

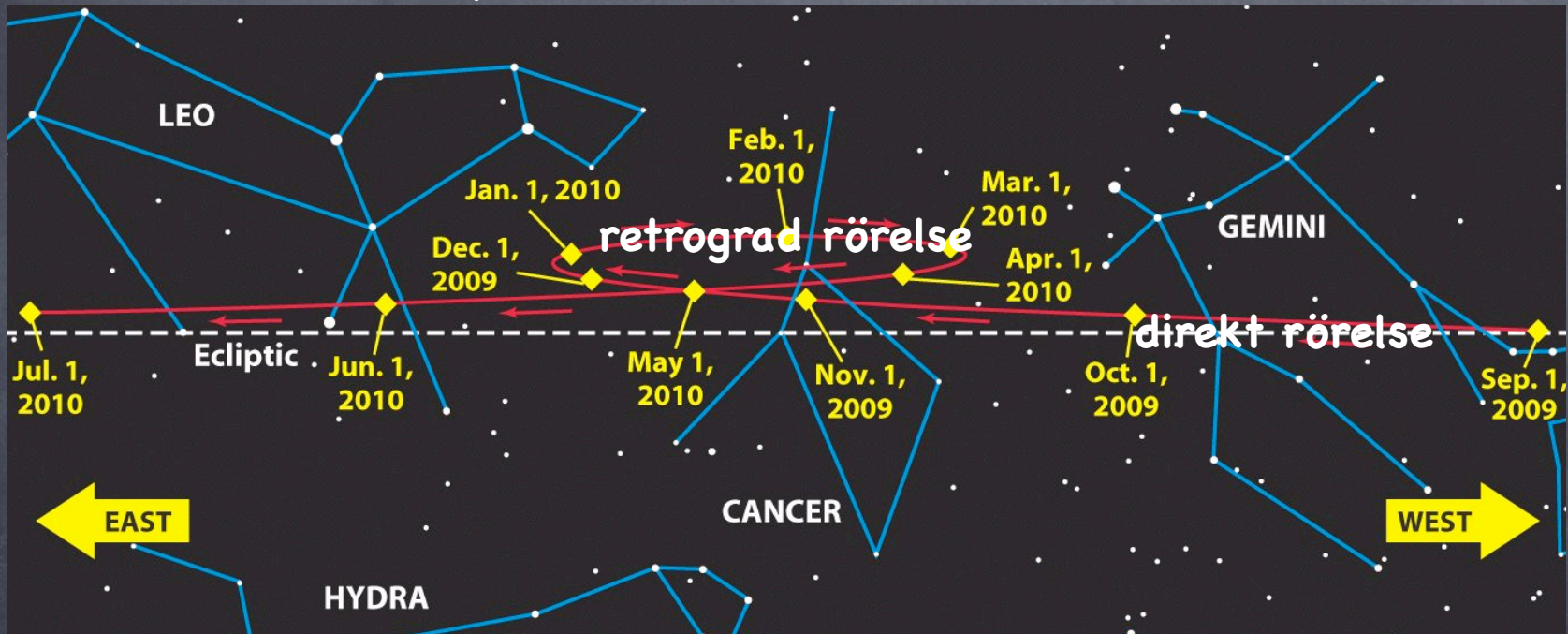


Planetrörelser

Lektion 4



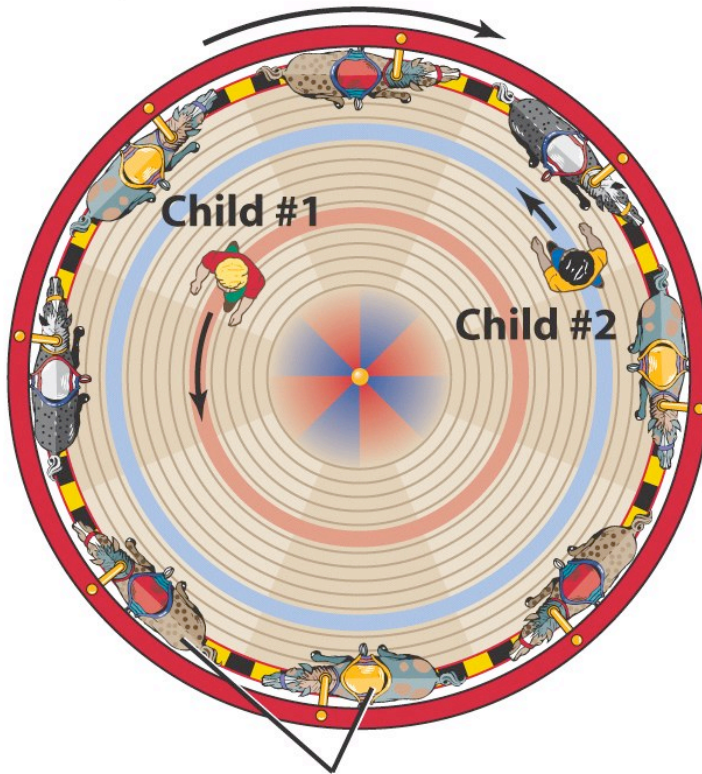
Äldre tiders astronomer utvecklade geocentriska (jorden i centrum) modeller för att förklara planeternas rörelser



- Liksom solen och månen så rör sig planeterna på himmelssfären relativt fixstjärnorna (planet är från grekiskan och betyder ungefär vandrare) genom zodiaken (12 stjärnbilder nära ekliptikan)
- Största delen av tiden så rör sig en planet österut likt solen och månen men tidvis kan den röra sig västerut

- DE första astronomerna trodde att jorden låg i universums mitt
- Dom uppfann ett komplicerat system för att förklara planeternas rörelse på himmelssfären

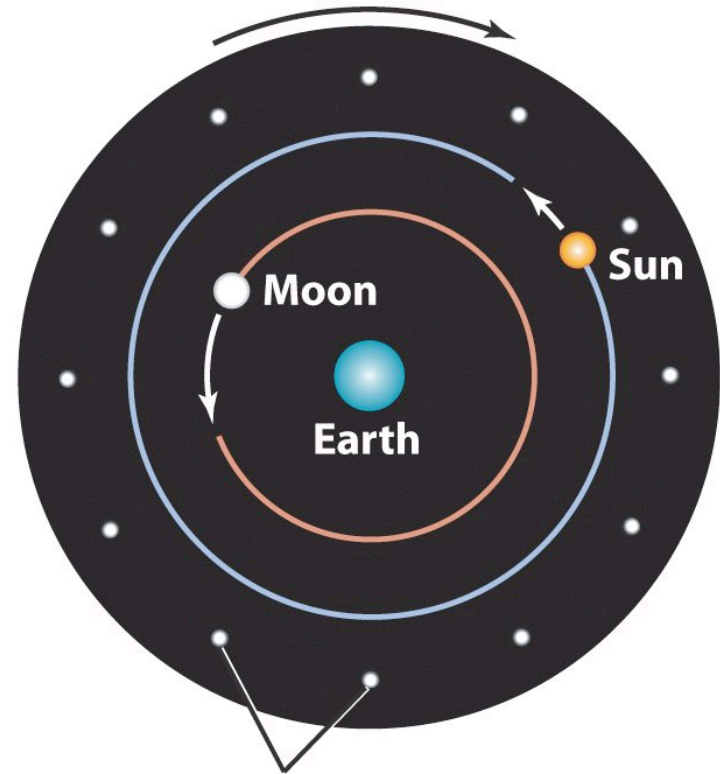
Merry-go-round rotates clockwise



Wooden horses fixed on merry-go-round

(a) A rotating merry-go-round

Celestial sphere rotates to the west

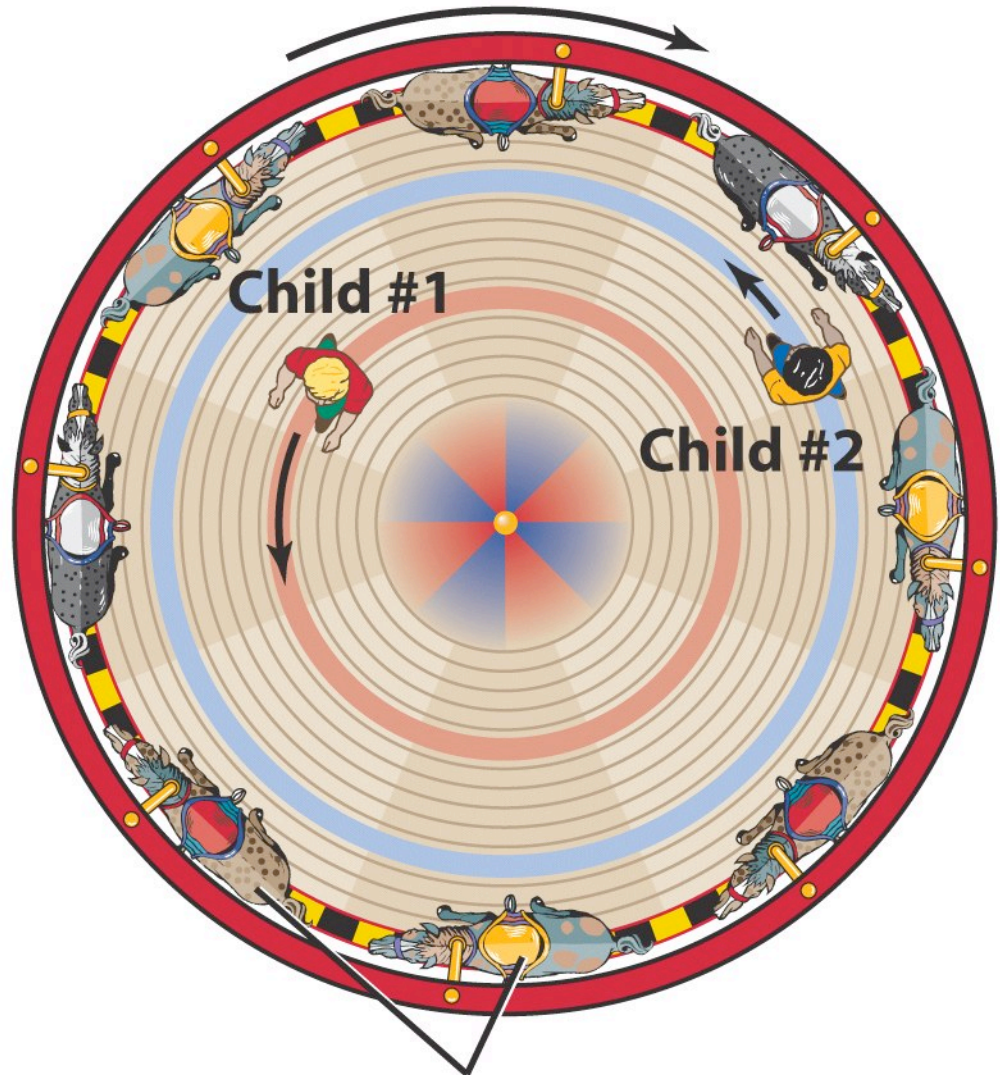


Stars fixed on celestial sphere

(b) The Greek geocentric model

Merry-go-round rotates clockwise

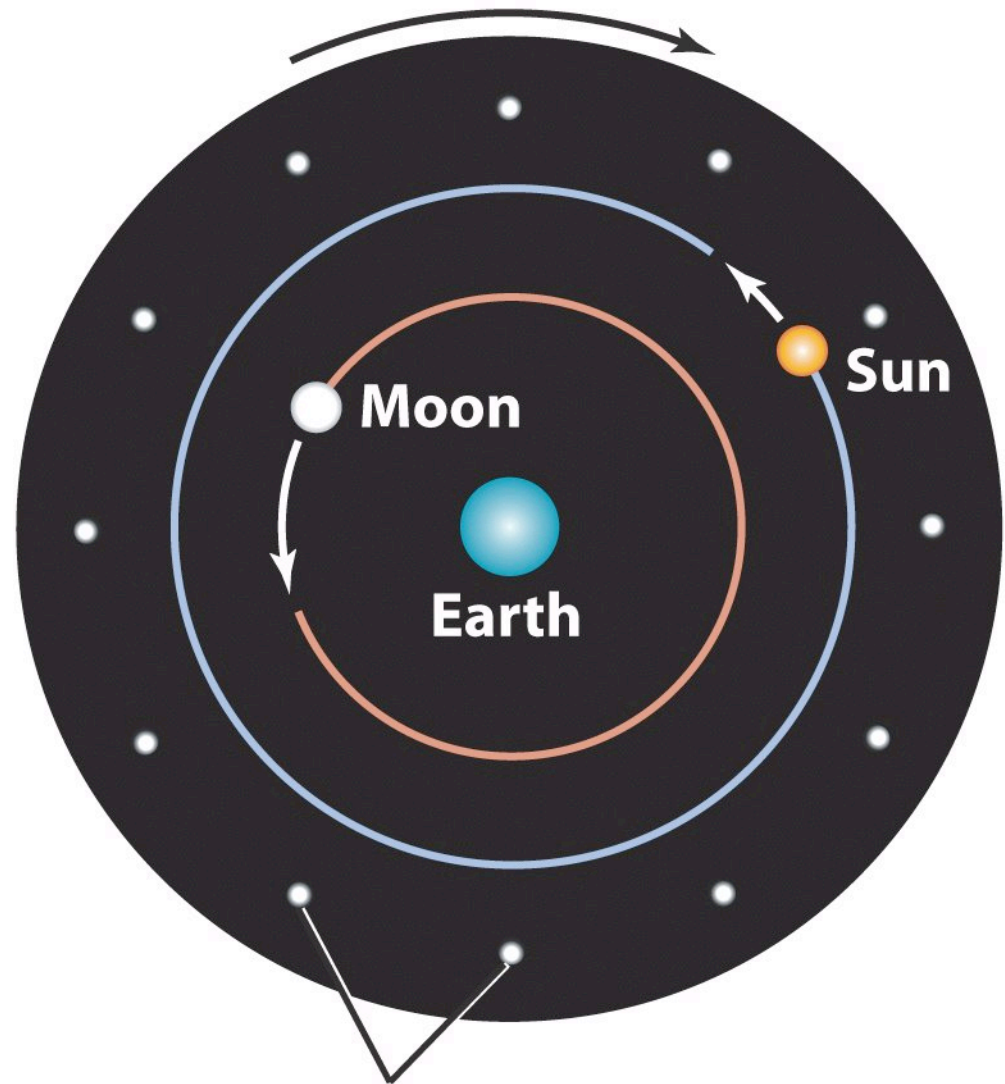
**A rotating
merry-go-round**



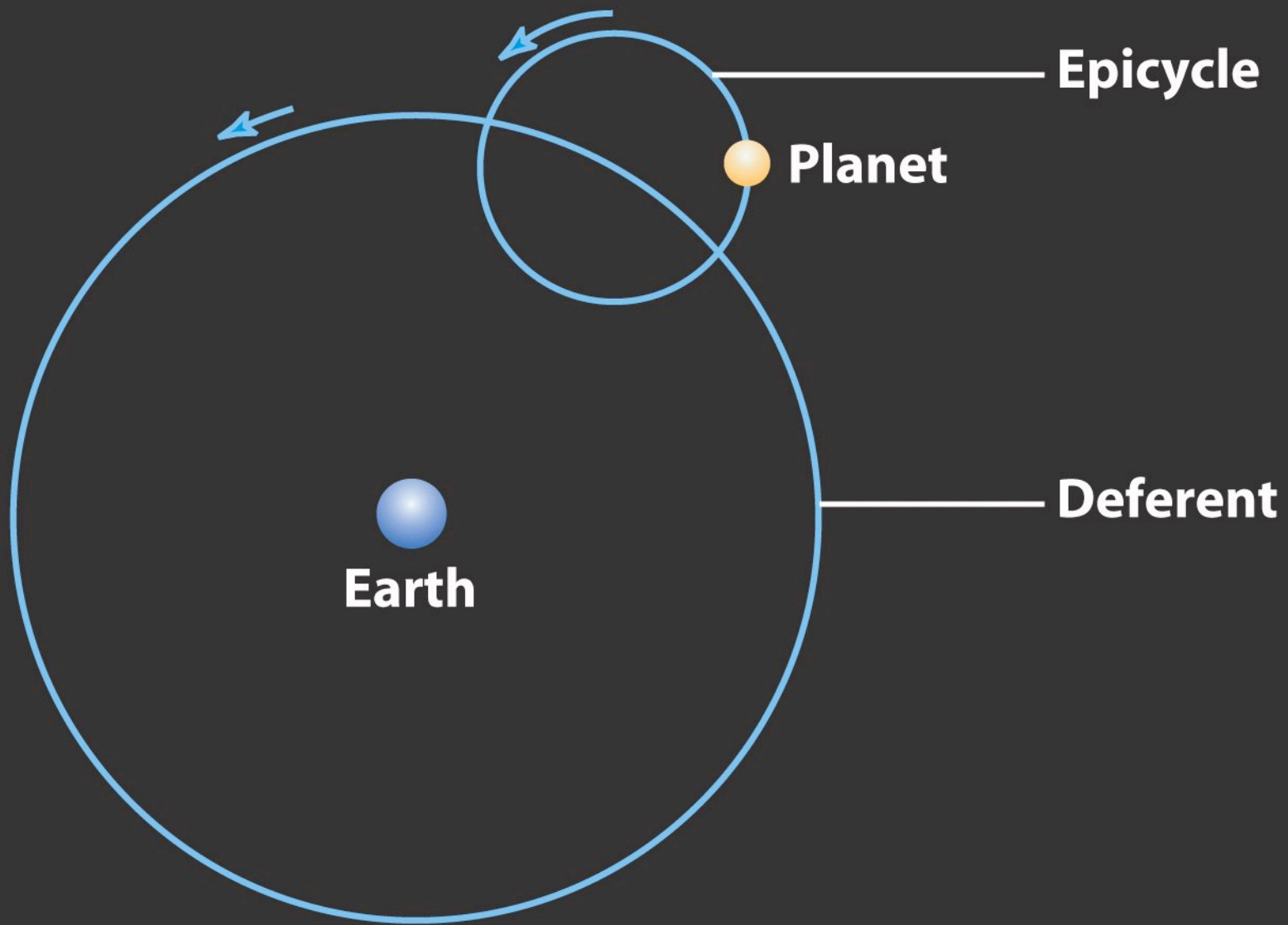
Wooden horses fixed on merry-go-round

The Greek geocentric model

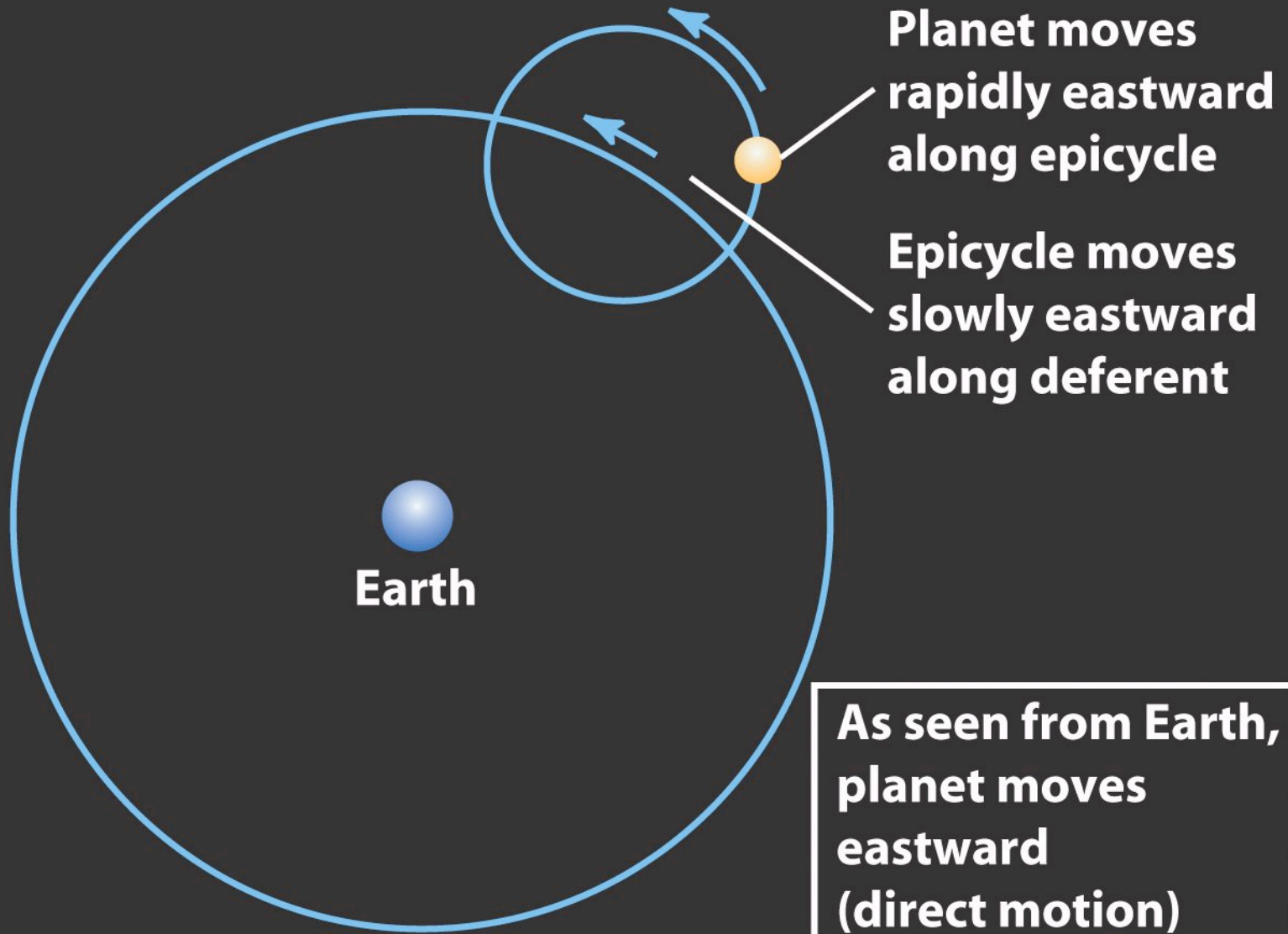
Celestial sphere rotates to the west



Stars fixed on celestial sphere

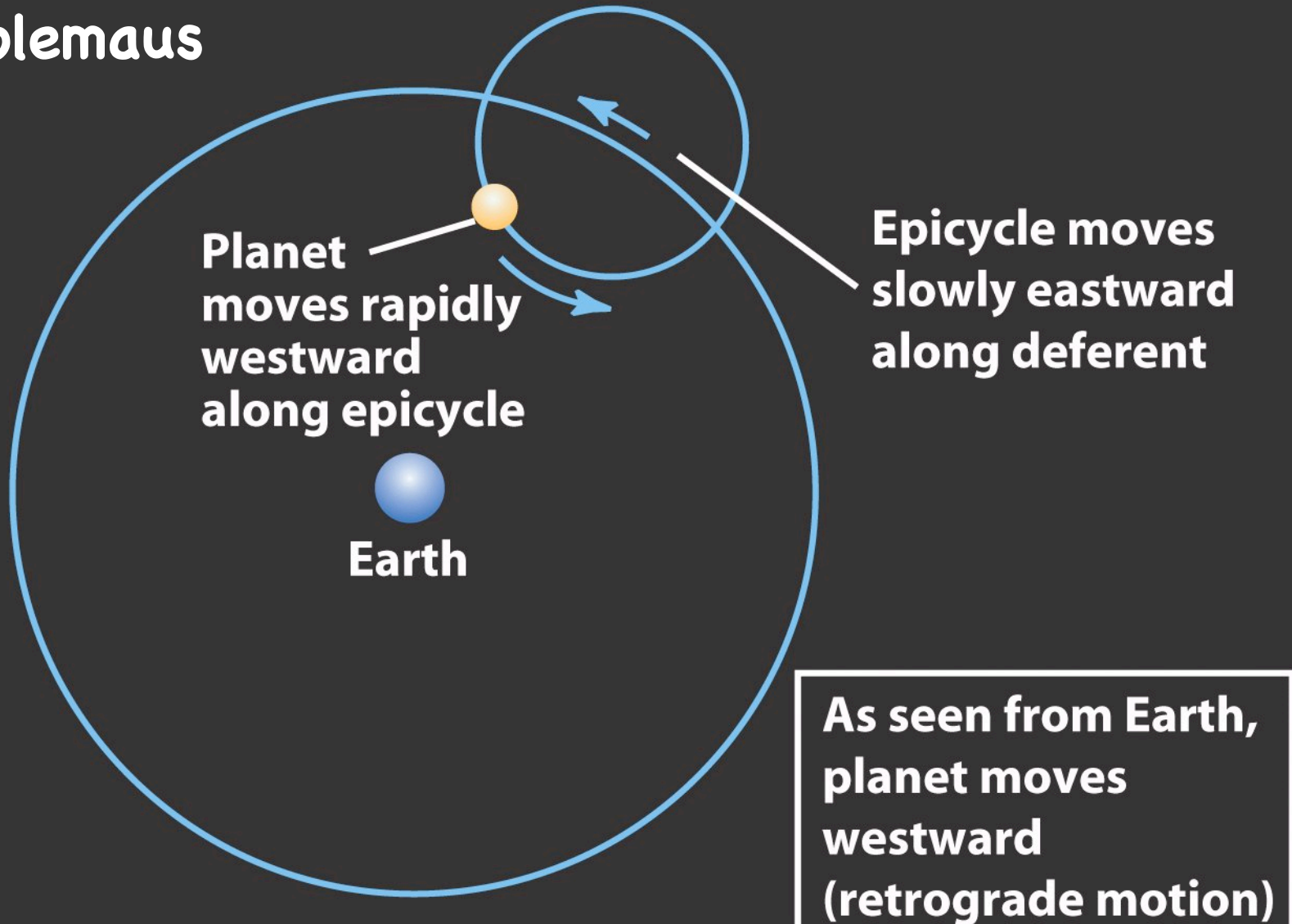


(a)



(b)

Ptolemaus

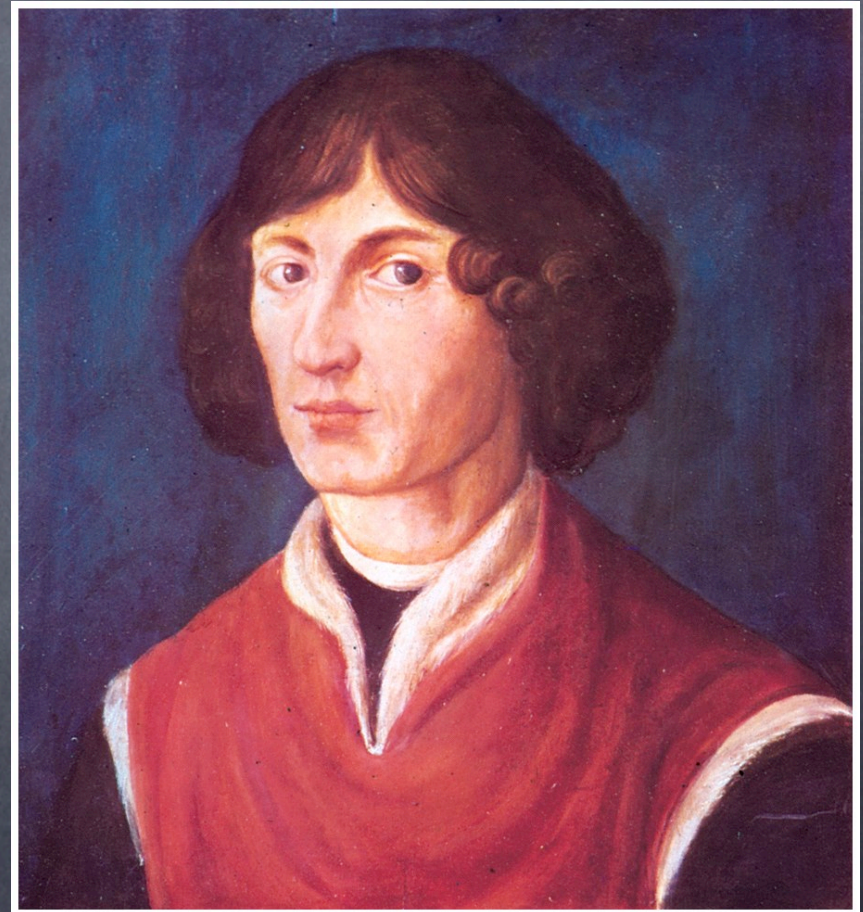


(c)

Nikolaus Kopernikus (1473–1543)

framförde den första kompletta heliocentriska modellen

- Kopernikus heliocentriska (solen i centrum) teori förenklade förklaringen av planeternas rörelse
- I ett heliocentriskt system är jorden en av planeterna som kretsar runt solen
- Den sideriska perioden för en planet är dess verkliga omloppsperiod inte den synodiska

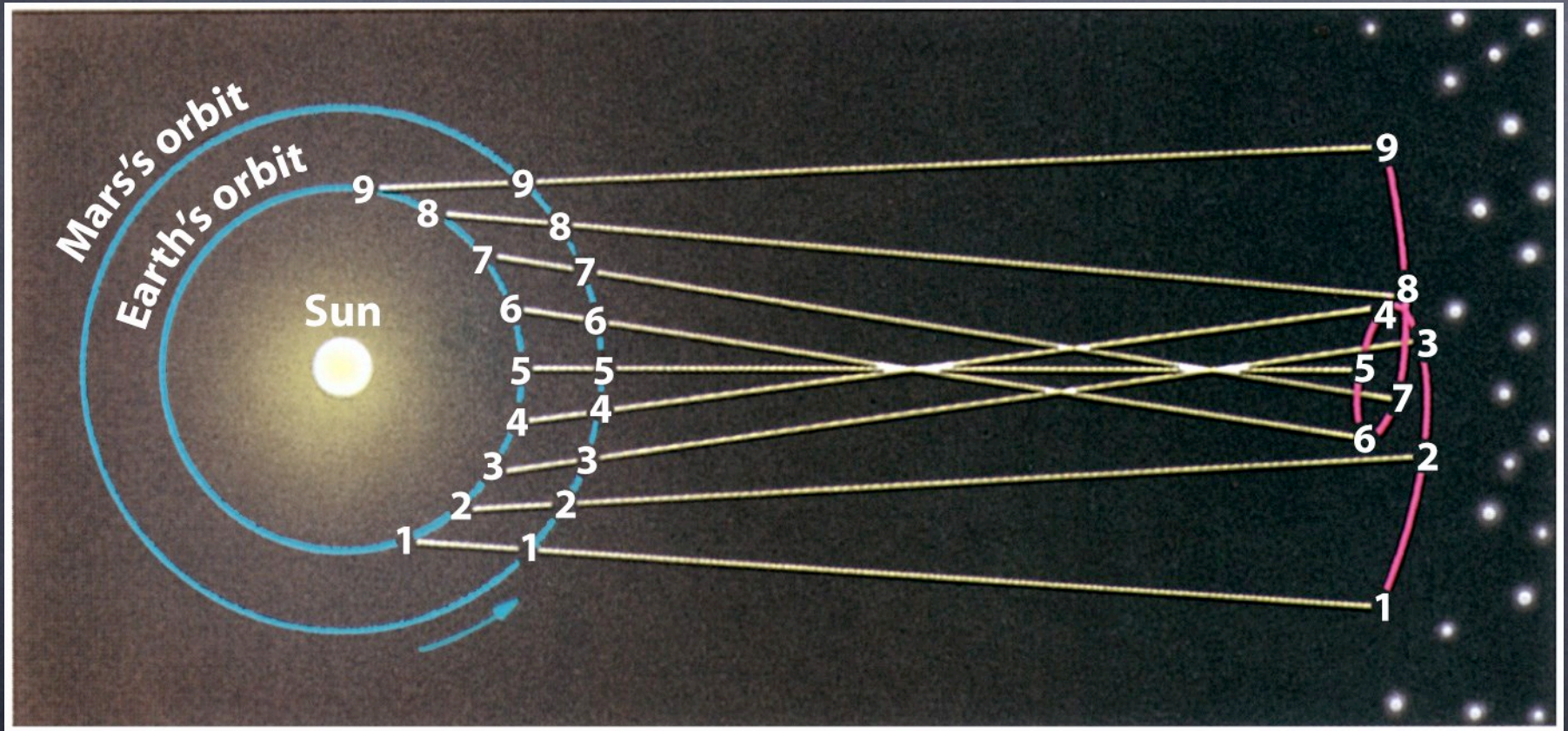


Så kan man övertygas om att solen befinner sig i världens mitt. Detta lär oss såväl planeternas inbördes ordning som harmonin hos världsalltet, om vi blott, som man säger, betraktar saken med båda ögonen

NIKOLAUS KOPERNIKUS

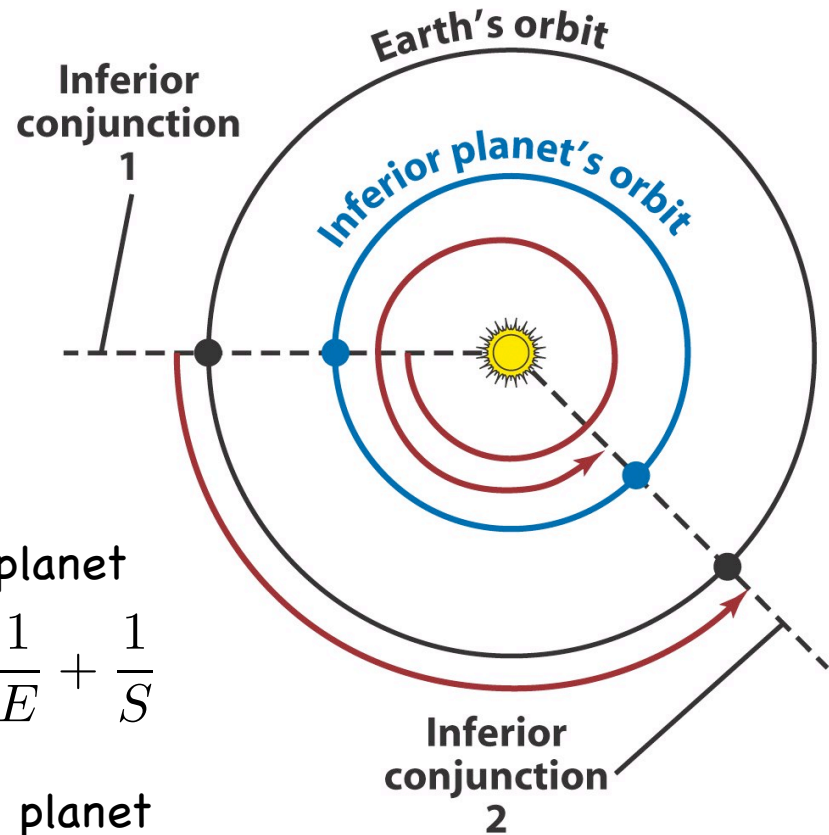
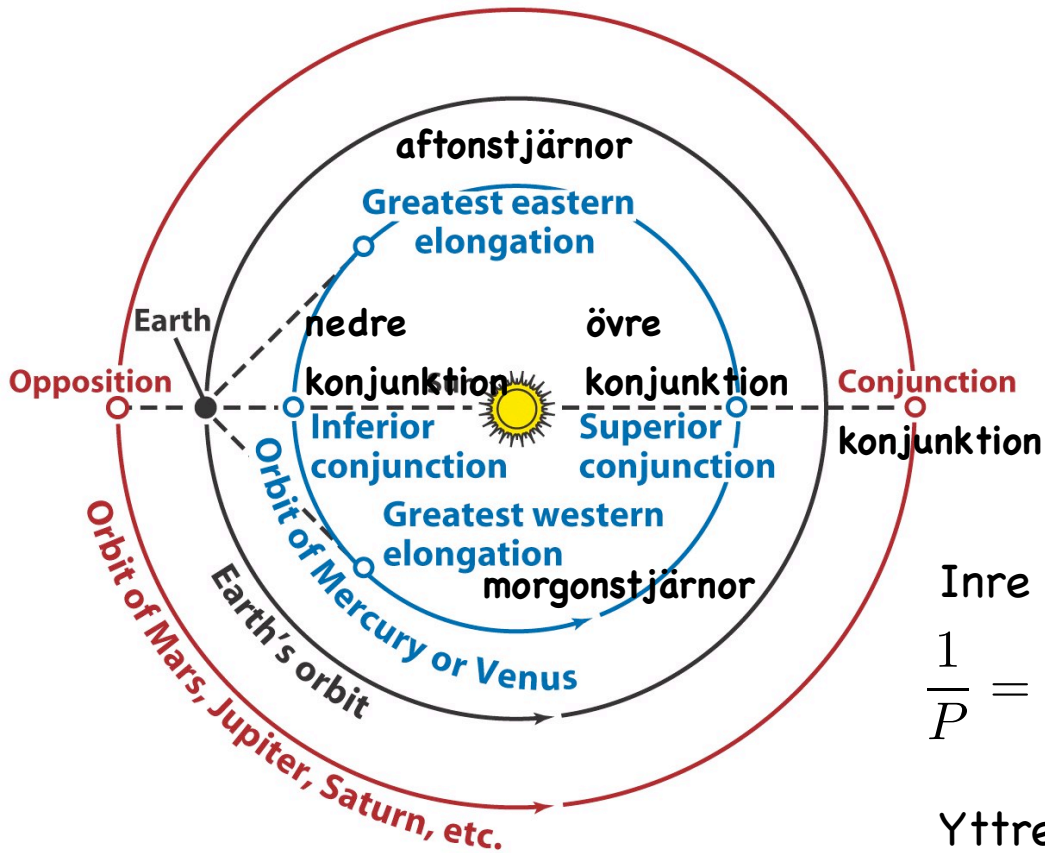
Om himlakropparnas kretslopp (1543)

En planet har retrograd rörelse sett från jorden när den passerar jorden



Tid mellan mars oppositioner är 2.1 år (RÖ8:5)

En planets synodiska period mäts relativt jorden och solen (t.ex. från en opposition till nästa)



Inre planet

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{E} + \frac{1}{S}$$

Yttre planet

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{E} - \frac{1}{S}$$

P = period för planet

E = period för jorden

S = synodisk per. för planet

table 4-2**Average Distances of the Planets from the Sun**

Planet	Copernican value (AU*)	Modern value (AU)
Mercury	0.38	0.39
Venus	0.72	0.72
Earth	1.00	1.00
Mars	1.52	1.52
Jupiter	5.22	5.20
Saturn	9.07	9.55
Uranus	—	19.19
Neptune	—	30.07
Pluto	—	39.54

**1 AU = 1 astronomical unit = average distance from the Earth to the Sun.*

table 4-1**Synodic and Sidereal Periods of the Planets**

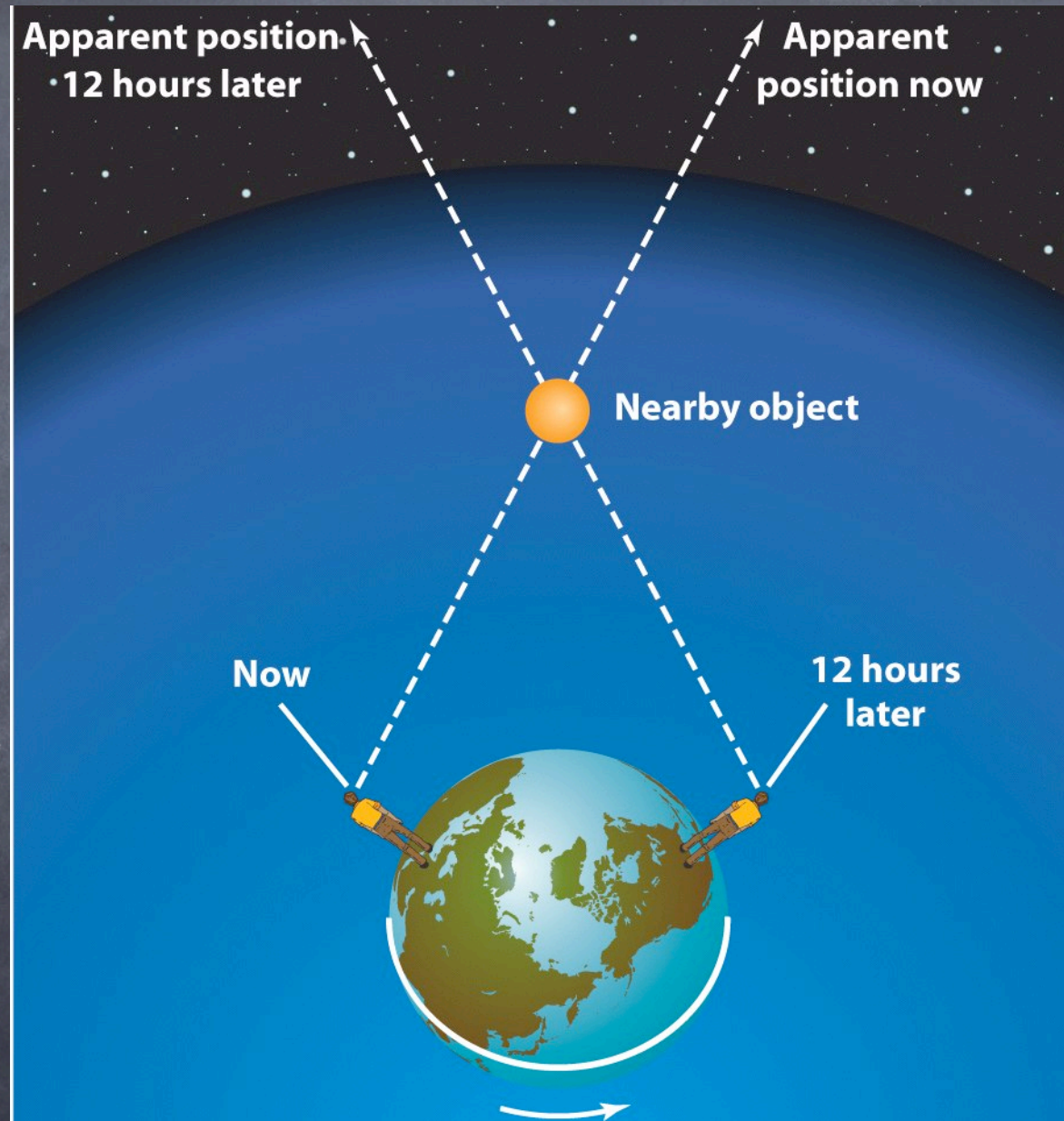
Planet	Synodic period	Sidereal period
Mercury	116 days	88 days
Venus	584 days	225 days
Earth	—	1.0 year
Mars	780 days	1.9 years
Jupiter	399 days	11.9 years
Saturn	378 days	29.5 years
Uranus	370 days	84.1 years
Neptune	368 days	164.9 years
Pluto	367 days	248.6 years

Tycho Brahes astronomiska observationer omkullkastade tidiga ideer om himlakropparnas rörelse



Parallax skift

- **Daglig parallax** uppstår genom jordens rotation
 - **Årlig parallax** uppstår genom jordens rörelse kring solen
- $D = 1/\pi$
där π är parallaxvinkeln i bågsekunder och D avståndet till stjärnan i parsek



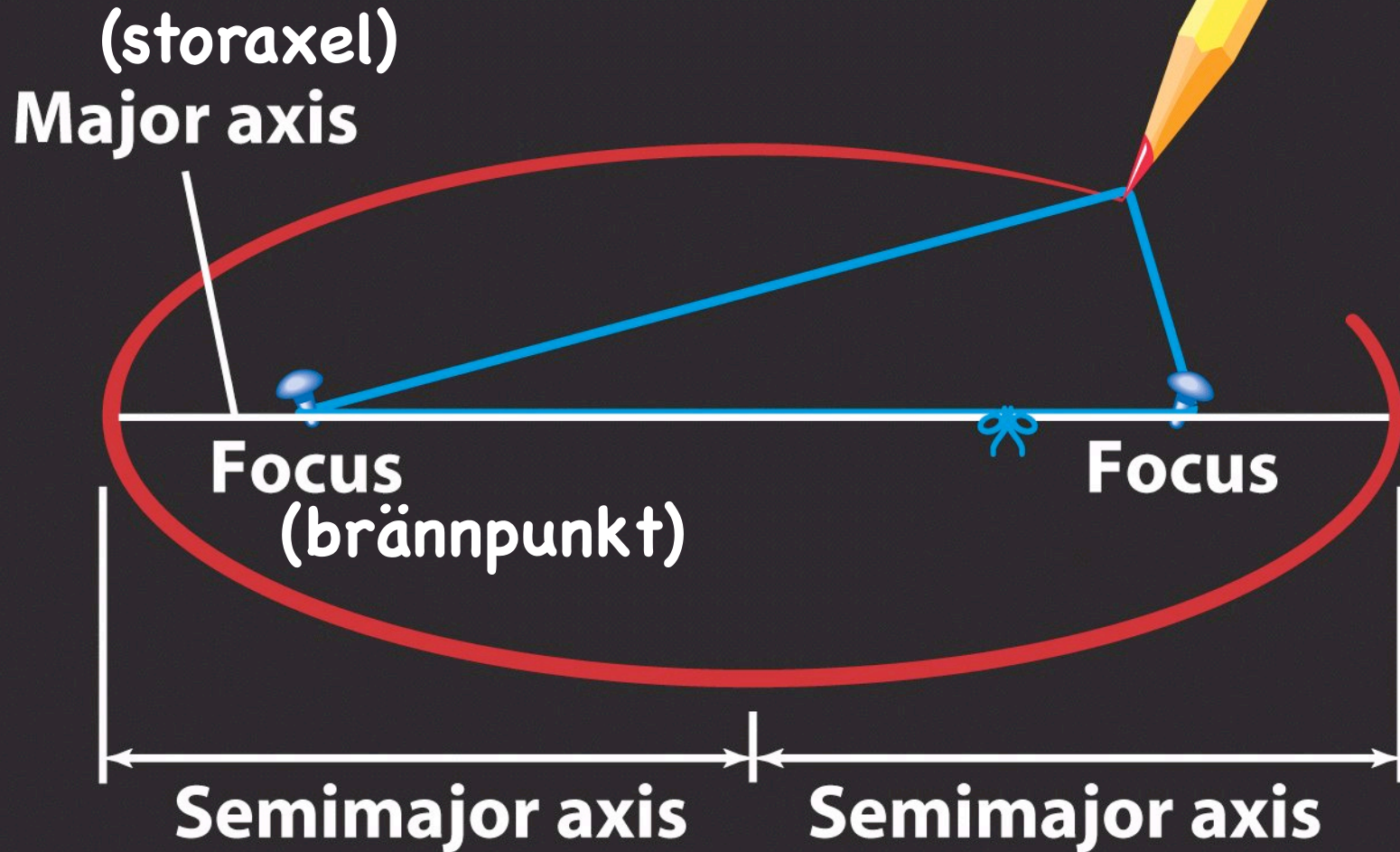
Johannes Kepler föreslog elliptiska banor för planeternas rörelse kring solen

- Kepler använde sig av Tycho Brahes observationsdata, och härledde tre lagar för planetrörelse:

1. Planeterna rör sig i ellipsbanor med solen i ena brännpunkten (1609)
2. Sammanbindningslinjen mellan solen och en planet överfar lika stora ytor på lika långa tider (dvs planetens banhastighet är större nära solen än längre ifrån den) (1609)
3. Förhållandet mellan kuben på en planets medelavstånd från solen och kvadraten på dess omloppstid är lika stort för alla planeter (1619)



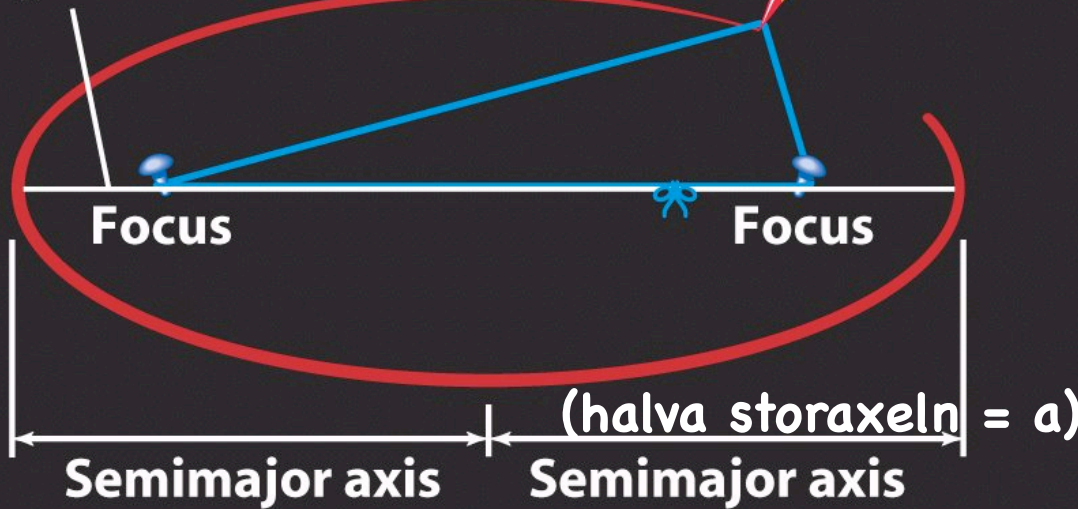
Keplers första lag



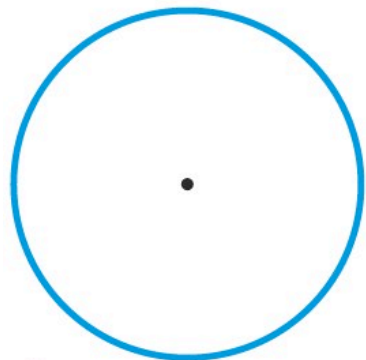
Excentricitet (e)

(storaxel)

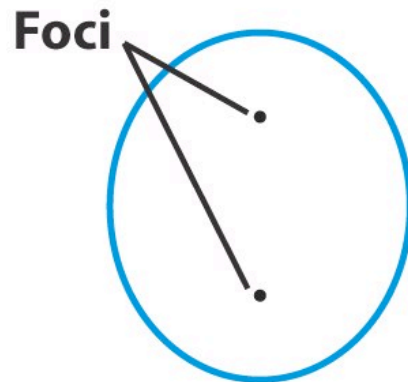
Major axis



(a)



(b) $e = 0$



$e = 0.50$



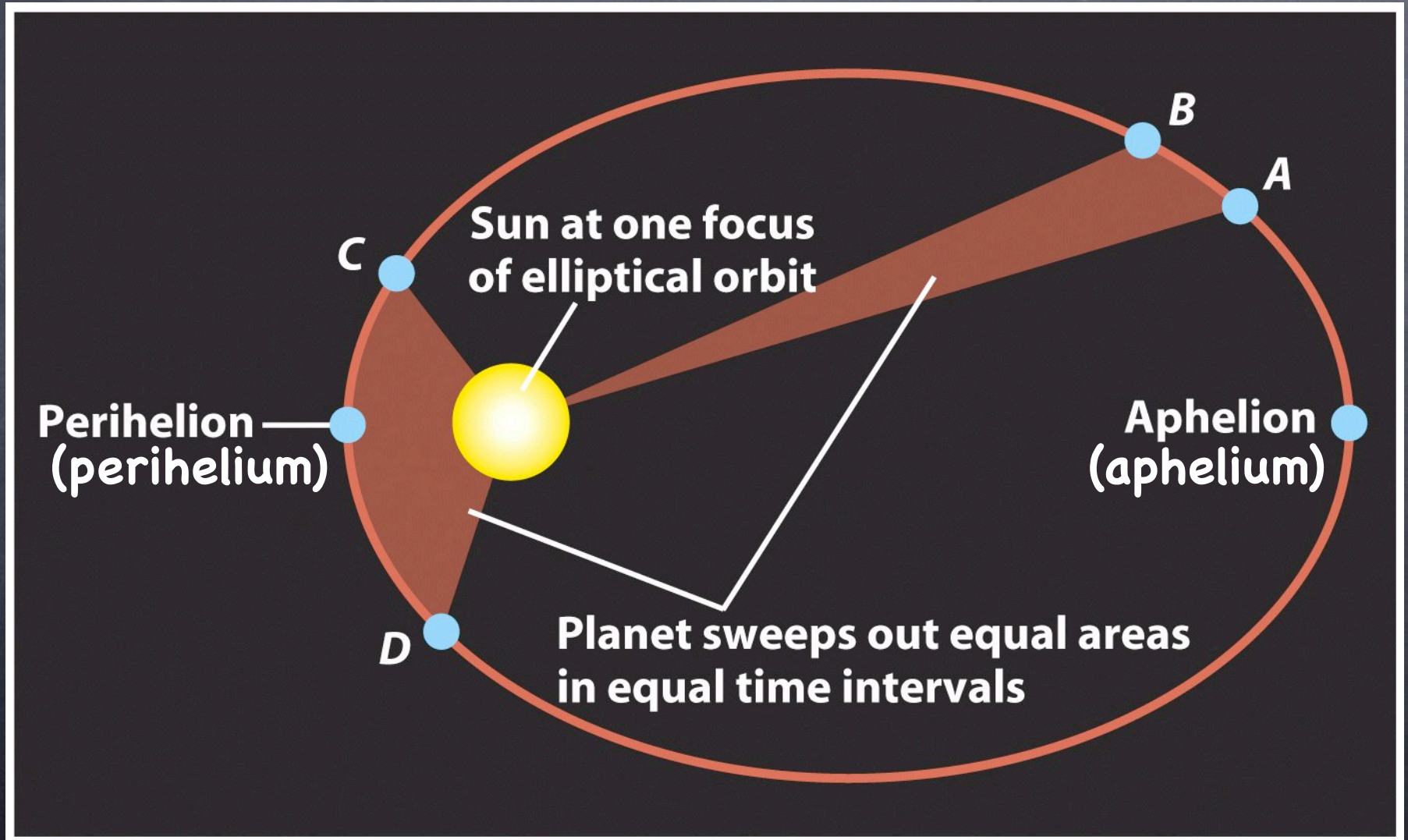
$e = 0.90$



$e = 0.99$

$e = 0.007$ för
Venus
 $e = 0.25$ för
Pluto

Keplers andra lag



Keplers tredje lag

table 4-3

A Demonstration of Kepler's Third Law ($P^2 = a^3$)

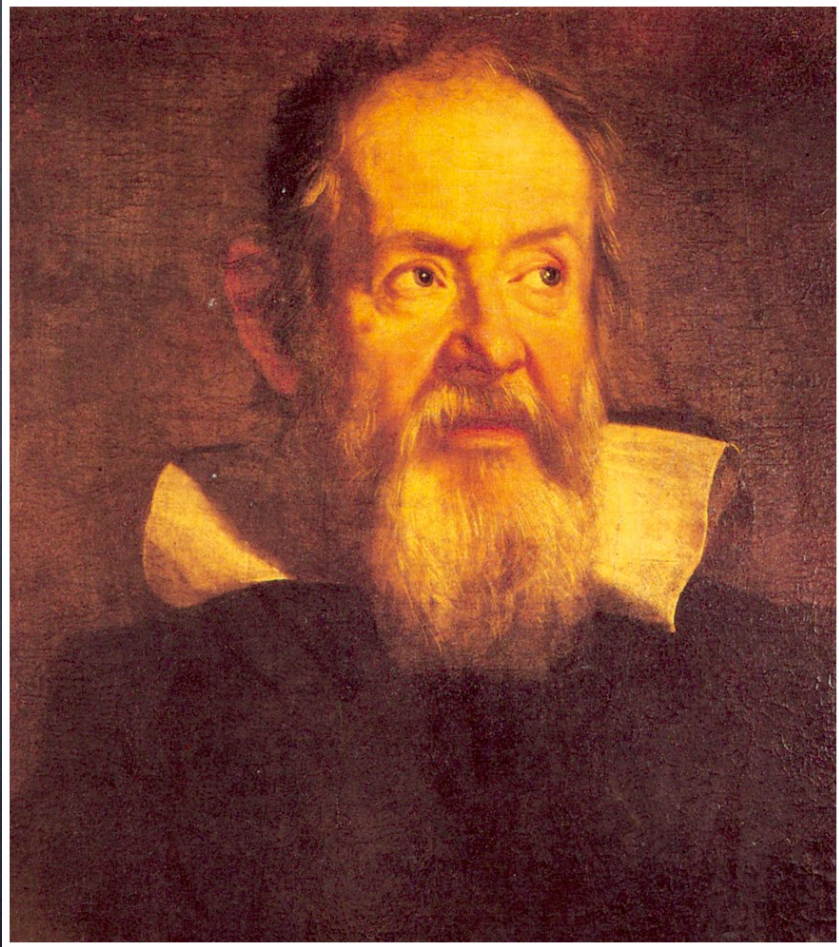
Planet	Sidereal period P (years)	Semimajor axis a (AU)	P^2	a^3
Mercury	0.24	0.39	0.06	0.06
Venus	0.61	0.72	0.37	0.37
Earth	1.00	1.00	1.00	1.00
Mars	1.88	1.52	3.53	3.51
Jupiter	11.86	5.20	140.7	140.6
Saturn	29.46	9.55	867.9	871.0
Uranus	84.10	19.19	7,072	7,067
Neptune	164.86	30.07	27,180	27,190
Pluto	248.60	39.54	61,800	61,820

$$P^2 = a^3$$

P = planetens sideriska period, i år

a = planetens halva storaxel, i AU

Galileo Galilei använde sig av teleskopet för att styrka den heliocentriska modellen

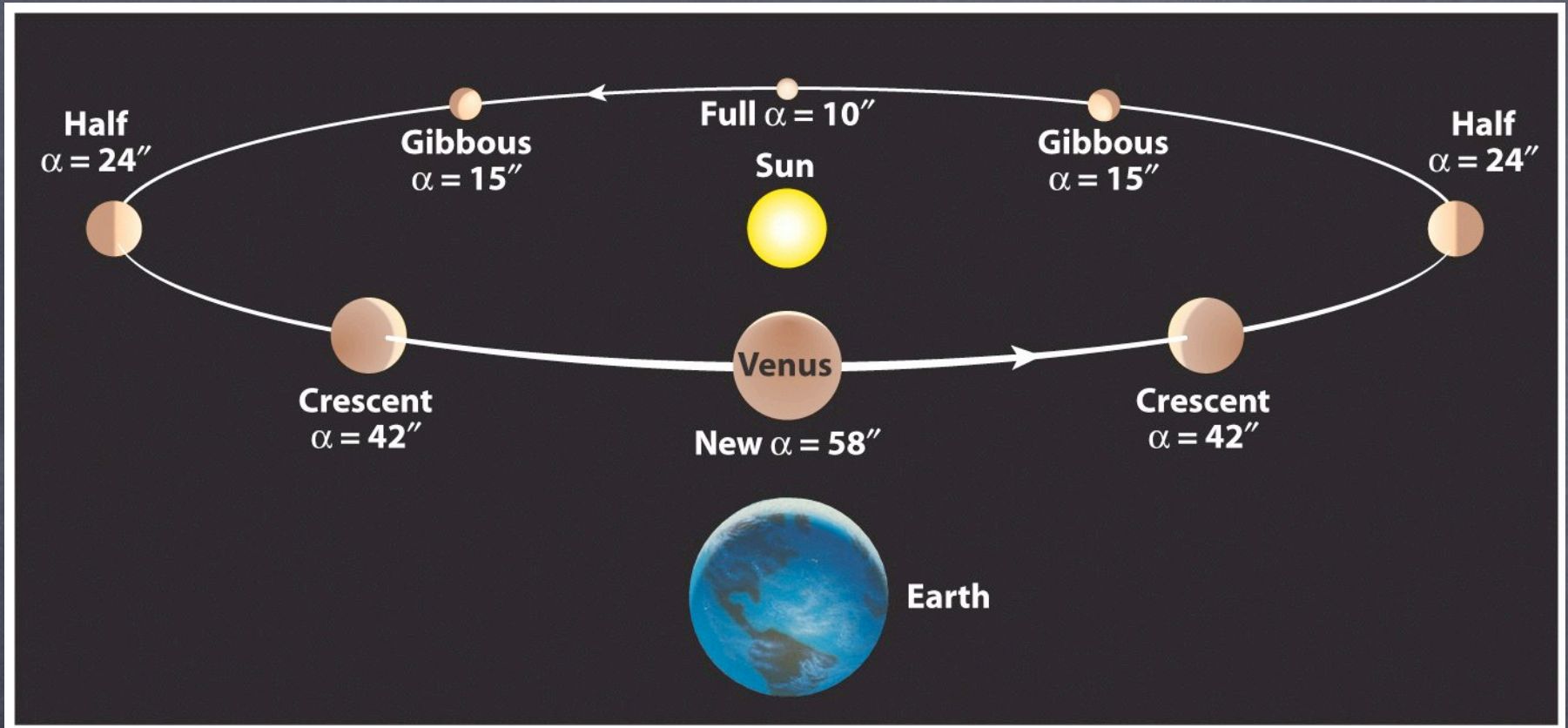


- Uppfinningen av teleskopet ledde Galilei till nya upptäckter som gav stöd för en heliocentrisk modell
- Bl.a. hans observationer av venus faser och rörelsen hos jupiters fyra stora månar

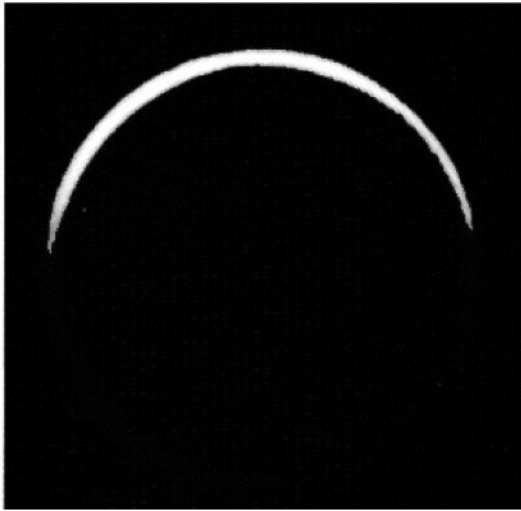
Numera har vi, tack vare teleskopet, fört himlarna trettio eller fyrtio gånger närmare oss än de var för Aristoteles, så vi kan urskilja många ting bland dem som han inte kunde se

GALILEO GALILEI

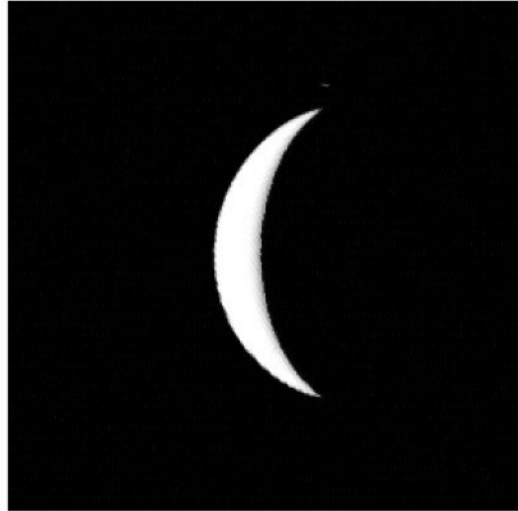
Dialog om de två stora världssystemen (1632)



- En av Gaileis viktigaste upptäckter var att venus, likt månen, uppvisar faser
- Galilei noterade också att venus synbara storlek är relaterad till dess fas
- Venus ser liten ut nära full och stor nära ny

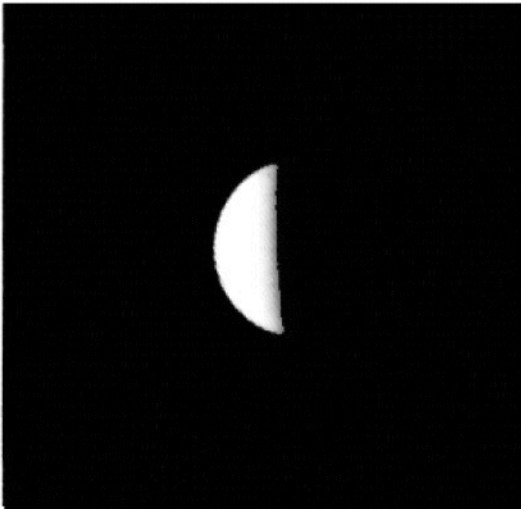


$$\alpha = 58^\circ$$

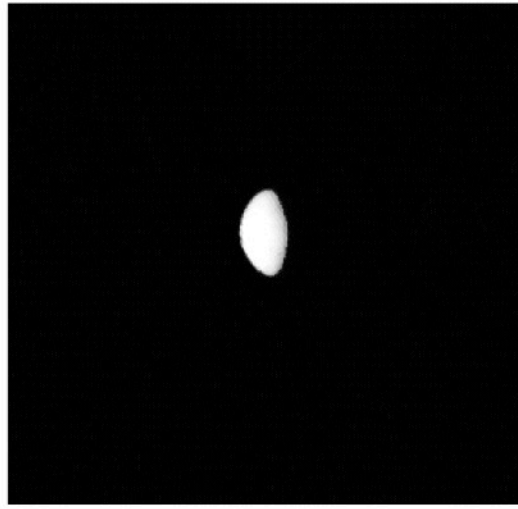


$$\alpha = 42^\circ$$

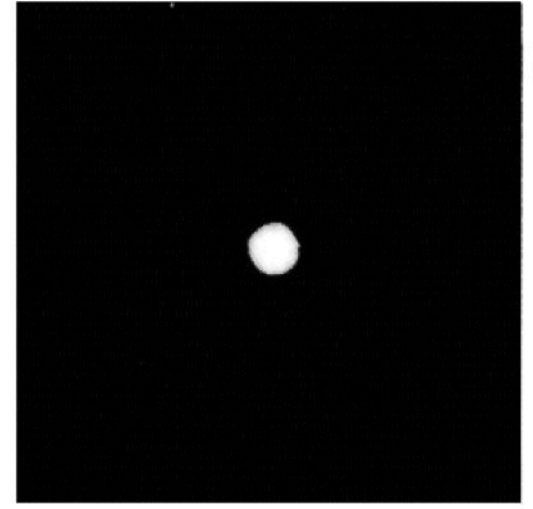
Venus faser och
dess apparenta
vinkelstorlek



$$\alpha = 24^\circ$$



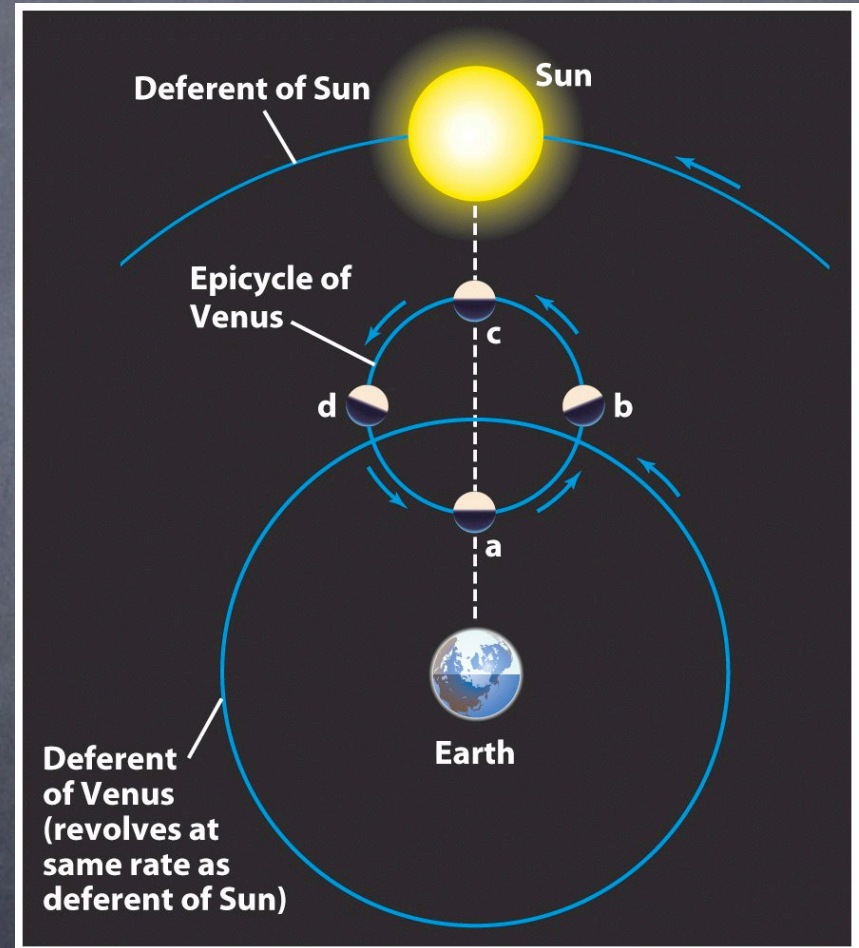
$$\alpha = 15^\circ$$



$$\alpha = 10^\circ$$

Geocentrisk

- För att förklara varför venus aldrig ses långt från solen så antog man att deras vinkelhastighet var den samma med venus epicykel centrerad längs en rät linje mellan jorden och solen
- I denna modell så befann sig venus aldrig bortom solen sett från jorden och venus skulle aldrig vara nära full som Galilei observerade



Observationer Jupiter

2. 9bris.
mars H. 12

○ **

30. mars

** ○ *

2. 7br.

○ ** *

3. mars

○ * *

3. Ho. 5.

* ○ *

4. mars

* ○ **

6. mars

** ○ *

8. mars H. 13.

* * * ○

10. mars

* * * ○ *

11.

* * ○ *

12. H. 4 2/3

* ○ *

13. mars

* ** ○ *

14. april

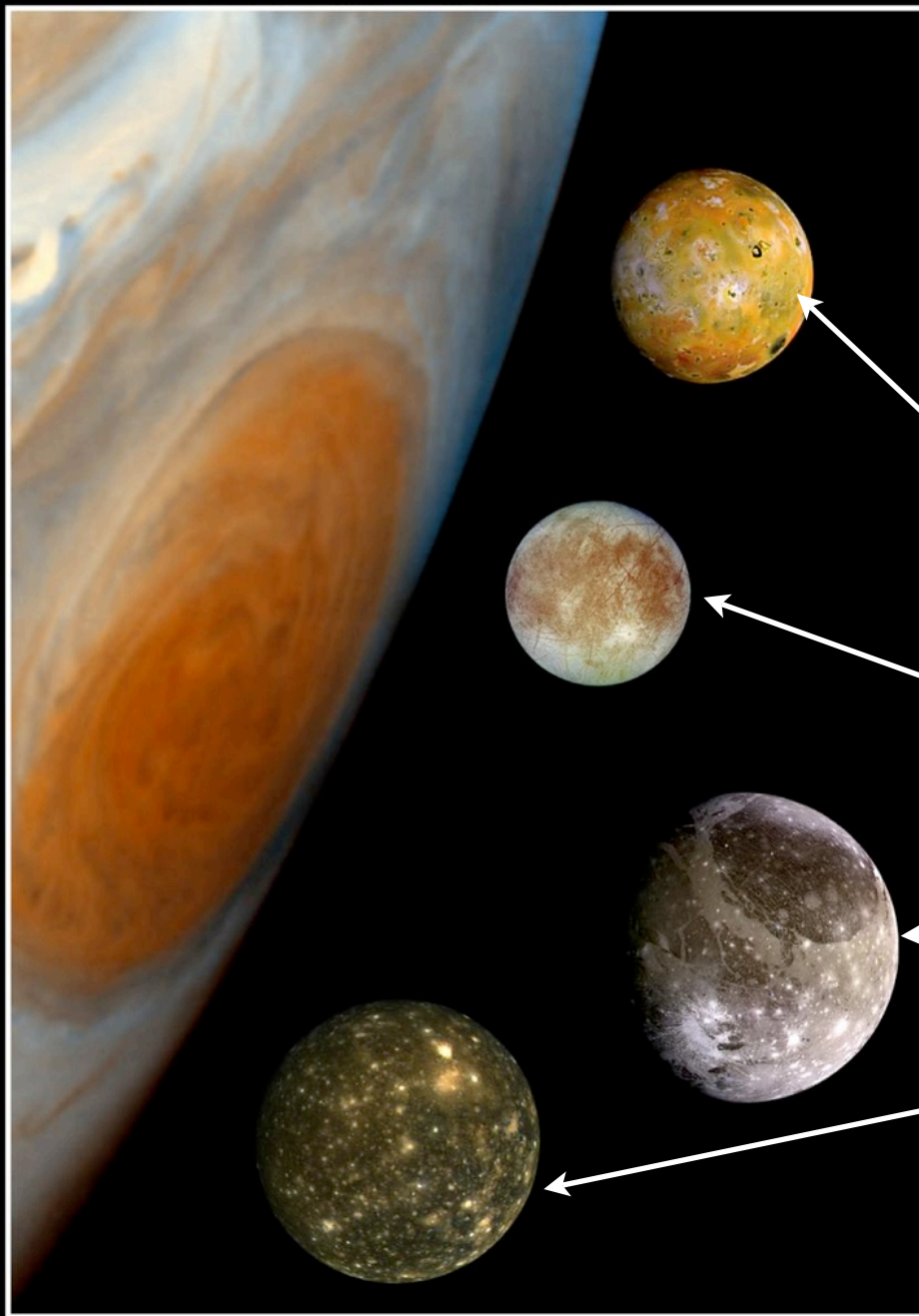
* * * ○ *

- 1610 upptäckte Galilei fyra månar, nymra kallade de galileiska månarna, i omloppsbana kring Jupiter

Jupiter och de galileiska månarna



Jupiter och de galileiska månarna



IO

EUROPA

GANYMEDES

CALLISTO

Isaak Newton formulerade tre lagar beskrivandes den fysikaliska verkligheten



- Newtons lagar och gravitations lagen är allmänna och tillämpbara både på planeter och fallande äpplen

1. **tröghetslagen:** en kropp förblir i vila eller likformig, rätlinjig rörelse, såvida den inte av krafter tvingas ändra detta tillstånd
2. **accelerationslagen:** $F = m a$ (kraften verkandes på ett objekt är proportionell mot dess massa och acceleration), $a = 9.8 \text{ m/s}^2$ vid jordytan pga jordens gravitation (jfr tyngd)
3. **lagen om verkan och motverkan:** när en kropp utverkar en kraft på en annan så känner den en lika stor motverkad kraft från denna

Newtons gravitationslag

$$F = G \left(\frac{m_1 m_2}{r^2} \right)$$

F = gravitationella kraften mellan två objekt (1 Newton = kg m/s²)

m_1 = första objektets massa (kg)

m_2 = andra objektets massa (kg)

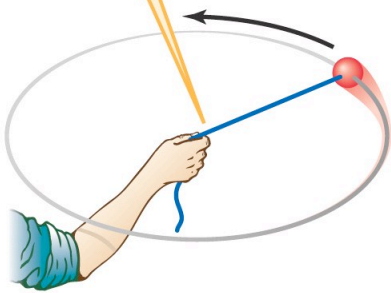
r = avståndet mellan massorna (m)

G = gravitationskonstanten = $6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2 =$

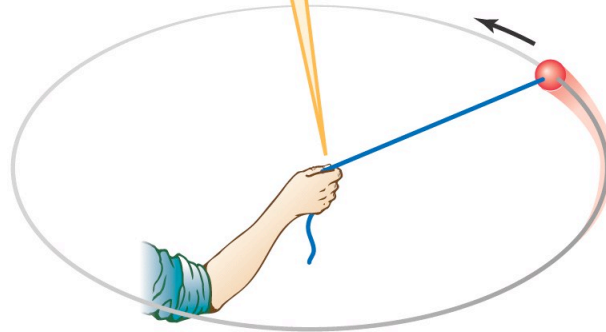
$6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg/s}^2$

Ur Newtons beskrivning av gravitationen kan Keplers lagar härledas och rörelsen hos planeterna och andra kroppar beskrivas

To make a ball move at a high speed in a small circle requires a strong pull.



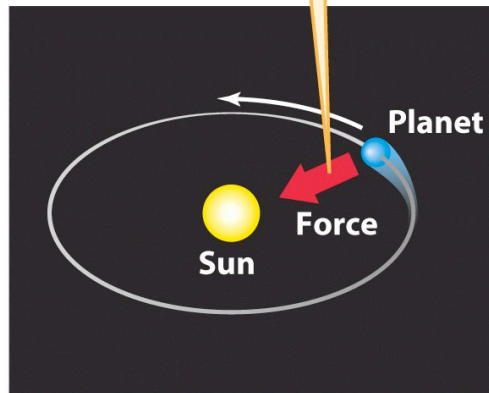
To make the same ball move at a low speed in a large circle requires only a weak pull.



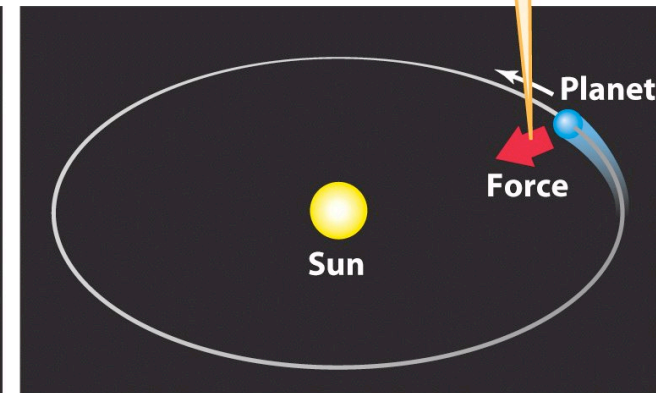
$$F = m \cdot a$$

$$F = G \left(\frac{m_1 m_2}{r^2} \right)$$

To make a planet move at a high speed in a small orbit requires a strong gravitational force.



To make the same planet move at a low speed in a larger orbit requires only a weak gravitational force.



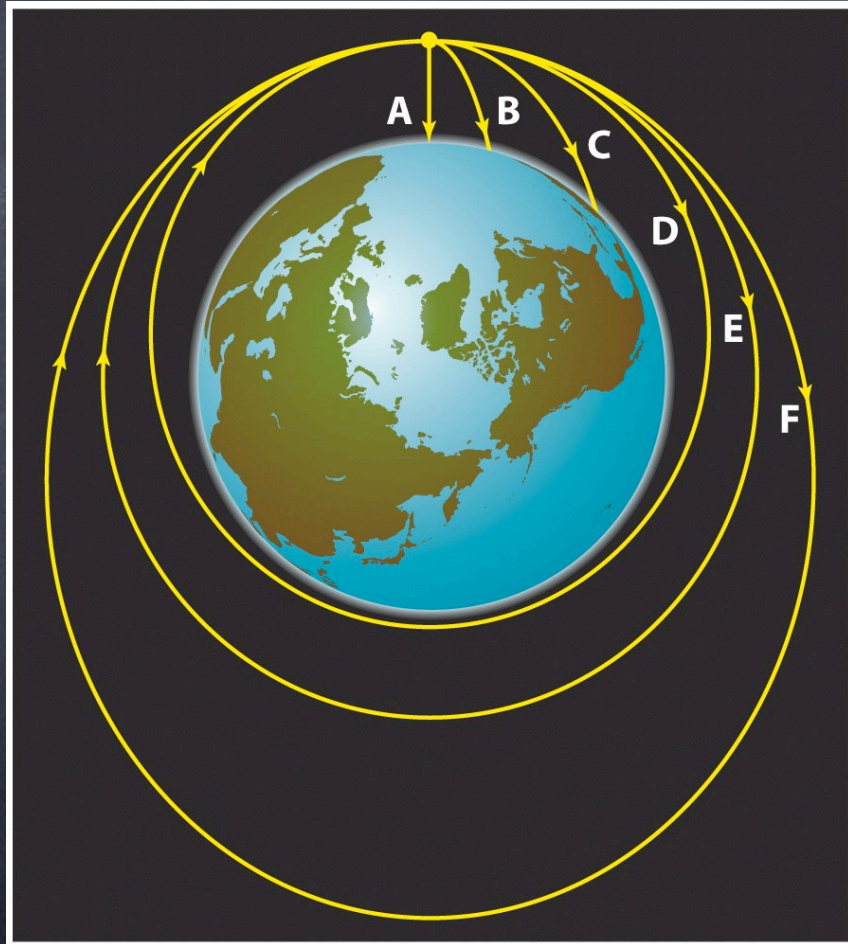
Newton's form av Keplers tredje lag

$$P^2 = \left[\frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} \right] a^3$$

(P i sekunder, m i kg, a i meter,
 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$)

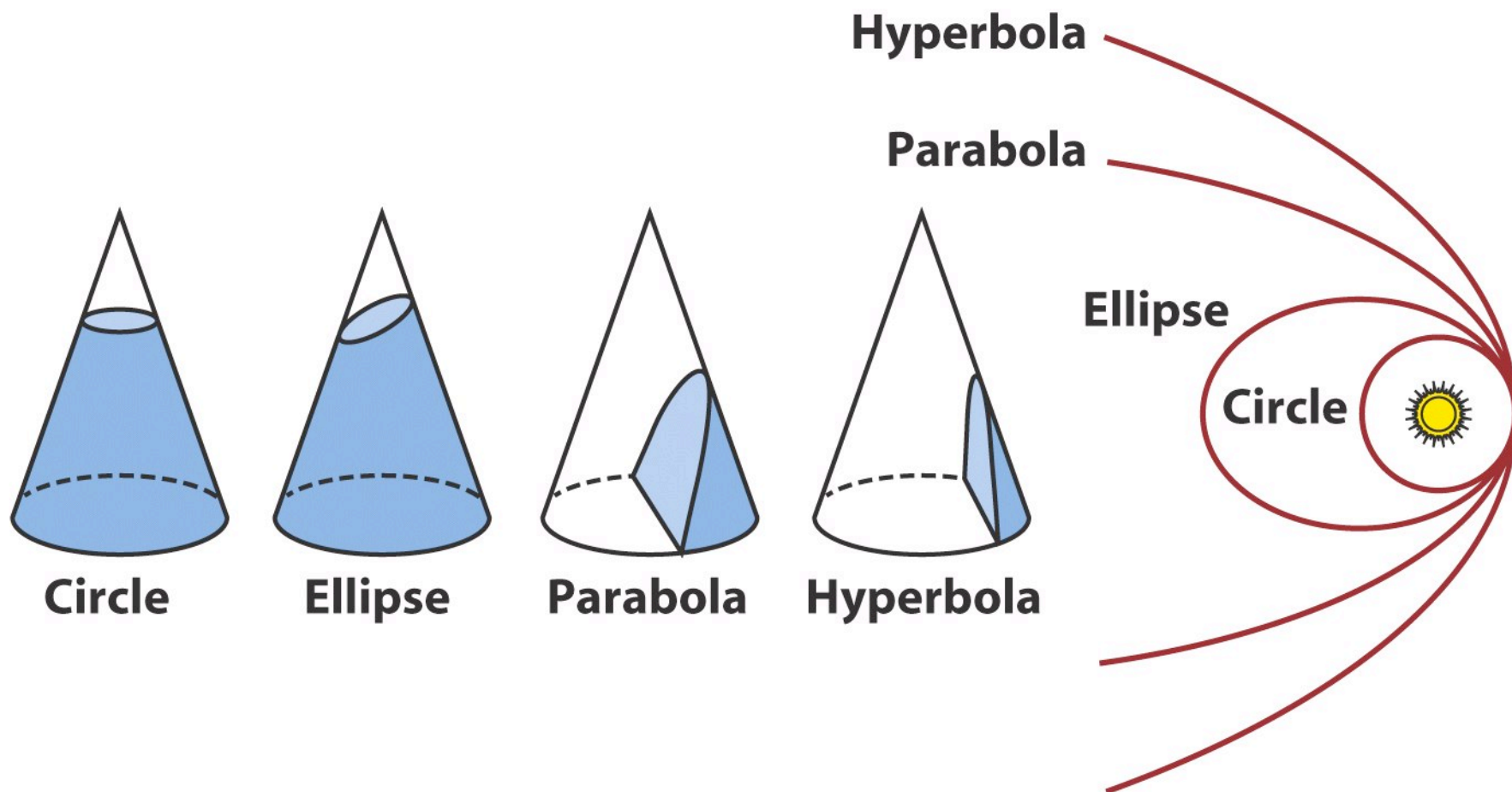
jfr: Keplers 3a : $P^2 = a^3$, där P i år, a i AU

Banrörelse



- Gravitationslagen håller planeterna i omloppsbanor
- Sträcka A, B, och C har inte den horisontella hastighet som krävs för att undfly jordens yta medans banorna D, E, och F har det som krävs
- Bana E har en horisontell hastighet som ger en cirkulär rörelse runt jorden

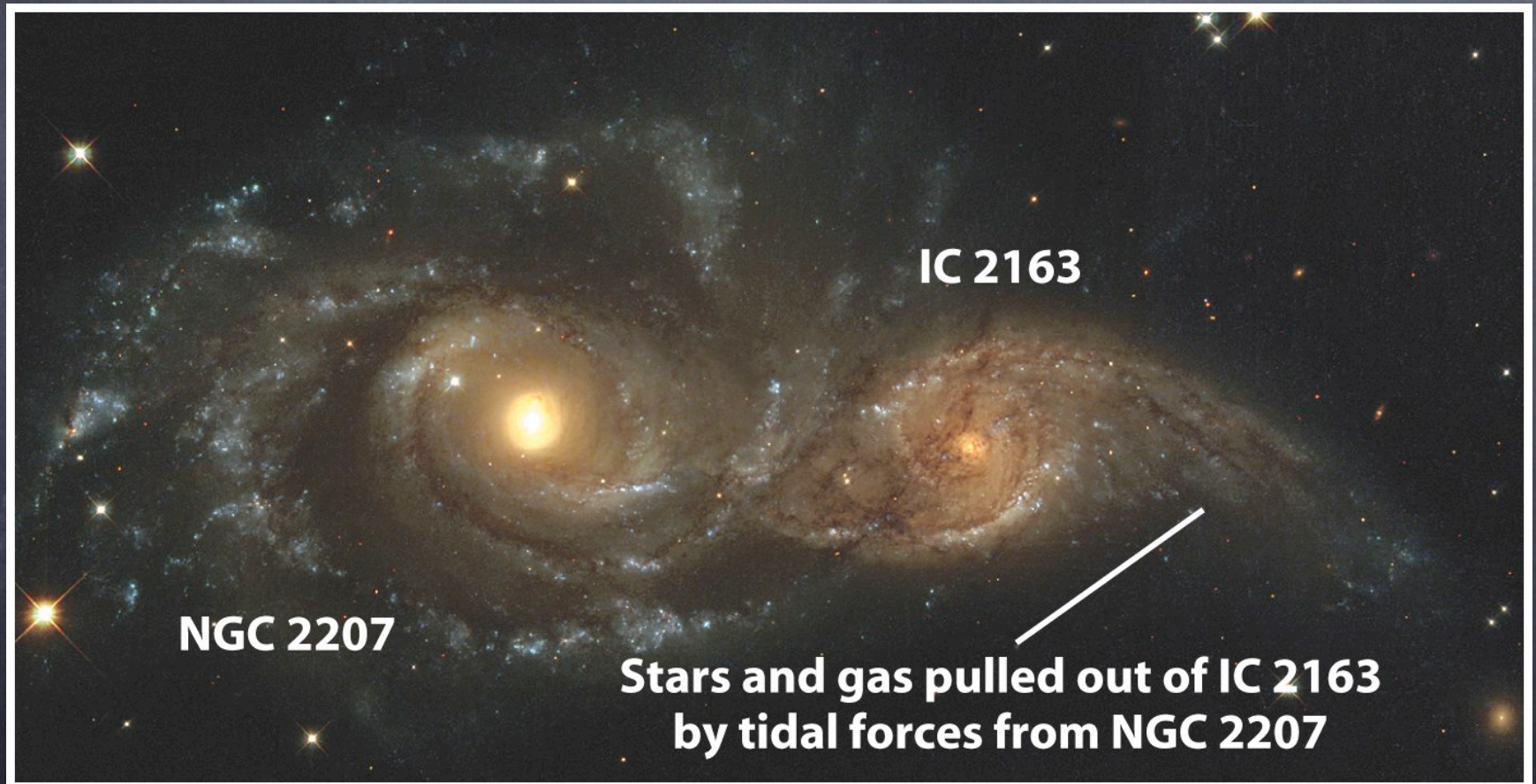
Olika typer av banor ("koniska snitt")



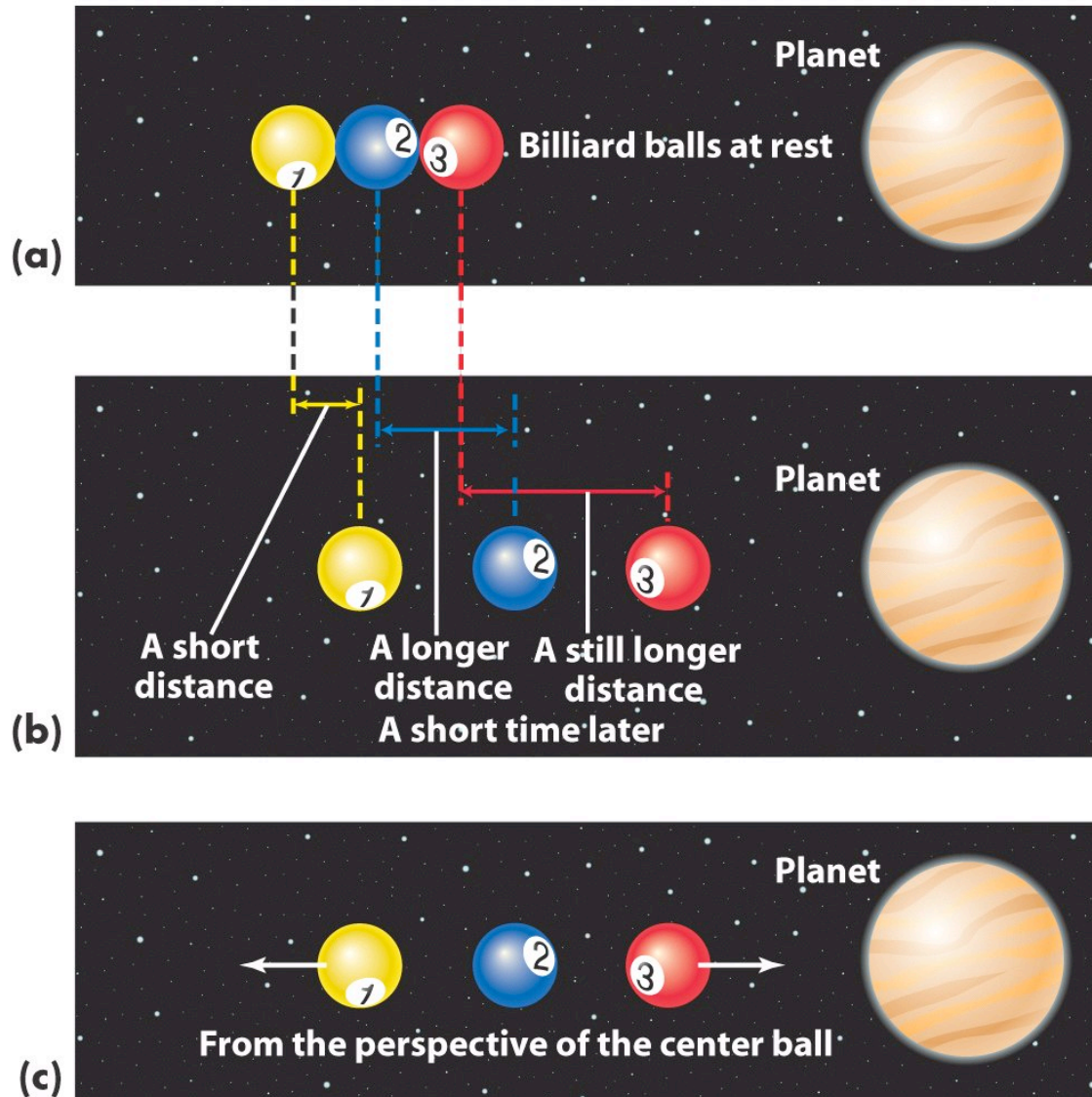
Halleys komet, $P = 76$ år, $e=0.967$



Gravitationella krafter mellan två objekt skapar en tidvatteneffekt

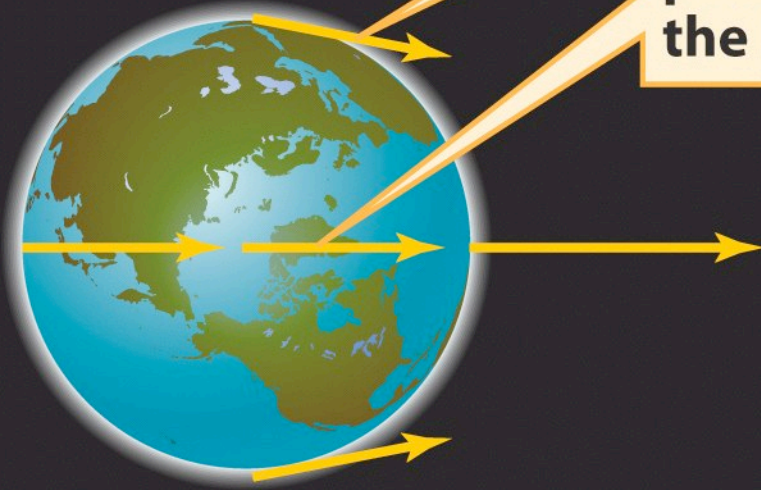


Tidvatteneffekten



The yellow arrows indicate the strength and direction of the Moon's gravitational pull at selected points on the Earth.

Earth



Moon

The yellow arrows indicate the strength and direction of the Moon's tidal forces acting on the Earth.



Moon

**From the perspective
of the center of the Earth**

**This person
is at low tide**

**This person is
at high tide**

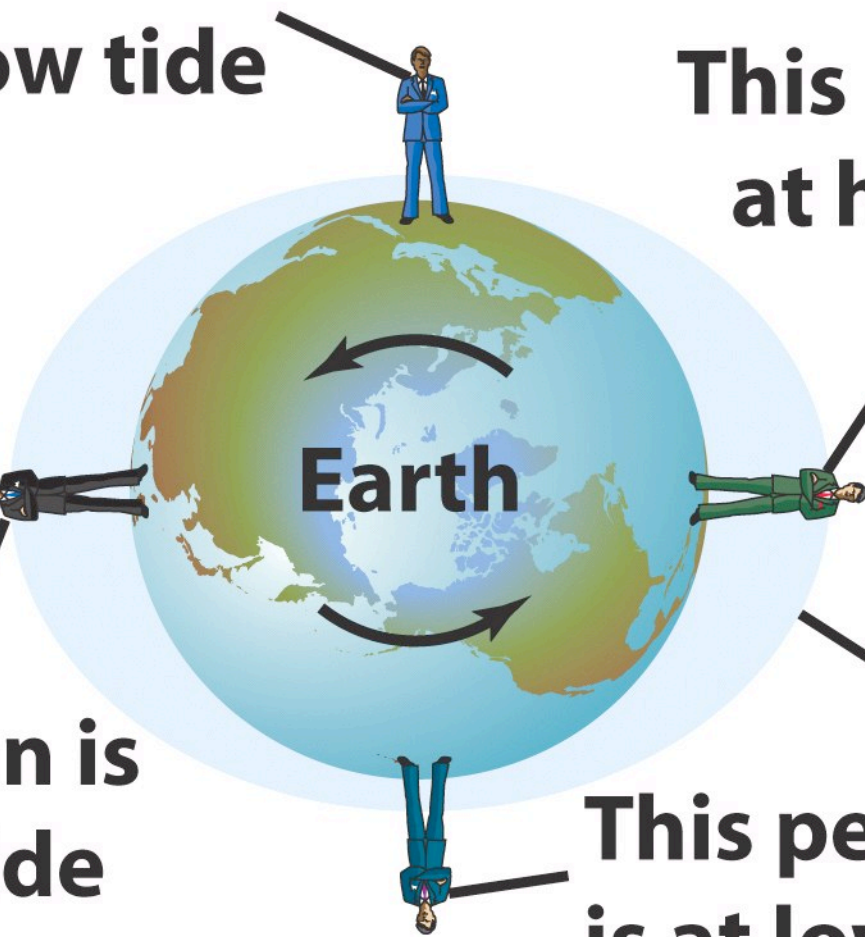
Moon

**This person is
at high tide**

Earth

Oceans

**This person
is at low tide**





Moon

Sun

Spring tide
Springflod

Neap tide
Nipflod

