

## Leyes de Kepler y Gravitación Universal

<b>Nombre estudiante:</b>					
<b>Fecha:</b>	09 al 20 de noviembre	<b>Curso</b>	4° F	<b>Asignatura:</b>	Termodinámica
<b>Docente autor:</b>	Elsa Fernández ( <a href="mailto:elsafernandez@institutoclaret.cl">elsafernandez@institutoclaret.cl</a> )				
<b>Educadoras PIE</b>	Carolina Villagrán ( <a href="mailto:carolinavillagran@institutoclaret.cl">carolinavillagran@institutoclaret.cl</a> )				
<b>Desempeño:</b>	Refuerzan Leyes de Kepler y Gravitación universal				

Antes de que se produjeran las leyes de Kepler hubo otros científicos como Cópernico, Ptolomeo y Tycho Brahe, un gran astrónomo cuya principal contribución al avance de la ciencia estuvo en haber conseguido medidas muy precisas de las posiciones de los planetas y de las estrellas. Uno de sus discípulos fue Kepler.



Veamos algo de historia



El cielo y los cuerpos que en él se ven, siempre han sido objeto de estudio e interpretación.

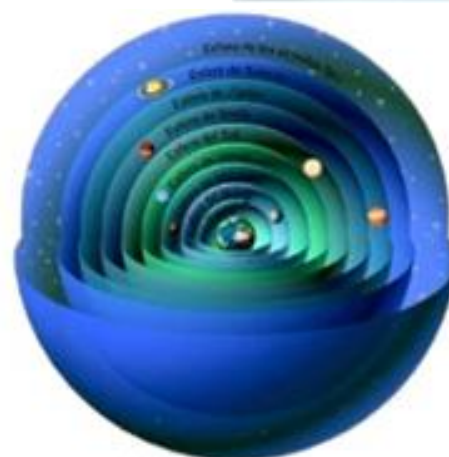
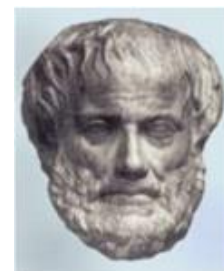
A lo largo de la historia, para explicar el movimiento de los astros se han propuesto **diferentes modelos**.

### MODELO GEOCÉNTRICO.

Aristóteles (384-322 a.C.) fue un filósofo y científico griego que está considerado, junto a Platón y Sócrates, como uno de los pensadores más destacados de la antigua filosofía griega y posiblemente el más influyente en el conjunto de toda la filosofía occidental.

Los movimientos de todos los astros situados en **esferas concéntricas** con la Tierra eran perfectos.

El universo estaba constituido por dos regiones esféricas, separadas y concéntricas. La Tierra que ocupa el centro del universo, era la región de los elementos, fuego, aire, agua y tierra.



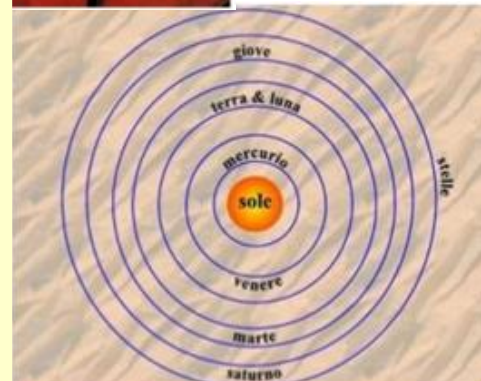
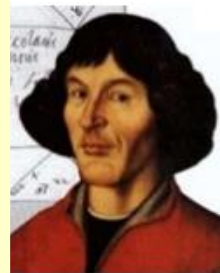
## MODELO HELIOCÉNTRICO

COPÉRNICO

Nació en Torun, Polonia, 14 de febrero de 1473 y muere en Frombork, Polonia, el 21 de Mayo de 1543.

Propuso:

- El *Sol era inmóvil* en el centro del Universo.
- Los planetas, giran alrededor del Sol según el siguiente orden: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno.
- La Tierra está afectada por tres movimientos: rotación (alrededor de su propio eje); traslación (en torno al Sol) y un tercero por el que el eje terrestre se desplaza con gran lentitud, describiendo la superficie lateral de un cono.
- La Luna gira alrededor de la Tierra.
- La esfera de las estrellas esta inmóvil y muy alejada.



## MODELO HELIOCÉNTRICO

GALILEO

Nació en Pisa, Italia el año de 1564, vive varios años en Padua, y muere en Arcetri, Florencia en 1642).

Fue el primero en utilizar el telescopio para observar el cielo. Con sus observaciones trató de buscar pruebas que demostrasen el modelo de Copérnico. En 1633 es procesado por la Inquisición



Su trabajo se considera una ruptura de las teorías asentadas de la física aristotélica y su enfrentamiento con la Inquisición romana de la Iglesia católica suele presentarse como el mejor ejemplo de conflicto entre religión y ciencia en la sociedad occidental.

## MODELO HELIOCÉNTRICO

Giordano Bruno

(Nola, Italia 1548-1600) Fue uno de los primeros en aceptar y difundir el modelo heliocéntrico de Copérnico.

Fue quemado en la hoguera el 17 de Febrero de 1600 en Campo di Fiori, Roma (después de estar encarcelado durante 8 años).

Siguiendo la lógica de que deberían existir infinidad de Mundos, pensó en la probabilidad de vida en otras partes del Universo.

Ha sido convertido en mártir de la ciencia por la defensa de las ideas heliocentristas, aunque hay que decir que la causa principal de su juicio fue la teología neognóstica, que negaba el pecado original, la divinidad especial de Cristo y ponía en duda su presencia en la eucaristía.



### MODELO DE TYCHO BRAHE

Astrónomo danés (1546-1601).

Tycho Brahe ha sido considerado como el más grande observador del periodo anterior a la invención del telescopio

- Construye el observatorio de Uraniborg (Castillo del Cielo), en una isla cercana a Copenhague. Obtiene datos muy precisos.
- Critica el modelo de Copérnico y propone un modelo en el que la Tierra ocupa el centro, el Sol gira entorno a la Tierra y los demás planetas giran alrededor del Sol.
- Confecciona las tablas astronómicas más precisas de la época.

Al morir dejó a Kepler las observaciones realizadas a lo largo de años y años de estudio, con la esperanza de que éste pudiera demostrar su teoría del Universo.



Johannes Kepler  
Weilderstadt (1571-1630)  
Astrónomo alemán

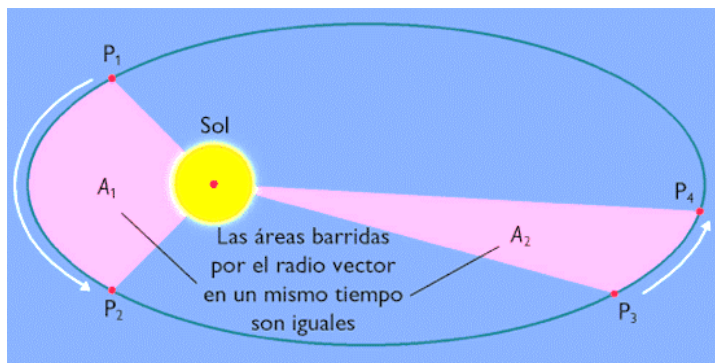
Kepler no comprendió el origen de sus leyes que tan bien describían tanto el movimiento de los planetas como el de otros cuerpos astronómicos como el sistema Tierra-Luna. Sería Newton quien extraería todas las consecuencias de las leyes de Kepler, permitiéndole así enunciar la Ley de la Gravitación Universal.

Kepler permitió descubrir el movimiento de los planetas. Utilizó grandes conocimientos matemáticos para encontrar relaciones entre los datos de las observaciones astronómicas obtenidas por Tycho Brahe y con ellos logró componer un modelo **heliocéntrico** del universo. Comenzó trabajando al modo tradicional, planteando trayectorias excéntricas y movimientos en epiciclos, pero encontró que esos datos los situaban fuera del esquema que había establecido Copérnico, lo que le llevó a pensar que no describían una órbita circular. Ensayó otras formas para las órbitas y encontró que los planetas describían **órbitas elípticas** que tenían al Sol en uno de sus focos. Analizando los datos de Brahe, Kepler descubrió también que la velocidad de los planetas **no es constante**, sino que el radio vector que los une con el Sol describe áreas iguales en tiempos iguales. En consecuencia, la velocidad de los planetas es mayor cuando están próximos al Sol (perihelio) que cuando se mueven por las zonas más alejadas (afelio). Esto da origen a las tres Leyes de Kepler sobre el movimiento planetario.

## LEYES DE KEPLER

Las **leyes de Kepler** fueron enunciadas por Johannes Kepler para describir matemáticamente el movimiento de los planetas en sus órbitas alrededor del Sol. Aunque él no las describió así, ni enunció en este orden, en la actualidad se enuncian como sigue:

- **Primera ley** (1609): Todos los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol se encuentra en uno de los focos de la elipse.



- **Segunda ley** (1609): el radio vector que une un planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.

La ley de las áreas es equivalente a la constancia del momento angular, es decir, cuando el planeta está más alejado del Sol (afelio) su velocidad es menor que cuando está más cercano al Sol (perihelio). En el afelio y en el perihelio, el momento angular  $L$  es el producto de la masa del planeta, su velocidad y su distancia al centro del Sol

$$L = m \cdot r_1 \cdot v_1 = m \cdot r_2 \cdot v_2$$

- **Tercera ley** (1618): para cualquier planeta, el cuadrado de su período orbital es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita elíptica.

$$\frac{T^2}{R^3} = K \text{ (constante)}$$

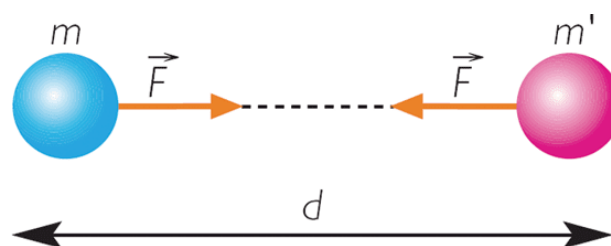
Donde,  $T$  es el periodo orbital (tiempo que tarda en dar una vuelta alrededor del Sol),  $R$  la distancia media del planeta con el Sol y  $K$  la constante de proporcionalidad.

Estas leyes se aplican a otros cuerpos astronómicos que se encuentran en mutua influencia gravitatoria, como el sistema formado por la Tierra y la Luna.

## LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

La **ley de gravitación universal** es una ley física clásica que describe la interacción gravitatoria entre distintos cuerpos con masa. Ésta fue presentada por Isaac Newton en su libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, publicado en 1687, donde establece por primera vez una relación cuantitativa (deducida empíricamente de la observación) de **la fuerza con que se atraen dos objetos con masa**. Así, Newton dedujo que la fuerza con que se atraen dos cuerpos de diferente masa únicamente depende del valor de sus masas y del cuadrado de la distancia que los separa.

También se observa que dicha fuerza actúa de tal forma que es como si toda la masa de cada uno de los cuerpos estuviese concentrada únicamente en su centro, es decir, es como si dichos objetos fuesen únicamente un punto, lo cual permite reducir enormemente la complejidad de las interacciones entre cuerpos complejos.



Luego, la ley de la Gravitación Universal predice que *la fuerza ejercida entre dos cuerpos de masas  $m_1$  y  $m_2$  separados una distancia  $r$  es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia*, es decir:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Donde **F** es el módulo de la fuerza ejercida entre ambos cuerpos, y su dirección se encuentra en el eje que une ambos cuerpos. **G** es la constante de la Gravitación Universal. ( $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{Kg}^2$ )

Es decir, cuanto **más masivos** sean los cuerpos y **más cercanos** se encuentren, con **mayor fuerza** se atraerán. El valor de esta constante de Gravitación Universal no pudo ser establecido por Newton, que únicamente dedujo la forma de la interacción gravitatoria, pero no tenía suficientes datos como para establecer cuantitativamente su valor. Únicamente dedujo que su valor debería ser muy pequeño. Sólo mucho tiempo después se desarrollaron las técnicas necesarias para calcular su valor, y aún hoy es una de las constantes universales conocidas con menor precisión. En 1798 se hizo el primer intento de medición y en la actualidad, con técnicas mucho más precisas se ha llegado a estos resultados:  $G = (6,67428 \mp 0,00067) \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{Kg}^2$

Dicha fuerza con la que se atraen dos masas cualesquiera tiene las siguientes características:

- Es **universal**: se produce en todos los cuerpos.
- Se presenta siempre en **parejas** acción y reacción
- Es siempre una fuerza **atractiva**.
- Su dirección es la de la **recta** que une las masas.
- Su intensidad viene expresada por la ley de la **gravitación universal** de Newton. (ecuación de más arriba)