak anne arkasını dönüp de kocasını havada görürse şaşkınlıktan çığlık atacaktır. Çünkü o güne kadar yerçekimine aykırı davranan hiçbir şey görmemiştir. İşte yerçekimi bu kadar benimsediğimiz bir doğa olayıdır. Bununla beraber cisimleri yere doğru çeken bu kuvvetin ne olduğunu araştırmaya kalkan cesur dehalara tarihte nadiren rastlanır.



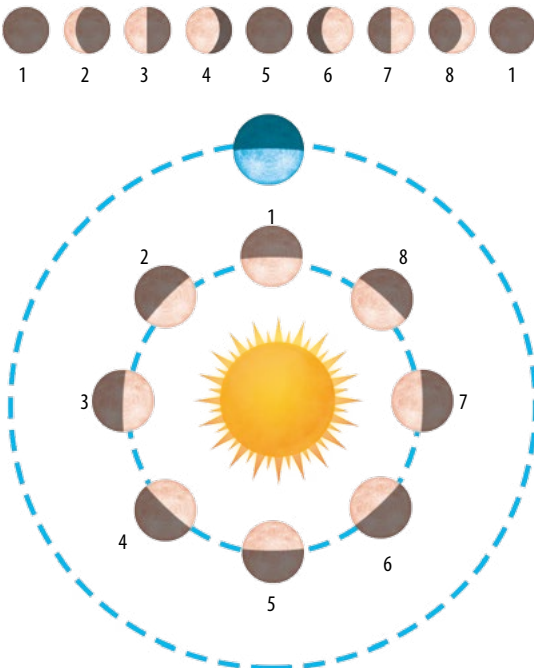


Dünya merkezli evren modelinde
Venüs'ün evreleri



Bugün gök cisimlerinin hareketinde etkin kuvvetin kütleçekimi olduğunu biliyoruz. Gezegenlerin, uyduların ve yıldızların hareketi de serbest bırakılan minik bir çakıl taşının yere düşmesi de aynı kuvvetin, kütleçekiminin eseridir. Fakat insanoğlunun bu bağlantıyı kurması hiç de kolay olmadı.

Güneş merkezli evren modelinde Venüs'ün evreleri



Bizim için kütleçekim kuvvetini anlama serüveni, gök cisimlerinin hareketini anlama gayretleriyle başladı. Antik Yunan düşünürlerin şekillendirdiği temel görüşe dayalı Dünya merkezli uzay algısı, yıllar boyunca tartışma gerektirmeyecek kadar kesin bir bilgi olarak kabul edildi. Tüm yıldızlar ve gezegenler Dünya'nın etrafında dönüyor, Dünya ise yerinden kıımıldamadan evrenin merkezinde yer alıyordu.

İkinci yüzyılda yaşamış olan İskenderiye'li Batlamyus'un (MS 90-168) *Almagest*'inde özünü bulan bu fikir tam yedi yüzyıl hüküm sürdü. Ta ki Güney Anadolu'da doğan El-Battani'ye (850-929) kadar. Bu meraklı adam Ay'ın, gezegenlerin ve yıldızların konumlarını çok hassas bir şekilde gözlemledi. Gözlemleri sonucunda Batlamyus'un Güneş merkezli evren modeli hakkında ciddi şüpheleri vardı. Sonraki yüzyılda İbn-i Heysem Batlamyus'un modelindeki sistematik hataları gösteren *Batlamyus Hakkında Şüpheler* adlı eseri kaleme aldı. İbn-i Heysem'e göre Yunanlar da bu modelin hatalı olduğunu bilmelerine rağmen daha iyisini yapamamışlardı.

1200'lü yıllara gelindiğinde İran'da Nasreddin El-Tusi (1201-1274) tarihin gördüğü en büyük gözlemcisi inşa ettirmişti. Üstelik bu uyanık adam, gözlemcisi Moğol istilalarının uygarlık namına ne varsa yerle bir ettiği bir devirde, Moğol Han'ı Hülâgü'yü gelecekte haber vereceğine ikna ederek yapmıştı.

Maragâ Rasathanesi adıyla ünlenen bu olağanüstü astronomi merkezinde Çin'den Mısır'a kadar çok uzak coğrafyalardan gelen araştırmacılar istihdam edildi. Yıldız katalogları oluşturuldu, gezegenlerin hareketleri çok ayrıntılı bir şekilde kaydedildi ve yeni evren modelleri geliştirildi. Ancak Dünya merkezli evren modeli can çekişiyor olsa da hâlâ canlıydı.

Kepler Yasaları

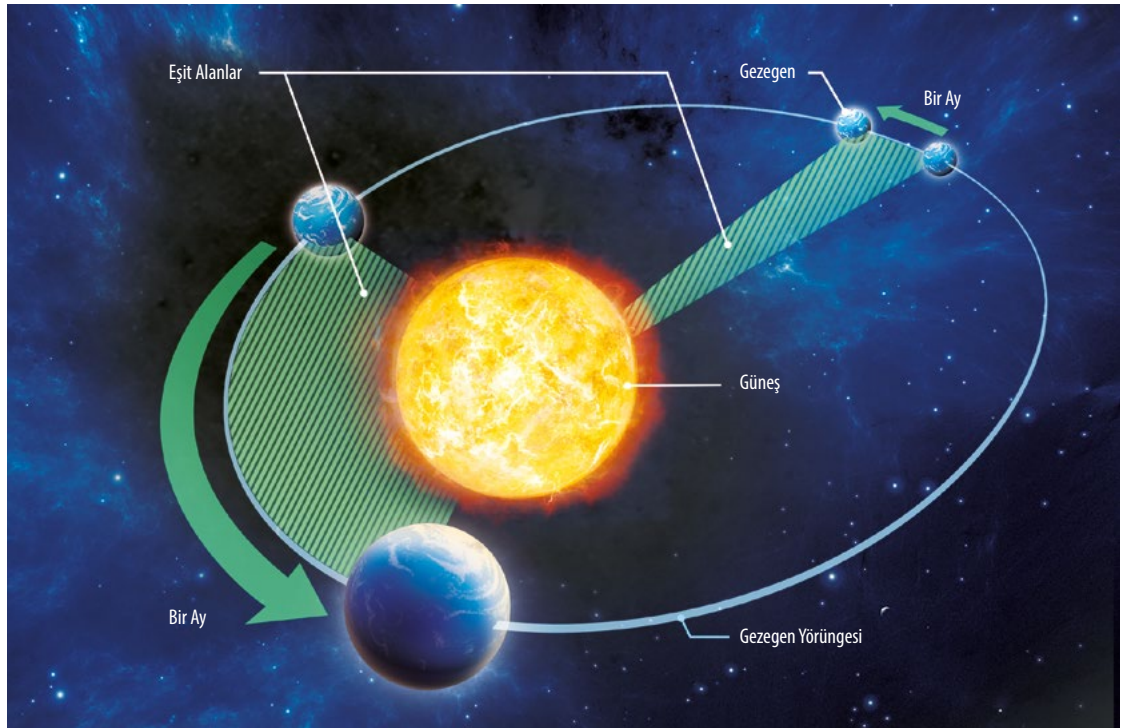


Kepler, Brahe'nin teleskop olmadan yıllar boyunca yaptığı gözlemleri değerlendirerek üç yasa elde etmişti. Bu yasalar gezegenlerin hareketini tanımlıyordu.

- 1. Yörünge yasası:** Gezegenler, odak noktalarının birinde Güneş'in bulunduğu eliptik yörüngeler üzerinde hareket eder.
- 2. Alan yasası:** Bir gezegen ile Güneş'i birleştiren sanal bir çizgi düşünelim. Bu çizgi yıl boyunca eşit zaman aralıklarında eşit alanları tarar.
- 3. Periyot yasası:** Bir gezegenin Güneş etrafında dönüş periyodunun karesi, gezegenin yörünge yarıçapının küpüyle orantılıdır.

Kuzey İtalya'da Nicolaus Copernicus (1473-1543) 16. yüzyılın başlarında kimsenin cesaret edemeyeceği bir önerme ileri sürdü. Evrenin merkezinden Dünya'yı alıp yerine Güneş'i koydu. Ancak bu fikrini açıklamak için ömrünün son yıllarına kadar bekledi. Bu başta kilise olmak üzere pek çoklarına göre tam bir küstahlıktı. İnsanlığın evren hakkındaki cehaletiyle beraber korkunç egosu, evrenin merkezindeki yerinden edilmekten hoşlanmamıştı. Dünya, nasıl olur da sıradan gezegenler gibi Güneş'in etrafında dönecek kadar basit bir yer olurdu? Ne var ki gezegenlerin hareketi, gece ve gündüzün oluşması gibi olaylar Güneş merkezli modellerle çok daha iyi açıklanıyordu. Özellikle Mars, Jüpiter gibi gök cisimlerinin bazen hızlanıp, bazen yavaşlaması gibi garip durumlar Güneş merkezli modellerle daha kolay anlaşılıyordu.

Aslında Copernicus, kendinden çok önce yaşamış olan Müslüman bilim insanlarından hayli etkilendi. Özellikle El Battani'nin Ay'ın, gezegenlerin ve yıldızların konumlarına atıf yapan araştırmaları çığır açıcı nitelikteydi ve bu çalışmalar Güneş merkezli evren modeline öncülük etmişti. 9. yüzyılda gerek eski Yunan düşünürlerin, gerek kadim Hintli bilginlerin eserleri büyük bir iştahla Arapçaya tercüme edilmişti. Örneğin El-Biruni ve Hamedani gibi araştırmacılar, Brahmagupta gibi Hintli matematikçilerin evren tasvirleri ile Batlamyus'un modelini aynı masada tartışıp kıyaslama imkânına sahipti.



Bu eski eser merakına ek olarak, Müslüman bilim insanlarının inanılmaz bir gözlem ve matematik dehası vardı. Öyle ki El-Battani bir yılın 365 gün 5 saat 46 dakika ve 24 saniye olduğunu hesaplamıştı. Bugünkü ölçümden sadece birkaç saniye farklıydı bu değer. Üstelik bu sonuca ulaşırken Yunan eserlerinde geçen gözlem ve ölçümleri de kullanmayı ihmal etmedi. Bu müthiş bir sentez gücüydü. Ne yazık ki sonraki yüzyıllarda bu isimlerin ve çağdaşlarının mirasına sahip çıkılmadı ve doğayı anlama çabası başka bir uygarlığı bekledi. Copernicus'a gelince... El-Battani, El-Tusi ve İbn-i Şatır gibilerinin eserlerini göz ardı etmedi. Bunun yanı sıra Galileo ve Kepler gibi halefleri olduğu için hayli şanslıydı. Çünkü Güneş merkezli yeni evren modeli onlar sayesinde gelecekte alıcılı bulacaktı.

Copernicus'un kendi devrinin evren algısına vurduğu darbe henüz başlangıçtı. Sırada Galileo Galilei (1564-1642) vardı. Galileo kendi yaptığı basit teleskopuyla gök cisimlerini göz hapsine almıştı. Özellikle Venüs ve Jüpiter gözlemleri harika sonuçlar doğurdu. Galileo'nun gözlemlerine göre, Venüs'ün de tıpkı Ay gibi evreleri vardı. Bu, Venüs'ün Güneş'in etrafında dolandığına dair çok güçlü bir delildi. Çünkü Dünya'nın etrafında dönüyor olsa ya görünüşü hep aynı kalmalıydı ya da kendi yörüngesi üzerinde bulunan bir eksen üzerinde farklı bir dairesel hareket yapmalıydı. Bu son derece saçma bir açıklama olurdu. Çünkü hiçbir cismin bulunmadığı bir nokta etrafında gezegenin dönmesini gerektiren bir şey yoktu.

Eski evren resmine asıl darbe Jüpiter'den geldi. Galileo, teleskopuyla baktığında Jüpiter'in etrafında dört tane yeni gök cismi görmüştü. Bu gök cisimleri bazen Jüpiter'e yaklaşıyor, bazen de Jüpiter'in arkasında kayboluyordu. Bunun tek bir anlamı olabilirdi: Jüpiter'in yakınındaki gök cisimleri, onun etrafında dönen uydulardan başka bir şey olamazdı. Tüm gök cisimlerinin Dünya'nın etrafında dönmesi gerektiğini söyleyerek Dünya'ya garip bir kutsallık atfeden Dünya merkezli evren algısına tamamen zıt bir keşifti bu. Çok geçmeden, Galileo'nun teleskopu gerçekleri eğip büken şeytani bir araç olarak ilan ediliverdi.

Aynı yıllarda Danimarkalı bir gözlemci Tycho Brahe (1546-1601), gezegenlerin hareketinde gördüğü bazı garipliklerden dolayı o gün için doğru olduğu kabul edilen evren sisteminden şüphe duymaya başlamıştı. Yıllar boyunca biriktirdiği gözlem verilerinin ışığında kendi sistemini oluşturdu. Brahe'nin sisteminde merkezde yine Dünya vardı ve Güneş de Dünya'nın etrafında dönüyordu. Fakat bu sefer gezegenler Güneş'in etrafında dönüyordu.

Kısacası Brahe bütün Güneş Sistemi'ni Dünya'nın etrafında dönen ayrı bir sistem gibi düşündü. Dünya'nın evrenin merkezi olduğu algısı o kadar güçlüydü ki, Brahe bundan hiç kuşkulandı. Az da olsa aykırı evren modeli yine de şiddetle reddedilmişti. Zaten Brahe kendi evren sistemini destekleyecek matematiksel bir altyapı da oluşturamamıştı. Modelini kanıtlamak için yetenekli bir matematikçiye ihtiyacı vardı. 1500'lü yılların sonunda Johannes Kepler (1571-1630) adlı bir matematik öğretmenin *Kozmografik Sırlar* isimli bir kitabına rastladı. Aradığı yeteneği bulduğunu düşünmüştü. Kepler, Plato'nun fikirlerinden çok etkilenmişti ve evrenin kusursuz geometrik hareketlerle dolu olduğunu düşünüyordu. Brahe'nin gezegenlerin hareketleri hakkındaki muazzam miktardaki verilerini aldı ve gezegen hareketlerini tanımlayan kusursuz bir geometrik altyapı arayışına başladı.

Newton Yasaları

Newton, cisimlerin hareketini üç temel yasayla özetlemişti.

- 1. Eylemsizlik yasası:** Belirli bir hızla hareket eden cisimler, bir dış kuvvet etki etmediği sürece hızlarını korur.
- 2. Bir cisme etki eden toplam kuvvetin o cismin kütlesine oranı, cismin ivmesini verir.**
- 3. Etki-tepki yasası:** Bir cisim ikinci bir cisme etki ederse, ikinci cisim de aynı kuvvetle birinci cisme tepki kuvveti uygular.



Çalışma uzadıkça uzuyor, Kepler elindeki verileri bir türlü kusursuz dairesel hareketlerden oluşan bir modele uyarlayamıyordu. Brahe'nin ölümünden çok sonra, Kepler aradığı geometrik şeklin daire değil de elips olduğunu fark etti. Brahe ve Copernicus da dâhil, insanlar binlerce yıldır gök cisimlerinin kusursuz dairelerden oluşan yörüngelerde yüzdüğünü düşünmüşken, Kepler'in yaptığı haddini aşmaktı. Kepler elindeki veriler ışığında bir cüretkârlık daha yapıyor ve evrenin merkezinin Dünya'yı çekip alarak yerine Güneş'i koyuyordu. Üstelik gezegenlerin hareketini, yörüngelerini, yarıçaplarını ve Güneş etrafında dönme periyotlarını tanımlayan denklemlerle matematiksel olarak mükemmel bir altyapı elde etmişti. Kepler tüm bulgularını üç temel yasayla açıkladı ve gezegenlerin yörüngelerini ve dönme sürelerini hesaplama formüllerine ulaştı.

Tüm bunlar gök cisimlerinin hareketinin temel nedenini açıklamaktan hâlâ çok uzaktı. Sadece uzaydaki cisimlerin hareketinin tanımlanması ile ilgilenen bu çabaların yanı sıra, Galileo yeryüzündeki cisimlerin hareketini tanımlamanın da yollarını arıyordu. Belki de cisimlerin hareketlerini toptan tarif etmenin bir yolu olabilirdi. Galileo, Copernicus'un evren modeline ait Dünya'nın kendi eksenini etrafında döndüğü öngörüsünden yola çıktı. Madem Dünya kendi etrafında dönüyordu, öyleyse yüksek bir yerden serbest bırakılan cisim yere düşerken bırakıldığı yerin izdüşümüne değil de biraz farklı bir yere düşmeliydi. Çünkü cisim düşerken Dünya dönecekti. Galileo Pisa Kulesi'nden bıraktığı cismin en azından birkaç yüz metre öteye düşmesi gerektiğini hesaplamıştı. Ancak yaptığı deneylerde en ufak bir sapma bile gözlemleyemedi. Bu ona hareket hakkında çok az şey bildiğini gösterdi.

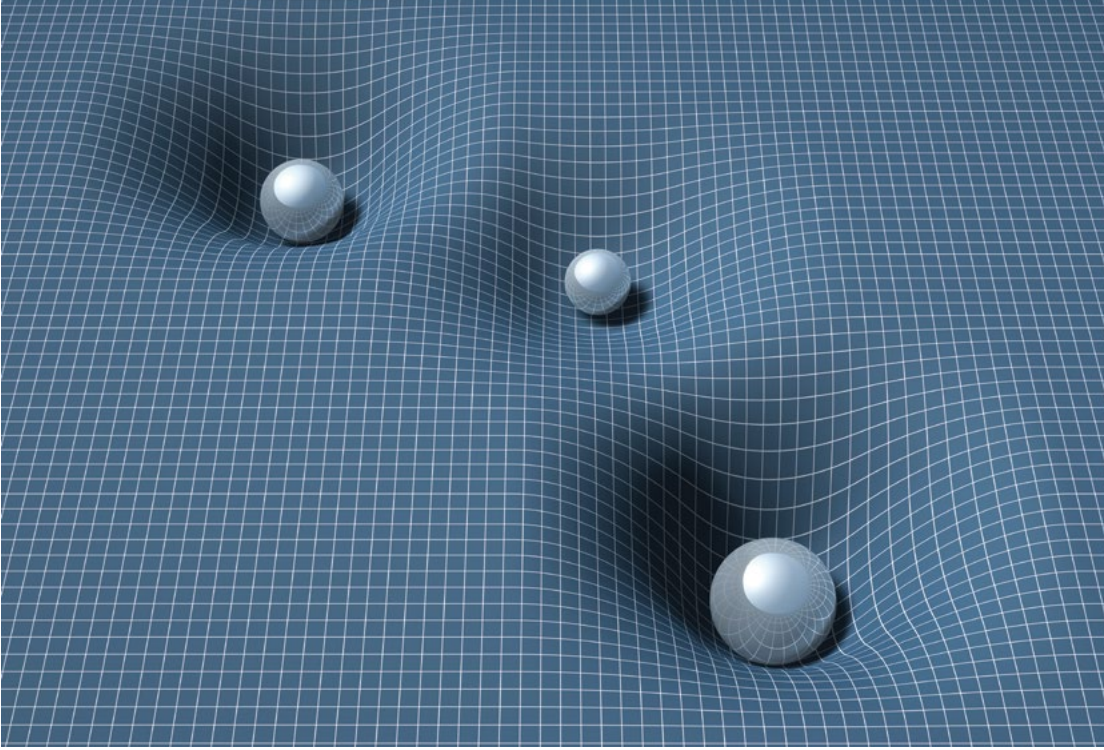
Kolları sıvamanın vakti gelmişti. Gözlem yaparken çok hassas ölçümler yapması gerektiğini, dolayısıyla matematik ile deneyi birleştirmesi gerektiğini anlamıştı. Yüksekten bıraktığı cisimler çok hızlı bir şekilde yere düştüğü için sağlıklı bir ölçüm yapamadı. Bu yüzden serbest düşme hareketini yavaşlatmak için eğik düzlemler kullanmaya karar verdi. Farklı eğimlere sahip düzlemler üzerinden aşağı doğru kayan cisimleri inceledi. Çok ilginç bir sonuca ulaşmıştı. Eğim ister çok dik, ister çok yatay olsun, hareket süresi iki kat olunca cisimlerin aldığı yol dört kat artıyordu. Üstelik cisimlerin kütlelerinin değişmesi hareketi etkilemiyordu. Galileo zamanının çok ötesinde bir öngörüyle, hava sürtünmesi olmasaydı tüm cisimlerin yeryüzündeki hareketinin aynı şekilde olacağını keşfetti. Yere düşen cisimlerin hızlanması kütlelerine bağlı değildi.

Galileo yaptığı deneylerde bir şeyi daha fark etmişti. U şeklindeki eğimli yüzeylerden bıraktığı cisimler, bırakıldıkları yüksekliğe kadar çıkabiliyordu. Hatta yolun iki ucu farklı eğimlerde olsa bile cisimlerin bırakıldığı yükseklik ile son geldikleri yükseklik aynıydı. Biz bunu enerjinin korunumu olarak biliyoruz, fakat Galileo orada bambaşka bir şey daha fark etti. Eğer yere bırakılan cismin izlediği yolun diğer ucu dümdüz olsaydı, cisim hareketini sonsuza kadar koruyacak ve hareketine devam edecekti. Yani sürtünme olmazsa, hareket halindeki cisimler hareketlerini aynen koruyacaktı. Bu ilke bugün eylemsizlik olarak biliniyor. Böylece yüksekten bırakılan bir cismin neden izdüşümüne düştüğünü anlamıştı. Kulenin tepesindeki cismin yatay hızı ile Dünya'nın dönüş hızı ay-

nıdır. Cisim düşey hareket ederken yatay hızını koruyor ve böylece Dünya ne kadar dönüyorsa yatayda da cisim o kadar yol alıyor. Bu sayede tam olarak izdüşümüne düşüyor.

Galileo güçlü sezgileri ve gözlem yeteneğiyle modern fiziğe giden yolu adım adım inşa etmişti. Ancak gök cisimlerinin hareketi ile yeryüzündeki cisimlerin hareketini bağlayan genel bir kuram oluşturmak onu bile aşıyordu. Bu görev, insanlık tarihinin gördüğü en muhteşem bilim insanını bekliyordu.

Galileo'nun öldüğü yıl İngiltere'de Isaac Newton (1642-1727) adlı bir çocuk doğdu. Galileo'nun fikirleri tüm baskılara rağmen bir ateş gibi tüm Avrupa'ya yayılmıştı. Newton'un gençliğinde Galileo'ya göre çok daha rahat bir ortam vardı. Üstelik fikirlerini özgürce tartışabileceği Robert Hooke ve Edmond Halley gibi çok kıymetli rakipleri ve arkadaşları vardı. Artık Dünya merkezli evren görüşü neredeyse tamamen terk edilmiş ve Dünya'nın cisimleri kendine doğru çektiği bir kuvvetin varlığı iyiden iyiye tartışılmaya başlanmıştı. Hooke'a göre, yer ile cisimlerin arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişen bir çekim kuvveti olmalıydı. Hatta Halley yüksekçe bir tepe üzerinde yaptığı deneyde, sarkaçların deniz seviyesine göre daha yavaş salındığını ölçerek buna kanıt da bulmuştu. Bunlar bilim için çok büyük adımlardı. Hooke tüm gök cisimlerinin aynı çekim kuvvetine sahip olduğunu düşünüyordu. Newton'un bu konudaki görüşlerini merak ediyor ve birkaç mektubunda sorduğu sorulara maalesef yanıt alamıyordu. Halley aynı konu üzerine yıllar sonra gitti ve 1684'te Newton'a yazdığı bir mektupta, Güneş'in gezegenleri kendisinden uzaklığının karesiyle ters orantılı bir kuvvetle çekmesi durumunda gezegenlerin nasıl hareket edeceğine dair bir soru sordu. Newton'a göre cevap çok basitti: Tabii ki elips şeklinde yörüngelerde döneceklerdi. Newton bu sonuca 18 yıl önce, henüz 23 yaşında ulaşmıştı ama nedense bulgularını yayınlamaya pek hevesli değildi. O daha çok simya ile ilgileniyor, vaktini teolojik el yazması belgelerle geçiriyordu. Halley'in ısrarıyla gerçek bilime döndü. Çalıştıkça kozmik bir kilidin anahtarını bulmak üzere olduğunu fark etti. 1686'da nihayet *Principia* adlı eserini bitirdi. Eserinde tüm gök cisimlerinin ve yeryüzündeki cisimlerin hareketini tanımlayabilen genel yasalar bulmayı başarmıştı. Bu iş için gerekli terminolojiyi de oluşturmuştu. Artık maddenin miktarının ölçüsü olan kütle ile eylemsizliğin nedeni olan kütle tanımları yapılmıştı. Yerçekiminin kaynağı olan şeyin cisim-



lerin kütlesi olduğu, her kütleli cismin kendi kütleçekimine sahip olduğu anlaşılmıştı. *Principia* o günün bilim insanları için tarifi mümkün olmayan bir mutluluktur. 1500 yıllık bir arayışın meyvesiydi bu eser. Dünya'nın her tarafından toplanmış sayılar, gözlemler, şaşırtıcı doğrulukta veriler, akıntı yükseklikleri, kuyruklu yıldızların ve gezegenlerin konumları, sarkaçların hızları... Her şey bu kitapta anlam buldu. Bu çok büyük bir bilimsel aşamaydı. Asırlık şüpheler aydınlığa kavuşmuştu. Kepler'in gök cisimleri için bulduğu eliptik yörüngeler, Newton'un ters kare yasası ile doğrulandı. Galileo'nun yeryüzündeki cisimlerin hareketleri üzerine yaptığı çalışmalar da Newton'un meşhur $F=ma$ formülüyle matematiksel bir açıklamaya kavuştu. Ayrıca gök cisimleri ve yeryüzündeki cisimlerin hareketleri tek bir çatı altında toplanarak aynı yasaların her yerde geçerli olduğu kanıtlanmış ve tarihte ilk defa farklı kuramlar birleştirilerek genel bir kuram oluşturulmuştu.

Newton'un şekillendirdiği mekanik evren modeli, 200 yıldan fazla bir süre hiç değişikliğe uğramadı. Tüm bu döneme Newton çağı dendi. Fizikçiler ve matematikçiler Newton yasalarını daha süslü formüllerle ifade etti, cisimlerin hareketini tanımlayan harika denklemler geliştirdi. Artık savaşta dahi Newton yasalarından faydalanılıyor, geliştirilen silahların isabet yüzdesi bu yeni fizikle artırılıyordu. Ya da bir gezegenin yıllar sonra han-

gi konumda olacağını Newton mekaniği ile kolaylıkla öngörebiliyor, Ay'ın ve Güneş'in hareketlerini kesin biçimde belirleyebiliyorlardı. Örneğin 2006'nın başında fırlatılan *Yeni Ufuklar* uzay aracı Dünya'nın kütleçekim etkisinden çıktıktan sonra neredeyse hiç yakıt harcamadan Jüpiter'in kütleçekim kuvvetinden yararlandı, yönünü değiştirdi ve hızını artırdı. Temmuz 2015'te Plüton'a ulaştı. On yıl önce fırlatılan bir cisimle 5 milyar km uzaktaki bir hedefi tutturmak olağanüstü bir başarıdır. Bu başarının arkasında hâlâ Newton yasalarının gücü var. Bilim tarihçileri özellikle de fiziğin ilerlemesini Newton öncesi ve Newton sonrası olmak üzere iki farklı dönemde ele aldı. Newton fiziği hükmünü uzun yıllar sürdürdü. Ta ki en az Newton kadar muhteşem bir isim tarih sahnesinde yerini alana kadar. Einstein, 1910'larda şekillendirdiği genel görelilik kuramıyla, evrenle ilgili tüm bilimizi kökünden sarstı. Ona göre kütleçekimi sadece cisimleri etkilemiyordu. Einstein kütleçekiminin evrenin bizzatı kendisini eğip büken, hatta zamanın mutlaklığını dahi yerle bir eden müthiş bir fiziksel olgu olduğunu keşfettiğinde Newton devri artık kapanmıştı.

Kaynaklar

- Wolfram, S., *A New Kind of Science*, Wolfram Media, s. 1047, 2002.
- Thompson, H., Havern, S., "The History of Gravity", <http://web.stanford.edu/~buzzt/gravity.html>
- Grant, E., *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages*, Cambridge Univ. Pr., 1996.
- Masood, E., *Science & Islam: A History*, Icon Books, Londra, 2009.
- Kallos, E., "A Brief History of Gravity", <http://www.timaras.com/science/gravity.html>