

Astrofizik ve Ötegezegenler

Ünal Ertan
Sabancı Üniversitesi
(LYO 2022)

KONULAR

- Astronomi
- Takım yıldızlar
- Dünya merkezli model, Aristotile, Ptolemy
- Kopernik Devrimi
- Modern bilimin doğuşu, bilimsel metot
- Galileo
- Kepler
- Newton

ASTRONOMİ

- Konusu bütün evren (uzay-zaman-enerji-madde) !
- Eski uygarlıklar astronomiyle daha çok pratik amaçlar için ilgilendiler (yön bulma, tarım..)
- İlk önemli çalışmalar: **Mısır ve Mezopotamya uygarlıkları**
- MÖ 3000 - Mısır'da, 365 günlük yıla dayalı **takvim** geliştirildi (başlangıcı Nil nehrinin taşma zamanlarına denk gelir).
- MÖ 2400 – **Sümerler**, şimdi kullanılabenzer, **zaman ve açı ölçüm sistemi geliştirdiler**.
- MÖ 2679 – **Çinliler'in süpernova kayıtları** (hala kullanılıyor).

Stonehenge

The inset shows sunrise at Stonehenge at the summer solstice. As seen from the center of the stone circle, the Sun rose directly over the "heel stone" on the longest day of the year. (*English Heritage*)



Construction: 2800 – 1100 B.C.



(a)

The Big Horn Medicine
Wheel, in Wyoming
was built by the Plains
Indians



(b)

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Takım Yıldızlar (Burçlar)

Gökyüzünde görüntüleri farklı şekiller oluşturan yıldız grupları (Avcı, Başak, Koç, Büyük Ayı, İkizler...).

Eski uygarlıkların yön bulma, takvim gibi bilgileri bazı parlak yıldızların ve takım yıldızların düzenli gözlemlerine dayanmaktaydı.

Gece gökyüzü yıl boyunca nasıl değişiyor?



Sakarya
1.1 2008
22:00



Sakarya
1.2. 2008
22:00



Sakarya
1.3. 2008
22:00



Sakarya
1.4. 2008
22:00



Sakarya
1.5. 2008
22:00



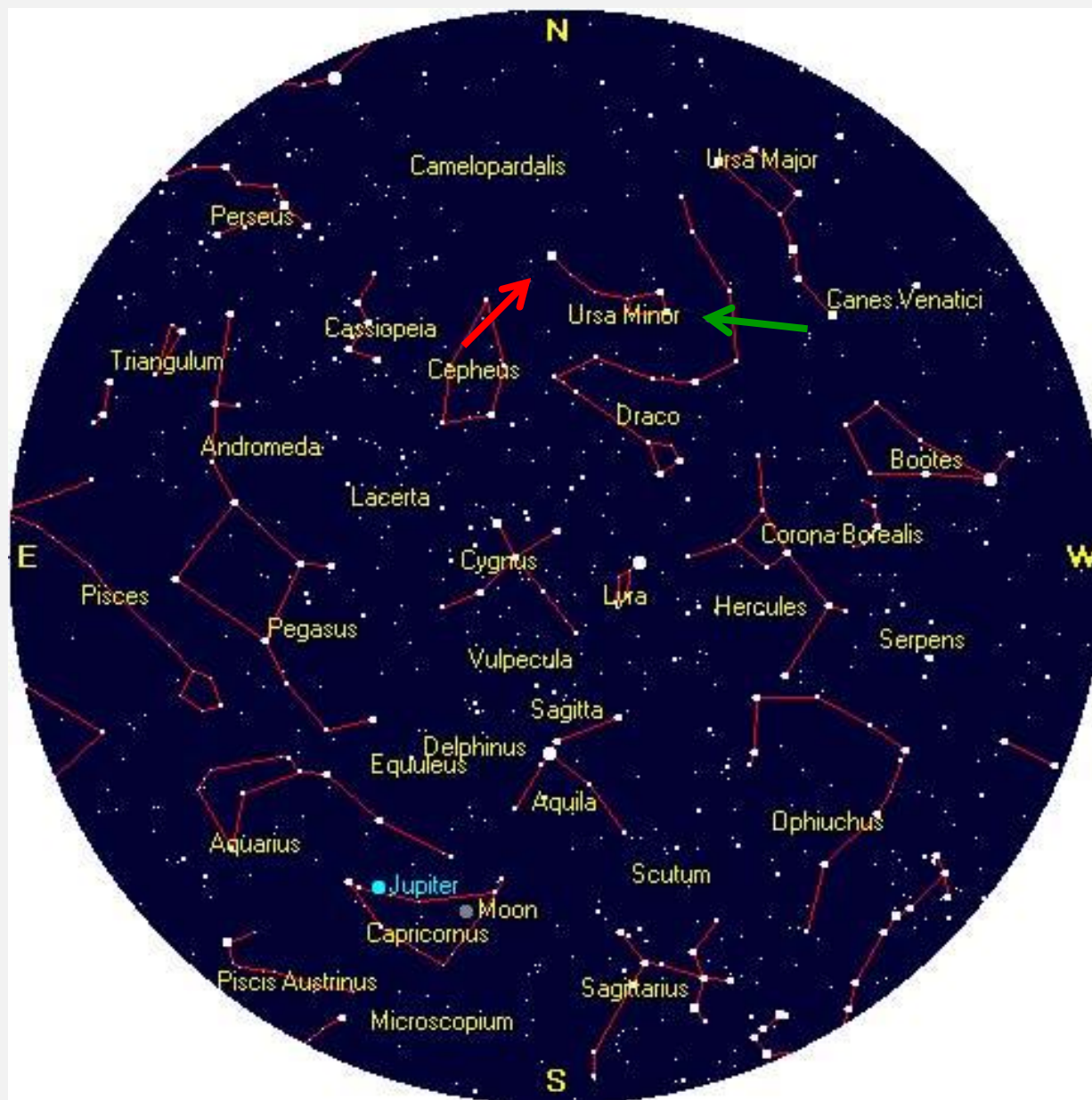
Sakarya
1.6. 2008
22:00



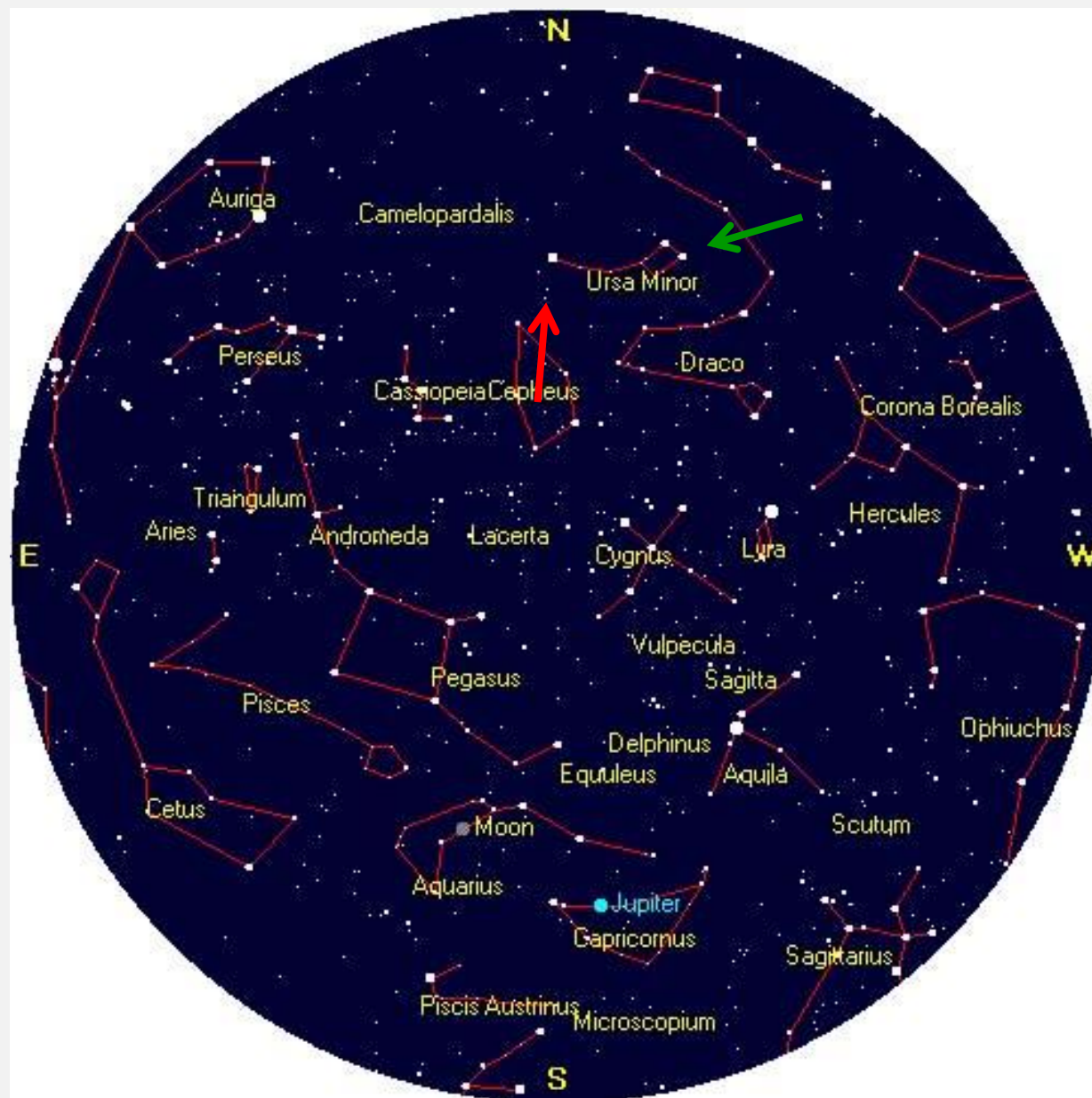
Sakarya
1.7. 2008
22:00



Sakarya
1.8. 2008
22:00



Sakarya
1.9. 2008
22:00



Sakarya
1.10. 2008
22:00



Sakarya
1.11. 2008
22:00



Sakarya
1.12. 2008
22:00



Sakarya
1.1 2008
22:00



Sakarya
1.2. 2008
22:00



Sakarya
1.3. 2008
22:00



Sakarya
1.4. 2008
22:00



Sakarya
1.5. 2008
22:00



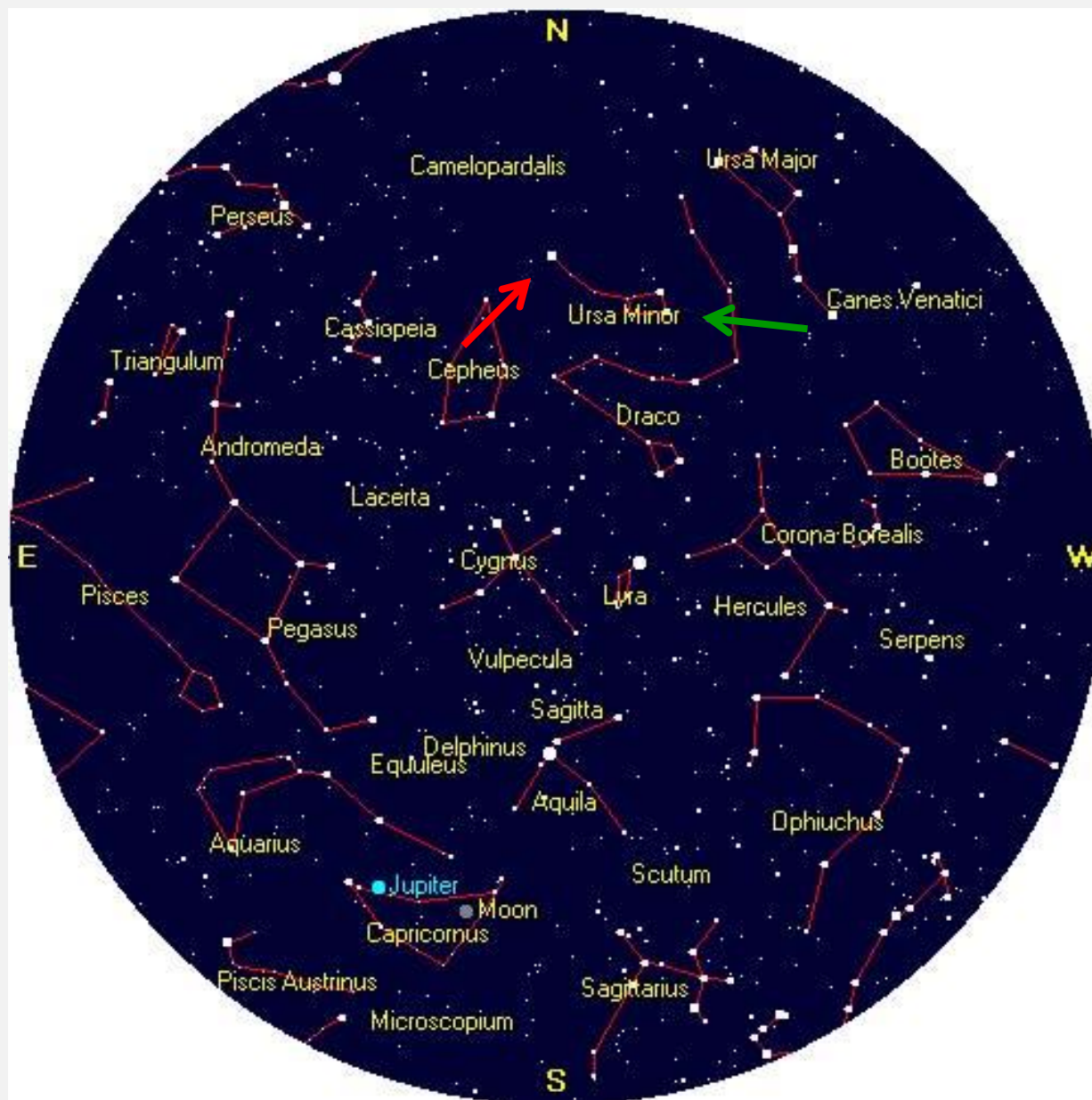
Sakarya
1.6. 2008
22:00



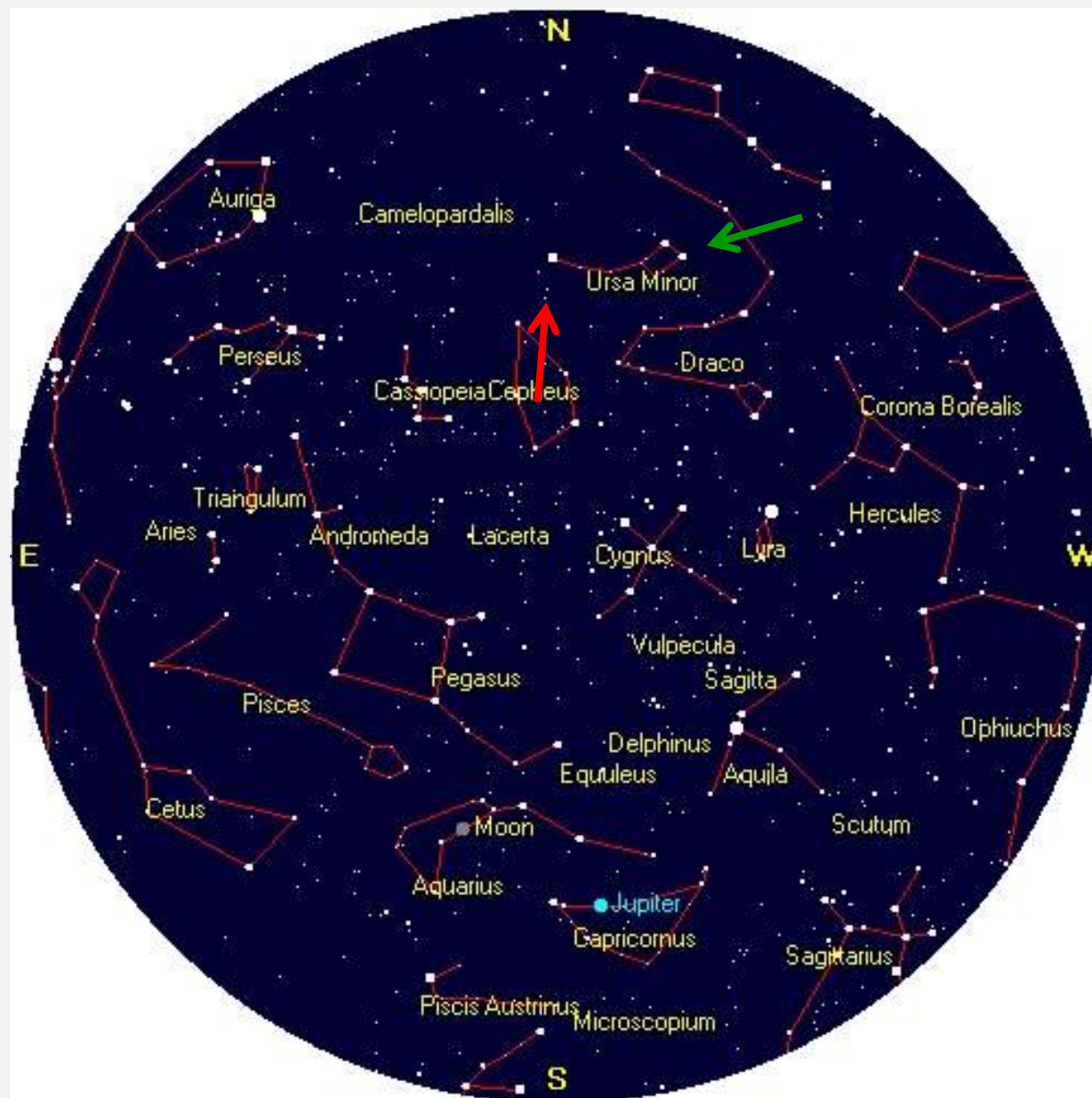
Sakarya
1.7. 2008
22:00



Sakarya
1.8. 2008
22:00



Sakarya
1.9. 2008
22:00



Sakarya
1.10. 2008
22:00



Sakarya
1.11. 2008
22:00



**Takım yıldızları
oluşturan
yıldızların
birbirleri ile
fiziksel bir ilişkisi
yok, aralarında
çok büyük
mesafeler var.**

Sakarya
1.12. 2008
22:00

DÜNYA MERKEZLİ MODEL

Aristotle (MÖ 384 – 322). Bu modele göre:

- Bütün gök cisimleri dairesel yörüngelerde, Dünya etrafında dönmekteydi (MÜKEMMEL FORM).
- O zamanlar, Dünya, güneş, ay ve beş gezegen biliniyordu (Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn).
- Yıldızların aksine, bu gezegenlerin gözlenen hareketleri düzenli değildi.

Gezegenlerin bu farklı davranışları nasıl açıklanabilir?

- Her zaman **ekliptik çembere** (tutulum çemberi) yakın hareket ediyorlar (Güneş'in yıllık görünür hareketinin gökyüzünde taradığı çember).
- Ekliptik çember boyunca hareket ederken, hızlanma ve yavaşlama gösteriyorlar.
- Parlaklıkları değişiyor.
- Bazen ana hareket yönünün tersi yönde hareket ediyorlar (retrograde motion).



Mars'ın gökyüzünde görünür hareketi.

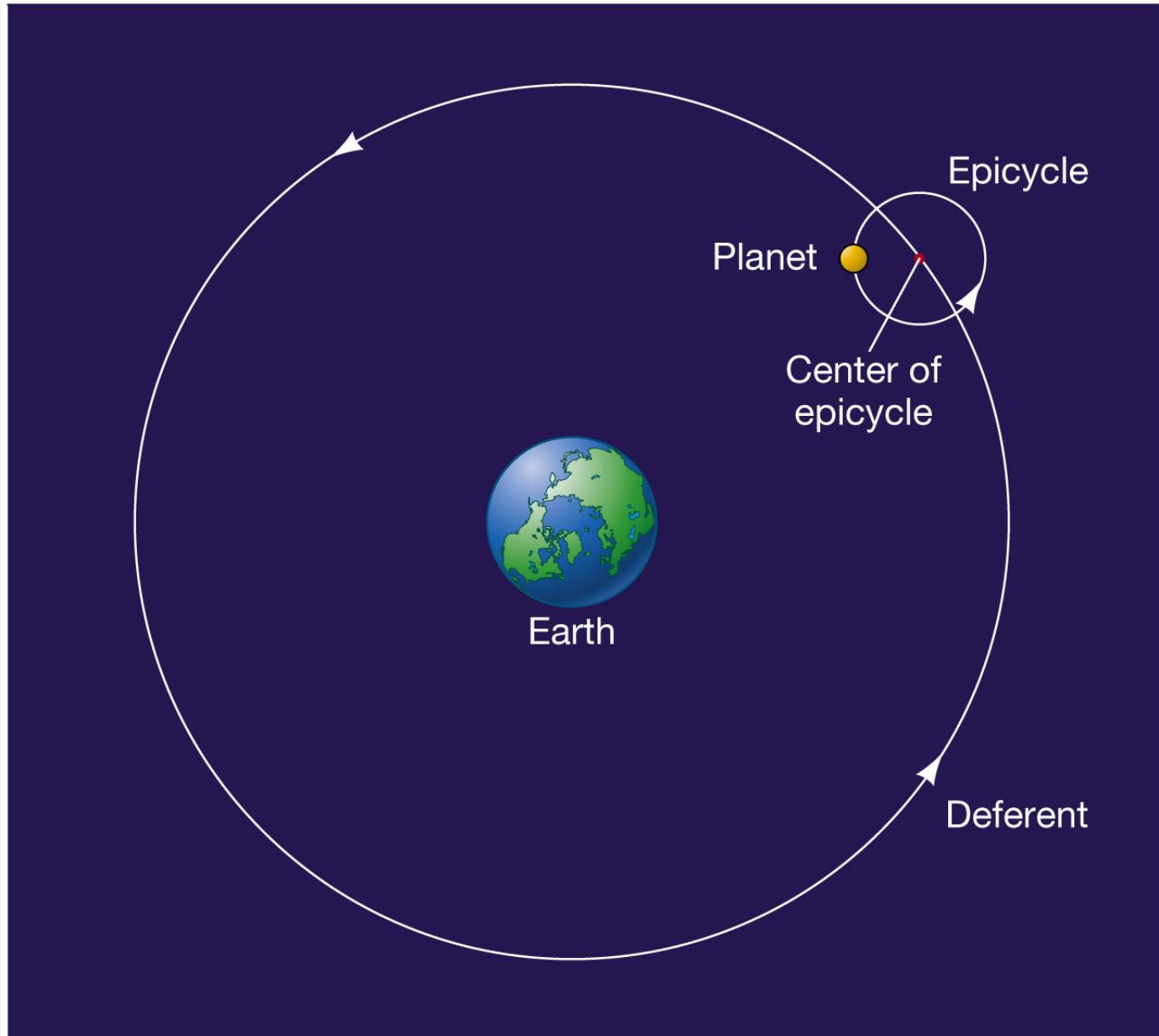
2007-8, Tunç Tezel

PTOLEMY (Batlamyus)

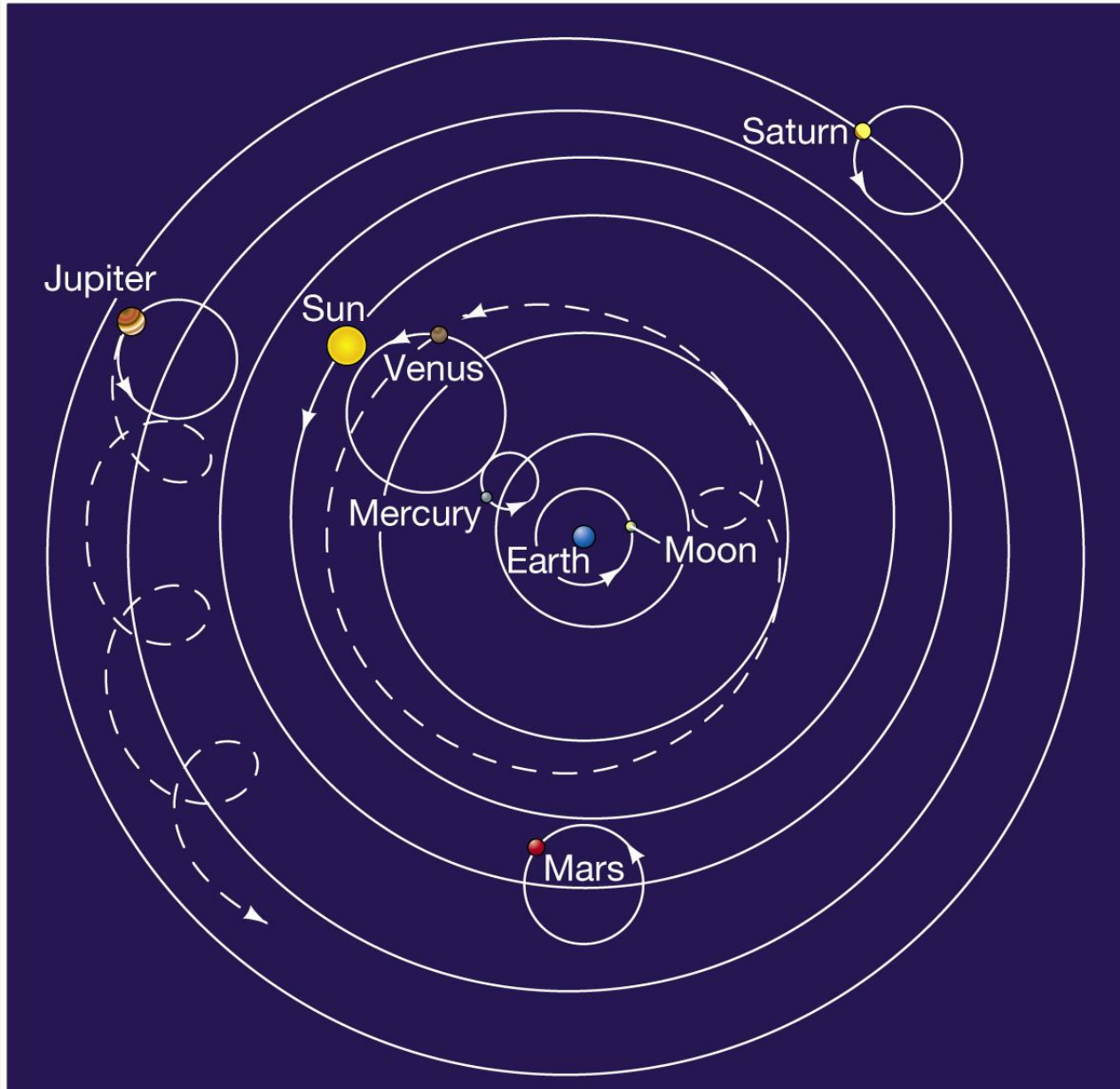


- En detaylı Dünya merkezli modeli geliştirdi (**Almagest**, “the greatest”, MS 140).
- 80'den fazla küçük çember içeren, çok karışık bir modeldi!
- Bir gezegen, büyük bir çember boyunca, aynı zamanda küçük çemberler çizerek ilerliyor. Bunu, ileri ve geri hareketleri açıklamak için önermişti.

Dünya Merkezli Model



Ptolemy'nin Dünya Merkezli Modeli



Ptolemy'nin Dünya Merkezli Modeli

- Model, önceleri gözlemlerle kabaca uyumlu olsa da , daha sonra detaylı gözlemlerle uyuşmayan tahminlerinin olduğu görüldü.
- Örneğin, gezegenlerin parlaklık değişimlerini açıklayamaz. Küçük çemberler hareketleri bu değişimleri üretemez.
- Daha sonraları, modelin Venüs'ün gözlenen fazlarıyla uyumlu olmadığı da anlaşılabacak...

Aristarcus (MÖ 310 – 210):

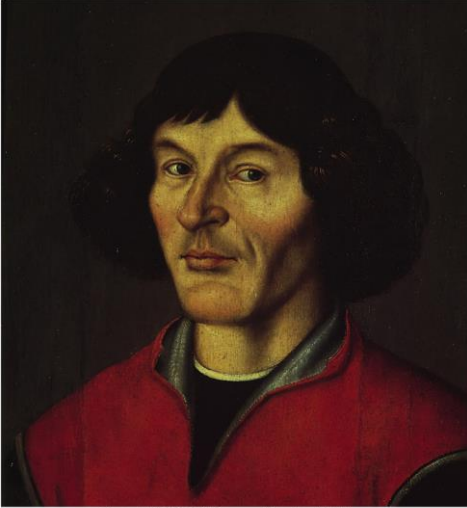
- “Bütün gezegenler ve Dünya Güneş'in etrafında dönüyor. Dünya aynı zamanda kendi eksenini etrafında günde bir kez dönüyor.”
- O zamanlar, Aristo'nun öğretisinin kuvvetli etkisi nedeniyle bu fikir kabul görmedi.

- **1400 yıldan fazla bir süre**, Ptolemy'nin dünya merkezli modeli, farklı uygarlıklar tarafından doğru model olarak benimsendi.
- Dini otoriteler bu modeli Hristiyanlığın da merkezine yerleştirdi ve buna aykırı fikirlerin açıkça ifade edilmesini yasakladı!

KOPERNİK DEVRİMİ:

“DÜNYA MERKEZDE DEĞİL!”

Nicolas Copernicus (1473–1543)



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

- Dünya kendi etrafında, günde bir kere dönmektedir.
- Yıldızların gökyüzünde geceleri gözlenen hareketleri dünyanın kendi etrafında dönmesi nedeniyledir.
- Dünya da dahil olmak üzere tüm gezegenler güneş etrafında dolanmaktadır.
- **Yalnız Ay Dünya etrafında dönmektedir.**
- Yıldızlar çok uzakta olduklarından paralaks etkisi gözlenmez.

- Model basit ve güzeldi, fakat Dünya'yı **sıradan bir konuma** yerleştiriyordu. Bu fikirler dini öğretilere karşıydı.
- Fikirleri öldüğü yıl (1543), Latince olarak basıldı ve bu nedenle de yaygın bir etkisi olmadı.
- Model, gezegenlerin hareket yönlerinde ve parlaklıklarındaki değişimleri açıklayabiliyordu.
- Fakat, 1616'da yasaklandı ve 18. yy'a kadar yasaklı kaldı.

Galileo Galilei (1564–1642)

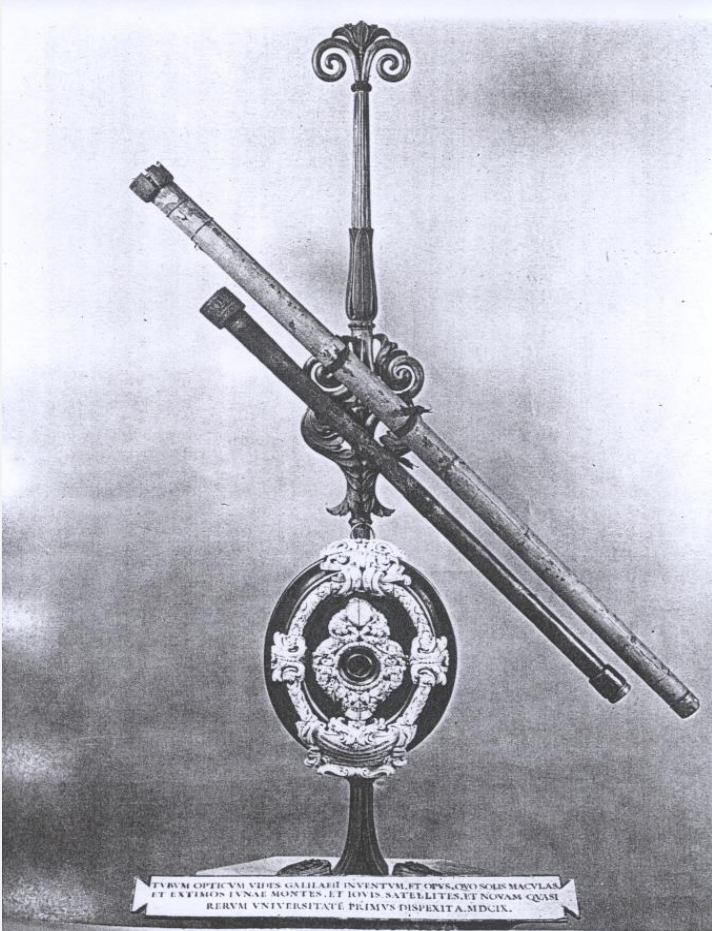
İtalyan matematikçi ve filozof



Deney ve gözlem

**Modern bilimin
ilk adımları !**

Galileo Galilei



- Galileo gökyüzünü kendi yaptığı teleskopla gözledi (1609).
- Bunlar teleskopla yapılan bilimsel amaçlı ilk gözlemler!
- Galileo'nun gözlemleri, gezegenlerle ilgili eski fikirleri değiştirdi.
- 2009 yılı (bu ilk gözlemlerin 400. yılı) **“Uluslararası Astronomi Yılı”** olarak kutlandı.

Galileo Galilei

Galileo'nun teleskobuyla gördükleri:

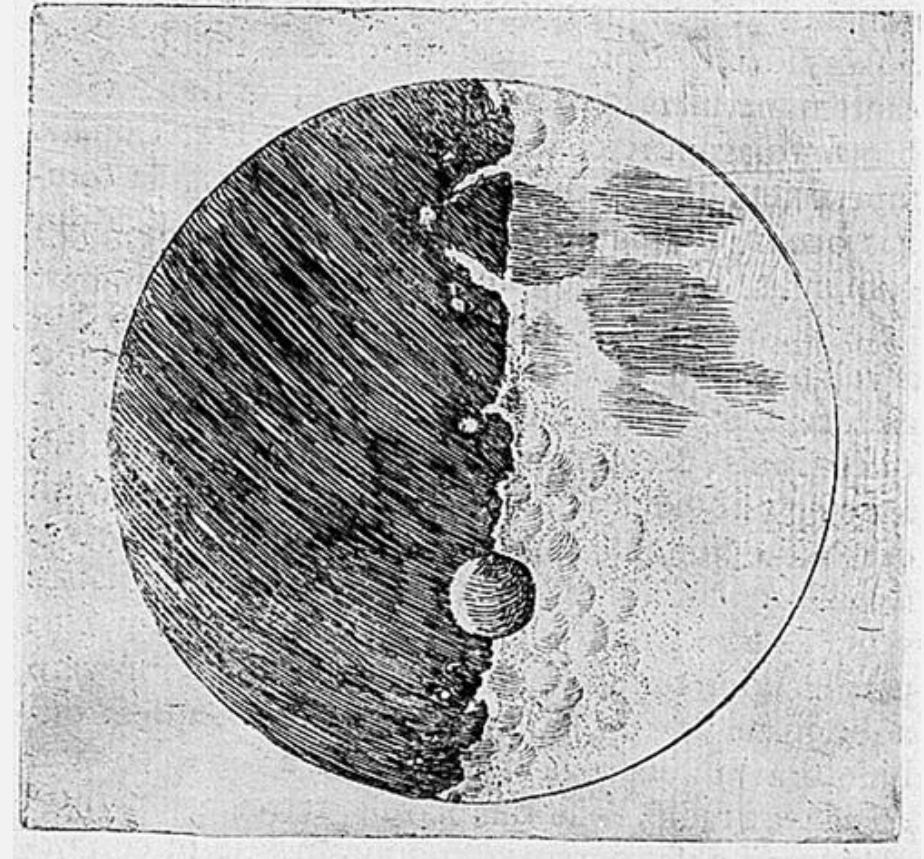
- Ay'ın yüzey yapısı (mükemmel bir küre değil, kraterler, dağlar, pürüzlü bir yapı),
- Güneş lekeleri ve lekelerin konumlarındaki değişiklikler,
- Jüpiter'in aylarından dördü ve Jüpiter etrafında hareketleri,
- Venüs'ün fazları!

Observations of Jupiter
1610

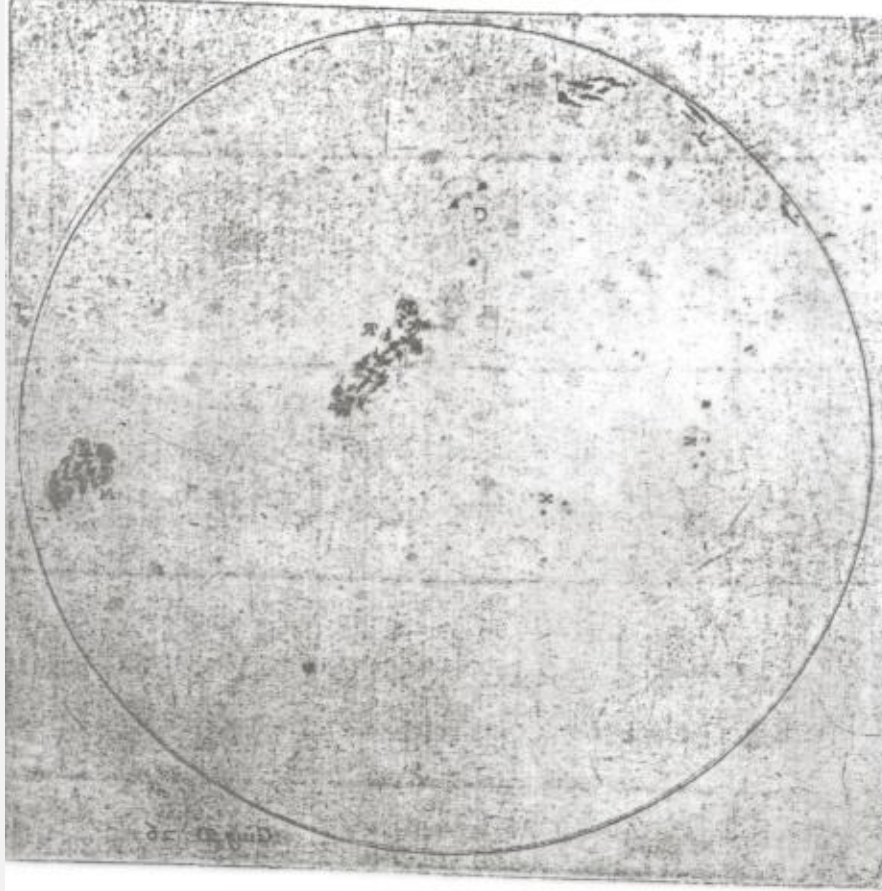
2. 11. 1610	0 + *
30. 11. 1610	++ 0 *
2. 12. 1610	0 + *
3. 12. 1610	0 + *
3. 12. 1610	+ 0 - *
4. 12. 1610	+ 0 + *
6. 12. 1610	++ 0 *
8. 12. 1610	++ + 0
10. 12. 1610	* + + 0 *
11. 12. 1610	* + 0 *
12. 12. 1610	+ 0 *
13. 12. 1610	* + 0 *
14. 12. 1610	* + 0 *
15. 12. 1610	* + 0 *
16. 12. 1610	* 0 + + *
17. 12. 1610	* 0 + *
18. 12. 1610	* 0 + + *
21. 12. 1610	* + 0 + *
24. 12. 1610	* + 0 *
25. 12. 1610	* + 0 *
27. 12. 1610	* + 0 *
30. 12. 1610	* + 0 *
1. 1. 1611	* + 0 *
2. 1. 1611	* + 0 *
3. 1. 1611	* + 0 *
4. 1. 1611	* + 0 *
5. 1. 1611	* + 0 *
6. 1. 1611	* + 0 *
7. 1. 1611	* + 0 *
8. 1. 1611	* + 0 *
9. 1. 1611	* + 0 *
10. 1. 1611	* + 0 *
11. 1. 1611	* + 0 *



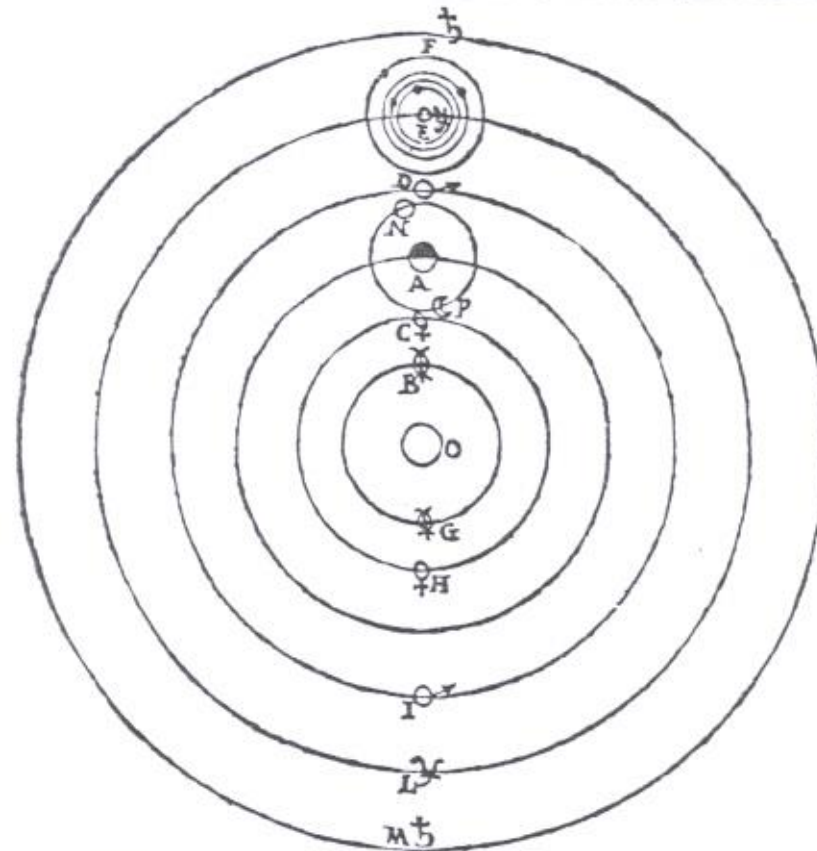
Galileo'nun gözlediği Jupiter'in dört uydusu



Ay'ın yüzey yapısı



Galileo'nun Güneş lekeleri gözlemleri (1612).

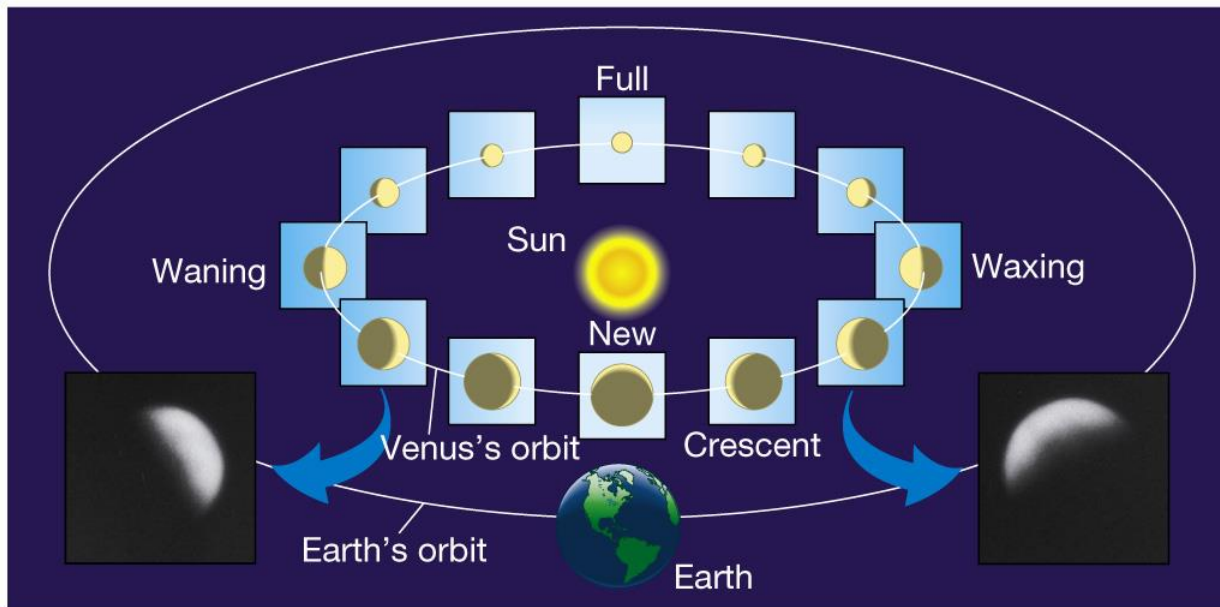


Galileo's drawing of the Copernican system of the universe, showing his own discovery of the four satellites of Jupiter. From his *Dialogue*, 1632.

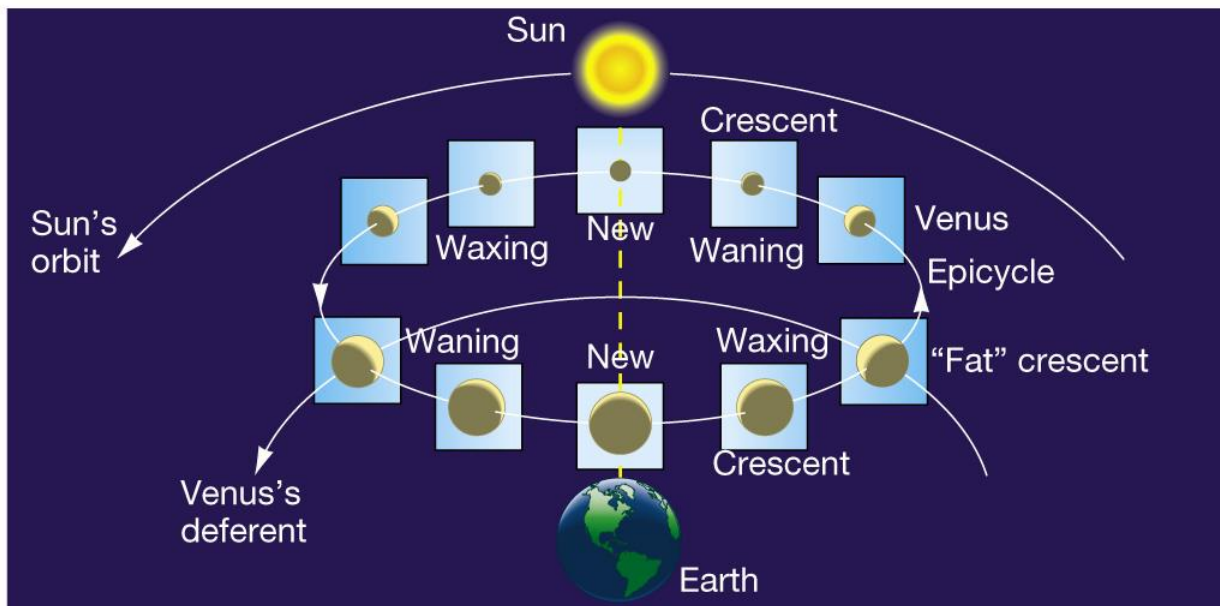
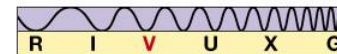
Galileo's sketch of "the Copernican model of the Universe.
Dialog..., 1632. (4 moons of Jupiter are also seen in the picture).

Galileo Galilei

- **Starry Messenger** (Sidereus Nuncius, 1610)
Gözlemlerinin sonuçlarını anlatıyor. İtalyanca olduğundan daha iyi anlaşıldı ve çok etkili oldu.
- Beş yıl içerisinde, Çince'ye çevrilip Çin'de yayımlandı (1615).
- **“Dialog Concerning the Two Chief World Systems”** (1632) – kısaca “Dialog”-
- Ev hapsi (1633)



(a) Sun-centered model



(b) Ptolemy's model

“Two New Sciences” (1638) – mekanik, eylemsizlik, ve sarkaçlar üzerine. Bilimsel metodun nasıl olması gerektiği de tartışılıyor. Gerçek anlamda, ilk bilimsel kitap olarak nitelendirilebilir.

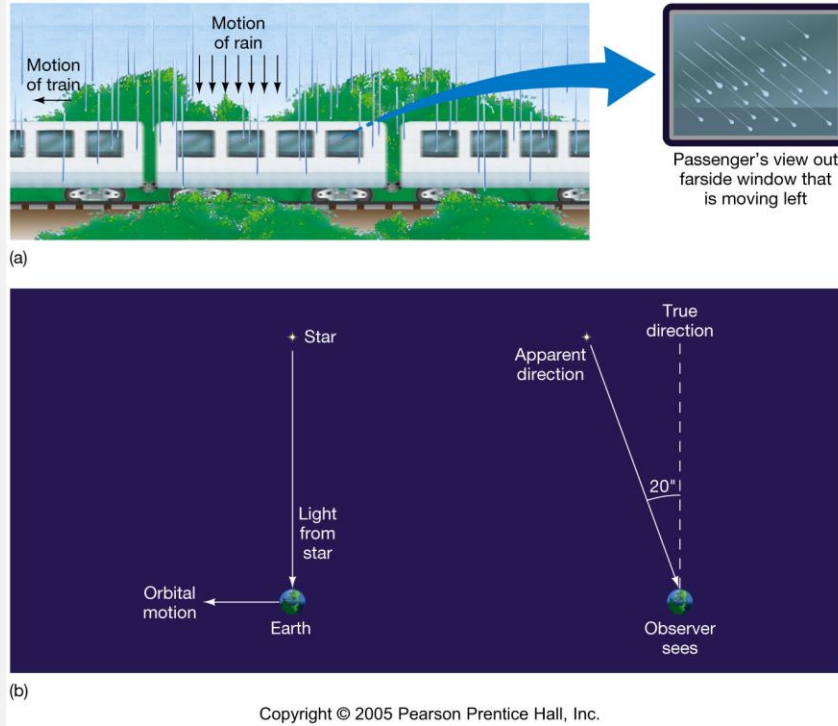
“...Evren insan zekasıyla anlaşılabilir kanunlarla ve etkileri matematikle hesaplanabilecek kuvvetlerle yönetilmektedir.”

Galileo Galilei

İki Yeni Bilim’in Avrupa’da ve tüm Dünya’da modern bilimin gelişmesine çok güçlü katkıları oldu.

Dünyanın yörünge hareketi için doğrudan kanıt çok sonraları yapılan gözlemlerle geldi:

- Yıldız ışığı sapması (James Bradly, 1728)
- Yıldız paralaksı (Frierich Bessel, 1838)



Günümüzde, “Kopernik prensibi” evrendeki konumumuzun özel olmadığını ifade etmek için kullanılmaktadır.

Tycho Brahe

(1546-1601)



- Danimarka'da kendi gözlemevini kurdu.
- Çıplak gözle, yüksek doğrulukta yıldız konum ölçümleri yaptı.
- Kraliyet matematikçisi olarak Prag'a geldi (1597).
- Kepler, Tycho'yla çalışmak üzere, 1600'de Prag'a geldi.

- **Takiyüddin** de zamanın en iyi gözlemevlerinden birini Tophane'de kurmuştu (1575, III Murat zamanında).
- Gözlemsel aletleri, Tycho Brahe'nin kullandıklarına benzer ve hatta daha iyiydi.
- 1577'de bir kuyruklu yıldız gözlendi ve 1578'de veba salgını çıktı.
- Saray çevresinde, bu olaylar yeni gözlemevinin neden olduğu uğursuz olaylar olarak görüldü.
- Gözlemevi 1580'de kapatıldı.

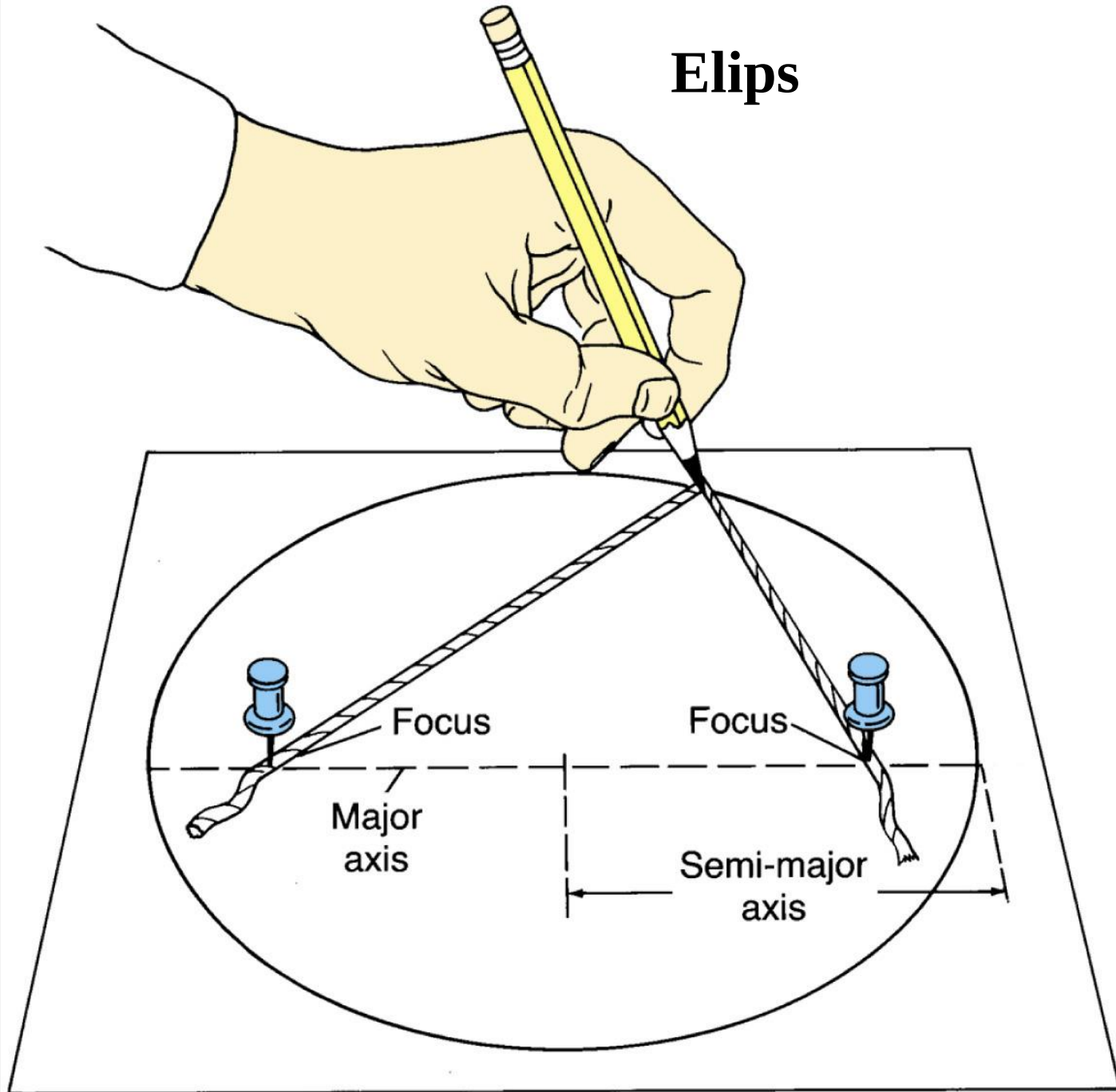
Johannes Kepler (1571–1630)



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

- * Güneş merkezli modeli destekledi
- * Brahe'nin değerli gezegen gözlem verileri üzerine uzun yıllar çalıştı.
- * Bu veriyi kullanarak, gezegenlerin konumlarını, mesafelerini ve hızlarını belirledi.
- * Bu çalışmalar sonucunda, gezegenlerin hareketleriyle ilgili üç önemli kanun keşfetti.

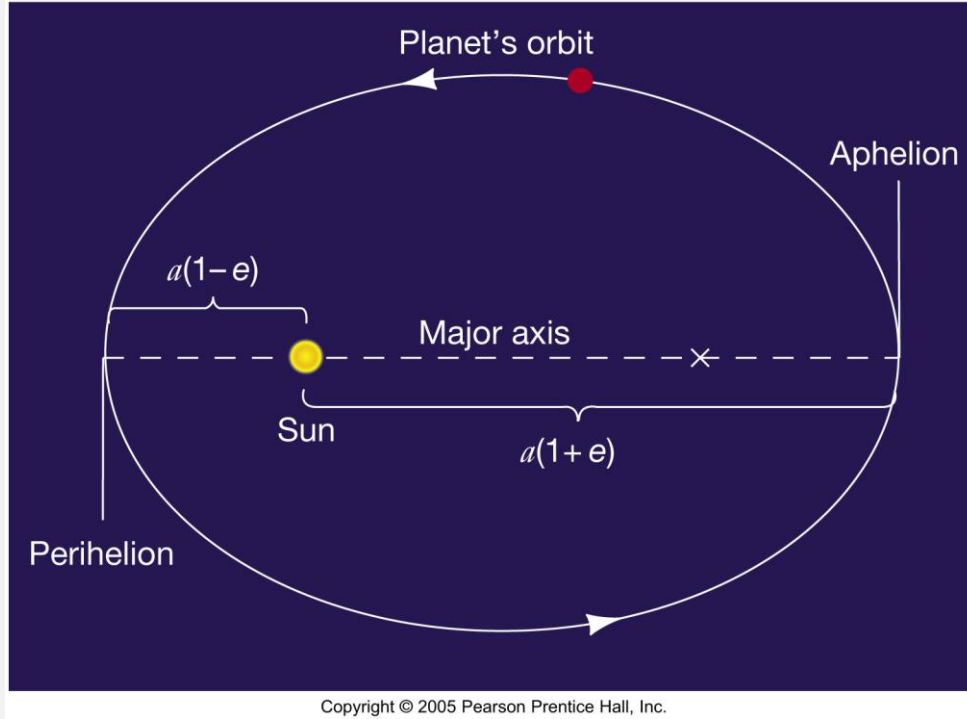
Elips



KEPLER KANUNLARI:

1. Gezegenler odak noktalarından birinde Güneş'in olduğu eliptik yörüngelerde hareket etmektedir.
2. Güneşi gezegenlerden herhangi birine bağlayan çizgi eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar.
3. Yörünge periyodunun karesi yarı büyük eksenin kübüyle orantılıdır ($P^2 \propto a^3$).

Gezegen Yörüngelerinin Özellikleri



a : yarı büyük eksen

e : eccentricity (eksantrisite - yörüngenin basıklaşma ölçüsü)

$e = 0$ çember için

$0 < e < 1$ (elips, $E < 0$),

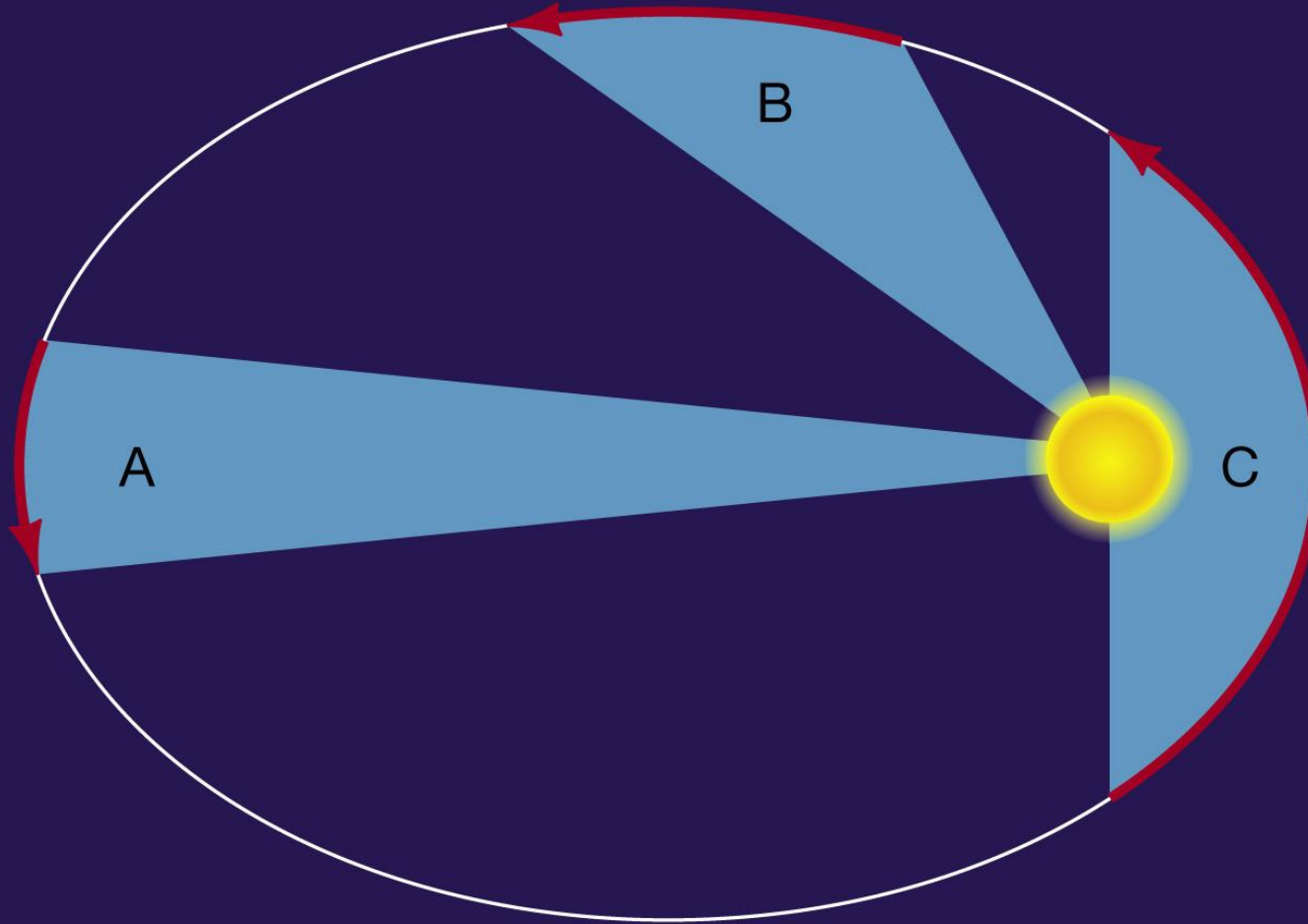
$e = 1$ (parabol, $E = 0$),

$e > 1$ (hiperbol, $E > 0$).

a ve e bir elipsi tarif etmek için yeterli.

Toplam Enerji: $E = \text{potansiyel enerji} + \text{kinetik enerji}$

Kepler'in 2. Yasası



Gezegener arasındaki gerçek mesafeler ne kadar?

- Kepler kanunları Güneş sisteminde mesafeleri **astronomik birim** (ortalama Dünya – Güneş uzaklığı) cinsinden veriyor.
- Astronomik birim **kaç metre?**
 - **Paralaks** metodu - Merkür ve Venüs'ün Güneş geçişlerinde (*Paralaks tekniğini daha sonra anlatacağız*).
 - Modern metot: **RADAR** (**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging) tekniği.

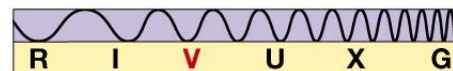
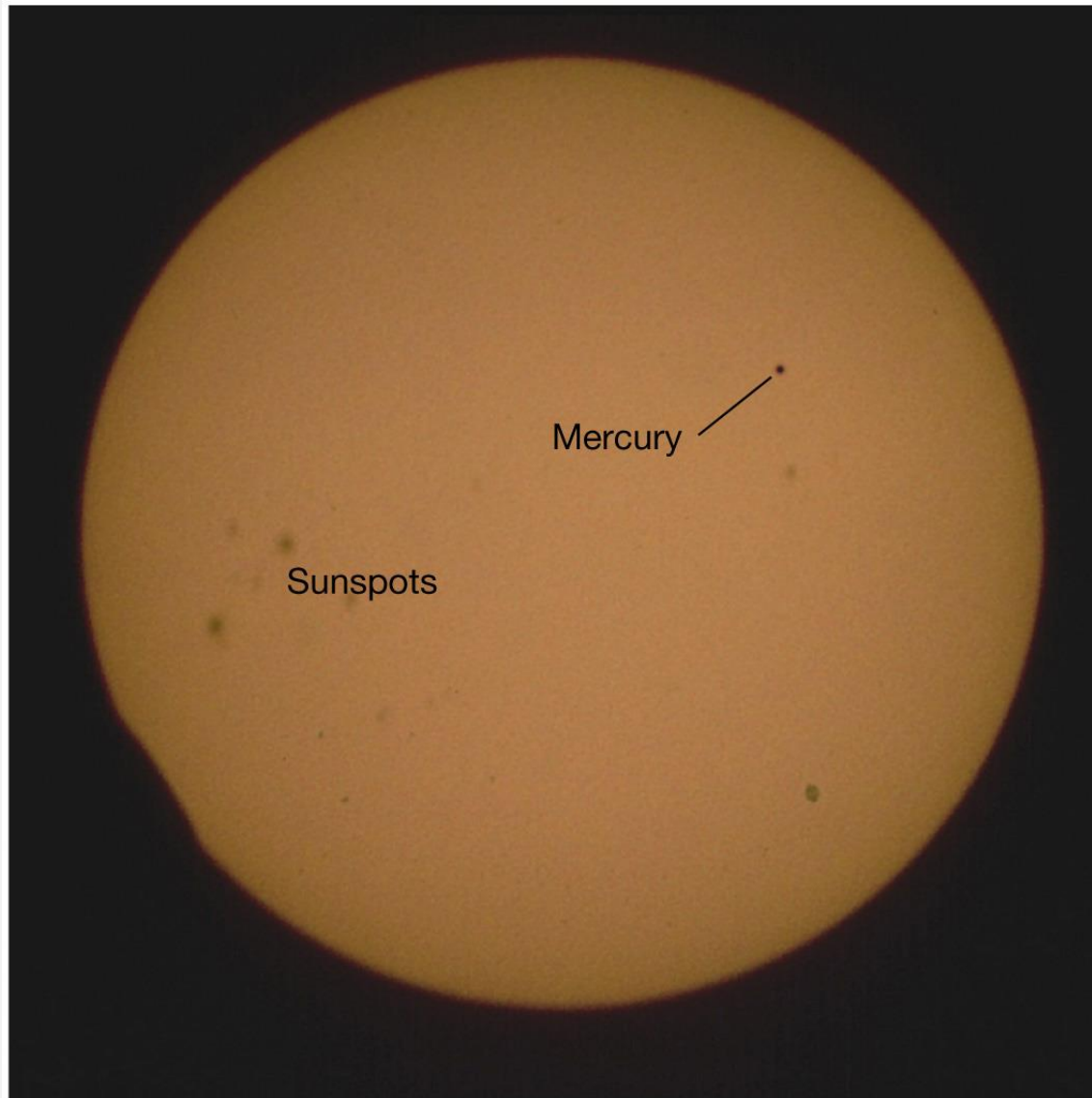
Güneş Sistemi Özellikleri

TABLE 2.1 Some Solar System Dimensions

Planet	Orbital Semimajor Axis, a (astronomical units)	Orbital Period, P (Earth years)	Orbital Eccentricity, e	P^2/a^3
Mercury	0.387	0.241	0.206	1.002
Venus	0.723	0.615	0.007	1.001
Earth	1.000	1.000	0.017	1.000
Mars	1.524	1.881	0.093	1.000
Jupiter	5.203	11.86	0.048	0.999
Saturn	9.537	29.42	0.054	0.998
Uranus	19.19	83.75	0.047	0.993
Neptune	30.07	163.7	0.009	0.986
Pluto	39.48	248.0	0.249	0.999

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Merkür'ün Güneş Geçişi (Solar Transit)



Astronomik Birim (Astronomical Unit)

1 AU = 1.5×10^{11} m (150 milyar m)

= 1.5×10^8 km (150 milyon km)

Şimdi, Güneş sistemindeki bütün uzaklıklar metre veya diğer birimlere çevrilebilir.

