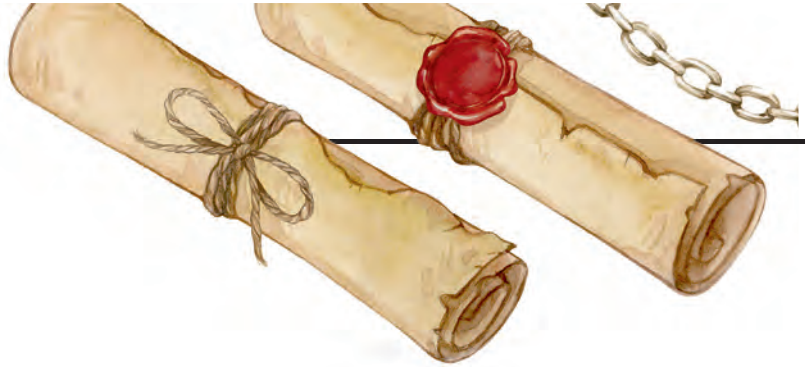


BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir
[*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı*

Dış Merkezli ve Çember Merkezli Modeller

Geometri ve Gök Bilimi

İnsanlar, gökyüzündeki nesnelerin hareketlerini açıklayabilmek için çok eski dönemlerden itibaren gök biliminde geometrik modeller kullanıyordu. Bu modeller aynı zamanda gök cisimlerinin hareketlerinin kesin bir şekilde öngörülmesi ihtiyacının bir sonucu olarak ortaya çıktı. Çünkü geometri, cebir ve aritmetikte bulunan kesinliğin gök biliminde de olması gerektiği düşünülüyordu. Geometri bilgisine sahip olmanın insanın kavrayış yetisini geliştirdiğine de inanılıyordu. Bu nedenle Platon'un (M.Ö. 427-347) Akademi ismini verdiği eğitim kurumunun kapısına "Geometri bilmeyen içeri giremez" sözünü yazdırdığı söylenir.

Özellikle gök biliminde geometrik modeller gök cisimlerinin hareketlerini kısmen açıklayabilirken gözlemlere dayanan bazı olguları açıklamakta yetersiz kalıyordu. Diğer yandan zaman içerisinde bu modeller arasında çeşitli tutarsızlıkların ortaya çıkmasına engel olunamadığı da bilinir. Mesela bütün evrenin dev bir küre şeklinde olduğu, gök cisimlerinin küresel yapıda bulunduğu ve çembersel yörüngelerde hareket ettiği kabulleri geometriden yararlanarak geliştirilen varsayımlardı. İlk ortaya atıldığında bu kabullerin doğruluğundan şüphe edilmiyordu. Fakat kesinlik arayışı öne çıktıkça bu kabullerin güvenilirliğinden, mesela hiçbir gözlemsel veriyle desteklenmeksizin evrenin küresel olduğu iddiasından şüphe duyulmaya başlandı. Modern dönem gök bilimcilerinden Mikolaj (Nikolas) Kopernik'in

(1473-1543) *Gökcisimlerinin Dönüşleri Üzerine* adlı kitabındaki "Evren küreseldir çünkü küre mükemmel şekildir, bu yüzden en fazla şeyi kapsar." ifadesinin hiçbir kanıta dayanmaması şüpheyi artırdı. Gezegenlerin yörüngelerinde düzgün ve sabit hızlarla daireler çizecek şekilde hareket ettikleri kabulü de benzer bir bakış açısının ürünüydü. Bununla birlikte zaman içerisinde nokta, yüzey, hacim, daire, çember, kare, küp gibi geometrik nesnelerin tanımlarını dikkate alan araştırmacılar, gök bilimindeki kabullerin bu tanımlarla tam örtüşmediğini fark etti. Mesela dairenin "belirli bir noktaya eşit uzaklıktaki noktaların sınırlandırdığı düzlemsel bölge" biçimindeki tanımı dikkate alındığında herhangi bir gezegenin diyelim ki Mars'ın, Yer'i merkez alan yörüngesi üzerinde katettiği her noktada, Yer'e eşit mesafede olacağı çok açık bir sonuçtu. Ancak gerçekte böyle olmadığı görülmüştü. Bu uyumsuzluğa daha fazla kayıtsız kalınamazdı. Kesinlik ilkesi gereği çözüm yine geometride aranacaktı.

Bir Geometri Başarısı: Koni Kesitleri

Antik Çağ gök bilimin temel araştırma alanları şunlardı:

- Gezegenlerin dolanım sürelerinin belirlenmesi,
- Yörüngelerinin büyüklüğünün hesaplanması,
- Bir bütün olarak gökyüzünün geometrik modelinin oluşturulması.

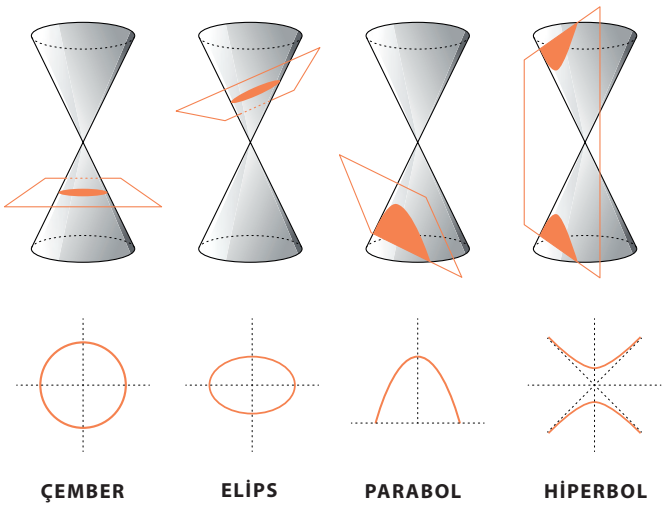
Bu yüzden düzenlilik temel ilke kabul ediliyordu. Dolayısıyla gök cisimlerinin hareket ettiği yörüngelerin kusursuz birer çember şeklinde olduğu ve çember boyunca sabit hızda dolandıkları mutlak bir hakikat olarak görülüyordu. Asıl zorluk ise bu kabullerin başka gözlemlerle çelişmesini engellemekti. Ancak gezegenlerin hareketlerinin geometrik modellerle bütünüyle uyumlu olmadığı gözlenmişti. Kabul edilebilir bir çözüm şarttı. Geometri ile ilgilenen Yunan matematikçi Pergeli Apollonios (M.Ö. 262-190) bu probleme çözüm olabilecek bir model geliştirmeyi başardı. Apollonios, Perge'de doğmuş, İskenderiye'de eğitim görmüş sonra Bergama'ya taşınmıştı.

Nastasic / iStock

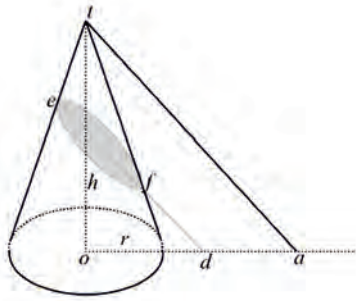
Pergeli Apollonios (M.Ö. 262-190)

Bergama o sıralar önemli bir bilim ve kültür şehriydi. İskenderiye'dekilerle kıyaslanabilir düzeyde eğitim kurumları, kütüphanesi ve büyük bir tiyatrosu vardı. Apollonios'un gök bilimine yoğun bir ilgisi yoktu ama geometride olağanüstü yetkinlikteydi. Çağdaşları, sekiz ciltten oluşan ünlü *Koni Kesitleri* kitabını yazmış olması nedeniyle onu "Büyük Geometrici" olarak anıyordu. Bütün önermelerini ve ispatlarını düzyazı olarak ifade ettiği ve hiçbir cebirsel simge kullanmadığı *Koni Kesitleri* kitabında elips, parabol ve hiperbol diye adlandırılan konik kesitlerin aslında tek bir koninin farklı şekillerde kesilmesiyle elde edilebileceğini kanıtlamayı başarmıştı. Her bir konik kesiti, bir düzlemin koniyle kesişmesi sonucu oluşan eğriler olarak tanımlamıştı. Mesela bir koniyi, tepe noktası ile tabanının merkezini birleştiren eksenine dik olarak kesersek daire elde ederiz. Koniyi kesen düzlemi hafifçe eğersek bu kez bir elips oluşur. Koniyi kesen düzlem, koniyi oluşturan kenarlardan birine paralel olacak ancak tepe noktasından geçmeyecek kadar eğikse bu durumda parabol çizeriz. Koniyi, düzlemi daha da eğerek ama yine tepe noktasından geçmeyecek şekilde kesersek hiperbol oluştururuz. Apollonios'un düzlemin koniyi farklı açılarla kesmesi sonucu farklı konik kesitlerin oluştuğunu ortaya koyması geometrinin gelişim sürecinde önemli bir adımdı.

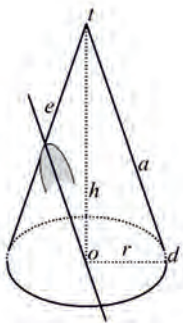
KONİK KESİTLER



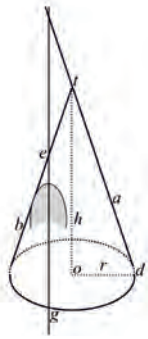
kovalto1/iStock



ELİPS



PARABOL



HİPERBOL

Bu geometrik şekillerin, bir koninin düzlem tarafından kesildiğinde nasıl elde edileceğinin analitik tanımını yapan Apollonios'un elips için verdiği açıklamanın geometrik gösterimi şöyledir: Koninin tabanını oluşturan dairenin yarıçapını uzatalım ve uzantının üzerinde bir **a** noktası alalım. Bu noktayı tepe noktası (**t**) ile birleştirelim. **d** noktasından başlayarak koniyi kesecek şekilde, çizdiğimiz doğruya paralel bir doğru (**e-d**) çizelim. Bu doğrunun koniyi iki noktada (**f-e**) kestiği görülebilir. Koni, bu noktalardan geçen bir düzlem tarafından kesildiğinde oluşan şekil elipstir.

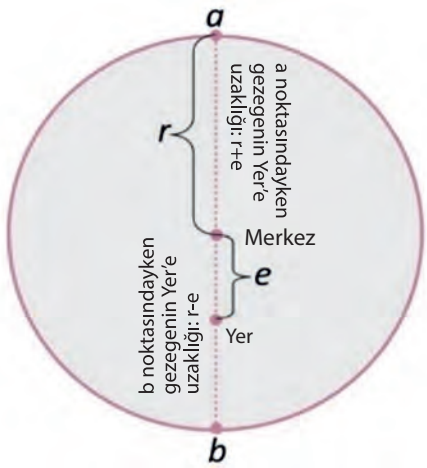
Koni, bir kenarına (**a**) paralel bir düzlemle kesilecek olursa düzlem ve koni tek bir noktada kesişir. Bu durumda meydana gelen şekil paraboldür. Hiperbole gelince… Koninin eksenine (**h**) paralel bir doğru (**e-g**) çizelim. Bu doğru, koninin b kenarını e noktasında, a kenarını ise koninin dışında bir noktada kesecektir. Koni **e-g** doğrusu boyunca yani eksene (**h**) paralel bir düzlemle kesilecek olursa meydana gelen şekil hiperbol olur.

Apollonios, geometri ile ilgilenen önceki matematikçilerin aksine tek bir koniyi çeşitli şekillerde keserek farklı konik kesitler elde edilebileceğini gösterdi. Bu yaklaşım, belirli bir koniden üç tip koni kesitinin de elde edilebileceğine dair büyük bir keşfi beraberinde getirmesi bakımından ön plana çıkıyordu. Apollonios'un konik kesitler üzerine yaptığı çalışmalar, yüzyıllar boyunca bu konuda yapılan tüm çalışmalara kaynaklık etti. Apollonios'un konik kesit analizlerinin bu kadar önemli olmasının bir başka nedeni de konik kesitlerin sonraki yüzyıllarda hem matematikte hem bilimin diğer dallarında hem de sanatta son derece önemli hâle gelmesiydi.

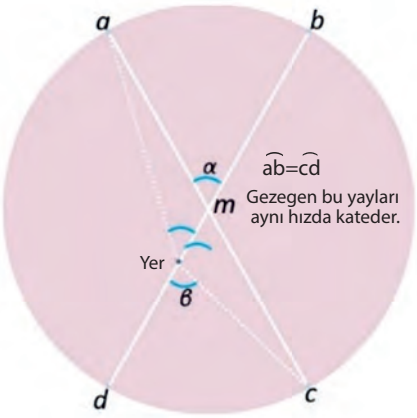
Dış Merkezli ve Çember Merkezli Modeller

Apollonios'un diğer bir başarısı da gezegenlerin hareketlerini açıklamak için dış merkezli ve çember merkezli geometrik modeller geliştirmesiydi. Ona göre bu modeller yardımıyla gezegenlerin çembersel hareketlerinde gözlemlenen düzensizlikler kolayca ortadan kaldırılabilirdi. Ancak kendisi bu modelleri gök cisimlerinin hareketlerini açıklamak amacıyla herhangi bir uygulamada kullanmamış sadece önermekle yetinmişti.

Dış Merkezli Model



Kendisinden sonra gelen gök bilimciler ise Yer'den yapılan gözlemlerde gezegenlerin yörünge hareketleri sırasında merkeze yakınlaşıp uzaklaştığı izlenimini açıklamak için bu modeli kullandı. Bu modelde Yer çemberin tam merkezine değil, şekilde görüldüğü gibi merkezden kaydırılan bir noktaya yerleştirildi. Bu durumda gezegen çember üzerinde sabit açısal hızda hareket etse de gezegen ile Yer arasındaki mesafe, Yer yörüngenin merkezinde bulunmadığı için, gezegenin yörünge hareketi sırasında değişiyordu. Bu da Yer'den yapılan gözlemlerde gezegenin bazen yakınlaşıyor bazen uzaklaşıyor gibi görünmesini açıklıyordu. Böylece model, gezegenlerin gözlemlenen hareketiyle uyumlu hâle getirilmiş oldu.

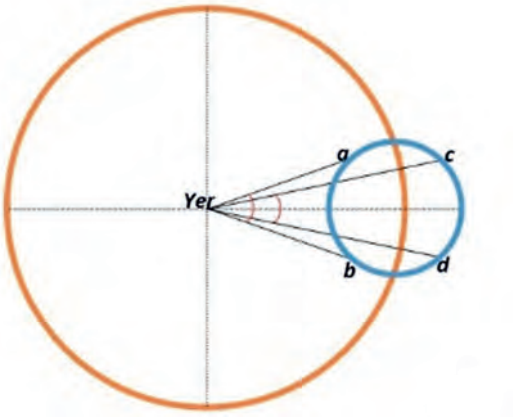


Hız değişimlerinin açıklanması

Hız değişimine gelince… Gezegenin çember şeklindeki yörüngesinin görüldüğü çizimde **ab** ve **cd** yaylarının uzunlukları eşittir ve gezegen bu yayları aynı hızla kateder. Ancak gözlemci, çemberin merkezinde bulunmadığı için gezegenin bu yayları katetme hızını farklı algılayacaktır.

Çember Merkezli Model

Büyük çember ve onu merkez alan küçük bir çemberden oluşan bu modelde, Yer büyük çemberin merkezine yerleştiriliyor. Gezegenlerin yörüngelerindeki hareketleri sırasında hem Yer ile aralarındaki mesafe hem de hız değişiminin kolayca açıklanabildiği bu modele göre gezegen **a** noktasındayken Yer'e uzaklığı **$ay=r+r^1$**, **b** noktasındayken ise **$by=r-r^1$**'dir.



Hız değişiminin açıklamasına gelince… Çember merkezli modelde Yer'in bulunduğu noktadan **ab** yayını gören açı daha büyük, **cd** yayını gören açı ise daha küçüktür. Bu nedenle Yer'deki bir gözlemci gezegeni **ab** yayında daha hızlı, **cd** yayında ise daha yavaş katediyormuş gibi görecektir.

Gök cisimlerinin yörüngelerinin çember değil de elips şeklinde olduğu keşfedilinceye kadar bu modellere dayanarak başarılı hesaplamalar yapılabildi. Bu başarıyı elde edenlerden biri de Hipparkhos'tur (M.Ö. 190-120).

Gelecek sayımızda Hipparkhos'un çalışmalarını ele alacağız. ■

Kaynaklar

Tabak, J., *Geometry: The Language of Space and Form*, New York: Facts On File, Inc., 2004.

Singer, C., *A Short History of Scientific Ideas to 1900*, Oxford: Oxford University Press, 1959.