

Aristoteles, astronominin fizik prensiplerini ortaya koymuştur. Yer merkezli kuramın ortaya çıkışında, bu kuramın fiziksel ilkelerini sağlamıştır. Yer merkezli kuram, matematiksel olarak, Batlamyus tarafından kurgulanmıştır. Aristoteles, astronominin temelinde yer alan ilkelerin nedensel açıklamalarını vermeyi başarmıştır. ‘Fizik’, ‘Metafizik’, ‘Gökyüzü Üzerine’ adlı kitaplarında bu görüşlerini açıklamıştır. Pythagorasçılar ve Platon’dan etkilenmiştir. Onların astronomiye ilişkin temel görüşlerini kabul etmiştir.

- Evren küreseldir. → Bu ilkeyi, kürenin en mükemmel şekil olduğunu öne sürerek açıklar.
- Yer, evrenin merkezindedir. → Yer’in doğal yeri ile açıklama yapar.
- Yer, hareketsizdir. → Yer, doğal yerinde olduğundan hareket etmez.
- Yer, küreseldir. → Pythagorasçıların kanıtlarına dayalı olarak bu ilkeyi açıklar.
  - Deniz kenarında, bir geminin gözlemlenmesi
  - Ay’ın gözlemlenmesi
  - Ay tutulması sırasında, Yer’in Ay üzerine düşen gölgesinin daire biçiminde olması,
  - Yıldızların konumlarındaki değişme
- Yer’i, gezegenlerin küreleri çevreler. Gezegenler, Yer’in etrafında dairesel, sabit ve düzgün hareket ederler.

Bu ilkeler, Kepler’e dek etkili olmuşlardır. Aristoteles, Eudoxus’un Ortak Merkezli Küreler Sistemini benimsemiştir. Bu küreler, saydam, kristal yapıda kürelerdir. Aristoteles, kürelerin sayısını 56’ya yükseltmiştir. Sistem, bu haliyle daha karmaşık bir hal almıştır. Sabit yıldızlar küresi, tüm evreni çevreleyen, en dış küredir. Bu biçimdeki evreni, Ay-altı ve Ay-üstü evren olmak üzere ikiye ayırmıştır. Ay-altı ve Ay-üstü evrenler, yapı bakımından farklıdırlar; bu, fizik bakımından farklı evrenler anlamına gelmektedir. bu evrenlerde farklı fizik kuralları geçerlidir. Ay-altı evren, 4 elementten yapılmıştır: Ateş, Hava, Su, Toprak. Ay-üstü evren ise Eter’den yapılmıştır.

Ay-altı evren → Toprak – Su Küresi – Hava Küresi – Ateş Küresi – Ay Küresi

Toprak, en ağır elementtir. Ateş ise en hafif elementtir. Herbir elementin doğal bir yeri vardır. Toprağın doğal yeri, merkezdir. Suyun doğal yeri toprağın üstü, havanın doğal yeri suyun üstü, ateşin doğal yeri ise havanın üstüdür. Toprakta yapılmış cisim merkeze gitme eğilimi, ateşten yapılmış cisim ise yukarı gitme eğilimi gösterir. Dolayısıyla, Yer’in doğal yeri, evrenin merkezidir. Yer, en ağır elementtir. Böylelikle ilk defa olarak, Yer’in evrenin merkezinde olması kabulüne nedensel bir açıklama getirilmiş olmaktadır.

Ay-altı evrendeki hareketler ya merkeze doğrudur ya da merkezden yukarıya doğrudur. Eş deyişle, doğrusal hareket söz konusudur. Böylece Aristoteles, Ay-altı evrenin fizik kurallarını da ortaya koymuş olmaktadır. Ay-altı evren, oluş-yokoluş evrenidir; buradaki hareketler başlangıcı ve sonu olan hareketler olmalıdır. Başı ve sonu olan hareket, doğrusal harekettir.

Doğrusal hareket, zorunlu harekettir. Zorunlu hareketin dışında, ‘zoraki hareket’ adı verilen biçimi de vardır. Doğal hareket(zorunlu hareket), nesnenin doğal yerine ulaşma eğilimidir. Zoraki hareket sona erdiğinde, cisim tekrar doğal hareket haline döner.

Ay-üstü evren, eterden yapılmıştır. Eter, en mükemmel elementtir. Ay küresi ve bütün gezegen küreleri, eterden yapılmışlardır. Gezegenlerin kendileri ise eterin yoğunlaştığı yerlerdir. Buradaki hareket, mükemmel hareket olan, dairesel harekettir. Bu hareketin başı ve sonu yoktur. Aristoteles, ‘mükemmel bir cismin hareketi de mükemmel olmalıdır’

düşüncesini taşımaktadır. Böylece dairesel hareketin nedeni verilmiş olmaktadır. En ağır elementin hareketi olmayacağından, Yer, hareketsiz olmalıdır. Buna göre, Yer, merkezde ve hareketsizdir. İlk defa olarak nedensel açıklamalar verilebilmiştir.

Eter  
Ateş  
Hava  
Su  
Toprak

Evrende yukarıya gidildikçe mükemmellik artar. Ay, bütün Ay-altı evrendeki cisimlerden daha mükemmeldir. Sabit yıldızlar küresi ise en mükemmel varlıktır. Sabit yıldızlar küresi, aynı zamanda, evrene hareket veren varlıktır. Eş deyişle, ilk hareket ettiricidir. Bu küre, Aristoteles'e göre, sekizinci küredir ve Tanrı'nın kendisidir.

Bu düşünce(evren tasarımı) 17.yy'a kadar etkili olmuştur. Batlamyus, bu tasarımın matematiksel açıklamasını sağlamıştır. Yer Merkezli Kuramın, fiziksel açıklamasını Aristoteles sağlamış, matematiksel yapısını Batlamyus kurgulamıştır. Kepler ve Newton'a kadar, bu sistem kabul görmüştür. Kopernik sisteminin fizik yasaları Galile, Kepler ve Newton tarafından sağlanmıştır. Kepler, küre anlayışını ortadan kaldırmıştır. Newton ise klasik fiziği kurgulayarak yeni bir fiziksel şema vermiştir. Tek evrende, tek hareketin olduğunu göstermiştir. Tüm Ortaçağ boyunca, hem Doğu'da hem Batı'da, Aristoteles'in görüşleri kabul edilmiş ve din görüşleri ile bağdaştırılmıştır. Tek istisna, sabit yıldızlar küresinde Tanrı'nın cisimleştiği görüşünün kabul görmemesidir. Sabit yıldızlar küresinin dışına dokuzuncu bir küre eklenmiş ve buna ilk hareket ettirici adı verilmiştir. Bu, Tanrı değildir. Bu anlayış 9.yy'da İslam dünyasında gelişmiştir. (Sabit b.Kurre) Dokuzuncu küre, evrene hareketi veren küredir. Tanrı'nın yeri bu kürenin dışındadır.

### **Hellenistik Dönem Astronomisi**

Bu dönemde astronomi adına üç önemli gelişme yaşanmıştır:

- i) Aristarkos tarafından Güneş Merkezli Kuram'ın kurulması.
- ii) Yer'in küreselliğinin kanıtları ile ortaya konulmasının üzerine yapılan ölçümler ve Eratostenes tarafından, Yer'in çevresinin başarı ile ölçülmesi.
- iii) Appollonius'un, astronomide kullanılan matematiksel ölçüm modelleri geliştirmesi ve Yer Merkezli Kuram'ın matematiksel yapısının ortaya çıkışı.

### **Aristarkos (M.Ö. 310-230)**

Ortak merkezli küreler sisteminin başarısızlığı nedeniyle yeni bir sistem ihtiyacı doğmuştur. Aristarkos'un sisteminin temeli, Güneş'in merkezde ve hareketsiz oluşudur. Bu sistemde Yer, diğer gezegenler gibi hareketlidir ve Güneş'in çevresinde dolar.

Güneş – Merkür – Venüs – Yer – Mars – Jüpiter – Satürn – Sabit Yıldızlar Küresi  
(Merkez)  
|  
Ay

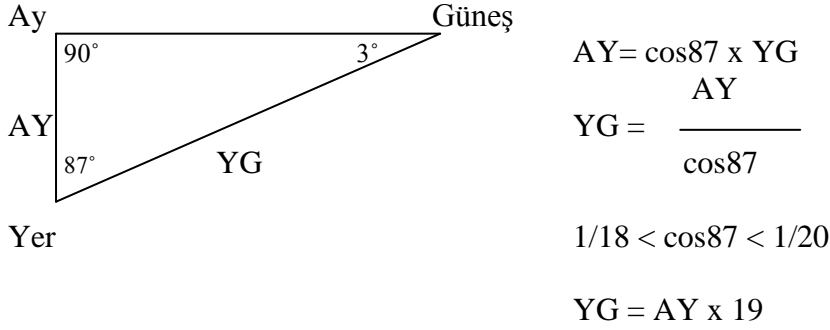
Kopernik'i önceleyen bir sistemdir. Bu sistem iki nedenden ötürü kabul edilmemiştir:

- Algılarımız, Yer'in sabit, gök cisimlerinin hareketli olduğunu gösterir. Aristarkos'un sistemi, algılarımızla uyuşmamaktadır.
- Sistem, Aristoteles fiziğine aykırıdır. Kendi sistemine uygun bir fizik-dünya kurgulayamamıştır.

Aynı itirazlar Kopernik'e de yöneltilmiştir. Bunların yanısıra, Kopernik sistemi, dine de aykırı olmakla suçlanmıştır.

Aristarkos, ilk defa olarak gezegenlerin uzaklıklarını geometrik olarak belirleyen kişidir. Buna ilişkin, "Güneş'in ve Ay'ın Uzaklıkları ve Büyüklükleri" adlı bir kitap yazmıştır. Bu kitapta, gezegen uzaklıklarının geometrik olarak nasıl belirleneceğine ilişkin bilgiler verilmektedir. İlk kez, Yer-Güneş mesafesini geometrik olarak hesaplamıştır. Kullandığı yöntem, "geometrik yöntem"dir ve günümüzün trigonometrik yöntemine karşılık gelmektedir.

Yer-Güneş uzaklığını belirlerken, Ay'dan yararlanmıştır. Ay, ilk dördün olduğu zaman belirli bir üçgen ortaya çıkmaktadır. Ay'ı gören açı 90°dir. Yeri gören açı 87°, Güneş'i gören açı ise 3°dir.

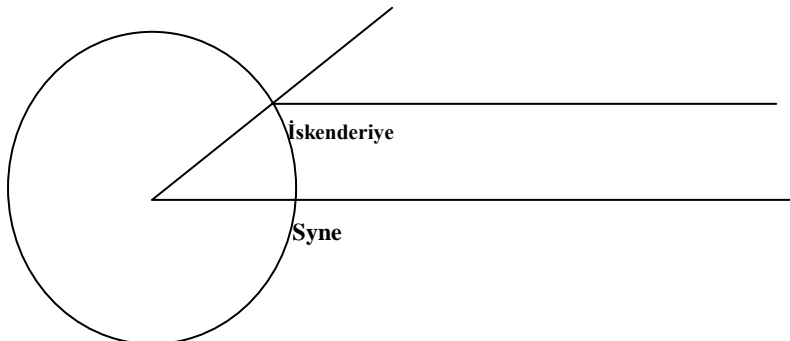


Tamamen geometrik ve doğru bir yöntemdir; ancak, değerler yanlıştır. 87°lik açının doğru değeri 89°50' dir. 3°nin gerçek değeri ise 1/6°dir. Gerçek değerler kullanıldığında mesafe 400 x AY dir. Yöntemi doğru bir yöntemdir ve uzun süre kullanılmıştır.

### **Eratostenes (M.Ö. 275-194)**

O dönemde, Yer'in küresel olduğu bilinmektedir. Problem, buna ilişkin ölçümlerdir. Aristoteles, Yer'in çevresinin 400 stadium olduğunu söylemiştir. Bu değere nasıl ulaştığına ilişkin bir bilgi yoktur. Dicaearcus ve Posidenios'un da ölçümleri söz konusudur. İçlerinde en önemli yöntem, Eratostenes'e aittir.

Yeryüzünde aynı meridyen üzerinde iki şehir belirlemiştir. Bunlar, İskenderiye ve Syene'dir. Syene'de öğle vaktinde, Güneş'in ışınları tam dik olarak düşmektedir. Aynı anda Güneş ışınlarının İskenderiye'ye kaç derecelik açı ile düştüğünü hesaplamıştır. Bu açı, 7°12' dir. İki şehir arasındaki mesafe 5000 stadiumdur (yaklaşık 800km).

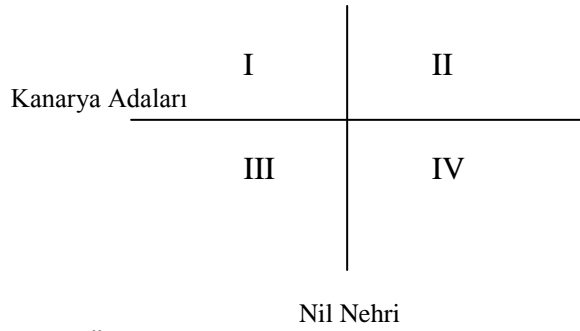


7°12' lik açı 5000 stadiumluk mesafeye karşılık gelmektedir. Yeryüzünün çevresi 360° ise ,  $(360 \times 5000) / 7°12'$  lik mesafe yeryüzünün çevresidir. Bu değer 250000 stadium olarak belirlenmiştir(yaklaşık 460000km).

Bu yöntem, oldukça başarılı bir yöntemdir ve uzun süre kullanılmıştır. Eratostenes'in kullandığı veriler hatalıdır. İki şehir arası gerçek mesafe 729km, gerçek açı 7°5' dir. Syne ve İskenderiye arasında 3°lik boylam farkı vardır ve aynı meridyende yer almazlar.

Eratostenes, mesafe ölçümü için çevre uzunluğu belli olan bir araba tekerleği kullanmış ve açığı da Güneş saati ile belirlemiştir.

Eratostenes, bunların yanısıra harita hazırlayan coğrafyacılardan biridir. Haritasında, bir yöntem geliştirmiştir. Şehirlerin konumlarını belirleyebilmek için haritasında yeryüzünü dörde ayırmıştır. Doğu-Batı çizgisi Kanarya Adaları'ndan, Kuzey-Güney çizgisi Nil Nehri'nden geçmektedir. Şehirleri bu çizgilere göre bölgelere yerleştirmiştir. Bu, enlem-boylam'a benzeyen bir yöntemdir. Böylelikle, basit anlamıyla enlem-boylam kavramlarından ilk bahseden kişidir.



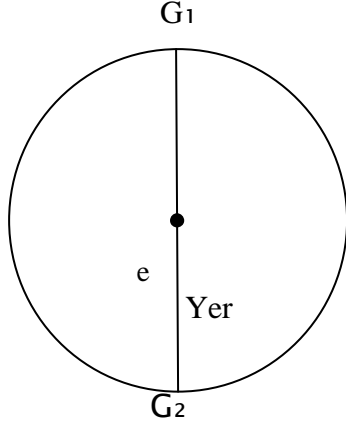
### **Appollonius (M.Ö. 262-190)**

Matematik ve geometride Koni Kesitleri üzerine çalışmıştır. Bu kesitlere 'elips', 'parabol' ve 'hiperbol' adlarını veren kişidir.

Gökyüzündeki gezegenlerin sabit kürelerde düzgün bir şekilde dolanmaları gerekirken, bu gözlemlenememekte, bunun yerine düzensiz bir devinim gözlemlenmektedir. Benzer biçimde, gezegenlerin Yer'e olan uzaklıklarının da sabit kalmadığı tespit edilmiştir. "Mesafe Değişimi" denilen bir değişim söz konusudur. İkinci olarak, gezegenlerin hareketleri ileri-geri şeklinde gözlemlenmekte, bazen de durma olgusu ile karşılaşmaktadır. Mevcut düşünce, bunları açıklayamamıştır. Appollonius, bu düzensiz hareketleri açıklayabilmek için iki geometrik model geliştirmiştir. Bunlar üzerine astronomik ölçümler yapmış değildir. Bu iki model, "Eksantrik Model(Dışmerkezli Model)" ve "Episikl Model" olarak bilinmektedirler.

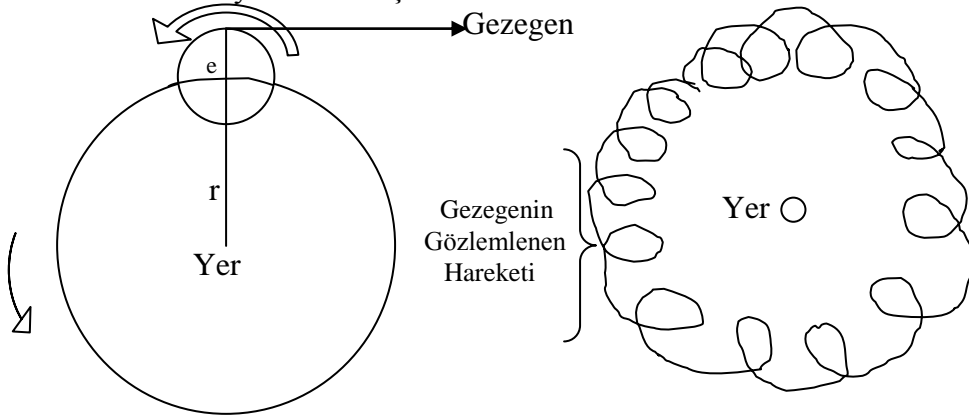
### ***Eksantrik Model***

Yer, dairenin gerçek merkezinden farklı bir noktaya yerleştirilmiştir. Yer, merkezden  $e$  mesafesi kadar kaydırılmıştır.  $G_1$ 'de Yer'e olan mesafe  $r + e$  dir.  $G_2$ 'de ise  $r - e$  dir. Mesafe değişimleri, böyle bir modelle açıklanabilmektedir.



### ***Episikl Model***

Yer, merkezdedir. Gezegen, merkezi büyük daire üzerinde olan bir daire etrafında dönmektedir. Bu daire episikl dairesidir. Bu modelle de mesafe değişimleri açıklanabilmektedir. Büyük dairenin ve küçük dairenin kendi hareketleri vardır. Gezegenin ileri-geri hareketi de buna dayalı olarak açıklanmaktadır.

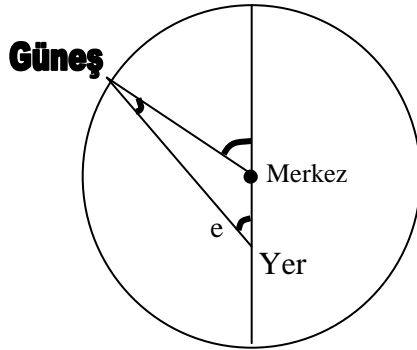


### **Hipparkos(M.Ö. 190-120)**

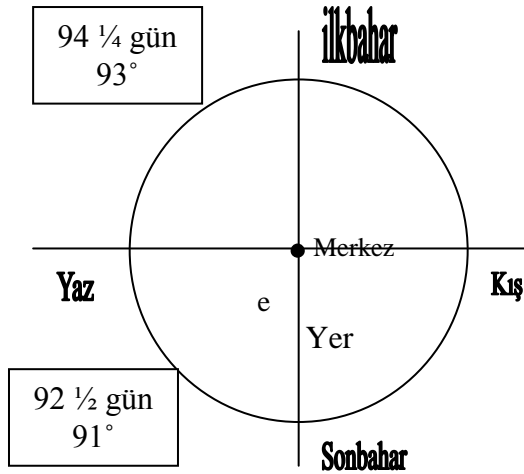
Bu modelleri ilk kez kullanan Hipparkos(M.Ö. 190-120)'dur. Hem bir matematikçi hem de astronomdur. Daireyi  $360^\circ$  olarak kabul eden ve uygulayan kişidir. Dairenin çapını ise 120 birim olarak kabul etmiştir. Açı ölçümlerinde, Eski Yunan'lılar, açının yayını kullanmışlardır(Açının iki kolunun dairede kestiği parça yaydır), Hipparkos, bunun yerine kiriş hesabını kullanmıştır. Kiriş, açının kenarlarının daireyi kestiği parçaya teğet olan doğrudur. Buna dayalı olarak, bir kirişler tablosu oluşturmuştur. Bundan sonra, açı hesaplarında kirişler kullanılmaya başlanmıştır. İslam matematikçileri sinüs kavramını yeniden yorumlayıp, trigonometrik kavramlara ulaşmışlardır. 9.yy'dan itibaren kiriş yerine trigonometrik hesaplar kullanılmıştır.

Hazırladığı yıldız kataloğu ile ünlüdür(M.Ö.170). Bu katalogta 700 yıldızın enlem ve boylamı verilmiştir. Kendi yaptığı katalog ile önceki gözlemleri karşılaştırmıştır. Yıldızların konumlarının değiştiğini keşfetmiştir. Bunun nedeninin araştırdığında, yeni bir olgu ile karşılaşmıştır. Bu, 'ekinoksların presesyonu'dur. 'İlim Noktaları' adı verilen noktaların geriye doğru hareketidir. (İlmlerin Öncelimi). Bunlar, gün ve gecenin eşit olduğu noktalardır. Ekvator üzerinde koç noktasının geriye doğru kaydığını keşfetmiştir. Bu kayma yüz yılda  $1^\circ$ 'dir. Bu hareket, Yer'in ekseninin eğimli olması ve koni hareketi yapmasından kaynaklanmaktadır. O dönemde, Hipparkos'un bunu bilmesi olanaksızdır; bu olguyu keşfetmiş olması önemlidir.

En önemli başarısı, Appollonius'un modellerini kullanarak Güneş'i ve Ay'ın hareketlerini açıklamış olmasıdır. Güneş'in hareketini açıklarken eksantrik modeli kullanmıştır. Güneş'i, eksantrik bir daire üzerine yerleştirmiştir ve hareketlerinde oluşan değişimleri bu biçimde açıklamayı başarmıştır.

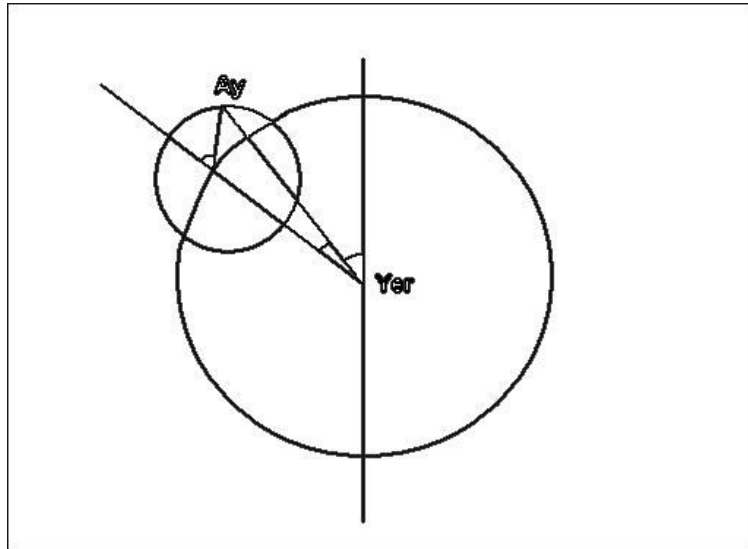


Güneş'in hareketi, üç açının değişimine bağlıdır. Bu üç açı bilindiğinde, Güneş'in hareketi de açıklanabilmektedir.



Yer'in merkezden ne kadar kaydırıldığını, ilk kez, matematiksel bir yöntemle ölçmeyi başarmıştır. Bunu yaparken de mevsimlerden yararlanmıştı. Dört mevsimin yörüngede eşit açılara bölünmediğini saptamıştır. İlkbahardan yazı geçen süreyi ölçmüştür. Bunun açı olarak karşılığı  $93^\circ$ 'dir. Yazdan sonbahara geçişi  $91^\circ$  olarak belirlemiştir. Yer'in kaydırılma oranı  $4^\circ$ lik bir açıdır. Normalde süreler eşit ve  $90^\circ$  olmalıdır. Oysa toplam  $184^\circ$  çıkmaktadır. Aradaki  $4^\circ$ lik fark kayma mesafesidir.

Ay'ı açıklamak için episikl modeli kullanmıştır. Burada da birtakım açılar oluşmaktadır. Ay'ın hareketinin matematiksel açıklaması için bu üç açı belirlenmelidir.



Böylelikle, ilk kez Güneş ve Ay'ın hareketlerinin matematiksel ifadeleri verilebilmiştir. Hipparkos'un yöntemi, başarılı bir yöntemdir. Güneş'in hareketini başarı ile, Ay'ın hareketini ise kısmen açıklayabilmiştir. Bu durum, Ay'ın hareketinin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. Ay'a ilişkin açıklamaları eksiktir. Gezegenleri açıklamayı ise başaramamıştır. Bunu başaran kişi, Batlamyus'tur.