



# Hipparkhos ve Trigonometrinin Doğuşu



Hipparkhos

Grek bilim anlayışının sürdürüldüğü bir bilim ve kültür merkezi olan İskenderiye'de MÖ 200-30 yılları arasında, önceki dönemlerle kıyaslandığında belirgin bir yavaşlama görülsede hâlâ önemli bilimsel çalışmalar yapıldığı gözlenmektedir. Bilim tarihçilerince Geç İskenderiye Dönemi olarak kabul edilen MÖ 200-MS 200 yılları arasında özellikle astronomi, matematik, coğrafya ve tıp konularında dikkate değer gelişmeler kaydedilmiştir. Hipparkhos da bu konularda çalışmış bir bilim insanıdır ve bu nedenle bilimsel çalışmalarını üç başlık altında incelemek uygun olur.

## Konikler

Hipparkhos İskenderiye'de yetişmiş önemli birkaç astronomdan birisidir. Astronomiye değişik alanlarda katkıları olduğundan, çalışmalarını birkaç gruba ayırarak incelemek gerekmektedir:

**Gözlem Araçlarıyla İlgili Çalışmaları:** Hipparkhos astronomi çalışmalarının temelini güvenilir gözlem araçlarıyla yapılan gözlem kayıtları olduğunu bildiğinden, çok sayıda gözlem aracı yapmıştı. Hipparkhos'un, çok kesin olmamakla birlikte, Rodos'ta bir gözlemevi kurduğu da söylenmektedir. Yıldızların doğuş ve batış zamanının hesaplanmasında, Ptolemaios tarafından dioptra adı verilen bir gözlem aracı kullanmıştır. Hipparkhos aynı zamanda düzlemküresel usturlabı icat etmiştir.

**Gözlem Kayıtları:** Astronomiyle ilgilenmesi bir gece gökyüzünde Akrep Takımyıldızı'nda daha önce bilinmeyen bir sabit yıldız keşfetmesiyle başladı ve bu keşfinin peşinden giderek bir yıldız kataloğu hazırladı. Ölünceye kadar 850 kadar yıldız kataloqlamayı, enlem ve boylamlarını belirlemeyi başaran Hipparkhos, yıldızları parlaklıklarına göre sınıflandırma yöntemini de geliştiren bilginidir. Gözlem kayıtlarını kendisinden 150 yıl önce yaşamış olan Timocharis'in kayıtlarıyla karşılaştıran Hipparkhos sonuçta Yer'in dönme ekseninin çok yavaş bir koni hareketi yapması nedeniyle oluşan ekinoksların presesyonunu (gece-gündüz eşitliğinin gerilemesi) keşfetti.

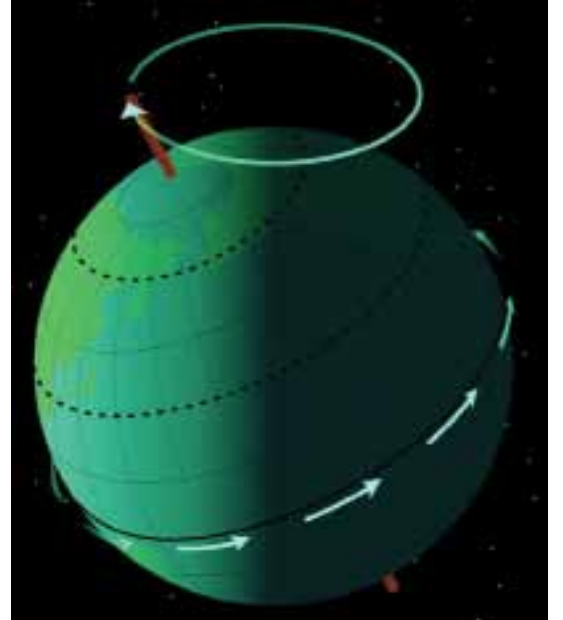
**Evren Sistemi:** Hipparkhos yeni bir astronomi sistemi kurmuştur. Sistemi Yer merkezlidir. Bu sistemin farklılığı, gezegen hareketlerini açıklamak için, ünlü geometriçi Apollonios'un (MÖ 262-190) geliştirdiği dışmerkezli ve çembermerkezli hesaplama modellerini kullanmasıdır. Hipparkhos sistemini üç ilkeye dayandırmıştır:

\*Yer evrenin merkezindedir.

\*Gökcisimleri çembersel yörüngelerde ve sabit hızlarla dolanırlar.

\*Gökcisimlerinin hareketlerindeki düzensizlikler dışmerkezli ve çembermerkezli modellerle açıklanabilir.

Bir bütün olarak ele alındığında ve Aristarkhos'un (MÖ 310-230) daha önce kurmuş olduğu Güneş merkezli evren sistemiyle karşılaştırıldığında geri bir adım olarak görünse de, Hipparkhos'un astronomi için çok önemli ve kalıcı katkıları vardır. Bunlar hem kuramsal hem de pratik yenilikler içermektedir. Daha önce Apollonios tarafından geliştirilmiş olan dışmerkezli ve çembermerkezli geometrik modelleri kullanan Hipparkhos'un katkılarından biri, gökcisimlerinin hareketlerini açıklamak için geliştirilmiş bu geometrik modellere, gözlemlere dayanan sayısal verileri dâhil etmesidir. Bu katkılarından dolayı Hipparkhos trigonometrinin kurucusu kabul edilmiştir.



## Ekinoksların Presesyonu

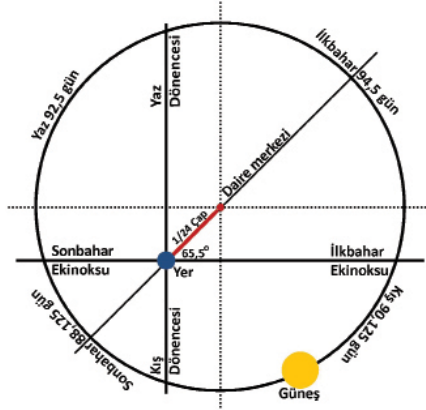
Ekinoksların presesyonu, Yer'in dönme ekseninin çok yavaş bir koni hareketi yapmasıyla oluşur ve bu hareketin sonucu olarak ilim noktaları (ekinoks) doğru hareket eder. Hareketin periyodu 25.868 yıldır.

## Yaşam Öyküsü

Kaynaklarda kendisinden Antik Çağ'ın en önemli astronomlarından biri olarak söz edilen Hipparkhos MÖ 190 yılında İznik'te doğdu, ancak yaşamının büyük kısmını Rodos'ta geçirdi.

Matematiksel bir bilim olan astronominin gelişmesine ve trigonometrinin kurulmasına temel katkılar yaptı. Matematik ve astronomi konusunda yaygın bir ünü olmasına karşın, hayatı hakkında çok az şey bilinmektedir. Hayatına ilişkin bilinenlerin büyük kısmı da MS 2. yüzyılda yaşamış ünlü astronom Ptolemaios'un ikincil kaynaklara dayanarak verdiği bilgilerdir.

Bu bilgilere göre Hipparkhos pek çok astronomi gözlemi yapmış, başlangıçta İskenderiye'de önemli bir araştırma merkezi olan Müze'de gözlemlerini sürdürmüş, ancak daha sonra kendi yaptığı gözlem araçlarıyla bağımsız çalışmıştır. Günümüze kadar ulaşan hacimli çalışması, MÖ 3. yüzyılda yaşamış Aratus'un astronomi konusundaki çalışmasının yorumu olan Eudoksos'un ve Aratus'un *Phainomena'sı* Üzerine adlı kitabıdır. Hipparkhos'un astronomik takvim, optik, aritmetik, coğrafya ve astroloji konularında kaleme aldığı çalışmalarıyla, *Kendi Ağırlığıyla Aşağı Düşen Nesnelere Üzerine* adlı kitabı kayıptır. Ptolemaios, kendi astronomi çalışması *Almagest*'te ileri sürdüğü düşüncelerini temellendirmek için geniş çapta Hipparkhos'un çalışmalarını kullanmıştır. Büyük ölçüde düşüncelerinden yararlandığı için de kitabında Hipparkhos'u defalarca "çalışkan" ve "hakikat aşığı" bir bilgin olarak nitelendirmiştir. Hipparkhos MÖ 120 yılı civarında Rodos'ta ölmüştür.



### Ekinoks ve Dönence

**Ekinoks:** Güneş ışınlarının ekvatora dik gelmesi sonucu aydınlanma çemberinin kutuplardan geçmesi ve gündüz ile gecenin eşit olması durumu. Yılda iki kez tekrarlanır. Kuzey yarıkürede yaklaşık olarak 21 Mart ilkbahar ekinoksu, 23 Eylül sonbahar ekinoksu, 23 Eylül ilkbahar ekinoksu, 21 Mart sonbahar ekinoksu, 23 Eylül ilkbahar ekinoksu.

**Dönence:** Yeryüzüne, Güneş ışınlarının yılda iki kez dik açı ile geldiği, sıcak kuşağın kuzey ve güney sınırlarını oluşturan ve ekvatorun 23° 27' kuzey ve güneyinden geçtiği varsayılan iki enlemden her biri. Bu iki enlem arasındaki bölgeye **tropikal kuşak** denir. Bu enlemlerden yeryüzünün kuzey yarisinde olanına **Yengeç Dönencesi**, güney yarisinde de **Oğlak Dönencesi** adı verilir. 21 Haziran'da Güneş ışınları Yengeç Dönencesine dik gelir. Bu gün, yeryüzünün kuzey yarisinde yaz, güney yarisinde da kış başlangıcı olarak sayılır. Bugünden sonra yeryüzünün kuzeyinde günler kısalmaya, güneyinde ise uzamaya başlar ve buna Yaz Gündönümü adı verilir. Benzeri biçimde, Güneş ışınlarının Oğlak Dönencesi'ne dik geldiği 21 Aralık, kuzey yarıkürede kış, güney yarıkürede de yaz başlangıcıdır.

### Dioptra



Hipparkhos'un kurduğu Yer merkezli evren modeli daha sonra Ptolemaios tarafından tamamlanmış ve yıllarca kullanılacak bir model haline getirilmiştir. Bununla birlikte Hipparkhos dışmerkezli ve çembermerkezli modelleri kullanarak Ay'ın ve Güneş'in hareketlerini açıklamıştır. Bu çalışması esas itibarıyla bir örnek oluşturmayı amaçlamaktadır. Çünkü eğer Ay'ın ve Güneş'in hareketleri, yani gökyüzünde gözlemlenen görünümünün geometri aracılığıyla açıklanması başarlarsa, benzer yoldan diğer gök cisimlerinin hareketlerinin açıklanması da o ölçüde kolaylaşacak ve sıradanlaşacaktır. Sistemin en büyük sıkıntısı yörüngelerin çember olmasıyla ilgilidir. Eğer yörünge çemberse, o zaman örneğin Güneş'in bazen yere yakınlaşmış bazen de uzaklaşmış gibi görünmemesi gerekir. Model ile gökyüzündeki görünümün uyumsuzluğunu araştıran Hipparkhos, sorunun yörüngenin dışmerkezliliğinin kesin şekilde belirlenememesinden, yani merkezde bulunan Yer'in merkezin dışına ne kadar kaydırılması gerektiğinin doğru hesaplanamamasından kaynaklandığına karar vermiş ve bu sorunu mevsim farklarından yararlanarak çözmüştür.

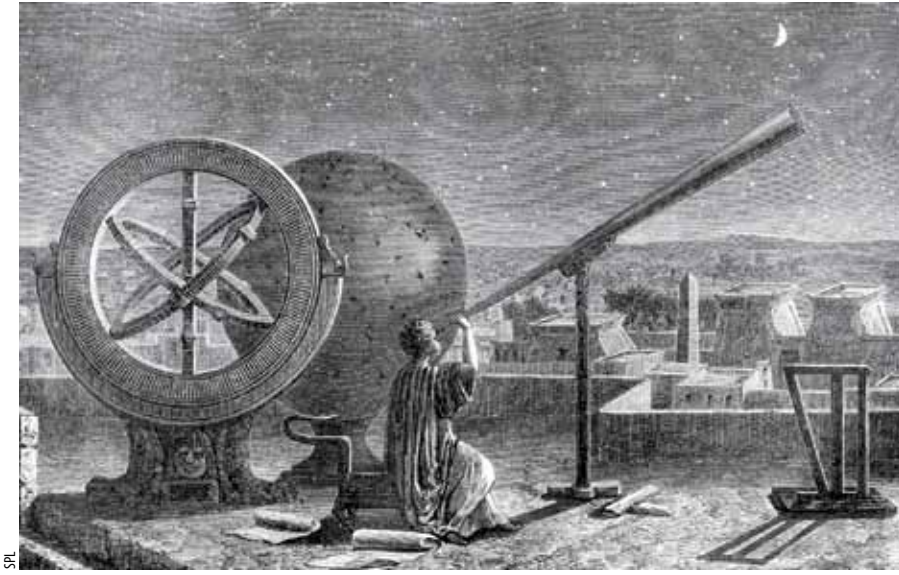
Eğer yörünge daireyse, daire dört eşit parçaya bölündüğünde, her biri 90 derece olan dört yay elde edilir. Hız da sabit kabul edildiğine göre, bu durumda gezegenin her yayı eşit sürede kat etmesi gerekir. Toplam daire 360 derece olduğuna göre, demek ki Güneş Dünya'nın çevresinde 365 günde dolanarak, 360 derecelik bir yayı tamamlamaktadır. Yarım daireyi de, örneğin ilkbahar ekinoksundan sonbahar ekinoksuna kadar olan yay parçasını 182,5 günde tamamlamalıdır. Oysa Hipparkhos bu yarı dairenin Güneş tarafından 187 günde tamamlandığını gözlemle belirliyor. Öyleyse geri kalan yarım daire yayının da 178 günde kat edileceği açıktır. Her iki durumda da 4,5 günlük bir gecikme var demektir. Bu gecikmenin olabilmesi için Yer'in merkezden ne kadar kaydırılması gerektiğini hesaplayan Hipparkhos, sonucu 4 derece olarak hesaplıyor.

Güneş ilkbahar ekinoksundan sonbahar ekinoksuna kadar olan yayı 187 günde kat etmektedir. Dünya'nın çevresini ise 365 günde dolandığına göre, şu orantı kurulabilir:

$$365 \text{ günde } 360^\circ$$

$$187 \text{ günde } X^\circ$$

$$X = 184^\circ$$



O halde 4 derecelik bir fazlalık var demektir. Bunu da ikiye bölersek 2 derece elde ederiz. Öyleyse Yeryüzü, Güneş'in yörünge merkezinden ilkbahar-sonbahar çizgisine göre 2 derece kaydırılmış olmalıdır. Güneş yaz dönencesinden kış dönencesine gelene kadar 184,625 gün geçmektedir. Yine aynı hesaba göre:

$$\begin{aligned} 365 \text{ günde } 360^\circ \\ 184,625 \text{ günde } X^\circ \end{aligned}$$

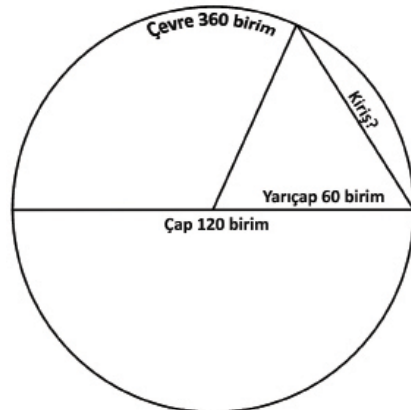
$X = 182^\circ$  olur. Öyleyse Yer, Güneş'in yörünge merkezinden yaz-kış çizgisine göre 1 derece kaydırılmış olmalıdır ( $182-180 = 2$ ;  $2/2 = 1$ ).

Buna göre daire merkezi ile Yer arasındaki mesafe  $1/24$  çap kadar olur. Bu da Güneş'in dışmerkezliliğidir.

Bütün bunlara karşın Hipparkhos'un astronomi alanındaki başarısı hem Ptolemaios öncesi Grek astronomisinin niteliğinin yeterince bilinmemesi hem de Hipparkhos'un metinlerine doğrudan başvurulamaması nedeniyle astronomi tarihçileri arasında tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte Hipparkhos'un Babil astronomisinde kullanılan aritmetik yöntemi kullandığı görüşü son zamanlarda bilim tarihi çalışmalarında öne çıkmaya başlamıştır. Anlaşılan, Hipparkhos kendisinden çok önce Babil'de elde edilen astronomi verilerini büyük ölçüde kullanmış, bundan dolayı hem Babil astronomisinin gözlem kayıtlarının ve araştırma yöntemlerinin doğrudan Grek bilim dünyasına aktarılmasında etkin rol oynamış, hem de Babil ve Grek astronomisinin başarılı bir sentezinin gerçekleşmesini sağlamıştır. Ptolemaios'un sistemi bu sentezin parlak bir ürünü gibi görünmektedir.

## Hipparkhos'un Matematik Çalışmaları

Hipparkhos, bir daireyi 360, çapı da 120 eşit birime bölen ve bunu sistematik olarak kullanan ilk kişidir. Bu nedenle trigonometrinin kurucusu olarak bilinir. Hipparkhos'un ilgisi büyük oranda daireler ve kirişler üzerinedir. Hatta bu konuda on iki ciltlik bir kitap yazmıştır. Hipparkhos yukarıda değinildiği üzere, bu bilgileri astronomiye de uygulamıştır. Benzer şekilde açıların yaylarla değil kirişlerle ölçülmesi gerektiğini ileri süren de odur. Bu yaklaşımı matematik tarihinde çok önemli bir başlangıcı, yani trigonometrinin doğuşunu oluşturması bakımından değerlidir. Diğer taraftan açıları kirişlerle ölçmek bir problemi de beraberinde getirmektedir. Kirişlerin uzunluğu nasıl bilinebilir? Bazı kirişlerin uzunluğunun hesaplanması kolay, bazılarının ise zordur. Eğer açılar kirişlerle ölçülecekse, her derecenin karşısındaki kirişin bilinmesi gereklidir. Bu durumu fark eden Hip-



parkhos, bir kirişler cetveli veya tablosu hazırlanması gerektiğini anlıyor. Böylece yarıçapı 3,438 birim olan standart bir çembere dayalı bir trigonometrik kiriş tablosu hazırlıyor ve kullanıyor. Hazırladığı kirişler tablosu, logaritma tablosunun aynısıdır; nasıl ki bir açının kotanjantı, tanjantı, kosinüsü ve sinüsü logaritma tablosu yardımıyla kolayca bulunabilmektedir, kirişler tablosu da aynı amaca hizmet edecek şekilde hazırlanmıştır. Ancak bu çalışması kayıptır ve böyle bir çalışmanın varlığını Ptolemaios bildirmektedir. Aslında, Hipparkhos'un Ay'ın yörüngesinin dış merkezliliğine ilişkin hesaplamalarına dayandırılan yeni varsayımlar da bu çalışmasından türetilmektedir. Çünkü Hipparkhos bu hesaplamayı düzlem trigonometriyi kullanarak başarmıştır.

## Hipparkhos'un Coğrafya Çalışmaları

Hipparkhos aynı zamanda coğrafyayla da ilgilenmiştir. Matematik coğrafyanın kurucusudur. İlk defa kentlerin yerlerini belirlemek, yani yeryüzünde konum belirtmek için enlem ve boylam derecelerini kullanmıştır. Bugünkü anlamda Dünya'yı 360 boylam ve 180 enlem derecesine bölmüştür. Ayrıca Dünya'yı yedi iklim bölgesine ayıran da odur. Yakın zamanlarda, Hipparkhos'un belirlediği en uzun gün süresinin karasal enlem dizileri için belirlenen özel değerlerinin, küresel trigonometri ile hesaplanan değerlere çok yakın olduğunun görülmesi de onun bu konudaki başarısının açık bir kanıtı olmuştur.

Hipparkhos günümüzden 2000 yıl kadar önce Ay takvimine göre bir ayın uzunluğunu da aslından bir saniye farkla hesaplayabilmiştir. O zamanki imkânlar göz önüne alındığında bu oldukça şaşırtıcı bir sonuçtur.

### Kaynaklar

- Crowe, M. J., *Theories of the World from Antiquity to the Copernican Revolution*, Dover, 1990.  
 Jones, A., "Hipparchus", *New Dictionary of Scientific Biography*, Ed. Noretta Koertge, Thomson & Gale, 1970.  
 North, J., *The Fontana History of Astronomy and Cosmology*, Fontana Press, 1994.  
 Sertöz, S., *Matematiğin Aydınlık Dünyası*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1996.  
 Toomer, G. J., "Hipparchus", *Dictionary of Scientific Biography*, Ed. Charles C. Gillespie, Charles Scribner's Sons, 1978.  
 Topdemir, H. G. ve Unat, Y., *Bilim Tarihi*, Pegem, 2008.  
 Unat, Y., *Astronomi Tarihi*, Nobel 2001.