

Fundamentos Orbitales

Leyes de Kepler y Newton

Constantes de movimiento

Ecuación de dos cuerpos

Mecánica Orbital 2026

Ing. Anibal Vettorel

Ing. Carlos Carbonel

Objetivos del capítulo

Los objetivos para este capítulo son:

- Explicar como los primeros exploradores del espacios contribuyeron a nuestra compresión de las órbitas.

- Comprender las 3 leyes de básicas del movimiento de newton y como se aplican a las órbitas.

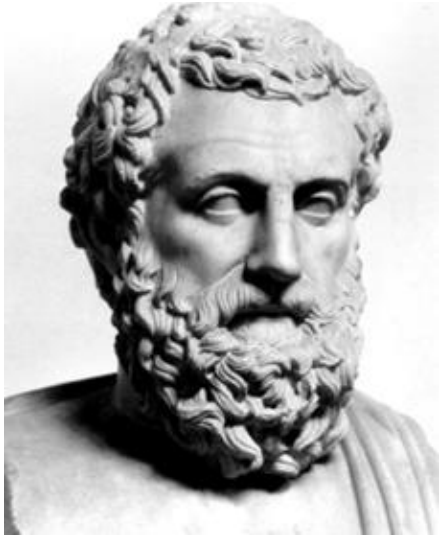
- Explicar y utilizar la Ley de la Gravitación Universal de Newton.

- Utilizar las dos constantes del movimiento orbital:
  - la energía mecánica específica y
  - el momento angular específico

  para explicar las propiedades básicas de las órbitas

- Combinar estas leyes para desarrollar la ecuación de movimiento de dos cuerpos.

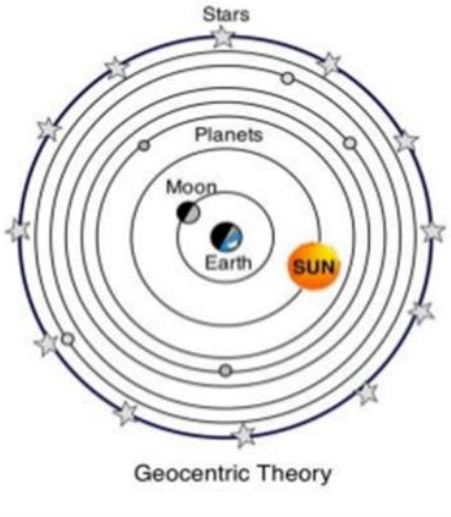
Primeros exploradores del cielo



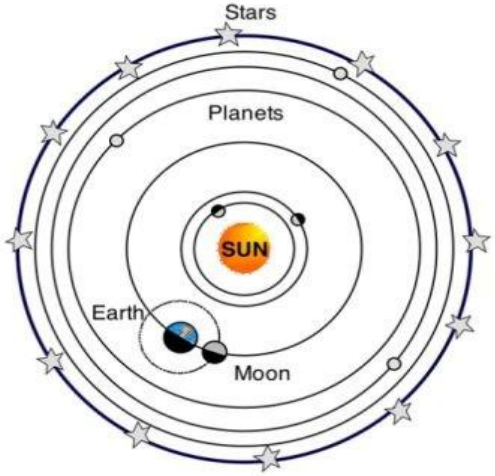
ARISTÓTELES



COPÉRNICO

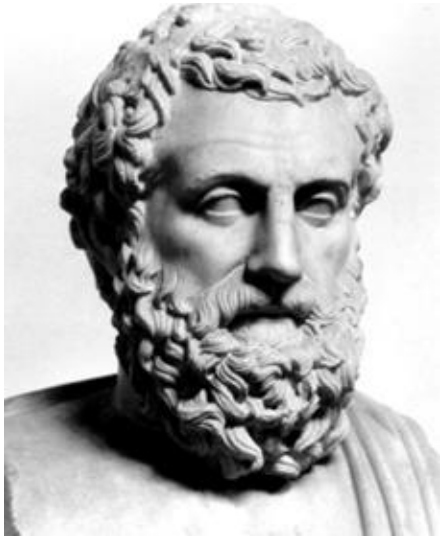


Geocentric Theory

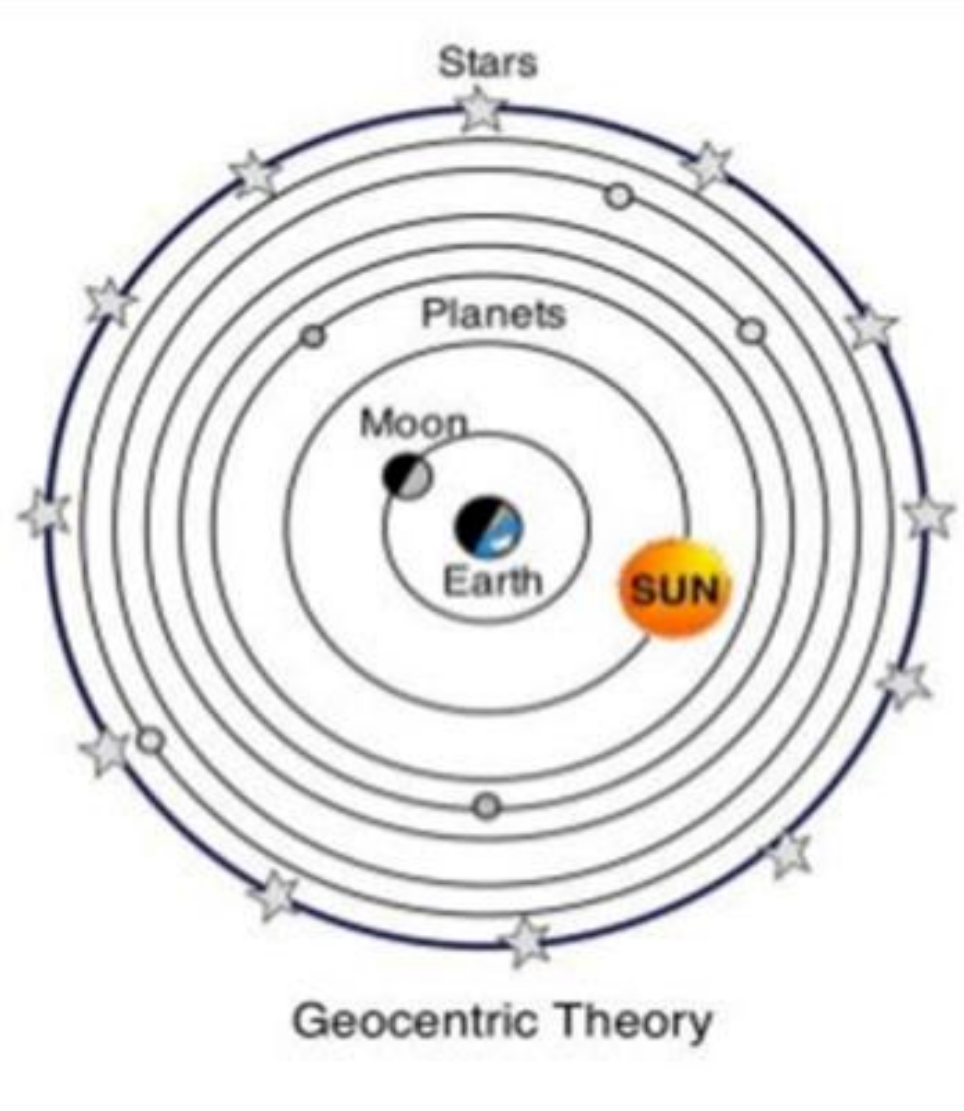


Heliocentric Theory

Primeros exploradores del cielo



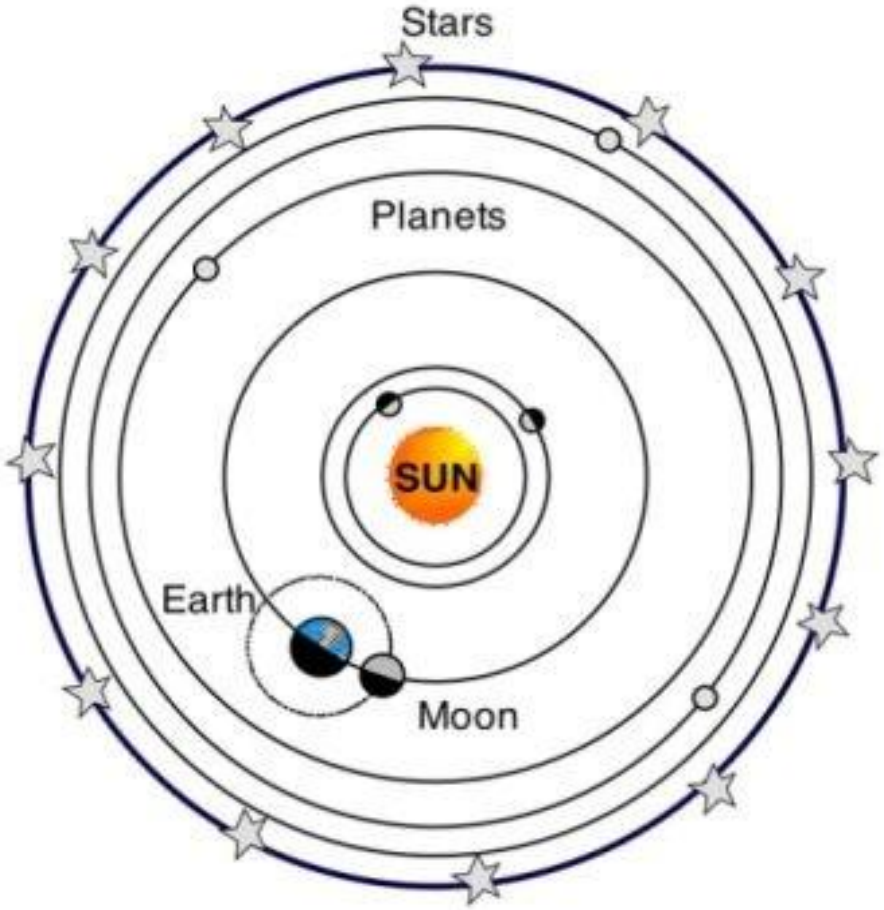
ARISTÓTELES



Primeros exploradores del cielo



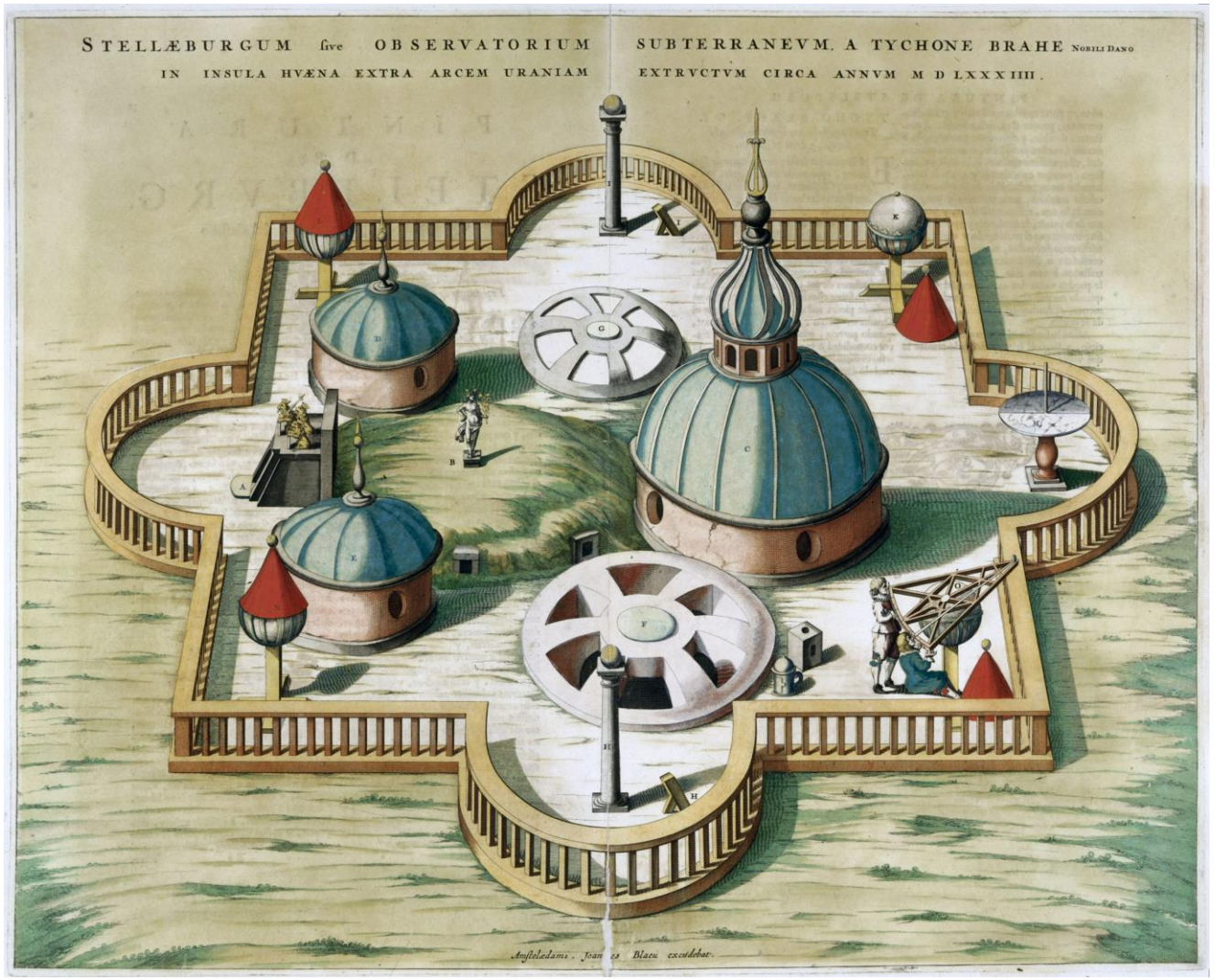
COPÉRNICO



Heliocentric Theory

Tycho Brahe

Astronomía observacional



Tycho Brahe

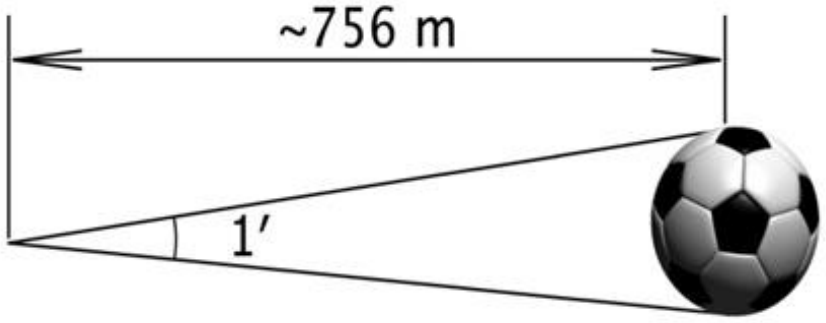
Astronomía observacional



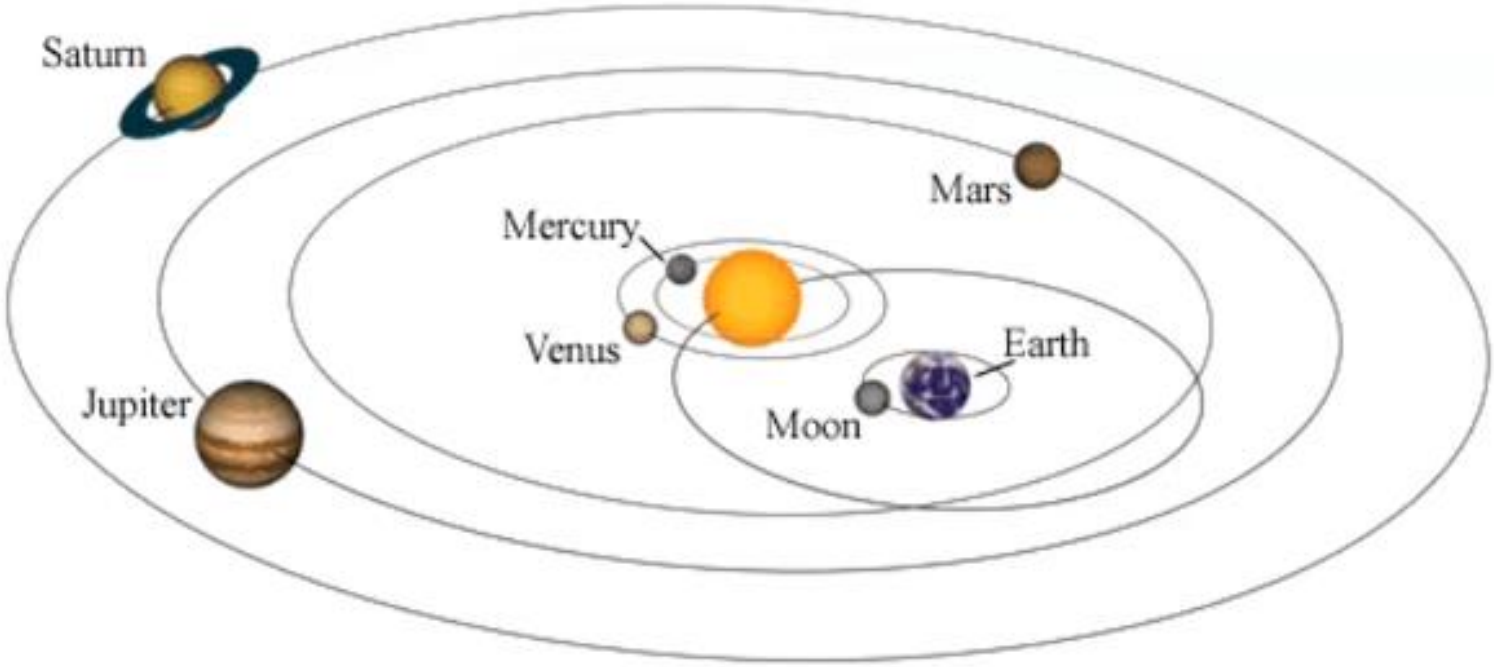
Tycho Brahe



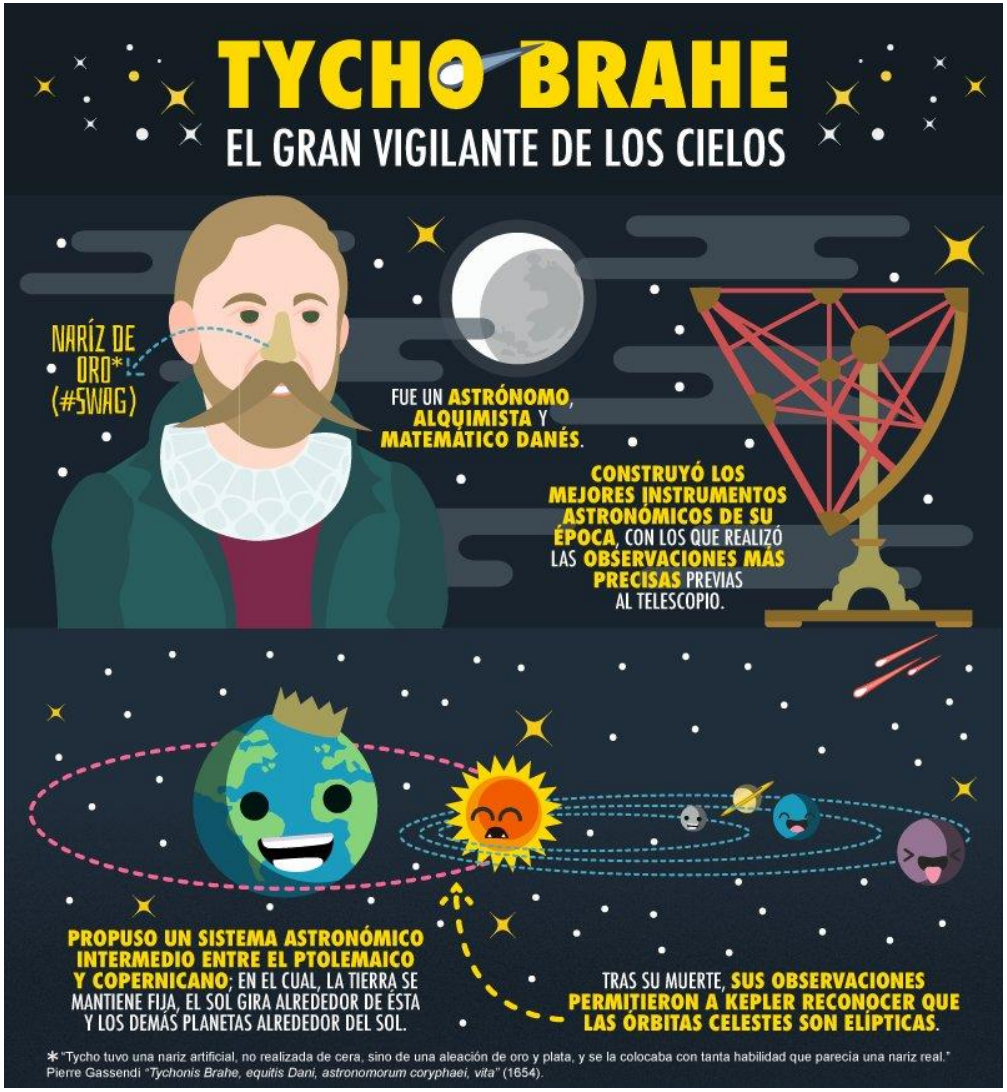
Tycho Brahe



Tycho Brahe



Tycho Brahe


TYCHO BRAHE
EL GRAN VIGILANTE DE LOS CIELOS
NARÍZ DE ORO* (#SWAG)
FUE UN ASTRÓNOMO, ALQUIMISTA Y MATEMÁTICO DANÉS.
CONSTRUYÓ LOS MEJORES INSTRUMENTOS ASTRONÓMICOS DE SU ÉPOCA, CON LOS QUE REALIZÓ LAS OBSERVACIONES MÁS PRECISAS PREVIAS AL TELESCOPIO.
PROPUSO UN SISTEMA ASTRONÓMICO INTERMEDIO ENTRE EL PTOLEMAICO Y COPERNICANO; EN EL CUAL, LA TIERRA SE MANTIENE FIJA, EL SOL GIRA ALREDEDOR DE ÉSTA Y LOS DEMÁS PLANETAS ALREDEDOR DEL SOL.
TRAS SU MUERTE, SUS OBSERVACIONES PERMITIERON A KEPLER RECONOCER QUE LAS ÓRBITAS CELESTES SON ELÍPTICAS.
*"Tycho tuvo una nariz artificial, no realizada de cera, sino de una aleación de oro y plata, y se la colocaba con tanta habilidad que parecía una nariz real." Pierre Gassendi "Tychonis Brahe, equitis Dani, astronomorum coryphaei, vita" (1654).

Johannes Kepler

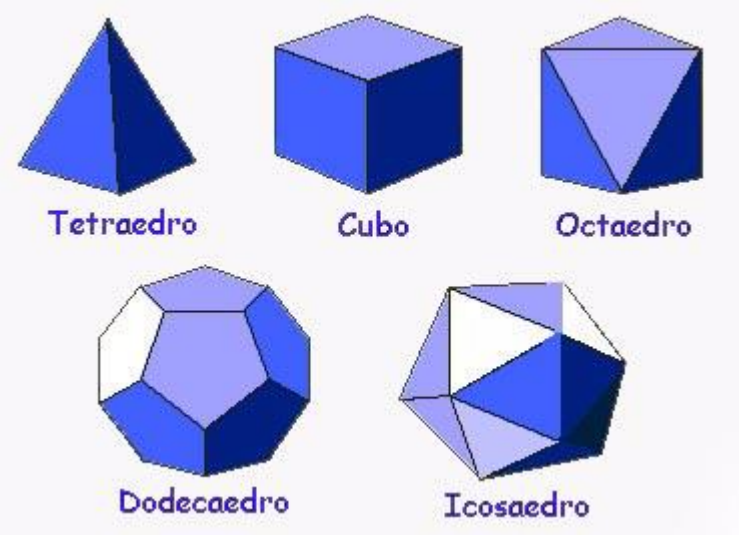
La misión de Johannes Kepler, matemático, astrónomo, astrólogo al servicio del emperador Rodolfo II de Habsburgo, era desvelar las leyes que sirvieron al Creador para dar forma al universo.



El esqueleto del universo

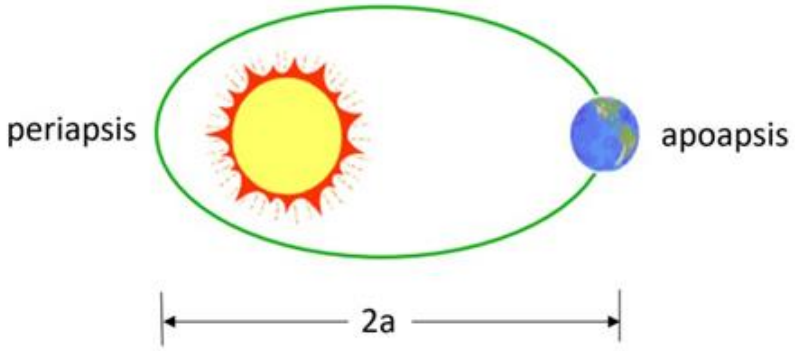
Según Kepler, el Cosmos estaba ordenado dentro de una gran esfera y había sido construido con la expansión de los poliedros regulares.
Sólo existen cinco poliedros regulares: tetraedro, cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro.



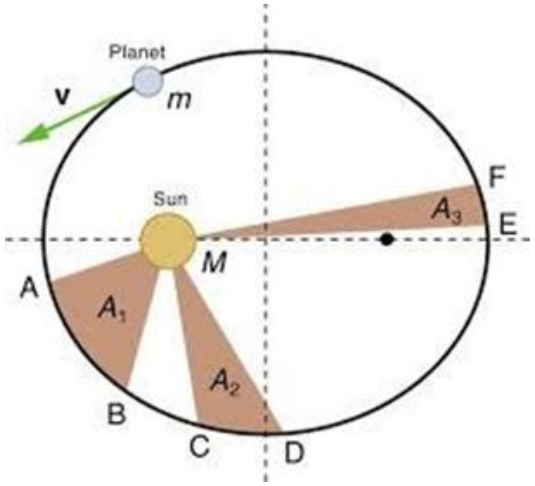


Johannes Kepler

1. Las orbitas de los planetas son elipses con el Sol en uno de sus focos



2. Los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales

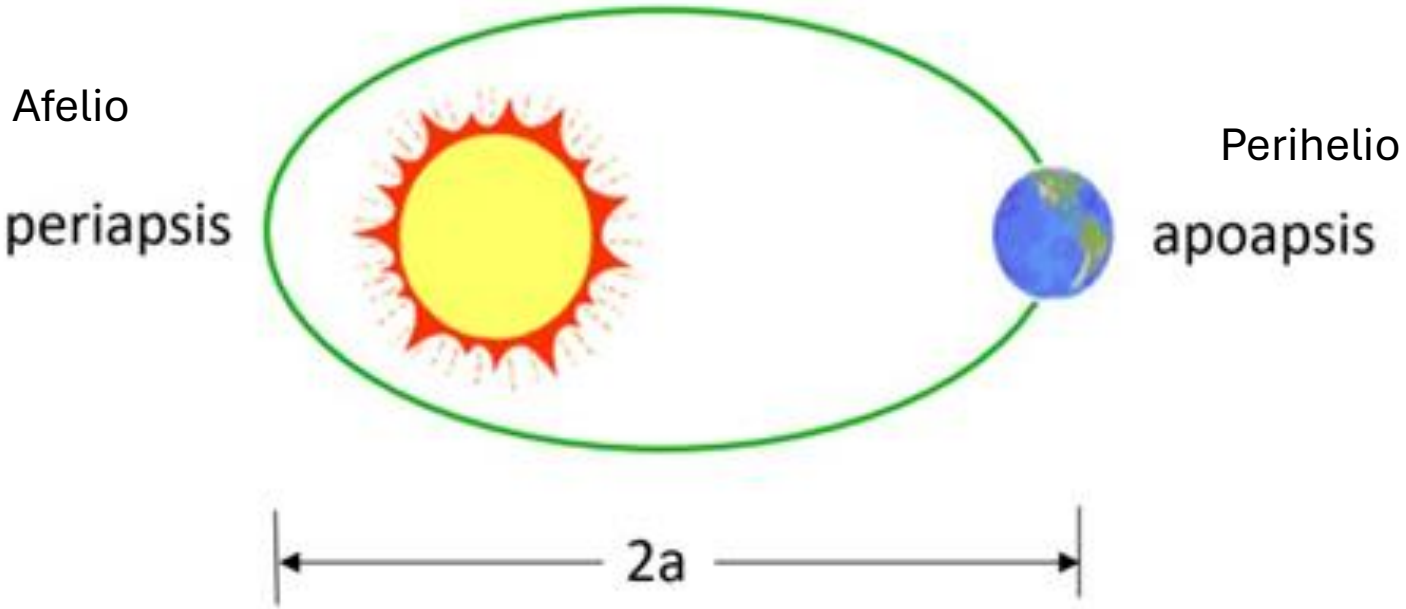


3. El tiempo que tarda un planeta en completar una órbita, es directamente proporcional al cubo de la distancia media entre el Sol y el planeta

$$Periodo = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}\ (seg)$$

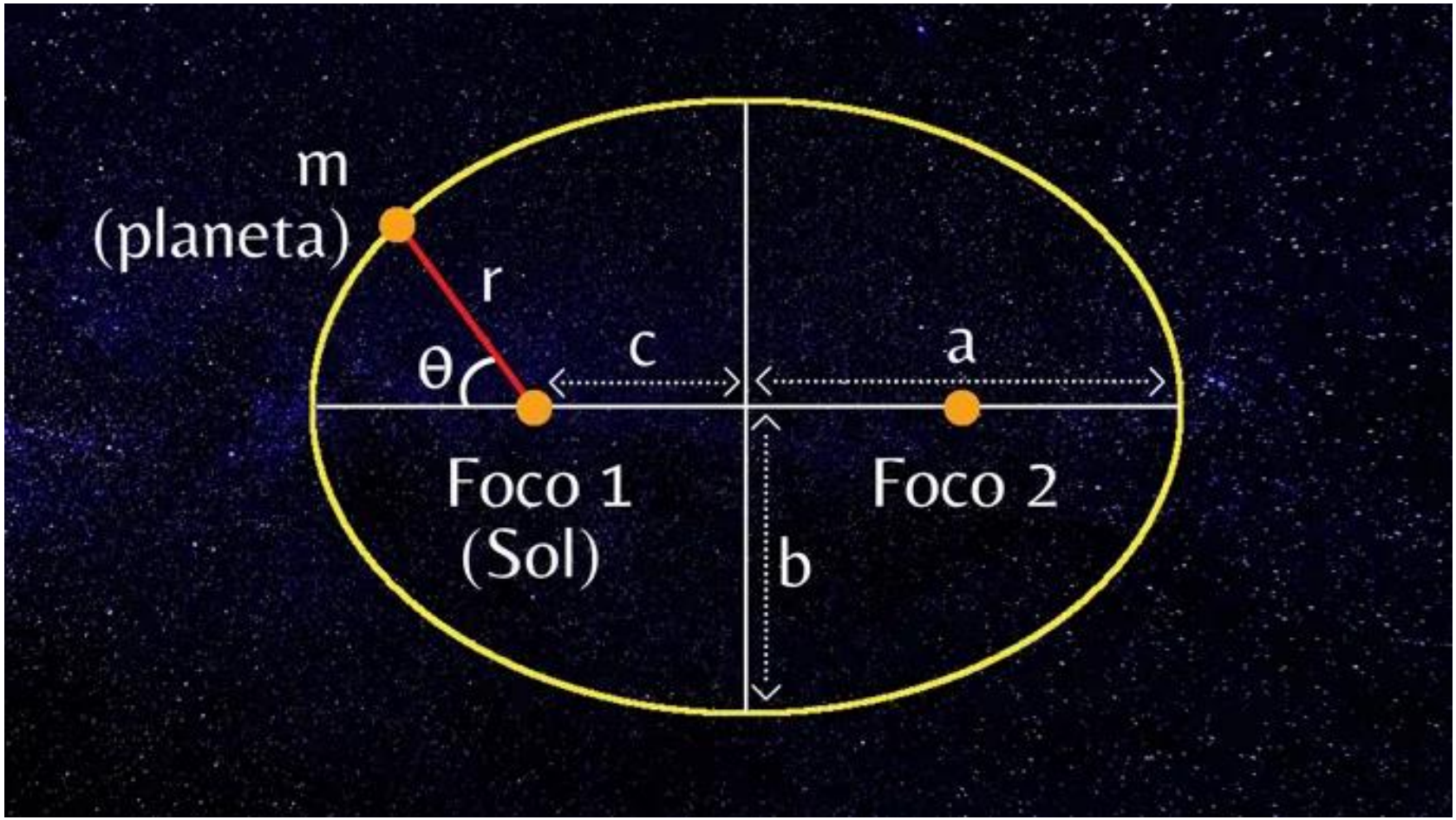
Ley de las órbitas

1. Las orbitas de los planetas son elipses con el Sol en uno de sus focos



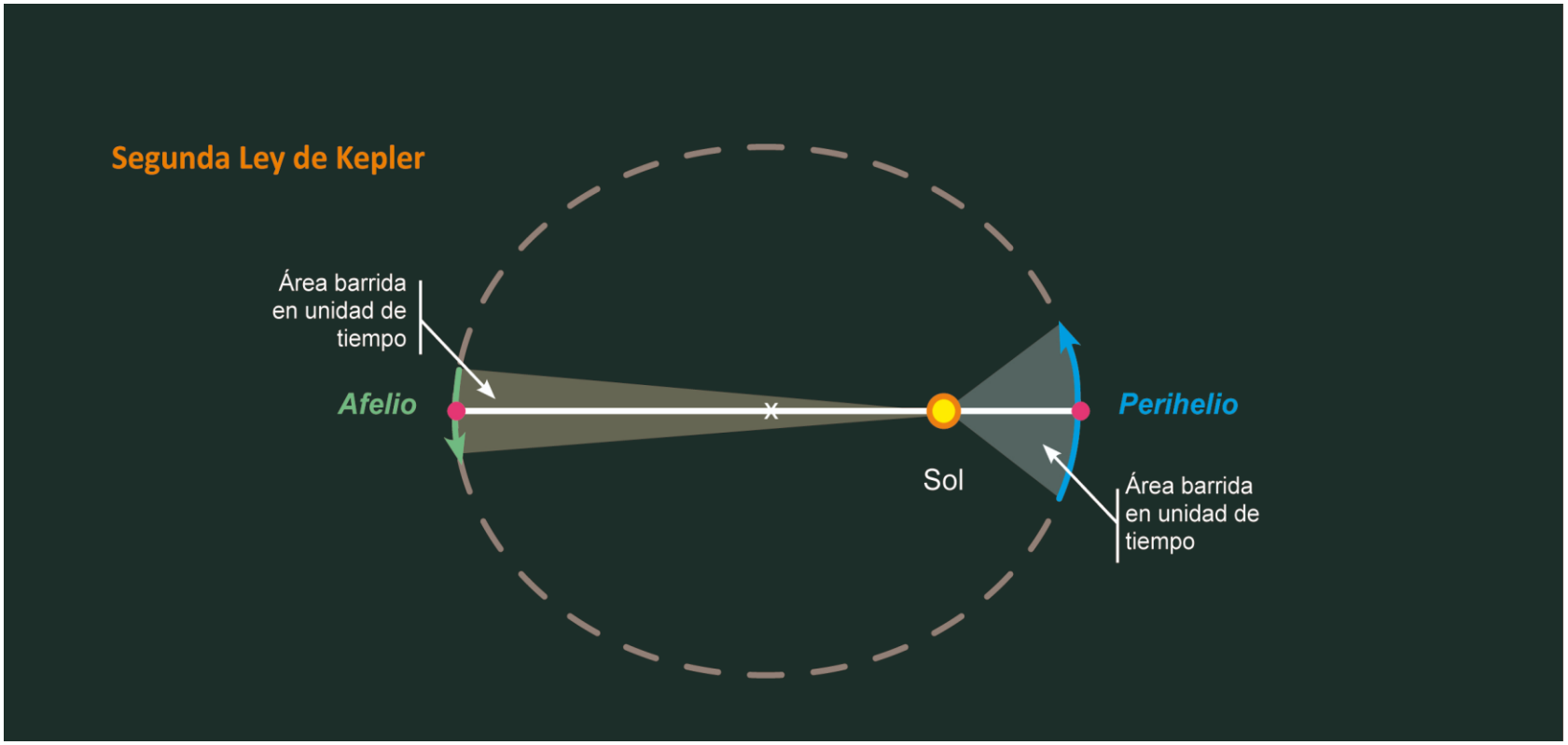
Ley de las órbitas

1. Las orbitas de los planetas son elipses con el Sol en uno de sus focos



Ley de las áreas

2. Los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales



Ley de los períodos

3. El tiempo que tarda un planeta en completar una órbita, es directamente proporcional al cubo de la distancia media entre el Sol y el planeta

$$\frac{T^2}{a^3} = K \quad --- \quad Periodo = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{\mu}}\ (seg)$$

En términos sencillos, esta ley explica que cuanto más alejado está un planeta del Sol, más tiempo tarda en completar una vuelta alrededor de él

Puntos Clave

Relación de Distancia: Si un planeta está cuatro veces más lejos del Sol que otro, no tarda cuatro veces más en orbitar, sino ocho veces más ($2^3 = 8$), debido a esta relación cuadrática-cúbica.

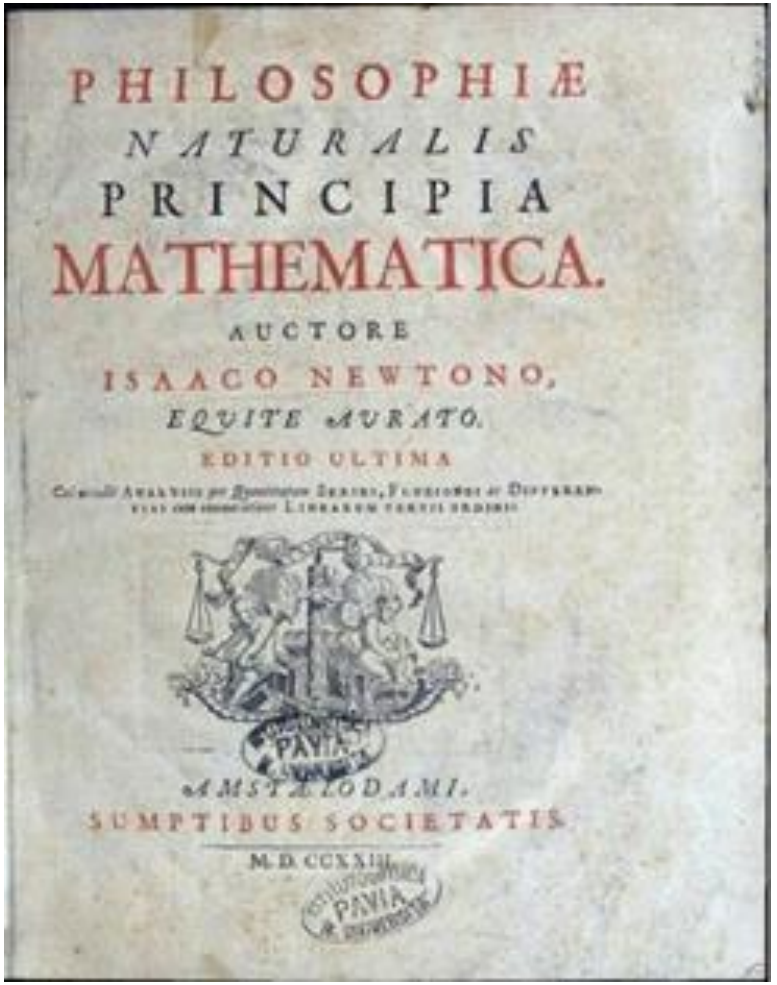
Velocidad Orbital: Los planetas más lejanos no solo recorren una distancia mayor, sino que también se desplazan a una velocidad orbital más lenta.

Johannes Kepler - resumen



Las 3 leyes de Gravitación Universal de Newton





Las 3 leyes de Gravitación Universal de Newton



Las 3 leyes de Gravitación Universal de Newton





1ra Ley de Newton

Un cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea obligado a cambiar ese estado por fuerzas impresas sobre él

Relevancia parala mecánica orbital
Debe haber una fuerza actuando sobre un satélite – gravedad

El Momentum se conserva – La órbita es constante (Orientación y tamaño)

Momentum



Momentum

El momentum es la resistencia que un objeto en movimiento ofrece a los cambios en su velocidad o dirección

El momento lineal se define como la masa multiplicada por la velocidad y suele representarse mediante la variable p $\vec{}$, esto se convierte en:

$$\vec{\boldsymbol{p}} = m\,\vec{\boldsymbol{V}}$$

Dónde:

$\vec{\boldsymbol{p}} = vector\ momentum\ lineal\ ((kg\ .m)/s)$

$m = masa\ (kg)$

$\vec{\boldsymbol{V}} = vector\ velocidad\ \left(\frac{m}{s}\right)$

Newton – 2da Ley

La variación en el tiempo del momentum de un objeto es igual a las fuerzas aplicadas

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

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \qquad \vec{\boldsymbol{p}} = m\vec{\boldsymbol{V}}$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{dm}{dt}\vec{V} + m\frac{d(\vec{V})}{dt}$$

Si la masa no cambia este término es igual a cero

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{a}$$

Newton – 2da Ley

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

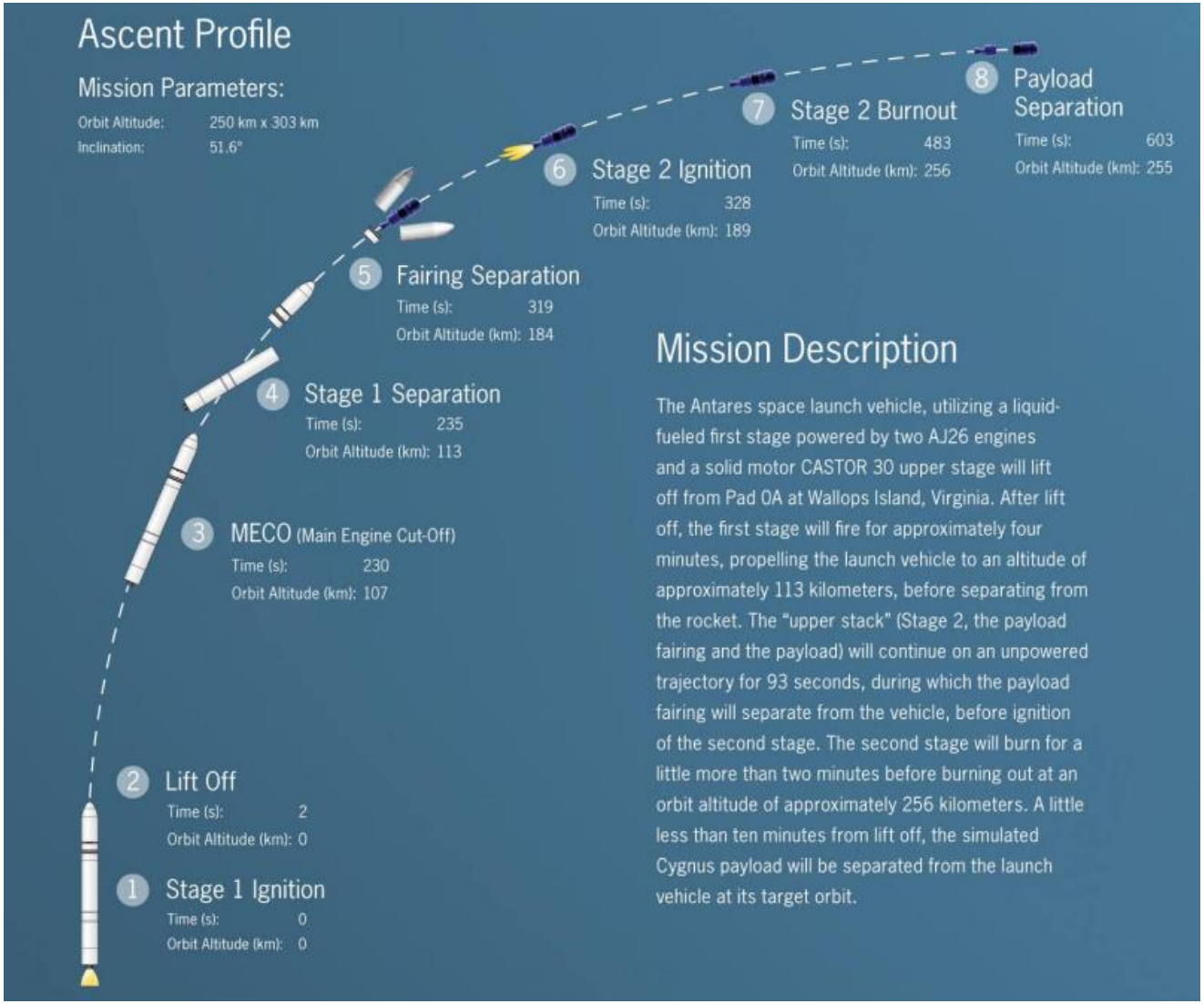
¡Sólo cuando la masa no cambia !

Relevancia para la mecánica orbital
Utilizaremos esta Ley para derivar la famosa ecuación del movimiento de dos cuerpos que describen una órbita.
En cohetes $\frac{\Delta m}{\Delta t}\,\vec{V} \neq 0 \rightarrow Este\ es\ el\ término\ del\ Empuje$

Newton – 2da Ley

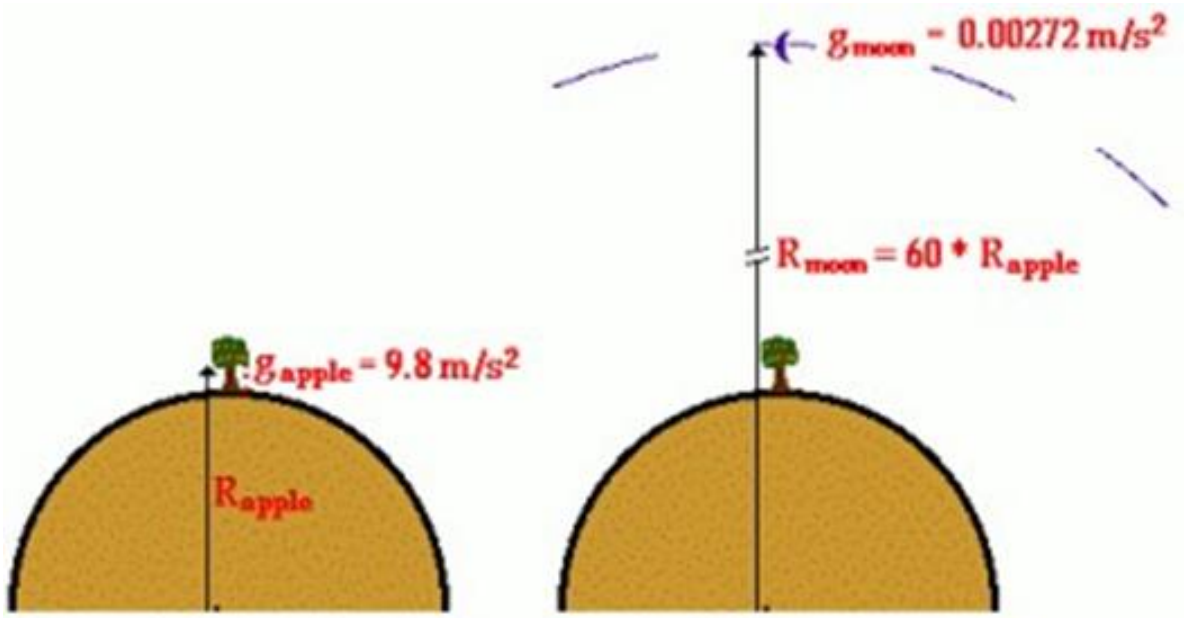


Newton – 2da Ley



LEY UNIVERSAL DE LA GRAVITACIÓN DE NEWTON

$$\frac{g_{Luna}}{g_{manzana}} = \frac{0{,}00272\,\frac{m}{s^2}}{9{,}8\,\frac{m}{s^2}} = \frac{1}{3600}$$



LEY UNIVERSAL DE LA GRAVITACIÓN DE NEWTON

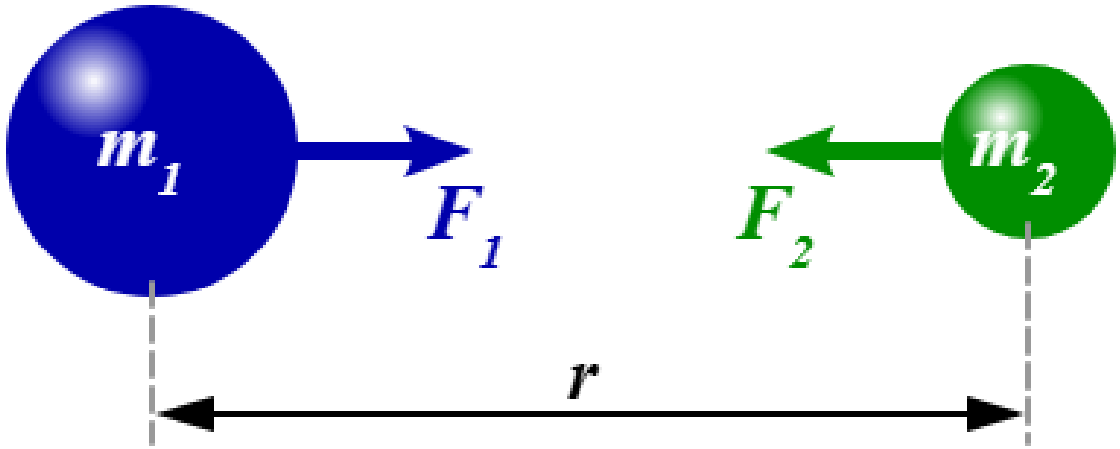
g independiente de m (FG=mg):
Galileo demostró que en la Tierra (masa M) todos los objetos caen a la misma velocidad (ignorando la resistencia del aire), es decir, la aceleración gravitacional g es independiente de m . Por tanto, la fuerza gravitacional debe ser proporcional a m y puede expresarse como FG=mg (segunda ley de movimiento de Newton). La aceleración gravitacional g es independiente de m, pero puede depender de M y r, es decir, g es una función de M y r.

g proporcional a la masa de la Tierra (g~M):
La dependencia de g con respecto a M es difícil de medir, pero dada la tercera ley de movimiento de Newton sabemos que la fuerza que ejerce la Tierra (masa M) sobre el objeto (masa m) debe ser de la misma magnitud que la fuerza que el objeto (masa m) ejerce sobre la Tierra (masa M). Por tanto, Fg y g deben ser proporcionales a M .

g proporcional a la inversa del cuadrado de la distancia:
El gran aporte de Newton fue generalizar la fuerza gravitacional y aplicar ese concepto no solo a los objetos de la Tierra, sino a todos los objetos, incluida la Luna.

LEY UNIVERSAL DE LA GRAVITACIÓN DE NEWTON

$$F_{grav} = G\frac{m_1 m_2}{R^2}$$



$$F_1 = F_2 = G\frac{m_1 \, x \, m_2}{r^2}$$

LEY UNIVERSAL DE LA GRAVITACIÓN DE NEWTON

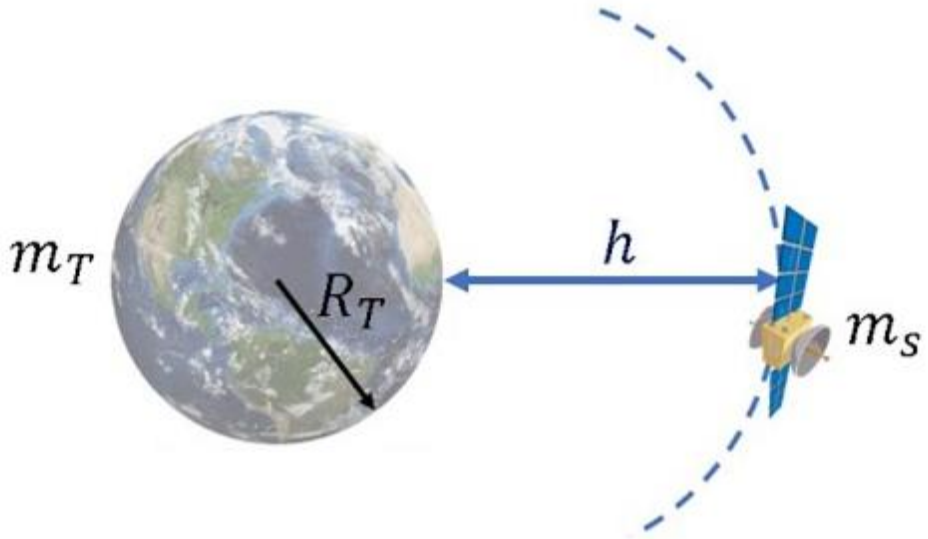
Donde G representa la constante gravitacional universal ($G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{k\,kg^2}$). El valor de G fue determinado experimentalmente por Henry Cavendish en el siglo posterior a la muerte de Newton.



LEY UNIVERSAL DE LA GRAVITACIÓN DE NEWTON

Definiremos un nuevo parámetro, llamado ***constante gravitacional de la Tierra***,

$$\mu_{Tierra} = G\, m_{Tierra} = 398600{,}5\ \frac{km^3}{s^2}$$



Ley de Gravitación Universal de Newton para un objeto alrededor de la Tierra se convierte en

$$F_{grav} = \frac{\mu\, m_{satélite}}{R^2}$$

Objetivos del capítulo

Los objetivos para este capítulo son:

- Explicar como los primeros exploradores del espacios contribuyeron a nuestra compresión de las órbitas.

- Comprender las 3 leyes de básicas del movimiento de newton y como se aplican a las órbitas.

- Explicar y utilizar la Ley de la Gravitación Universal de Newton.

- Utilizar las dos constantes del movimiento orbital:
  - la energía mecánica específica y
  - el momento angular específico

  para explicar las propiedades básicas de las órbitas

- Combinar estas leyes para desarrollar la ecuación de movimiento de dos cuerpos.

Fin del capítulo

