

# Astrofizik ve Ötegezegenler (2)

# KONULAR

- Kepler Hızı
- Kaçış Hızı
- Astronomik zaman ve uzaklık ölçekleri
- Uzaklık ölçümleri
- Işık yılı ve parsek
- Paralaks metodu
- Yıldız paralaksı

- Kepler kanunları ampirik (doğrudan gözlemlerden elde edilmiş sonuçlar).
- Gezegenler hangi **temel fizik kanunları**yla hareket ediyorlar?



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

**Isaac Newton**  
(1642–1727)

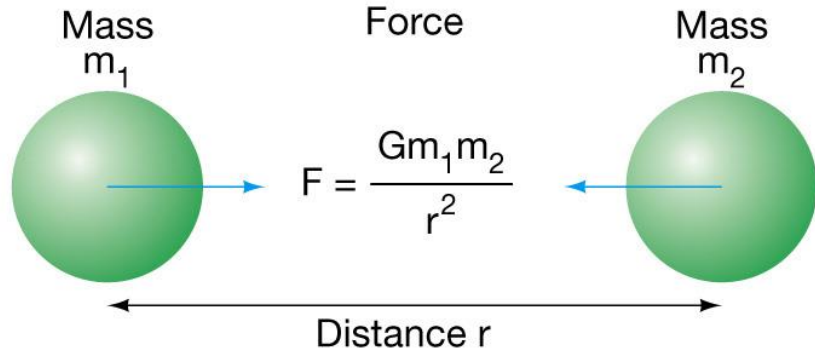
**Newton'ın hareket kanunları**  
**+ kütle çekim kanunu**

## Newton Kanunları:

(1) Bir cismin üzerindeki net kuvvet sıfır ise cismin hızı değişmez. Cisim duruyorsa durur, gidiyorsa aynı hızla gitmeye devam eder. (Hız vektör , bir yönde bir büyüklük.)

(2)  $\mathbf{F} = m \mathbf{a}$

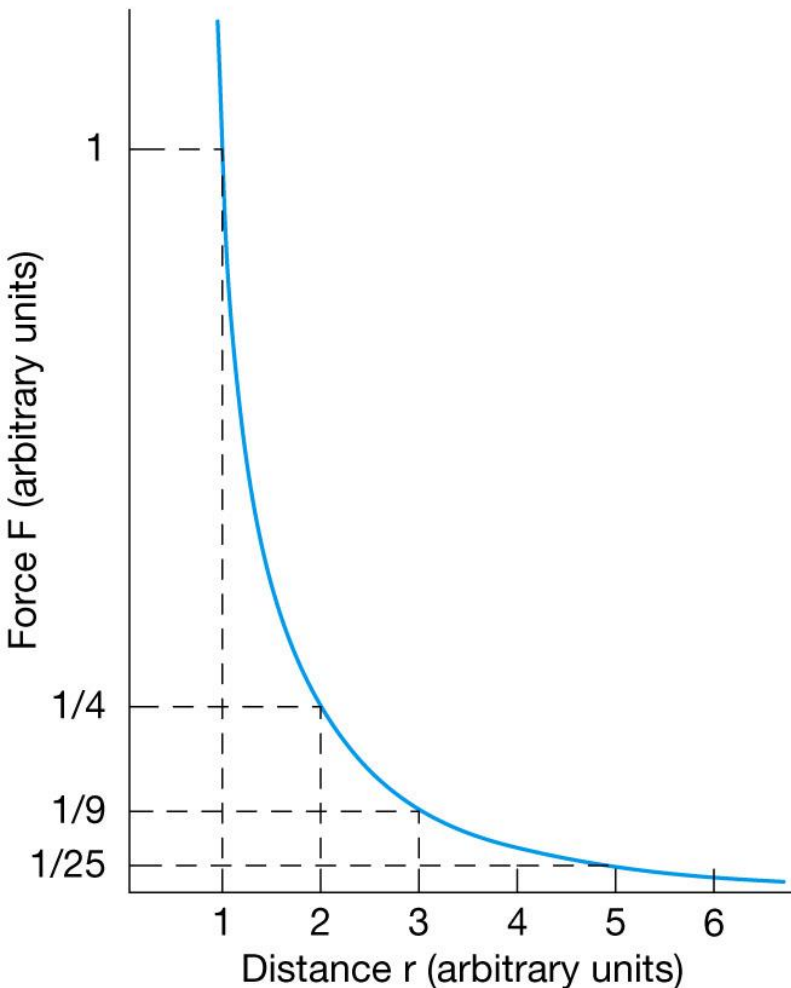
(3) Etki – tepki ( $\mathbf{F}_{12} = - \mathbf{F}_{21}$ )



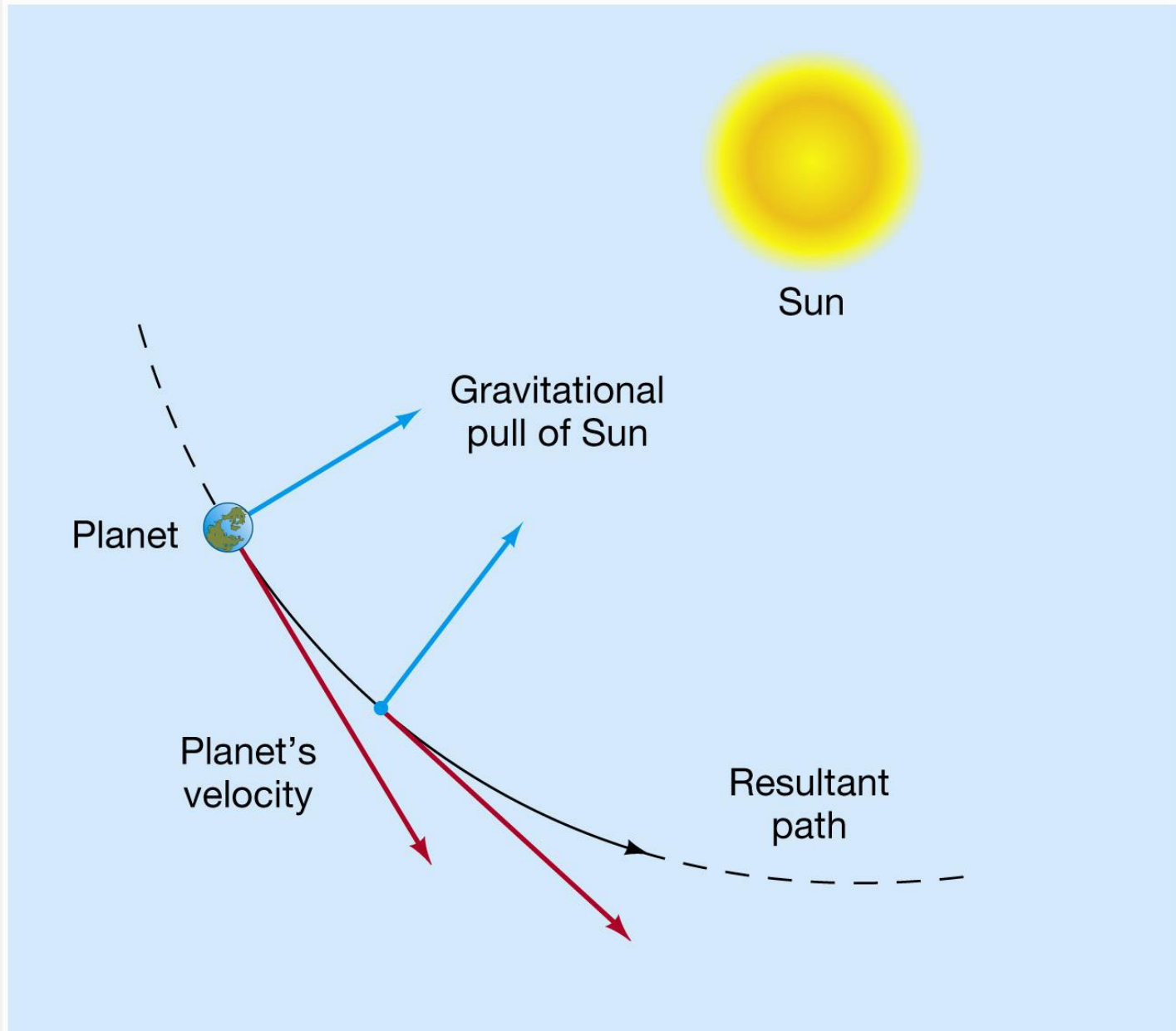
## Kütle Çekim Kanunu

F: Kuvvet (Force)  
birim: Newton ( N)

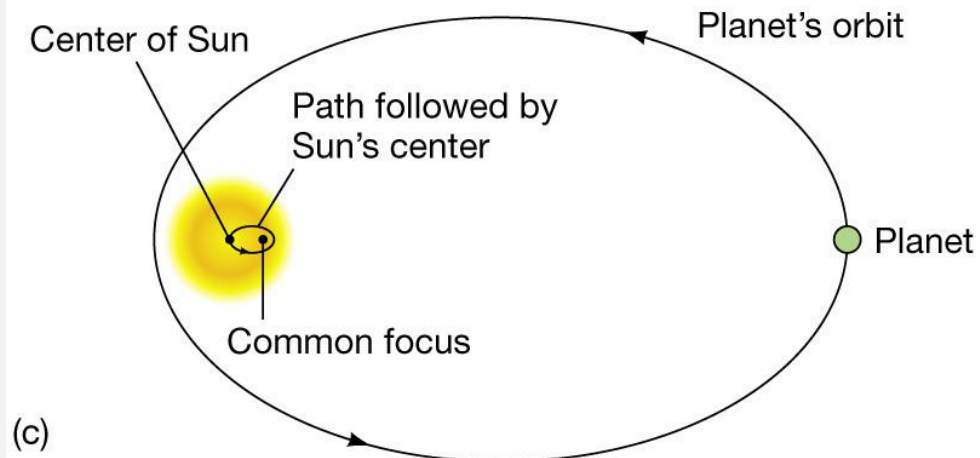
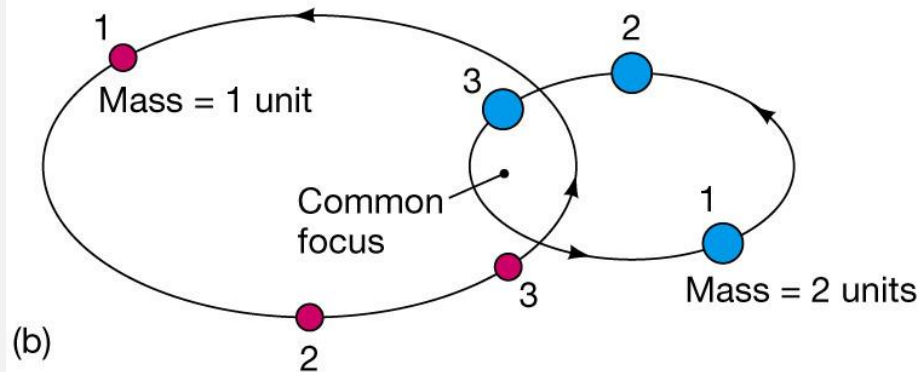
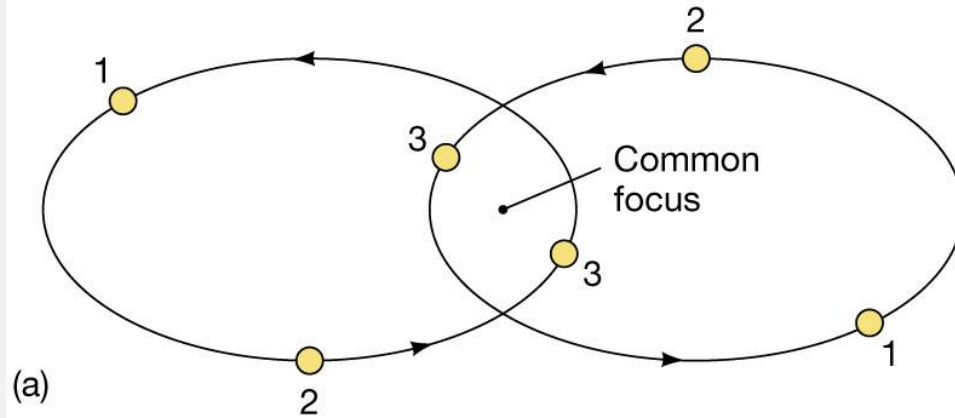
$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$   
(kütle çekim sabiti)



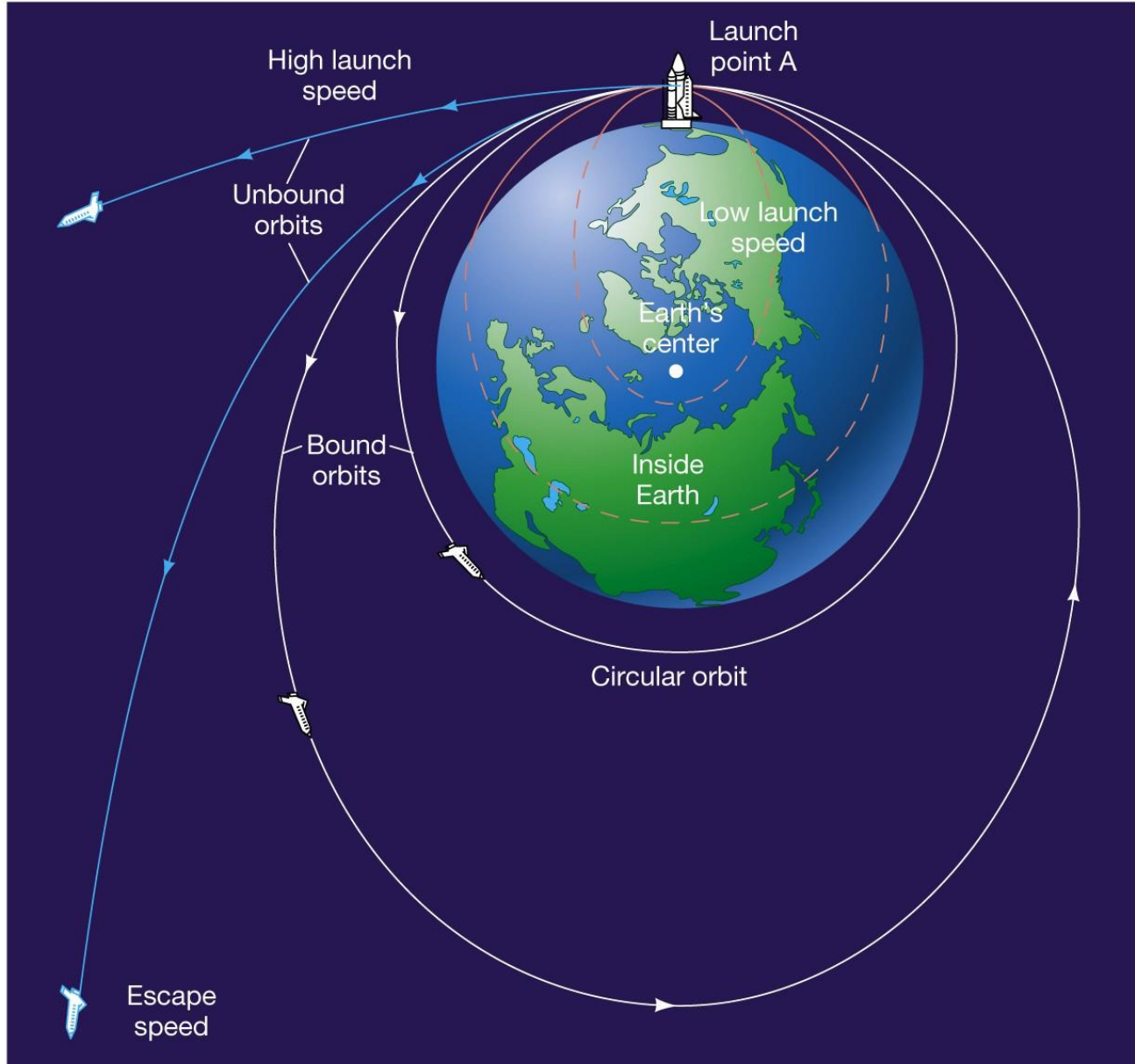
# Güneş Sistemi'nde



# Yörüngeler



# Kepler Hızı & Kaçış Hızı



Gezegen yörüngeleri eliptik, fakat dairesel yörüngelere çok yakınlar.

Hesaplamalarda kolaylık için, Güneş'in merkezde olduğu dairesel yörüngeler varsayabiliriz.

Bir gezegenin kütlesini nasıl tahmin edebiliriz?

Neden  $P^2 \propto r^3$  ?

# KEPLER HIZI

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

# KEPLER HIZI

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Düzgün dairesel hareket için:  $a = \frac{v^2}{r}$

# KEPLER HIZI

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Düzgün dairesel hareket için:  $a = \frac{v^2}{r}$

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \rightarrow$$

# KEPLER HIZI

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Düzgün dairesel hareket için:  $a = \frac{v^2}{r}$

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v_K = \left( \frac{GM}{r} \right)^{1/2} \quad (\text{Kepler Hızı})$$

# KEPLER HIZI

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Düzgün dairesel hareket için:  $a = \frac{v^2}{r}$

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v_K = \left( \frac{GM}{r} \right)^{1/2} \quad (\text{Kepler Hızı})$$

$$v_K = \frac{2\pi r}{P}, \quad P : \text{periyot}$$

# KEPLER HIZI

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Düzgün dairesel hareket için:  $a = \frac{v^2}{r}$

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v_K = \left( \frac{GM}{r} \right)^{1/2} \quad (\text{Kepler Hızı})$$

$$v_K = \frac{2\pi r}{P}, \quad P : \text{periyot}$$

$$P = \left( \frac{r^3}{GM} \right)^{1/2} \rightarrow P \propto r^{3/2} \rightarrow P^2 \propto r^3$$

(Kepler'in 3. Kanunu)

# KAÇIŞ HIZI

Şimdi,  $M$  ve  $R$  Dünya'nın kütlesi ve yarıçapı,  $m$  ise Dünya yüzeyindeki bir cismin kütlesi olsun. Cismin toplam enerjisi:

$E = \text{potansiyel enerji (U)} + \text{Kinetic enerji (K)}$

$$E = -\frac{G M m}{R} + \frac{1}{2} m v^2$$

$E < 0$  ise cisim Dünya'ya bağlı (kapalı yörünge)

$E \geq 0$  ise cisim bağlı değil.  $E = 0 \rightarrow v = v_{esc}$

Yukarıdaki enerji denkleminde,  $E = 0$  alarak,

Kaçış hızı:  $v_{esc} = \sqrt{\frac{2 G M}{R}}$  bulunur.

Bu sonucu Kepler hızıyla karşılaştırın.

# Astrofizikte Zaman ve Uzunluk Ölçekleri

- Güneş'in yaşı:  $\sim 5 \times 10^9$  yıl = 5 milyar yıl

$1000 = 10^3 \rightarrow$  Bilimsel notasyon

milyon = 1000 000 =  $10^6$

milyar = 1000 000 000 =  $10^9$

trilyon =  $10^{12}$

- Evrenin yaşı:  $\sim 14$  milyar yıl ( $1.4 \times 10^{10}$  y)

•**Işık yılı (Light year, ly)** = Işığın bir yılda aldığı yol

•**Işık hızı:**  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300\,000 \text{ km/s}$

$$\begin{aligned} 1 \text{ ly} &= 3 \times 10^8 \text{ m/s} \times (86400 \times 365 \text{ s}) \\ &= 9.46 \times 10^{15} \text{ m} \sim 10^{16} \text{ m} = 10^{13} \text{ km} \end{aligned}$$

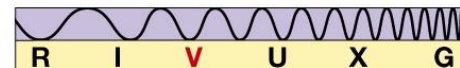
•**1 Parsec (pc)** =  $3 \times 10^{16} \text{ m} \sim 3 \text{ ly}$

$$1000 \text{ pc} = 1 \text{ kpc}$$

Standart birim sisteminde kg, m ve s kullanıyoruz.

# Galaksi

About 1000 quadrillion kilometers, or 100,000 light-years



# Astrofizikte Zaman ve Uzunluk Ölçekleri

Tipik bir galakside: 100 milyar ( $10^{11}$ ) stars

$R_D = 6400 \text{ km}$  (Dünya)

$R_G = 700\,000 \text{ km} = 7 \times 10^8 \text{ m}$  (Güneş)

$1 \text{ AU} = 1.5 \times 10^8 \text{ km} \sim 8 \text{ ışık dakikası}$

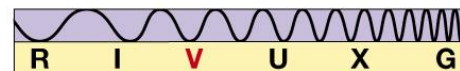
Samanyolu'nun çapı  $\sim 100\,000 \text{ ly}$

En yakın yıldız uzaklığı:  $d \sim 4.3 \text{ ly}$

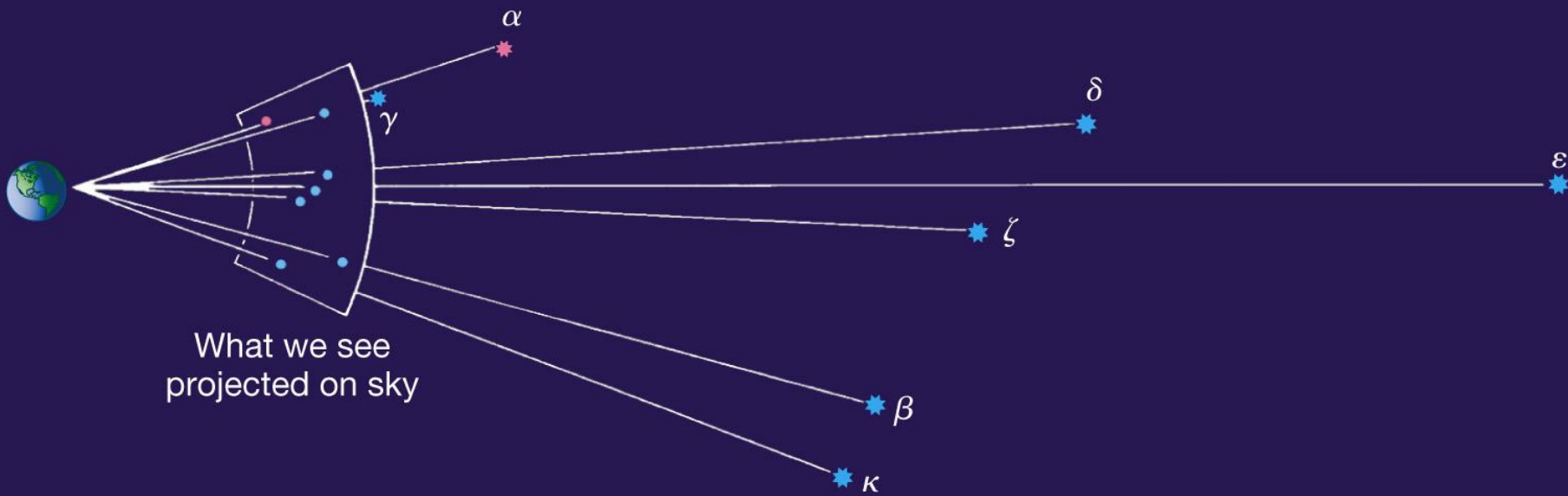
Tipik yıldızlar arası mesafe  $\sim \text{birkaç ışık yılı}$

# Galaksi Kümesi

About 1,000,000 light-years



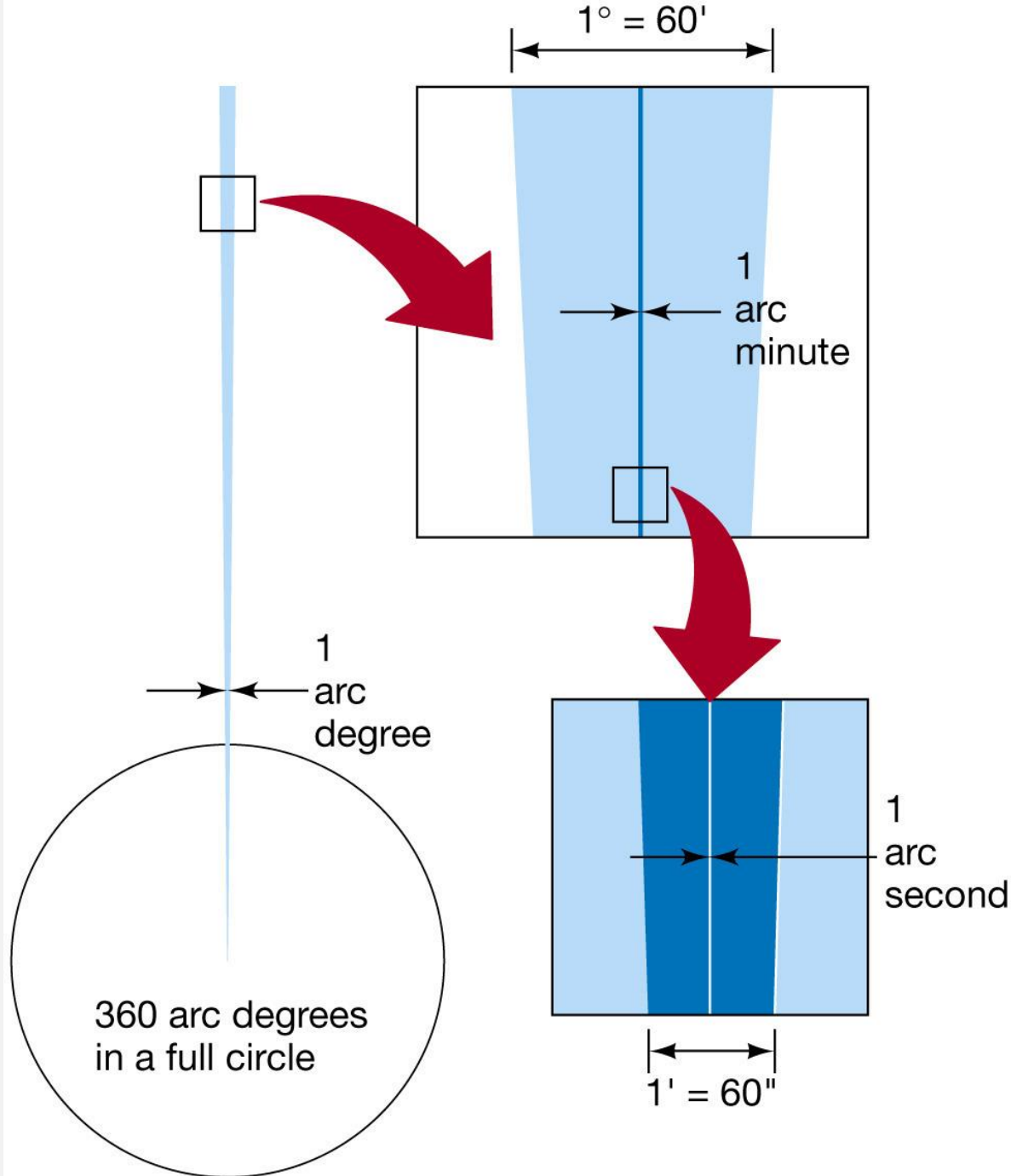
# Orion (Avcı takım yıldızı) 3 boyutta



1,000 light-years

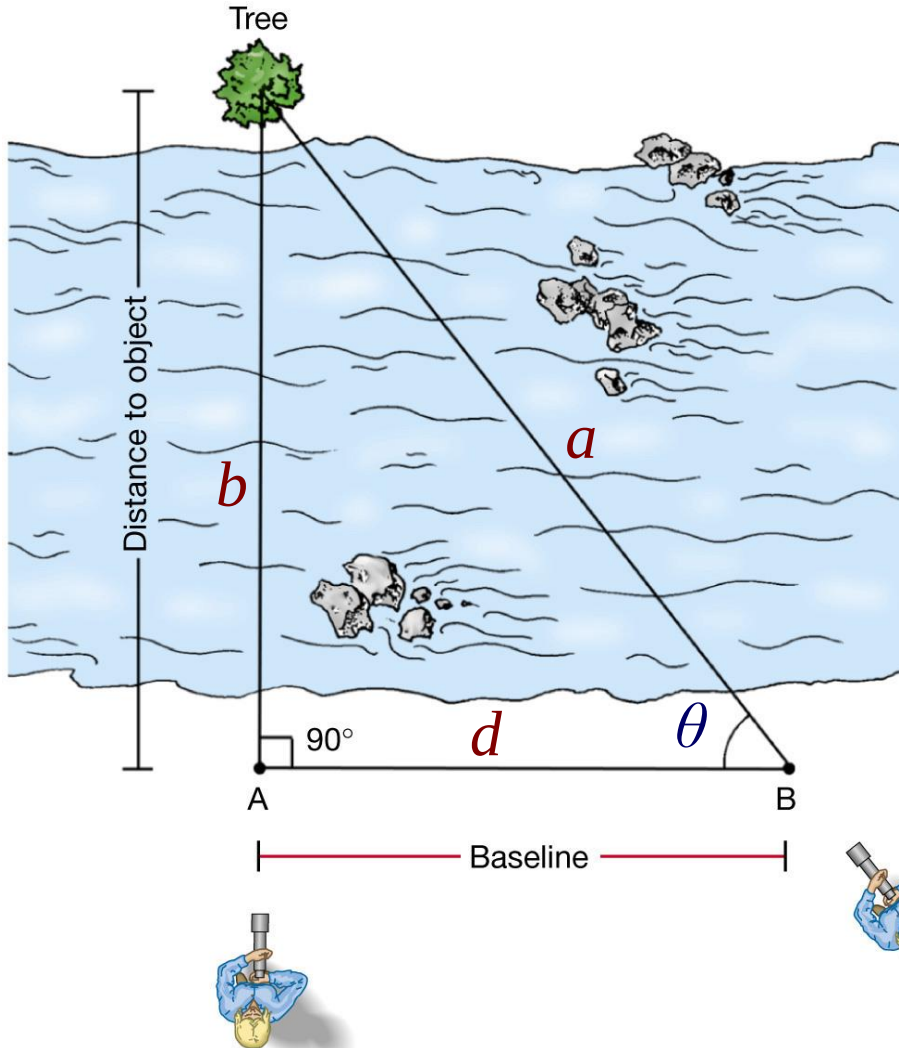
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Açılar



# UZAKLIK ÖLÇÜMÜ

**En basit yöntem:** Üçgenleme (triangulation)



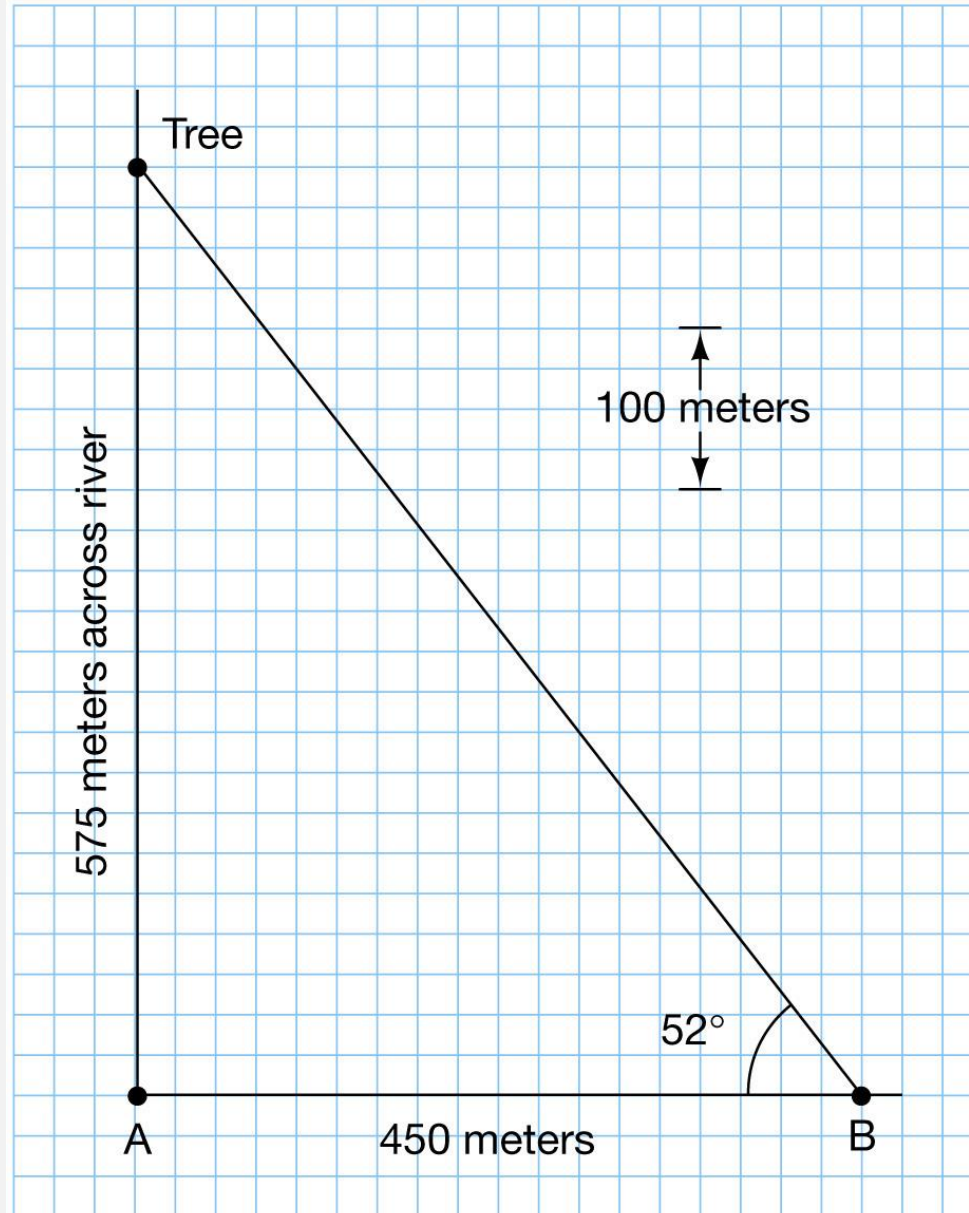
• Çok uzun mesafeler için, bu yöntemi kullanamayız.

$b = d \tan \theta$  ,  $a = d / \cos \theta$   
 $\theta$  ve  $d$  ölçülür.  
 $a$  ve  $b$  hesaplanabilir.

# Geometrik ölçkleme

Uzun mesafeleri ölçmek için, uzun taban çizgileri gerekir.

Astronomik uzaklıkları ölçmek için en uzun taban çizgisi ne olabilir ?

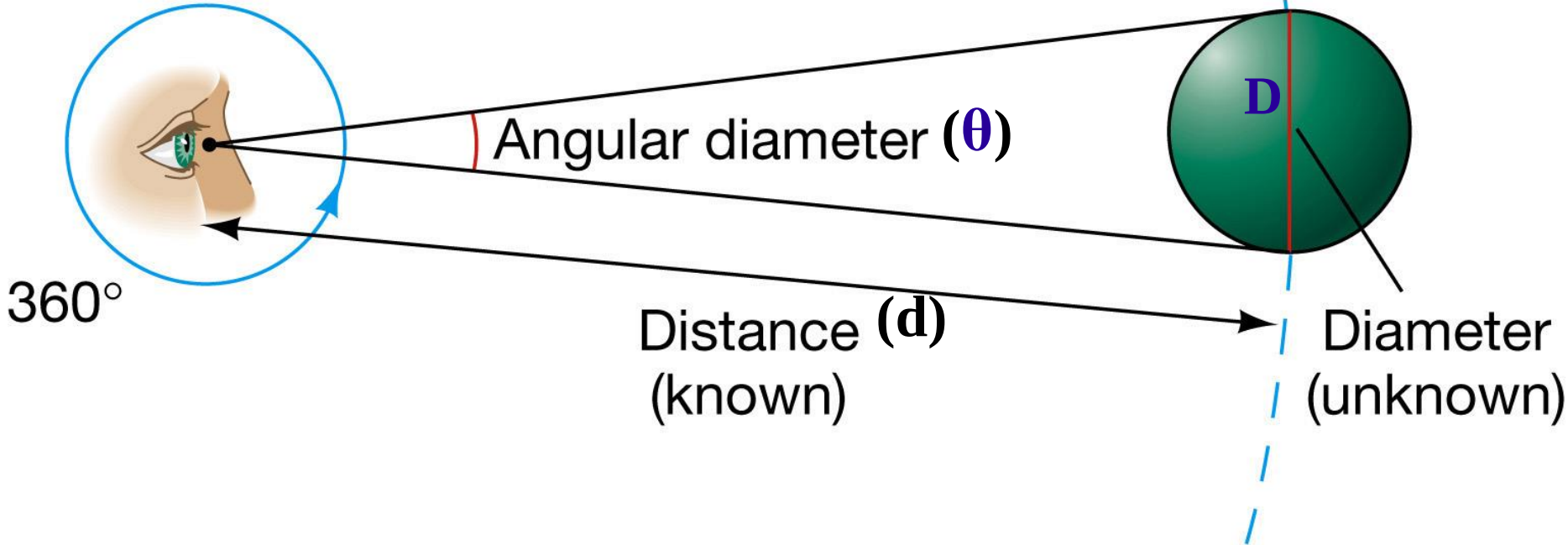


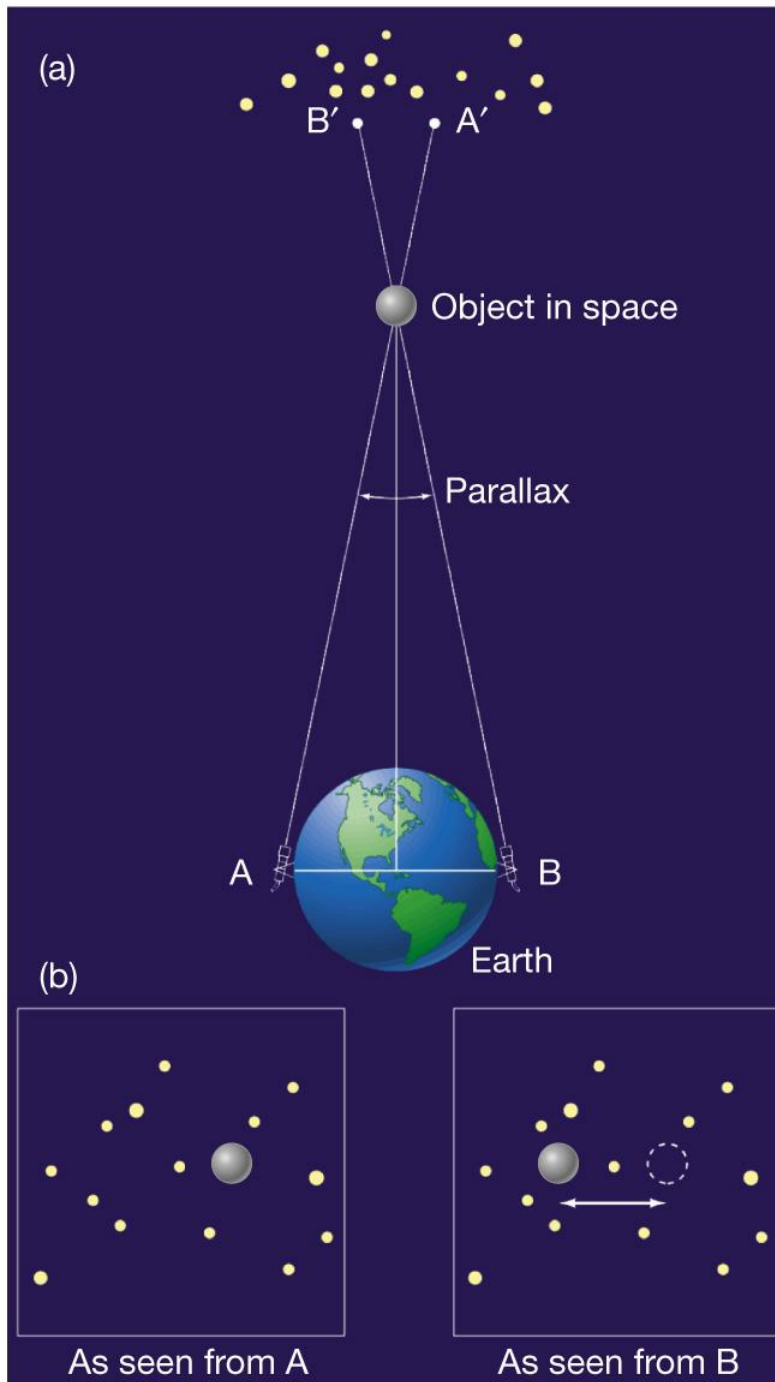
# Çap Ölçümü

$$\text{Çap: } D = d \times \theta$$

birim: radyan  
olmalı

Observer





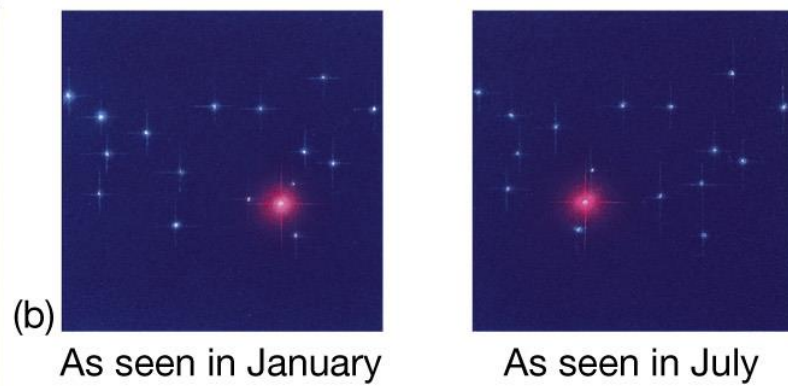
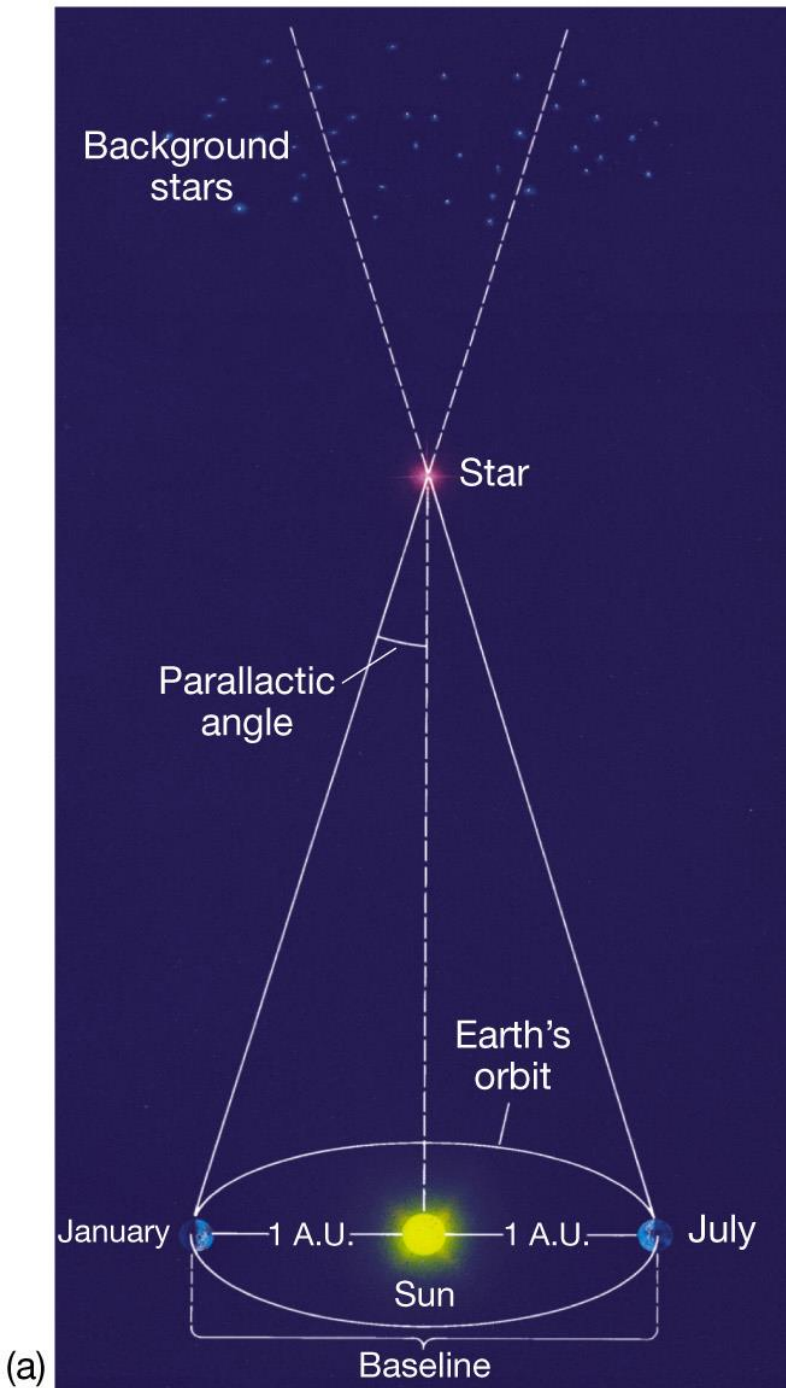
## Paralaks:

Taban çizgisi =  $d \times \text{paralaks}$

Paralaks genellikle açı saniyesi veya açı dakikası cinsinden ölçülür. Yukarıdaki formülde kullanmak için radyan olmalı:

$$\pi \text{ (rad)} = 180^\circ$$

$$\pi = 3.1415... \text{ rad}$$



## Yıldız Paralaksı:

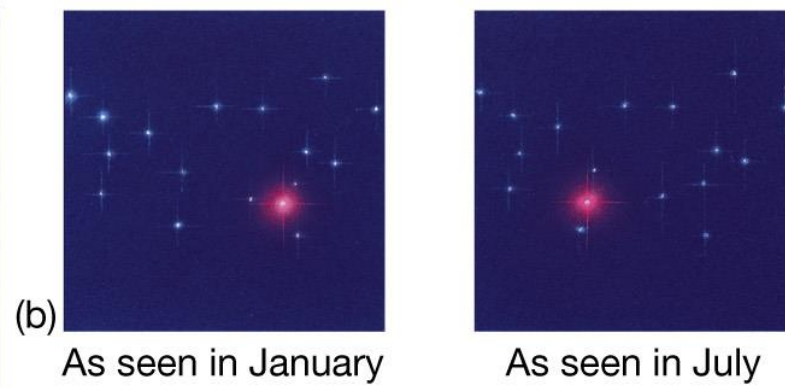
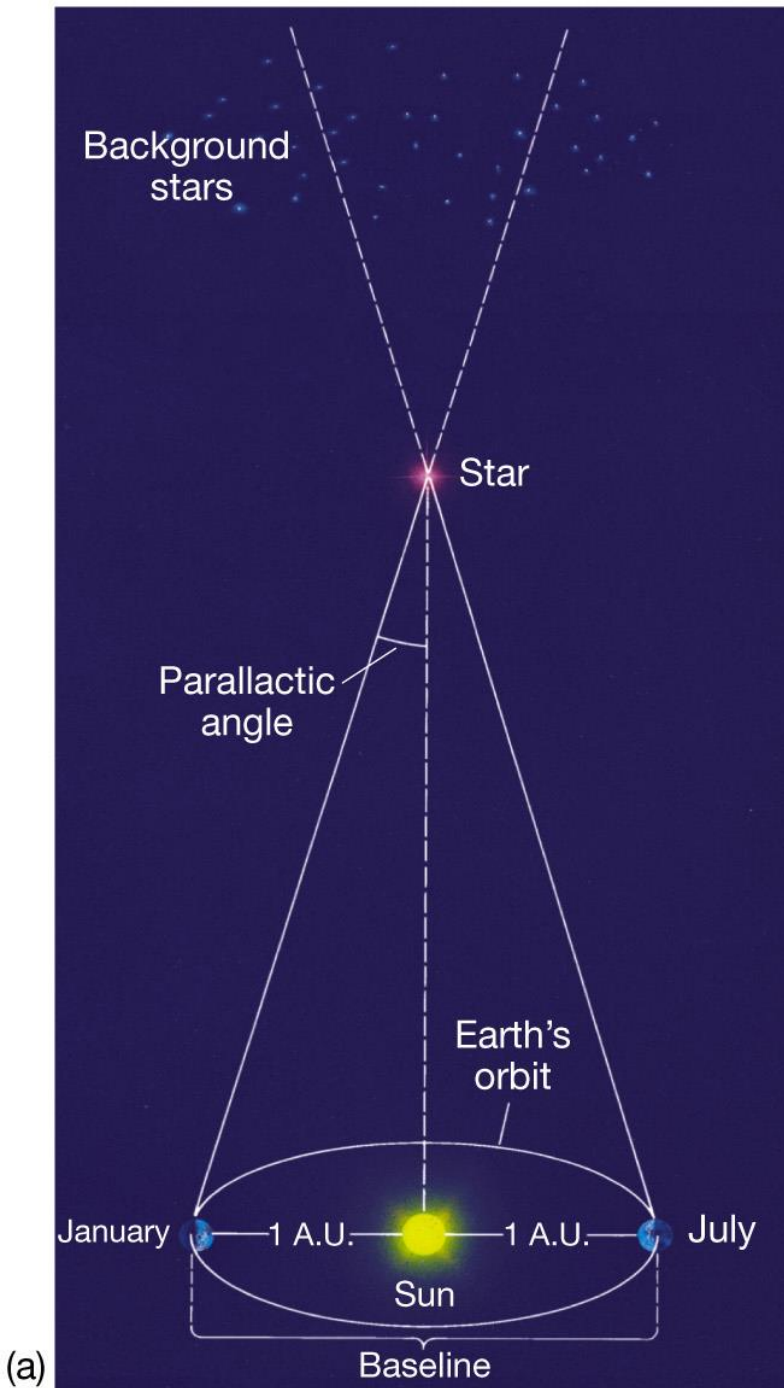
Taban çizgisi is 1 AU olduğunda:

**Paralaks** = 1" (arc **sec**) ise, uzaklık **1 parsec** olarak tanımlanmıştır.

$$1 \text{ pc} = 3 \times 10^{13} \text{ km} \sim 3 \text{ ly}$$

$$d = (1" / \text{paralaks}) \times 1 \text{ pc}$$

**Uzaklık arttıkça paralaks küçülür**



## Yıldız Paralaksı:

ÖRNEK:

ölçülmüş paralaks  $0.1''$  ise:

→  $d = (1 / 0.1) \times 1 \text{ pc} = 10 \text{ pc}$  olur.