

Movimiento de los Planetas

Cosmología Geocéntrica

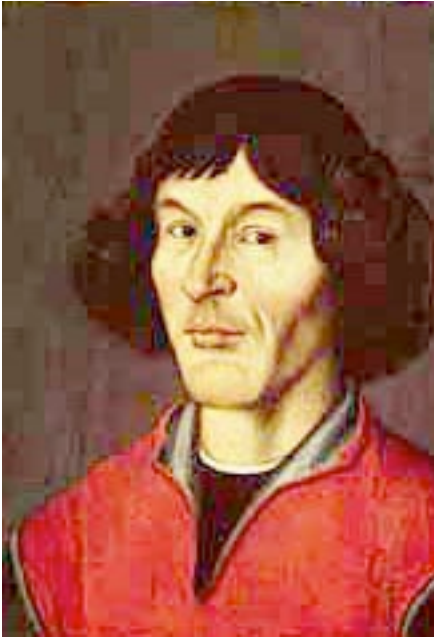
Copérnico: Cosmología Heliocéntrica

Galileo Galilei

Tycho Brahe y Johannes Kepler

Leyes de Kepler

Principios de la Mecánica



*Nicholas
Copernicus
1473 - 1543*



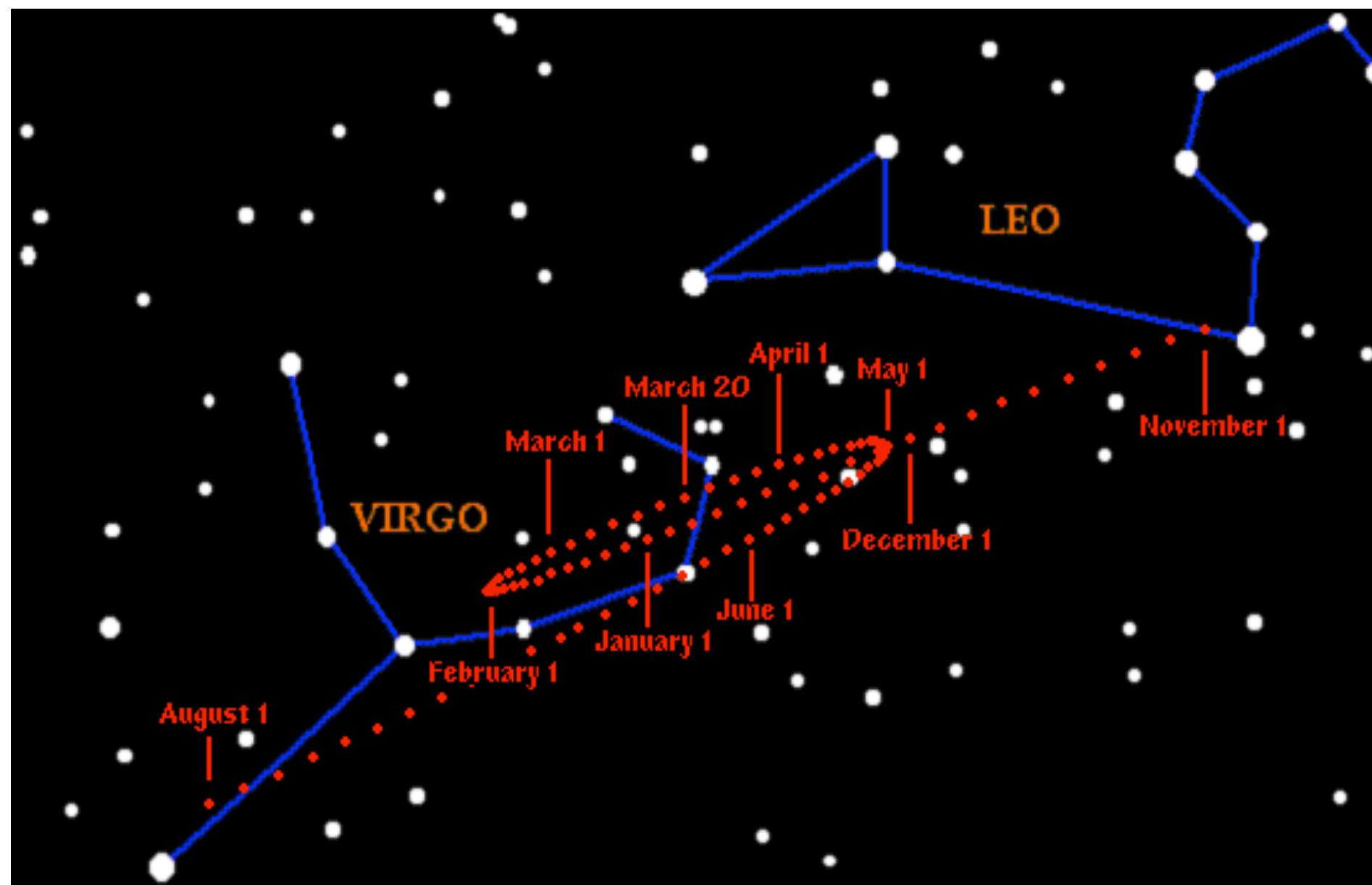
*Galileo Galilei
1564 - 1642*

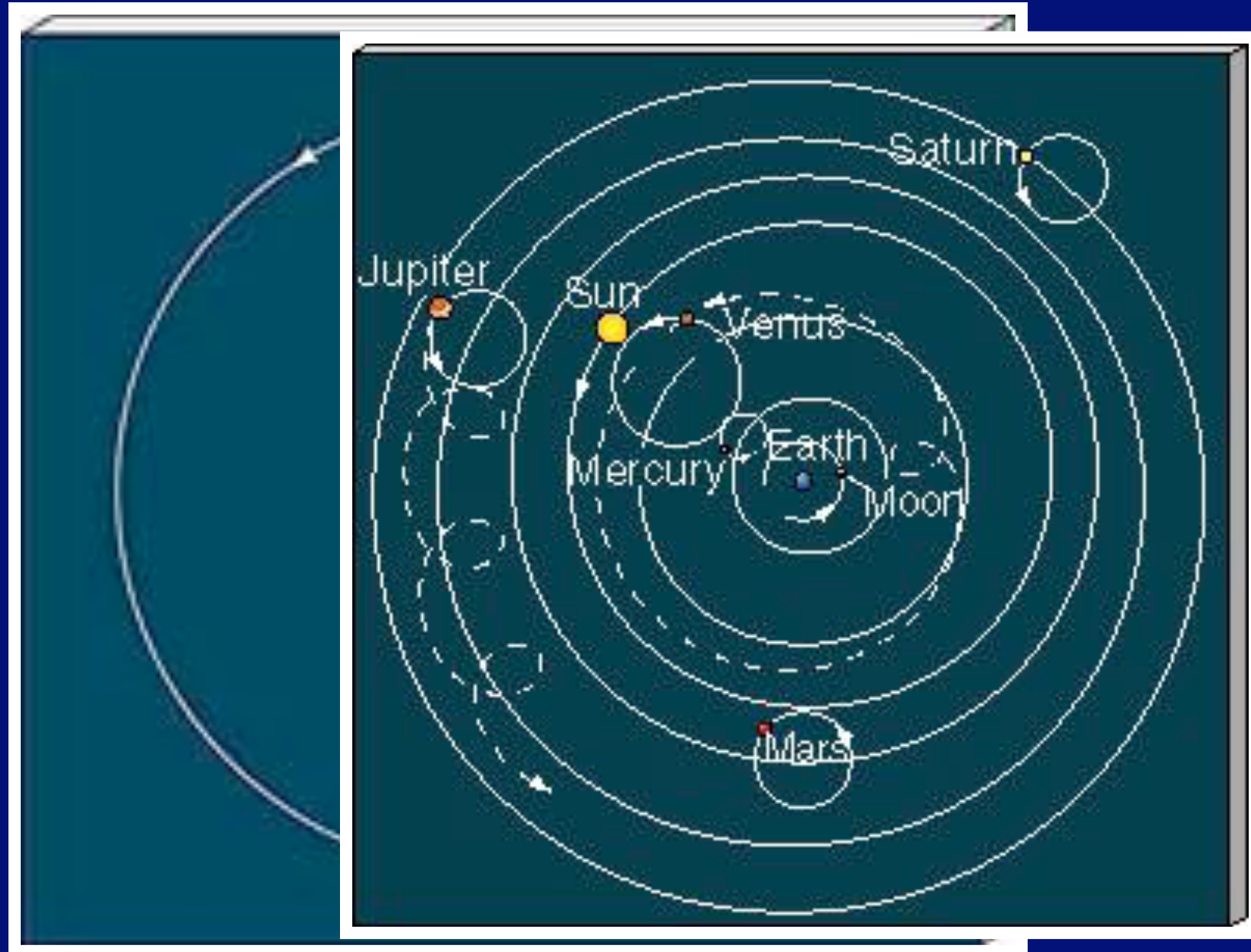


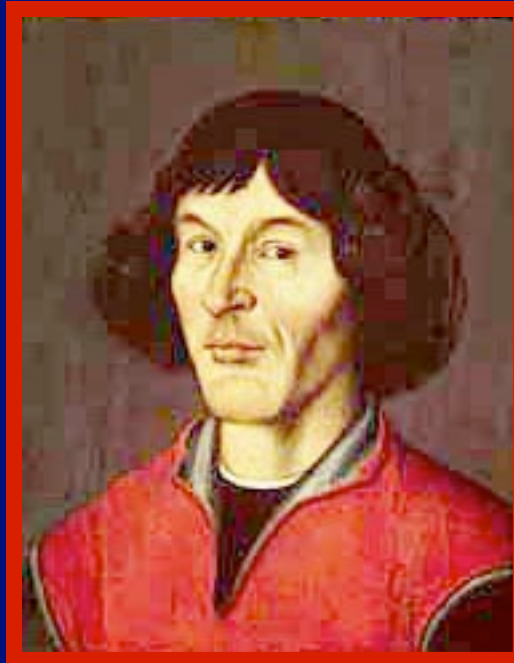
*Johannes Kepler
1571 - 1630*



*Isaac Newton
1642-1727*







Nicholas Copernicus
1473 - 1543

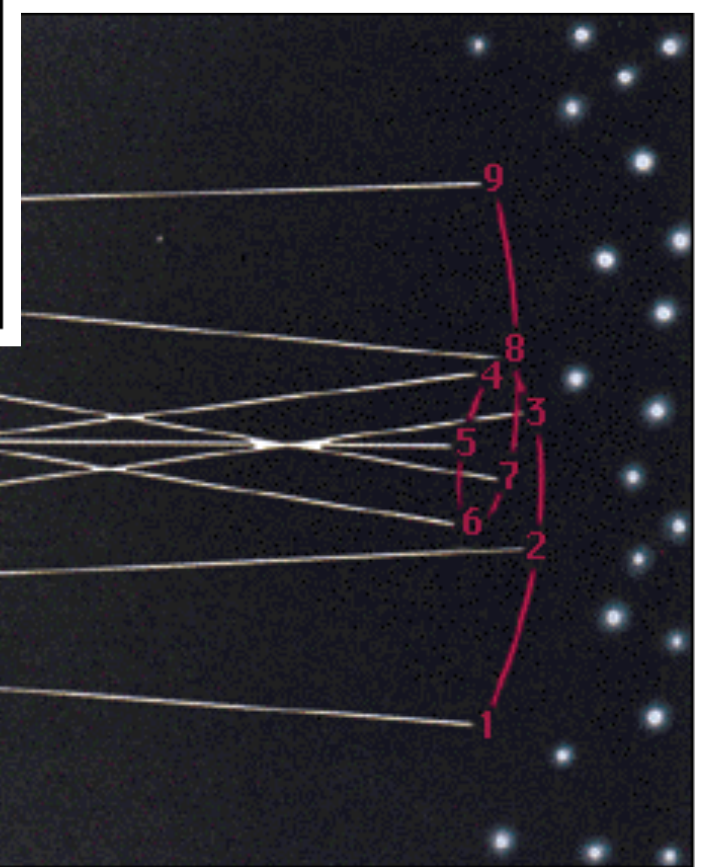
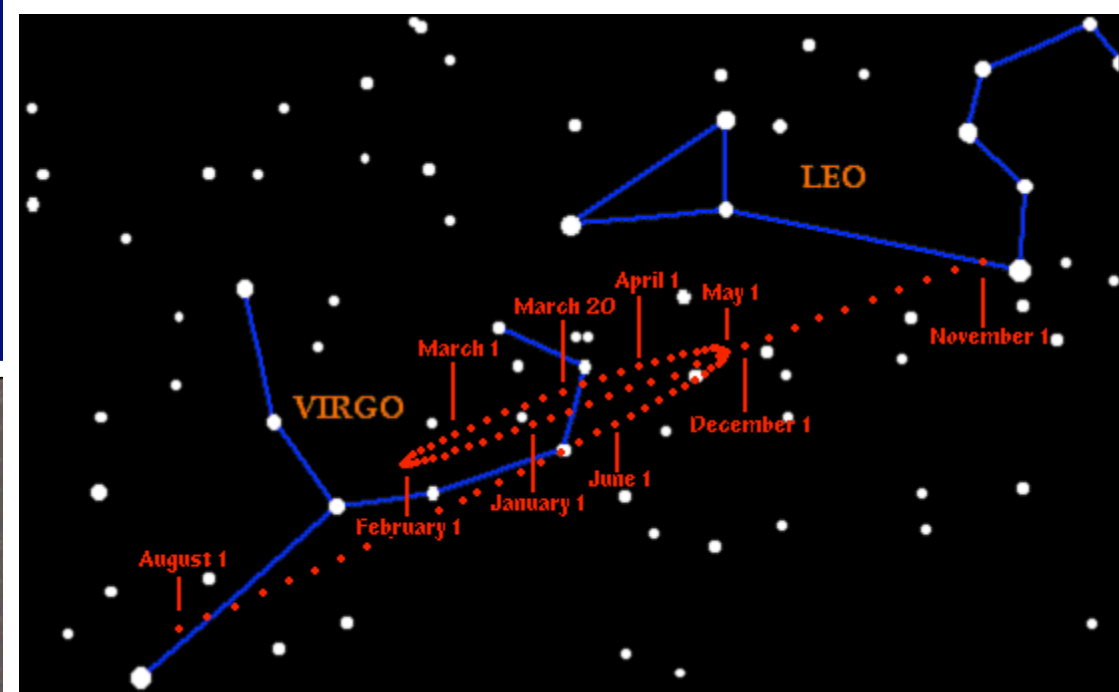
Visión Heliocéntrica

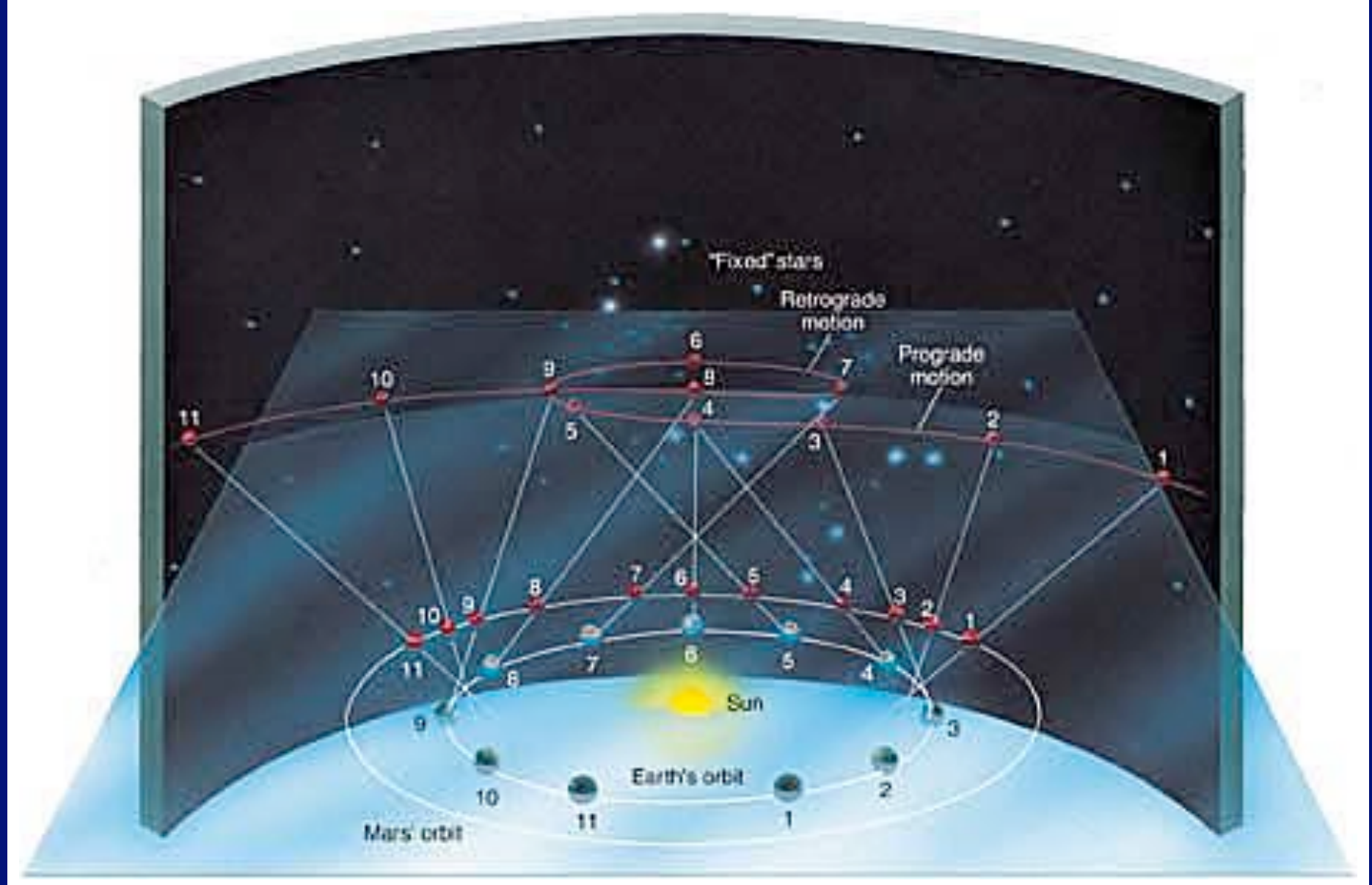
- Aristarchus propone una explicación más simple.

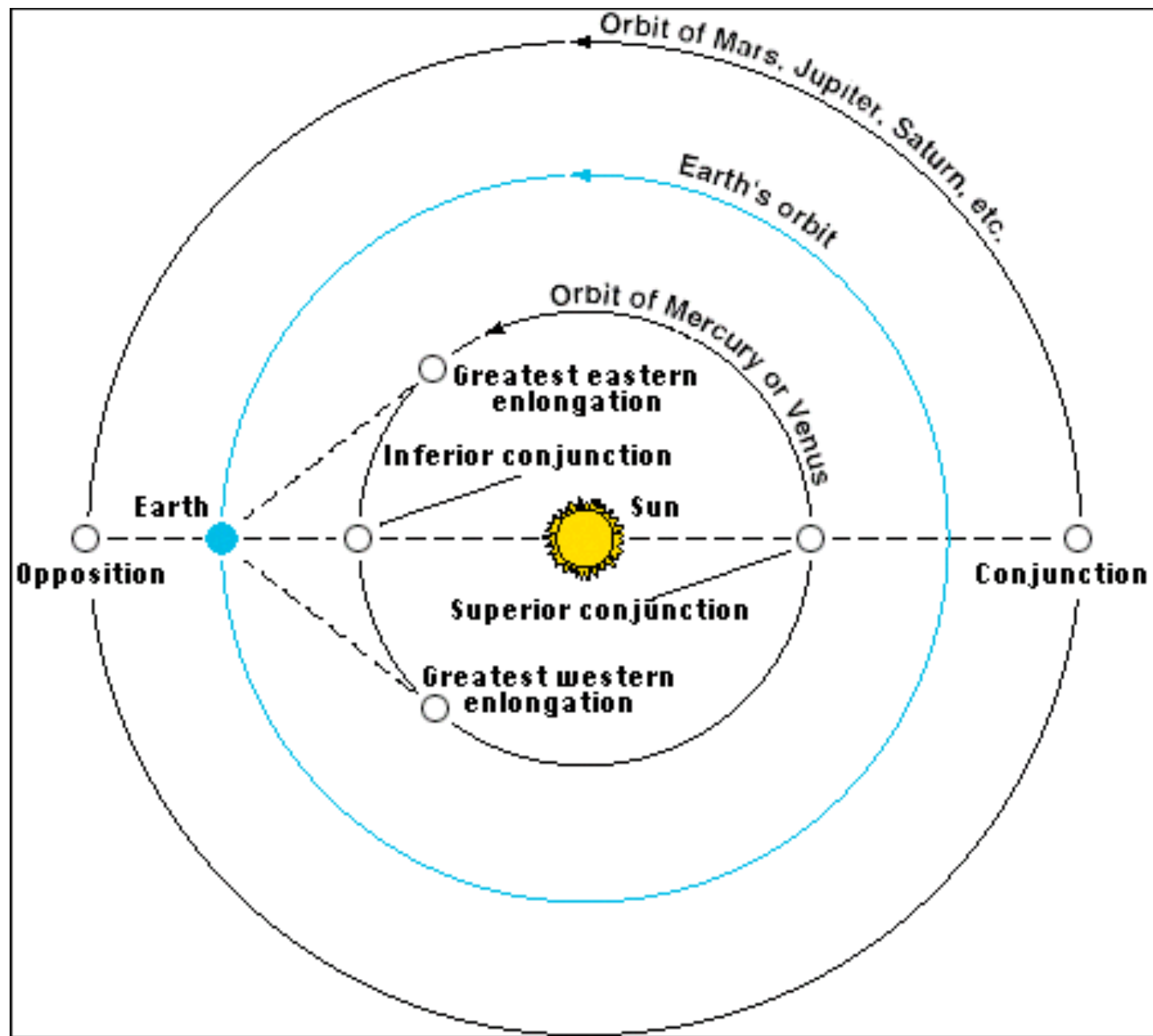
Todos los planetas, la Tierra incluida, giran alrededor del Sol.

- Sin embargo esta teoría no fue atendida hasta 700 años más tarde por Copérnico, año 1500.
 - Determinó cuales planetas están más cerca al Sol que la Tierra. Mercurio y Venus siempre están cerca del Sol.
 - Determinó cuales están más lejos que la Tierra. Marte, Júpiter y Saturno, se ven más alto en el cielo cuando el Sol está bajo el horizonte.
 - Urano, Neptuno y Plutón fueron descubiertos mas tardes con telescopios.

Gran Revolución científica: Tierra ya no es el centro









Galileo Galilei
1564 - 1642

Galileo Galilei: El telescopio

- Invención: dispositivo para concentrar, enfocar y ampliar la luz.
- Descubrimientos:
 - **Fases de Venus**; cambio de tamaño al moverse por el cielo.
 - **4 lunas de Júpiter**; orbitan con periodos entre 2 y 17 días. Hoy sabemos que tiene 16 lunas.



Johannes Kepler
1571 - 1630

Tycho Brahe y J. Kepler

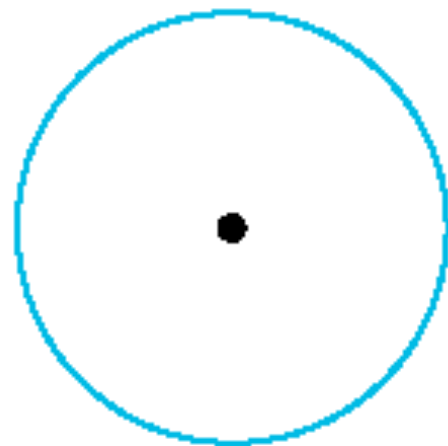
Brahe, a fines del siglo 16, fue el primer astrónomo que demostró la teoría heliocéntrica

Hizo mediciones de la posición de los planetas con una precisión de 1 minuto de arco.

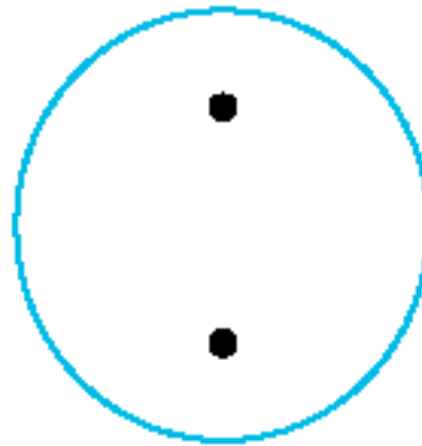
Kepler, usó estos datos para determinar la órbita de los planetas $\Rightarrow$ Primera ley

Órbitas de los planetas son elípticas, con el Sol en uno de sus focos

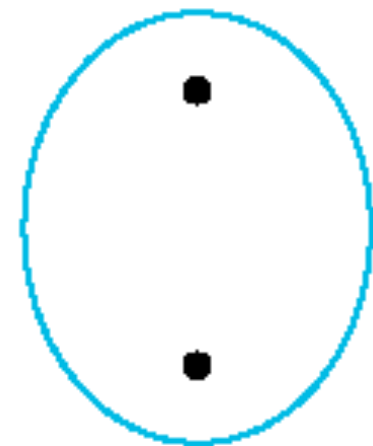
Las elipticidades son casi cero $\Rightarrow$ órbitas casi circulares
(ver diagrama elipses)



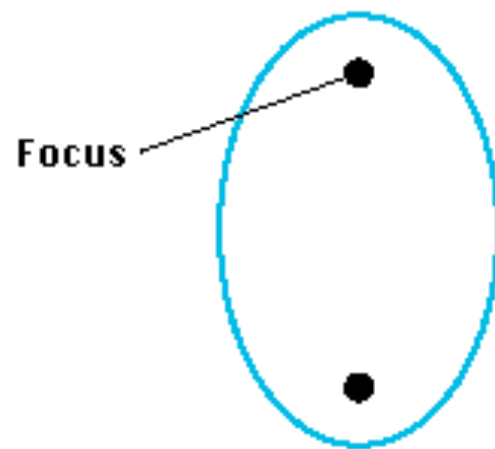
$e = 0$



$e = 0.3$



$e = 0.5$

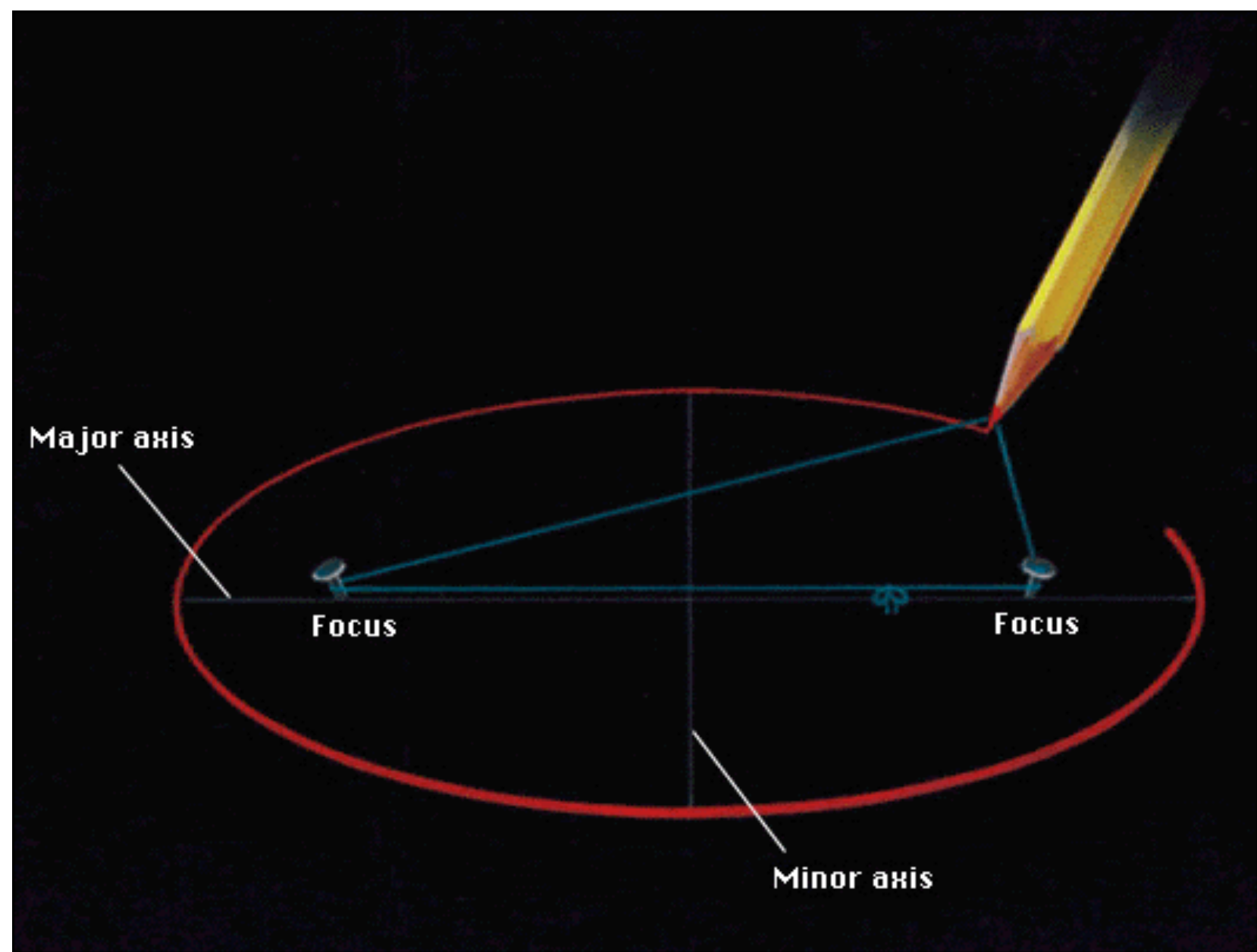


$e = 0.7$



$e = 0.96$

b



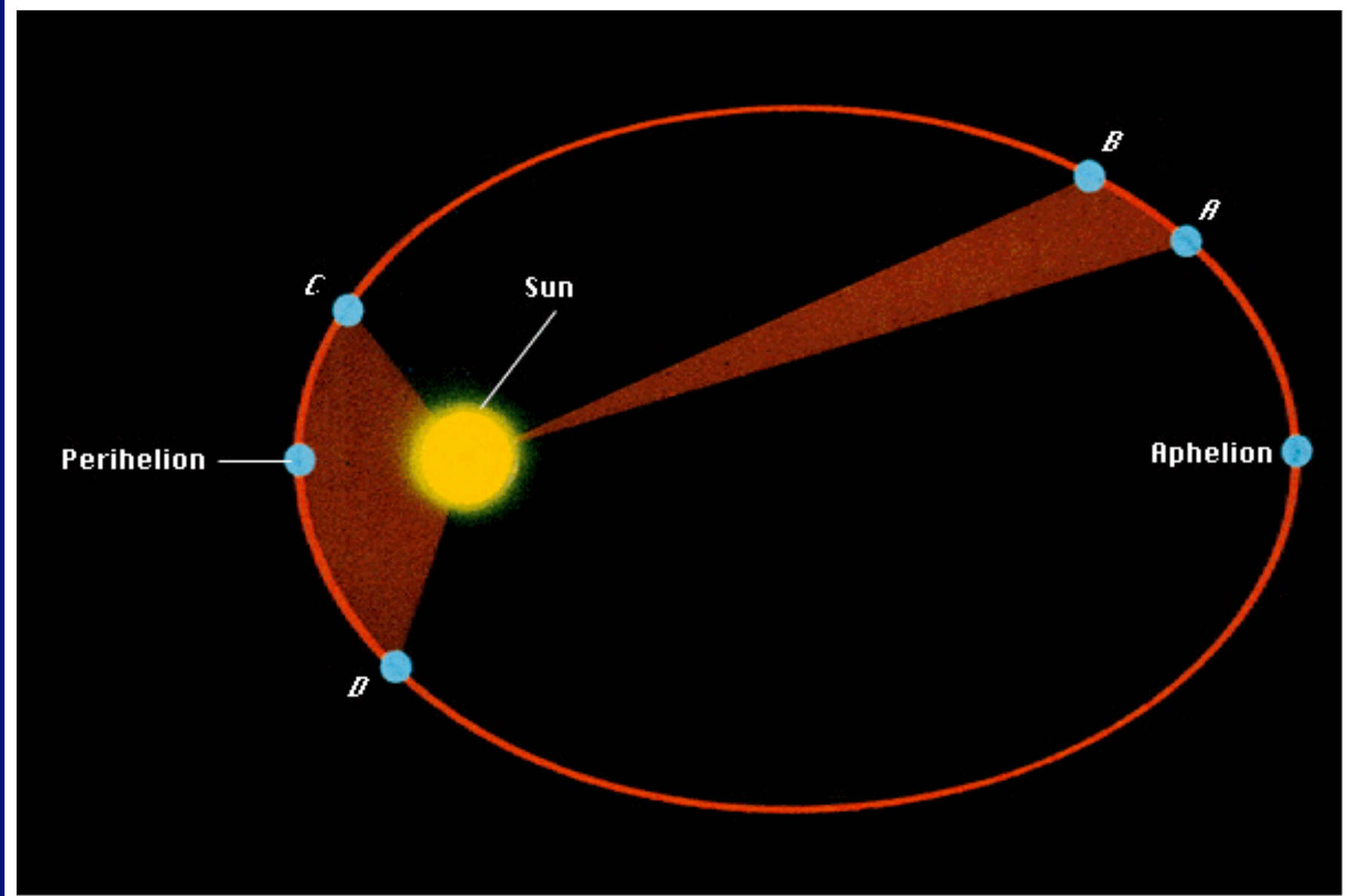
Leyes de Kepler

- **Segunda Ley:** Kepler dedujo que la rapidez con que se mueven los planetas en sus órbitas no es uniforme.

Una línea que une el planeta con el Sol barre áreas iguales en iguales intervalos de tiempo

Físicamente esto significa que la rapidez del planeta disminuye cuando este se mueve desde el perihelio al aphelio y aumenta cuando este se mueve del aphelio al perihelio

(ver diagrama)



Leyes de Kepler, cont.

Tercera Ley: Descubrimiento en 1619, relaciona el periodo sideral con la longitud del semieje mayor.

El cuadrado del periodo de traslación de un planeta es proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor.

Si P representa el periodo sideral en años y a semieje mayor en AU

$$P^2 = a^3$$

Esta ley es válida para cualquier situación donde dos cuerpos orbitan entre ellos.



Isaac Newton
1642-1727

Principios de Mecánica

Velocidad, Aceleración

Leyes de Newton

Momentum

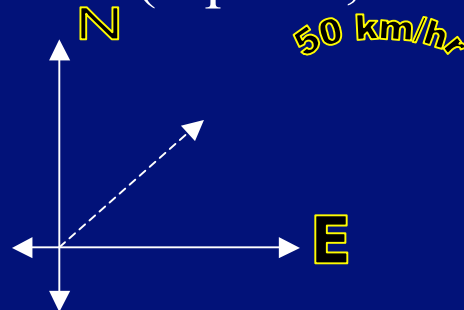
Gravedad

Velocidad

- **Rapidez:** distancia dividido por el tiempo necesario para cubrirla

$$\Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} \left[\frac{km}{seg.} \right]$$

- **Velocidad:** vector (rapidez, dirección)



- **Aceleración:** Cambio de velocidad (rapidez o dirección o ambas) dividido por el tiempo necesario para ese cambio.

$$\Rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} \left[\frac{km}{seg.^2} \right]$$

Primera Ley

- **Newton (1642-1727)** Primer físico que logra describir el mundo a su alrededor con leyes simples.

Ley de la inercia

Un cuerpo en reposo se mantendrá en reposo mientras no exista una fuerza sobre el.

Un cuerpo moviéndose con velocidad constante en una línea recta se mantendrá moviéndose en línea recta mientras no exista una fuerza externa.

Consecuencias de la 1^{ra} Ley

- **En contra del sentido común** (Ejemplo libro sobre una mesa)
- **Introduce el concepto de Fuerza**
 - ¿Qué es Fuerza? Usemos la 1^{ra} ley: Es la causa de que un objeto en reposo o moviéndose con velocidad constante se desvíe.
 - Fricción, gravedad, resorte, etc.
- **Planetas deben estar sometidos a una fuerza ya que no están en reposo ni se mueven en línea recta.**
- **Si aplicamos una fuerza continua sobre un objeto, este se acelera.**
- **Aceleración:** cambio de velocidad, (magnitud, dirección)
Pregunta: ¿Se acelera un cuerpo en una órbita circular?

Segunda Ley

- Concepto de fuerza y aceleración $\Rightarrow$ 2nd Ley

La aceleración de un objeto es proporcional a la fuerza ejercida sobre el

$$F = m \cdot a$$

- **Masa (m)** es una medida de la cantidad de materia en él. (kg)
 - Distinto al concepto de *peso*. Uno flota en el espacio.
 - Es un concepto independiente de donde uno esté.
- **Definición:** masa es una medida de la resistencia ejerce un cuerpo a una fuerza aplicada sobre él $\Rightarrow$ cambio de inercia

Tercera Ley

- La 3^{ra} ley es la más intuitiva

Cuando un objeto ejerce una fuerza sobre otro, este otro ejerce una fuerza sobre el primero igual pero opuesta

Acción y Reacción

- Ejemplos: Pisar en el suelo, Tierra y el Sol, roce, etc.

$$F_{12} = F_{21}$$

Si el Sol ejerce una fuerza sobre los planetas para mantenerlos en órbita, entonces los planetas ejercen una fuerza igual y opuesta sobre el Sol

$$m_1 a_1 = m_2 a_2 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

Momentum

Momentum Lineal

- Un cuerpo en movimiento trata de mantenerse en movimiento.
Momentum: depende de la velocidad y la cantidad de materia (masa).

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

- Por la primera ley, si no hay fuerza aplicada entonces el *momentum lineal* se mantiene constante (ley de la inercia).
Camino natural de un objeto es la línea recta.

Momentum Angular

- Medida del momentum de un cuerpo al rotar alrededor de un punto.

Depende de tres cantidades:

- ✓ masa
- ✓ velocidad
- ✓ distancia al punto de rotación.

$$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$$

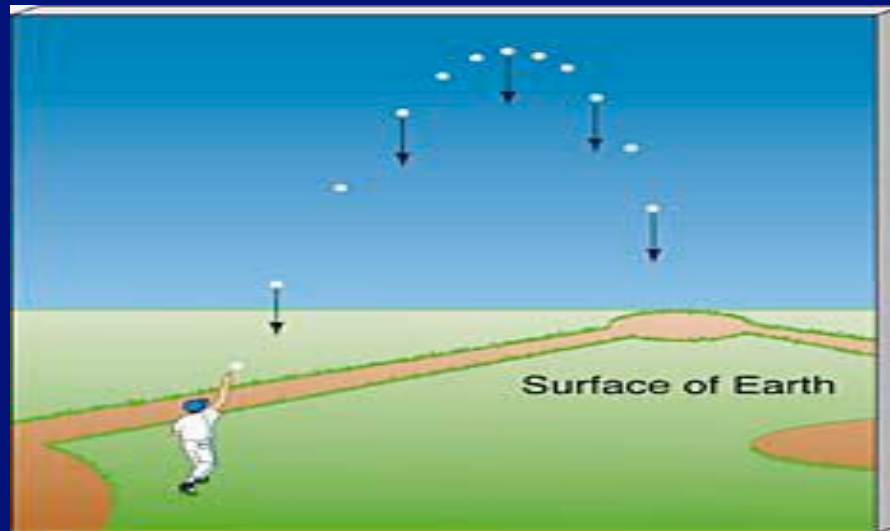
Momentum, cont.

- Si estas tres cantidades se mantienen constantes o la combinación de estas tres cantidades es constante entonces el *mom. ang.* es constante

Más general, el *mom. ang.* es constante, o se conserva en un sistema que rota cuando no hay fuerzas externas actuando o cuando las únicas fuerzas están dirigidas hacia el punto de origen (fuerzas centrales)

- La 2nd ley de Kepler es un ejemplo de esta conservación.
- Ejemplo, **bailarina** que rota y que sube y baja los brazos.
- Rotación de un **pulsar**; inicialmente era una estrella normal cuyo núcleo colapsa en una pequeña esfera.
- Concepto importante $\Rightarrow$ Formación del sistema solar, planetas, galaxias, etc.

Gravitación



**Fuerza gravitacional es proporcional al producto de las masas
e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia**

Gravedad

- Las tres leyes no nos dicen nada sobre el origen de la fuerza, solo describen sus efectos.
- Newton también descubrió la fuerza de *Gravedad*

¿Qué es la Gravedad?

Fuerza que nos mantiene ligados al Sol

Fuerza que mantiene al Sol girando alrededor de la Vía Láctea

Fuerza que mantiene a la Luna en su órbita

etc.

Gravedad, cont.

Dos objetos de masas m_1 y m_2 están separados por una distancia r , entonces existe una fuerza entre ellos de,

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

Constante de Gravedad (Universal)

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

Si $m_1 = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$ y $m_2 = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ y $r = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$

$F = 3.6 \times 10^{22} \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2$; fuerza del Sol sobre la Tierra

$$\text{Usando } F = ma \Rightarrow a_{\text{Tierra}} = F/m_1 = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2,$$

$$a_{\text{Sol}} = F/m_2 = 1.8 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$$

¿Cual es la aceleración de un objeto sobre la superficie de la Tierra?

$$F = m_1 \cdot a_1 = G \left(\frac{m_1 m_2}{r^2} \right)$$
$$\Rightarrow a_1 = G \frac{m_2}{r^2}$$

Rotación

¿Como varía la velocidad de rotación de un planeta con la distancia al Sol?

- Si p periodo de rotación de un planeta, entonces

$$p = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v}$$

- Resolviendo para v ,

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{p}$$

- De la 3^{ra} ley de Kepler, $p^2=r^3$, o $p^2=Ar^3$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{p^2} = \frac{4\pi^2 r^2}{Ar^3} = \frac{4\pi^2}{Ar} \Rightarrow v^2 \propto \frac{1}{r}, \quad v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$$

Deducción de la fuerza de gravedad

Por experimentos $\Rightarrow$ *Fuerza centrípeta*

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$\Rightarrow F \propto \frac{m}{r^2} \quad \text{Gravedad}$$

Energía

$$\underline{\text{Energía} = \text{Energía Cinética} + \text{Energía Potencial}}$$

- *Energía Cinética* está relacionada con el movimiento

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

- *Energía Potencial* está relacionada con la posición del cuerpo respecto a otros cuerpos.

- Para Gravedad →

$$U \propto \frac{mM}{r}$$

- *Conservación de la Energía*

$$E = K + U = \text{Const.}$$

- Un sistema de cuerpos interactuantes (e.g. sistema solar) mantiene su energía constante si no hay fuerzas externas actuando sobre él.
 - La energía determina el tipo de órbitas posibles.