

A deep blue starry night sky with a prominent blue nebula in the center. The nebula has a complex, filamentary structure with many bright spots and a glowing, ethereal appearance. The background is filled with numerous small, distant stars of varying brightness.

FÍSICA 4º ESO
GRAVITACIÓN

ÍNDICE:

- La posición de la Tierra en el Universo
 - Teorías Geocéntricas
 - Teorías Heliocéntricas
 - Galileo Galilei
- Las Leyes de Kepler
- Ley de Gravitación Universal de Newton
 - Fuerza Gravitatoria
 - Gravedad
 - Satélites
 - Algunas consecuencias

PRIMEROS ASTRÓNOMOS

Los griegos fueron los primeros en realizar mediciones astronómicas y proponer las primeras teorías para explicar lo que observaban.



Aristóteles (384 – 322 a.C.)

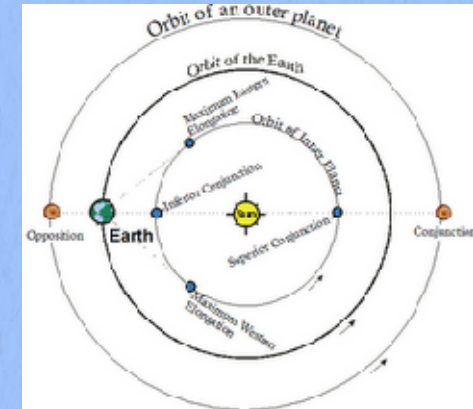
En el siglo IV a.C. los datos relativos al movimiento de los cuerpos celestes eran obtenidos por observación del cielo nocturno.

Las estrellas fijas y la Vía Láctea parecen moverse durante la noche como si estuviesen unidas en una esfera que girase alrededor de un punto fijo del cielo.

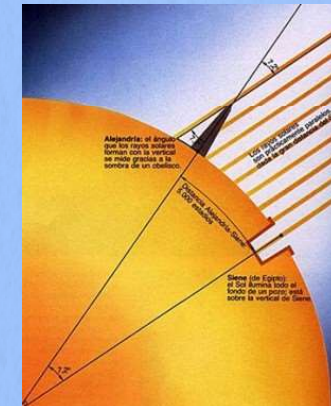
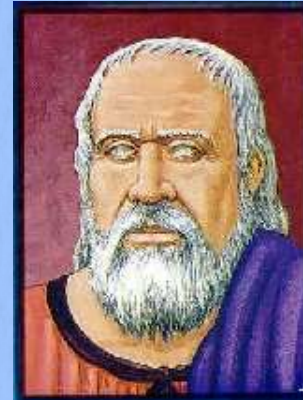
También observaron que ciertos astros no mantenían una posición fija sobre la esfera celeste, ni seguían una trayectoria circular pues en determinadas épocas parecían retroceder en el firmamento. A estos astros se les llamó **PLANETAS** (Errantes)

PRIMEROS ASTRÓNOMOS GRIEGOS

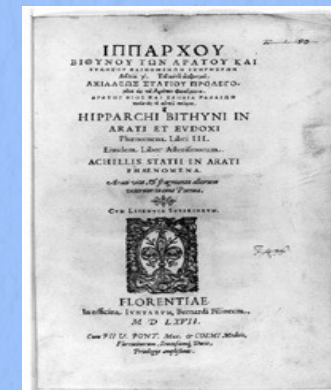
- **Aristarco de Samos** (310 – 320 a. C.) propuso un modelo heliocéntrico: mientras el Sol y las demás estrellas permanecen inmóviles en el espacio, la Tierra y los restantes planetas giran en órbitas circulares alrededor del Sol.



- **Eratóstones de Cirene** (276 – 194 a. C.) calculó la longitud de un meridiano terrestre con sorprendente exactitud: 39400 km frente a los 40000 km reales.



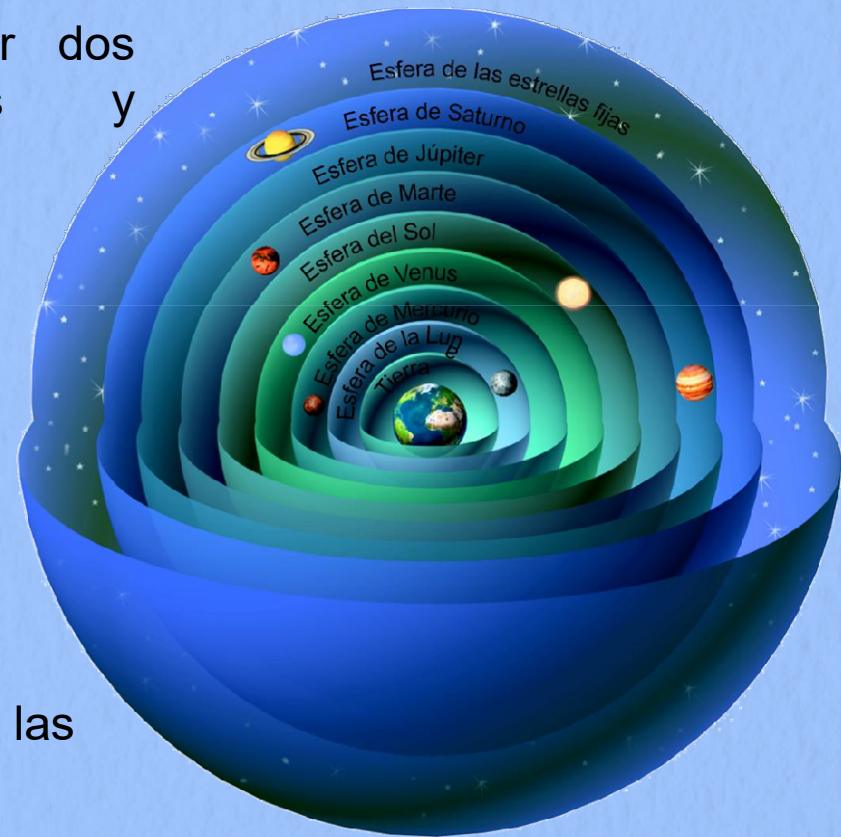
- **Hiparco de Nicea** (188 – 125 a. C.) fue el primero en elaborar un catálogo de estrellas y el inventor de la trigonometría.



TEORÍAS GEOCÉNTRICAS

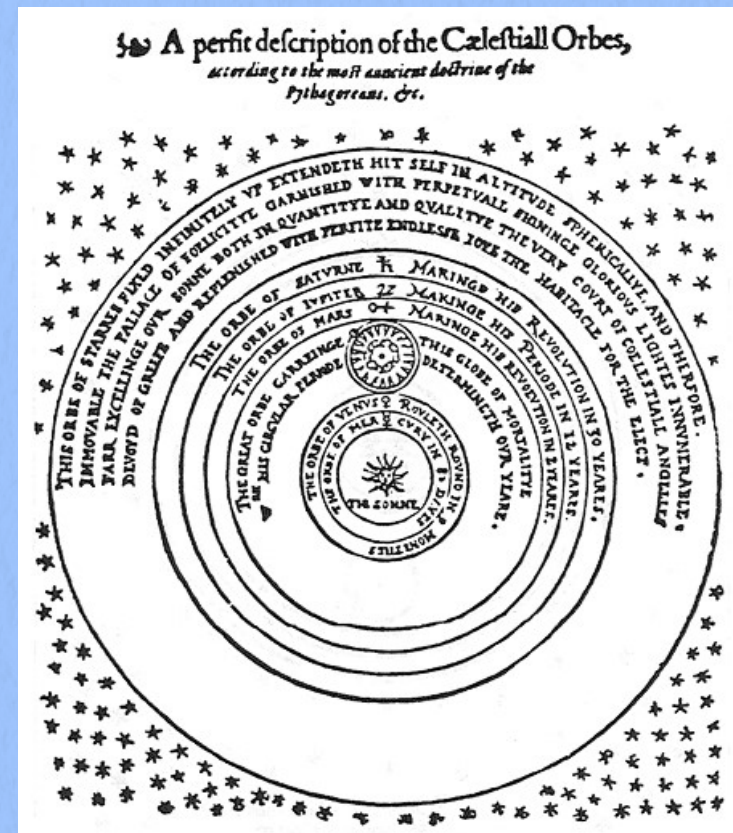
MODELO ARISTOTÉLICO DEL UNIVERSO

- Fue elaborado por el filósofo Aristóteles (384 – 322 a.C.)
- El universo estaba constituido por dos regiones esféricas, separadas y concéntricas.
- La Tierra que ocupaba el centro del universo, era la región de los elementos, fuego, aire, agua y tierra.
- Los movimientos de todos los astros situados en esferas concéntricas con la Tierra eran perfectos..
- El universo concluía con la esfera de las estrellas fijas.
- El modelo, aunque complejo, coincidía con la percepción espontánea de que la Tierra se encuentra inmóvil y los astros giran en torno a ella.



MODELOS DEL UNIVERSO DESCRITOS DE LA ANTIGUEDAD

- Desde el siglo III a. C, encontramos ya definidos dos modelos contrapuestos para explicar el universo entonces conocido.
- **Modelo geocéntrico.** La Tierra se sitúa en el centro del universo. A su alrededor giran los restantes astros (Sol, Luna, planetas, estrellas).
- **Modelo heliocéntrico.** El Sol se encuentra en el centro del universo. En torno a él gira el resto de astros, incluida la Tierra, describiendo órbitas circulares.



EL GEOCENTRISMO DE PTOLOMEO

- **Claudio Ptolomeo** (100 - 170 d.C.) vivió en Alejandría en el siglo II y fue el más célebre astrónomo de la antigüedad

- Escribió un tratado llamado **Almagesto**, que resume toda la Astronomía de los antiguos griegos.

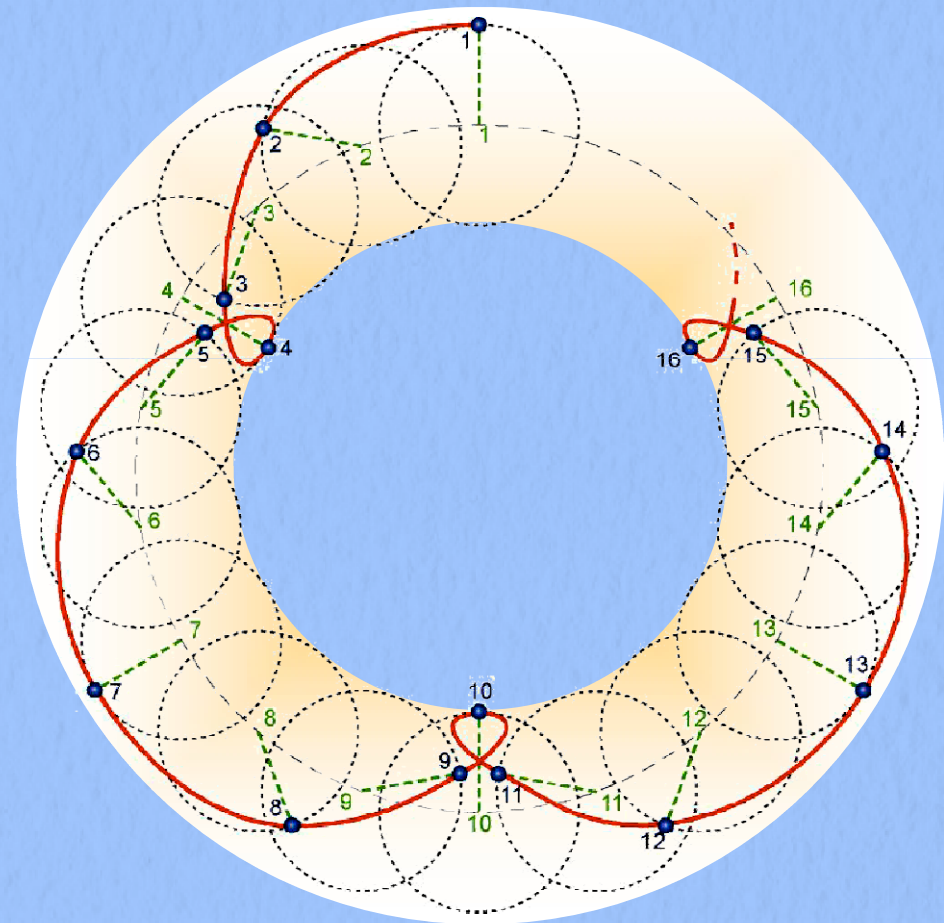
- La **Tierra, estática**, y de forma **esférica** se situaba el **centro del universo**.
- Las **estrellas** están **fijas** en una inmensa **esfera** que **gira en torno a la Tierra**.
- El **Sol**, la **Luna** y los demás **planetas giran** en torno a la Tierra en **órbitas circulares**.
- Las **órbitas** de los planetas son **complejas**: describen **circunferencias** excéntricas con la Tierra, **superpuestas** a sus **órbitas** denominadas **epiciclos**.

- Este modelo le permitió calcular los movimientos planetarios y predecir eclipses de Sol y de Luna. Se mantuvo durante 1300 años.



Modelo geocéntrico. La Tierra se encuentra en el centro del universo y los astros giran a su alrededor, describiendo órbitas circulares. Para explicar el movimiento aparente de los planetas, fue necesario considerar los **epiciclos**.

- **Ptolomeo** observó que los planetas realizaban movimientos retrógrados, volviendo sobre su trayectoria formando lazos en la esfera celeste
- Para justificarlo utilizó un movimiento compuesto por dos rotaciones
- El planeta giraba alrededor de un punto que era el que en realidad rotaba con respecto a la Tierra
- La órbita alrededor de la Tierra se denomina eclíptica y la del planeta epiciclo
- Un modelo sencillo de epiciclos no daba respuesta a las caprichosas órbitas de algunos planetas, por lo que hubo que introducir varios epiciclos, e incluso epiciclos dentro de otros epiciclos



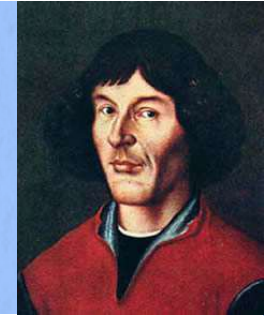
El modelo de Ptolomeo era capaz de predecir con bastante exactitud la posición de los planetas en todo momento.

También explicaba la diferencia de brillo observada en los planetas, relacionándola con la proximidad.

El inconveniente del modelo era su complejidad, pues cada astro necesitaba cálculos individuales, y eran necesarios más de 80 epiciclos en algunos casos.

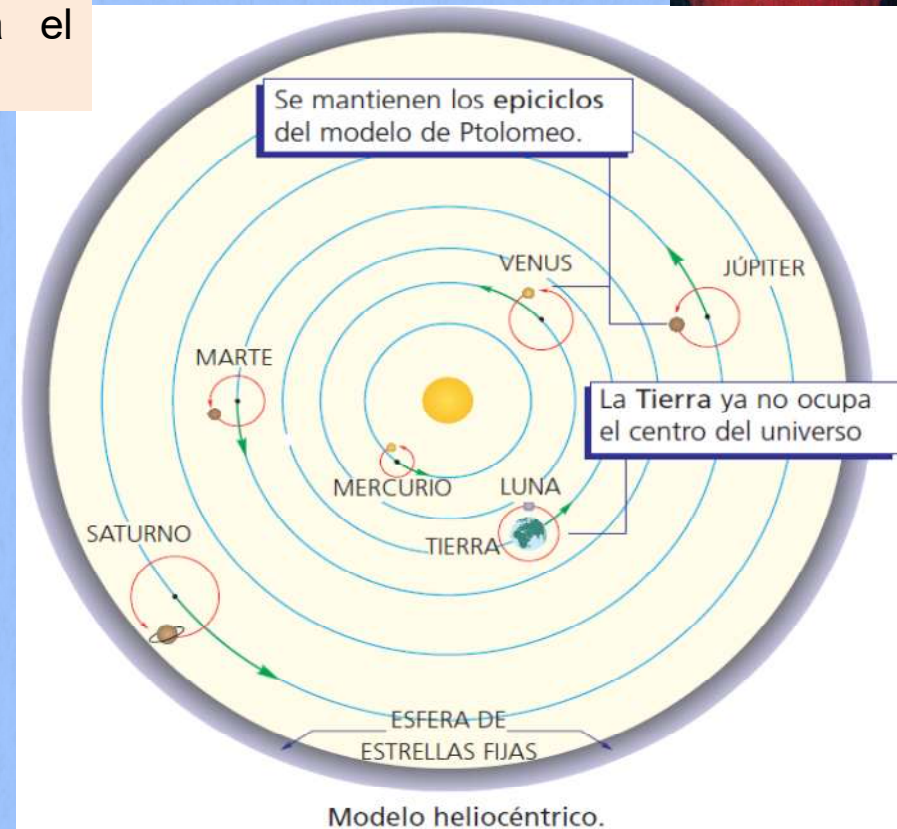
Esta teoría se mantiene desde el siglo II hasta finales del siglo XV, y se convirtió en la esencia del dogma de la Iglesia Católica sobre la naturaleza del universo: por designio de Dios, la Tierra era el centro inmóvil de todas las cosas, y el cielo, la perfección absoluta.

LA REVOLUCIÓN DE COPÉRNICO.



- **Nicolas Copérnico (1473 – 1543)** publica en 1540 su obra “*Sobre las revoluciones de los cuerpos celestes*” en la que rescataba el **modelo heliocéntrico**.

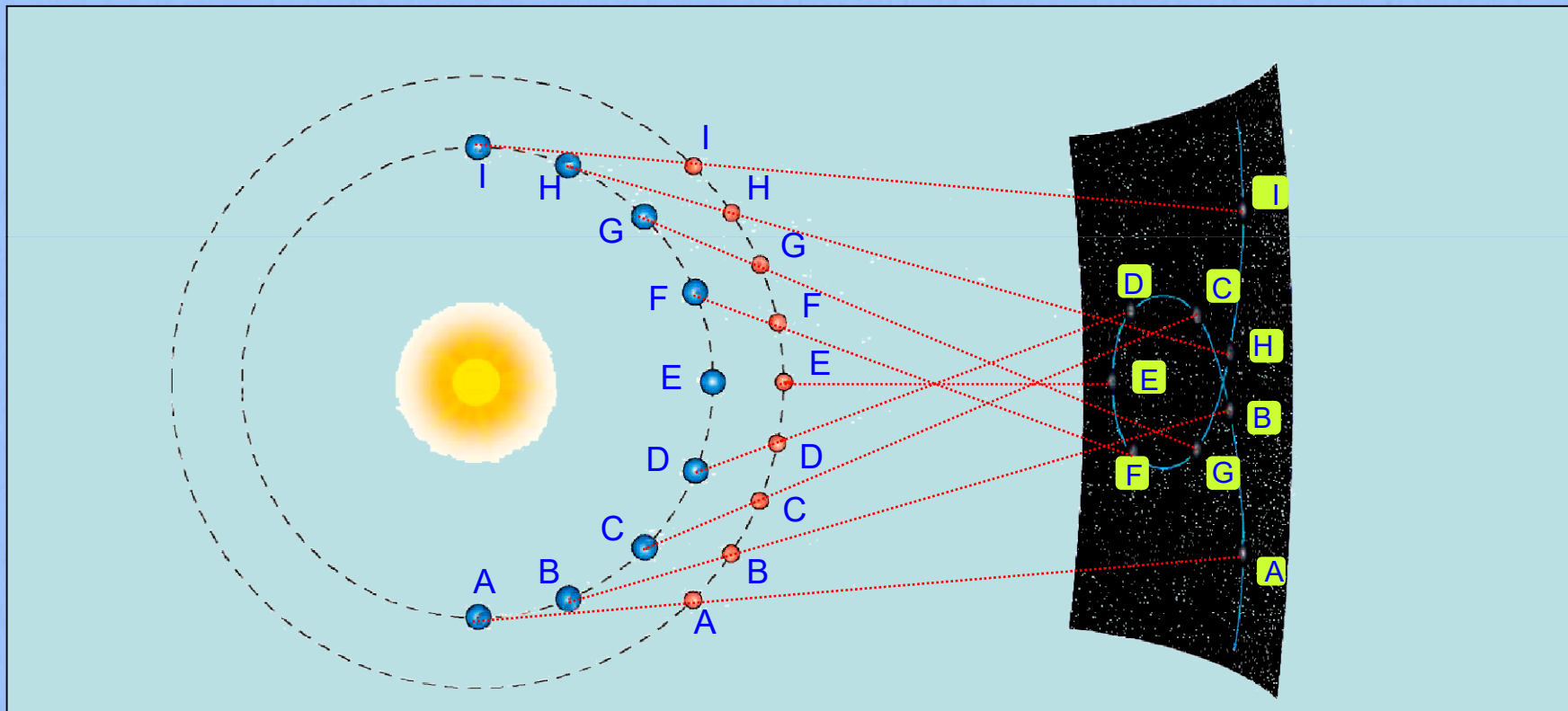
- El **Sol se sitúa en el centro del universo**. Y la Tierra gira en torno a él en una **órbita circular**, al igual que los otros planetas.
- La Luna gira, a su vez, alrededor de la Tierra, que también tiene un **movimiento de rotación** sobre su eje, como el de una peonza. Esta rotación explica la sucesión de los días y las noches.
- Para justificar los complejos movimientos planetarios, Copérnico mantuvo inicialmente los **epiciclos** del modelo de Ptolomeo. También conservó la esfera más externa, la de las estrellas fijas.



Modelo heliocéntrico. El Sol está en el centro del universo y los demás astros giran en órbitas circulares a su alrededor.

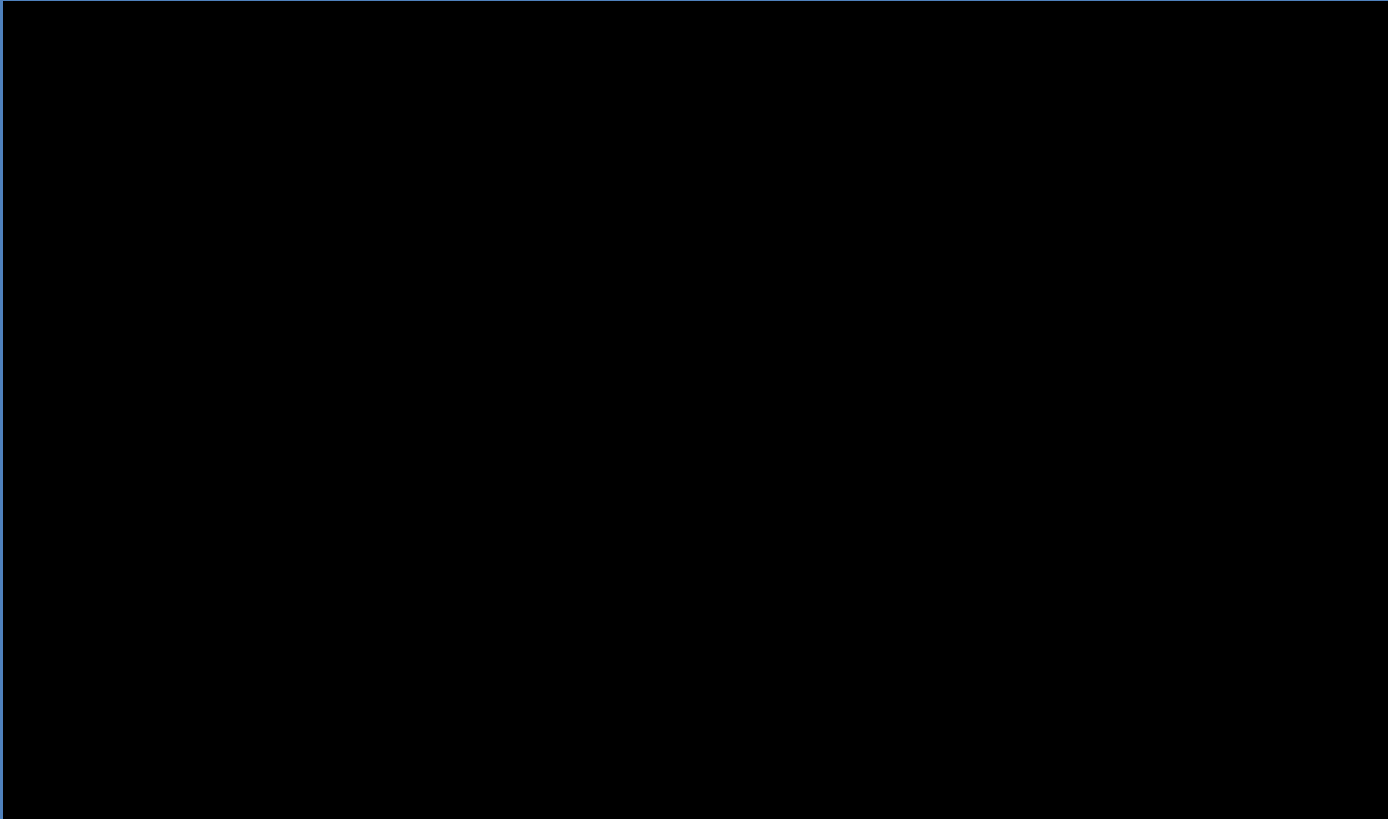
LA REVOLUCIÓN DE COPÉRNICO

- Desde la Tierra se apreciaba que planetas como Mercurio y Venus, que están más cercanos al Sol, tenían un brillo variable a lo largo del año, lo que parecía indicar que las distancias con respecto a la Tierra variaban y por tanto no podían girar alrededor de esta; se llegó a la conclusión que todos los planetas tenían que girar alrededor del Sol



- Este planteamiento le permitió justificar el **movimiento retrógrado de los planetas** para el que Ptolomeo había introducido los **epiciclos**.

En este video podemos observar el movimiento de los planetas bajo los dos sistemas cosmológicos.
Podemos ver la retrogradación del planeta en su movimiento y como es explicado por cada modelo.



LAS APORTACIONES DE GALILEO

- Galileo consiguió observar con la ayuda de un telescopio de su invención, las **fases de Venus** y las **montañas y llanuras en la Luna** convirtiéndose así en el primer defensor a ultranza del sistema copernicano
- Encontró infinidad de estrellas nunca vistas hasta entonces y 1610 Galileo descubrió los satélites de Júpiter, confirmando así que **la Tierra no era el centro del universo**
- En 1632 publicó en Florencia su obra **“Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo”**
- Un año después **fue procesado** por la Inquisición



Galileo nació en Pisa en 1564

LA CONDENA Y LA ABJURACIÓN. PROCESO A GALILEO (1564-1642)

La confesión de Galileo de su herejía, que pronunció de rodillas ante sus juzgadores el 23 de junio de 1633 siendo por sentencia obligado a la retractación pública para poder salvar su vida fue la siguiente:

Yo, Galileo Galilei, hijo del difunto florentino Vincenzo Galilei, de setenta años de edad, compareciendo personalmente en juicio ante este tribunal y puesto de rodillas ante vosotros, los Eminentísimos y Reverendísimos señores Cardenales, Inquisidores generales de la República Cristiana Universal respecto de materias de herejía, con la vista fija en los Santos Evangelios que tengo en mis manos, declaro que yo siempre he creído y creo ahora y que con la ayuda de Dios continuaré creyendo en lo sucesivo todo cuanto la Santa Iglesia Católica Apostólica y Romana cree, predica y enseña. Mas, por cuanto este Santo Oficio ha mandado judicialmente que abandone la falsa opinión que he sostenido de que el Sol está en el centro del Universo e inmóvil; que no profese, defienda, ni de cualquier manera que sea enseñe, ni de palabra ni por escrito, dicha doctrina, prohibida por ser contraria a las Sagradas Escrituras; por cuanto yo escribí y publiqué una obra en la cual trato de la misma doctrina condenada y aduzco con gran eficacia argumentos en favor de ella, sin resolverla; y atendiendo a que me he hecho vehementemente sospechoso de herejía por este motivo, o sea, porque he sostenido y creído que el Sol está en el centro del mundo e inmóvil y que la Tierra no está en el centro del Universo y que se mueve. En consecuencia, deseando remover de la mente de Vuestras Eminencias y de todos los cristianos católicos esa vehementemente sospecha legítimamente concebida contra mí, con sinceridad y de corazón y fe no fingida, abjuro, maldigo y detesto los antes mencionados errores y herejías, y en general cualquier otro error o secta, sea cual fuere, contraria a la Santa Iglesia, y juro para lo sucesivo nunca más decir ni afirmar de palabra ni por escrito cosa alguna que pueda despertar semejante sospecha contra mí; antes por el contrario, juro denunciar a cualquier hereje o persona sospechosa de herejía de quien tenga yo noticia a este Santo Oficio, o a los Inquisidores, o al juez eclesiástico del punto en que me halle.

Juro además y prometo cumplir y observar exactamente todas las penitencias que se me han impuesto o que me impusieren por este Santo Oficio.

Mas en el caso de obrar yo en contra de mis promesas, protestas y juramentos, lo que Dios no permita, me someto desde ahora a todas las penas y castigos decretados y promulgados contra los delincuentes de esta clase por los Sagrados Cánones y otras constituciones generales y disposiciones particulares. Así me ayude Dios y los Santos Evangelios sobre los cuales tengo extendidas las manos.

Yo, Galileo Galilei, arriba mencionado, juro, prometo y me obligo en el todo y forma que acabo de decir, y en fe de estos mis compromisos, firmo de mi propio puño y letra esta abjuración, que he recitado palabra por palabra.

LA IGLESIA PERDONA A GALILEO DESPUÉS DE 350 AÑOS DE CONDENA

Galileo confiesa su herejía y es obligado a abjurar de ella ante el tribunal de la Inquisición el 23 de junio de 1633. La Sagrada Inquisición condenó a Galileo a la pena de cárcel, siendo desterrado en calidad de arresto domiciliario fuera de Roma, a Villa Médici, propiedad de su amigo el Duque de Toscana. A finales de junio le permiten trasladarse a la villa de Arcetri, residencia de su amigo el Arzobispo de Siena. Cuatro años antes de su muerte en 1642, a sus 78 años, aún seguía bajo arresto domiciliario, sacando clandestinamente el manuscrito, llevado a un editor de Holanda, su gran libro *Dos nuevas Ciencias*. Pero hay que esperar hasta 1822 para que la Iglesia admita oficialmente que la Tierra gira alrededor del Sol. En 1963, el Concilio Vaticano II lamenta ciertas actitudes mantenidas por los propios cristianos, insuficientemente advertidos de la legítima autonomía de la

ciencia. Fuente de tensiones y de conflictos, tales actitudes han llevado a pensar a muchos que ciencia y fe se contraponen. En 1979, el papa Juan Pablo II propone cautelosamente que se revoque la condena que pesaba sobre Galileo, pronunciada trescientos cuarenta y seis años antes, y en 1983 ordena la reapertura del expediente de Galileo. Algo difícil de llevar a cabo, habida cuenta de que una buena parte de los documentos del proceso se han perdido.

Sin duda –decía en 1611 su discípulo Paolo Scarpi–, llegará un día en que los hombres de ciencia más ilustrados deplorarán la desgracia de Galileo y la injusticia cometida con tan gran hombre; pero, entretanto, habrá que asumirla y no comentarla sino en secreto.

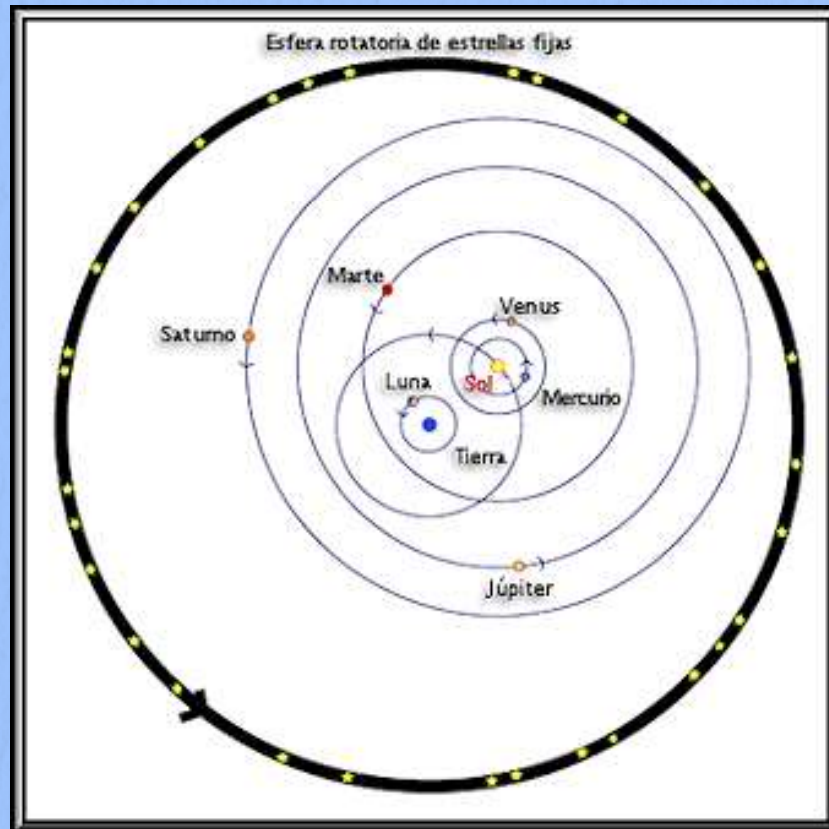
El País, 12 de noviembre de 1983.
Cayetano López

PRECEDENTES DE LA GRAVITACIÓN

- **Tycho Brahe** llevó a cabo las observaciones más exactas y sistemáticas de las posiciones planetarias y estelares que conocen los tiempos pretelescopícos.



Tycho Brahe 1546 - 1601



El modelo de universo de **Tycho Brahe** era un poco **híbrido**, la **Tierra** orbitada por la Luna en el **centro** del universo. Una **esfera rotatoria** que almacenaba fijamente a las **estrellas**, también **giraba en torno** a la **Tierra** una vez cada 24 horas. Sin embargo, los **planetas orbitan** alrededor del **Sol**, el cual tiene su **órbita** alrededor de la **Tierra**. Utiliza **epiciclos, deferentes y ecuatorial**.

JOHANES KEPLER



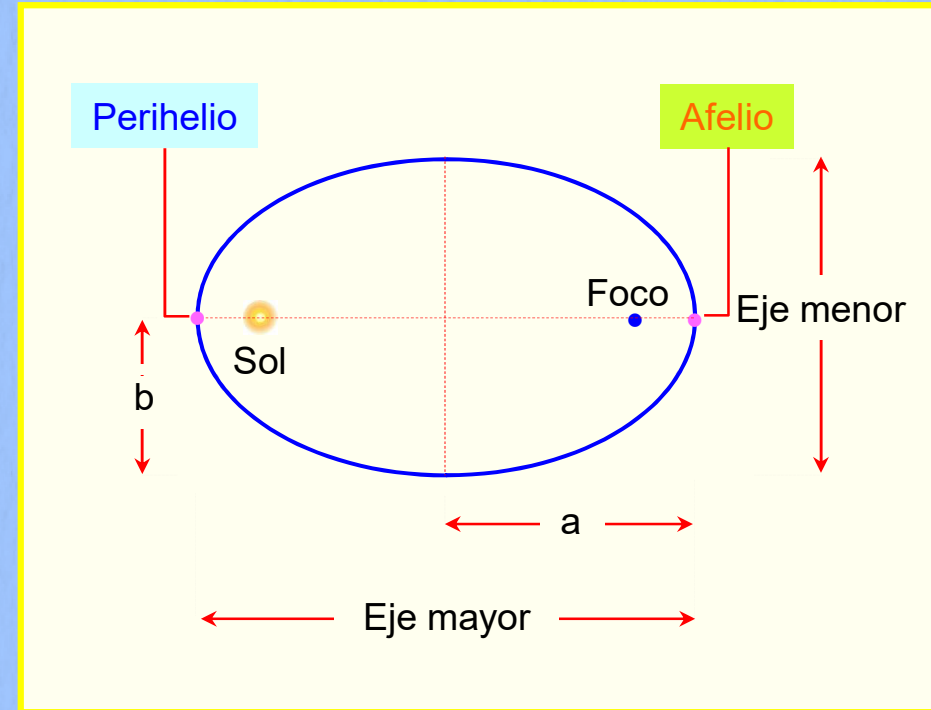
Johannes Kepler (1575 – 1630)

Durante 17 años se dedica a analizar matemáticamente los datos de **Tycho Brahe**.

Esto le lleva a enunciar **tres leyes empíricas**, relativas al movimiento de los planetas en torno al Sol, que describen exactamente el sistema solar tal y como lo conocemos en la actualidad.

LAS LEYES DE KEPLER

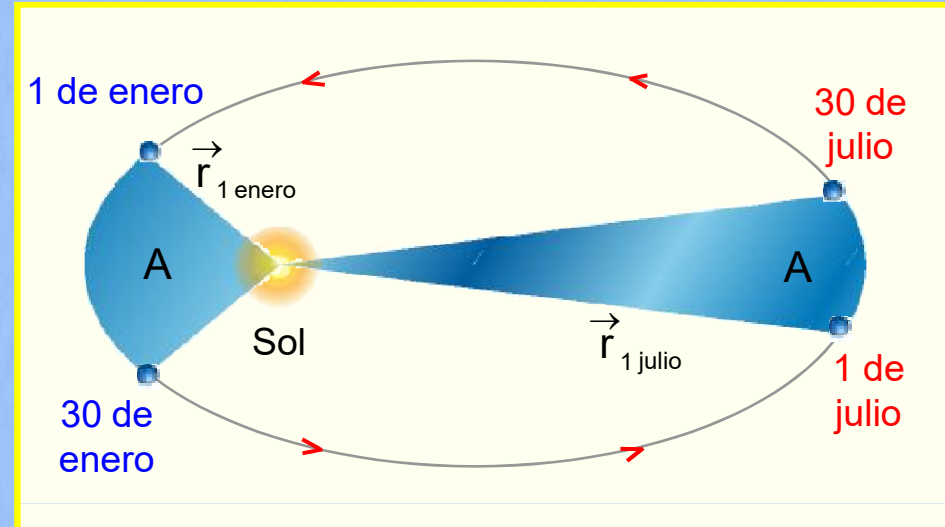
- Descubrió que la **elipse** era la curva que podía definir el movimiento planetario
- Comprobó que este hecho se repetía **para todos los planetas**
- La posición del extremo del semieje mayor más **alejada** del Sol se llama **afelio**
- La posición más **cercana**, es el **perihelio**



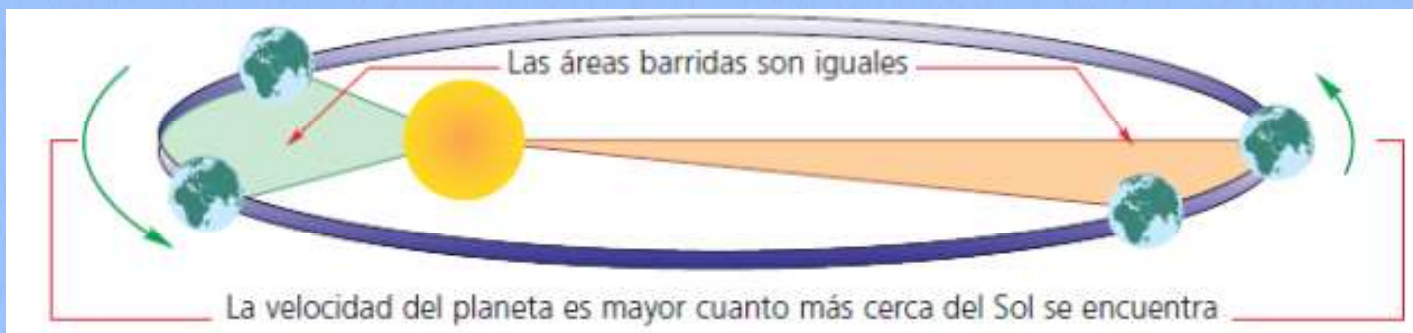
Primera ley: Los planetas describen órbitas elípticas de excentricidad variable alrededor del Sol, estando situado éste, en uno de sus focos.

- Kepler observó que **la velocidad** de los planetas **dependía** de su **posición** en la órbita

Segunda ley: El radiovector dirigido desde el Sol a los planetas, barre áreas iguales en tiempos iguales



- Esto se traduce en que, en su movimiento orbital, los planetas **no se mueven con la misma rapidez**. Esta es mayor cuanto más cerca del Sol se encuentran. Lo que si resulta constante es el área barrida en el mismo intervalo de tiempo.



Tercera ley: El cuadrado de los periodos orbitales de los planetas alrededor del Sol (T) es proporcional a los cubos de los semiejes mayores, o radios medios, de sus órbitas (R), $T^2 = KR^3$ siendo K una constante igual para todos los planetas

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3}$$

- Esta ley muestra la **relación** entre los **tamaños de las órbitas** y el **tiempo** empleado por los planetas **en recorrerlas**
- Cada planeta, parecía tener su **órbita propia** y su **velocidad independiente** del resto. Mediante la 3ª ley de Kepler puede calcularse la velocidad de un planeta si se conoce su distancia al Sol o viceversa.
- Sirvió como **base de la ley de Newton** de la gravitación universal, y **permitió calcular** la **masa de los planetas**

En este video podemos observar las tres leyes de Kepler sobre el movimiento planetario.



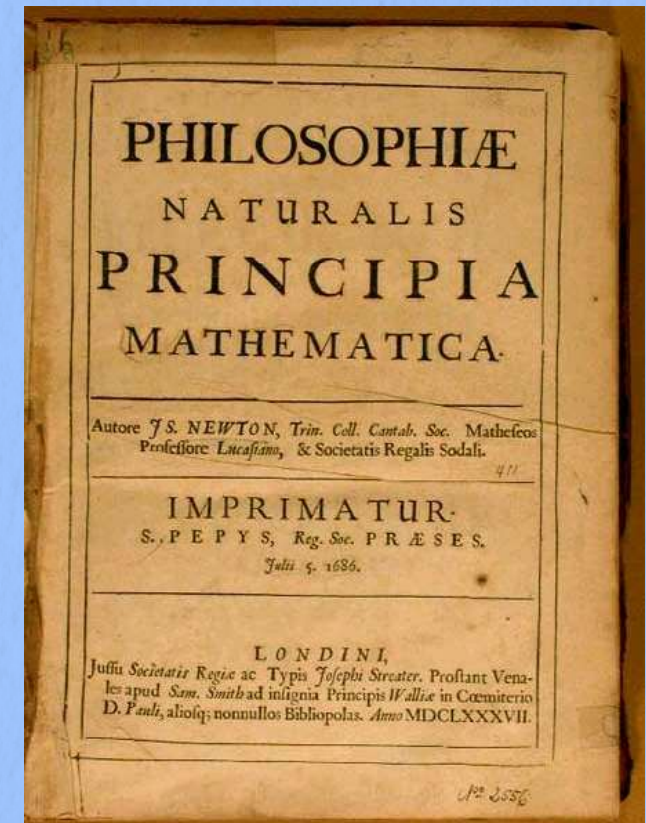
ISSAC NEWTON

- Tras enunciar sus leyes, **Kepler** llego a una asombrosa conclusión: **debía existir una fuerza que emanaba del Sol y mantenía a los planetas unidos a él**, aunque no supo encontrarla.



Isaac Newton (1642 – 1727)

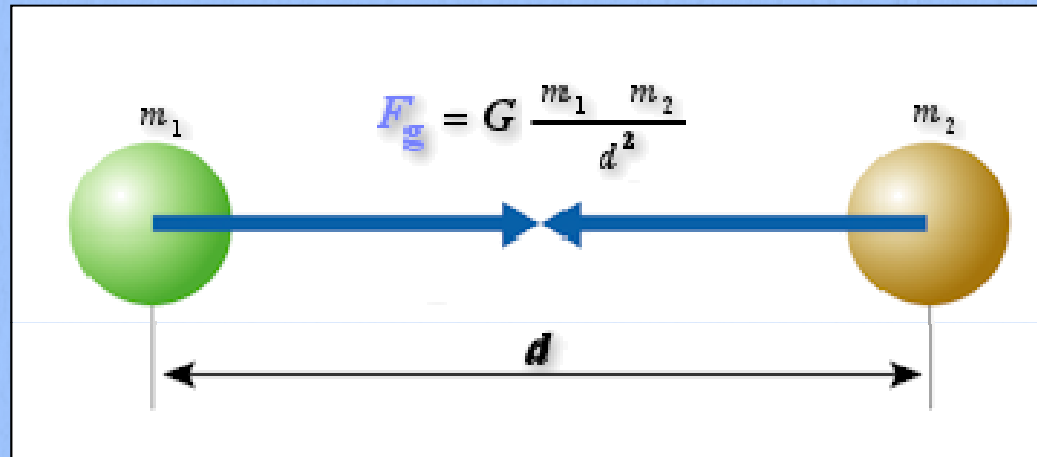
- **Isaac Newton** concreto la **naturaleza** de esa **fuerza de atracción**, dándola a conocer en su obra ***Philosophiae naturalis principia mathematica*** publicada en 1687.



Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica

LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL (I)

Ley de la gravitación universal. Dos cuerpos se **atraen** con una **fuerza** en la dirección que los **une**, cuyo valor es **directamente proporcional** al **producto** de sus **masas** e **inversamente proporcional** al **cuadrado** de la **distancia** que les separa.

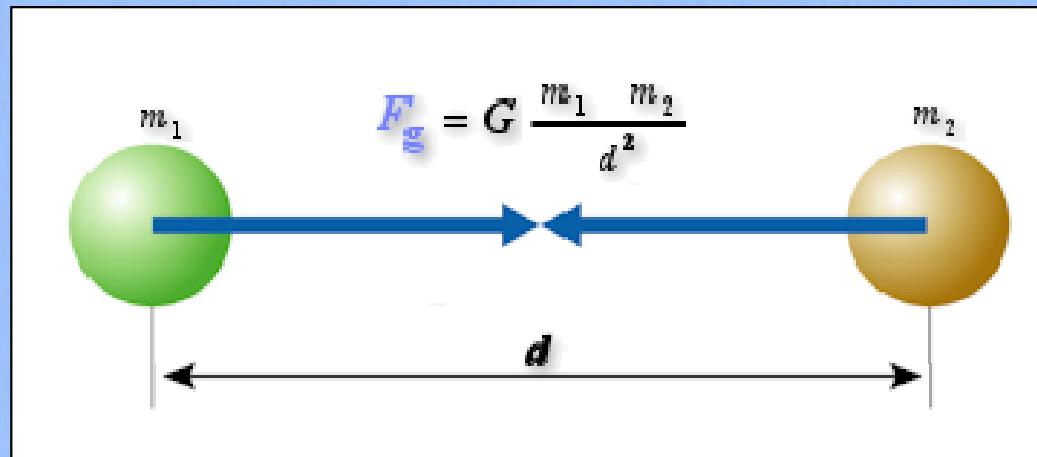


$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

- Donde **F** es la **fuerza atractiva**, **m_1** y **m_2** representan las **masas** de los **cuerpos** y **d^2** es la distancia entre ellos. **G** es la constante de proporcionalidad y recibe el nombre de **constante de gravitación universal o gravitatoria** cuyo valor, calculado por **H. Cavendish**, depende de las unidades en que se mida la fuerza, la masa y la distancia. Su valor en unidades del S.I. es:

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL (II)



- **Todos los cuerpos** en la naturaleza **experimentan esta fuerza**. Para cuerpos de poca masa, aún a una pequeña distancia entre sí, esta fuerza es muy débil y en la práctica imperceptible.
- En el caso de los **cuerpos celestes** (planetas, estrellas, etc.), sus **enormes masas** hacen que se produzcan las **enormes fuerzas** que los mantienen a unos cerca de otros, en órbita mutua, o unidos.
- A partir de esta ley, Newton pudo explicar fenómenos tales como:

- El origen de las mareas

- La atracción gravitatoria que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos

- Las trayectorias de los planetas entorno al Sol

- Las protuberancias de la Tierra y de Júpiter a causa de su rotación

GRAVEDAD Y PESO

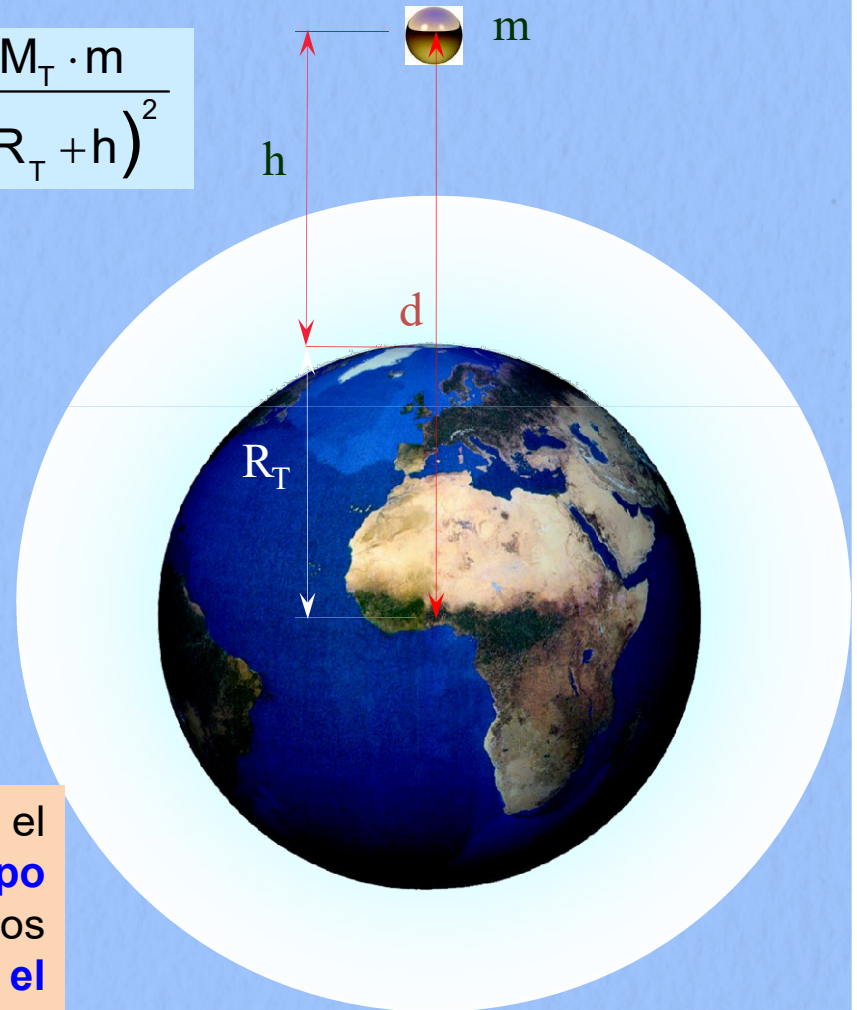
- Si M_T es la masa de la Tierra y R_T su radio, la fuerza ejercida sobre un cuerpo de masa m situado a una altura h sobre la superficie terrestre responde a la ley de Newton:

$$F = G \frac{M_T \cdot m}{d^2} = G \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2}$$

- Anteriormente hemos visto que el **peso** de un cuerpo es la fuerza con que la Tierra lo atrae. A partir de la **ley de la gravitación universal** podemos justificar la fórmula del **peso** y el valor de la **aceleración de la gravedad**, para ello **tendremos en cuenta lo siguiente**:

- Las masas que multiplicamos son la **masa de la Tierra** y la **masa del cuerpo (objeto)** ambas en kg.

- La distancia d de separación es la que va desde el **centro de la Tierra** hasta el **centro del cuerpo (objeto)**, medida en m. Cuando se trata de cuerpos extensos, se supone la **masa concentrada en el centro de los cuerpos (objetos)**, y además se considera para las distancias que $d = R_T + h$



GRAVEDAD Y PESO

- Comparando **la ley de la gravitación universal** con la **2ª ley de la Dinámica** podemos obtener una expresión para calcular el valor de la **aceleración de la gravedad, g**

$$p = G \frac{m \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \Rightarrow m \cdot g_T = m \cdot G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

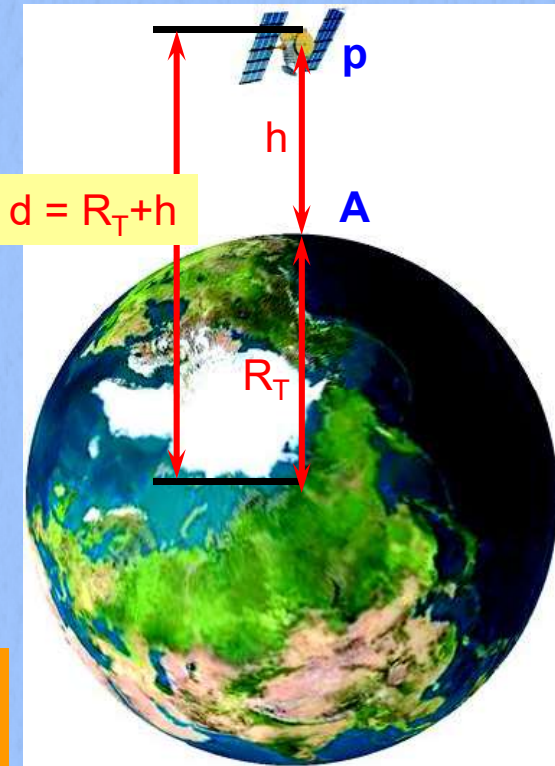
$$g_T = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

- La **aceleración de la gravedad** solo depende de la **masa de la Tierra** y de la **distancia a su centro**.
- En las proximidades de la superficie, donde h es **despreciable** frente al R_T ($h \approx 0$), su valor es, aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$:

$$g_T = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,37 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

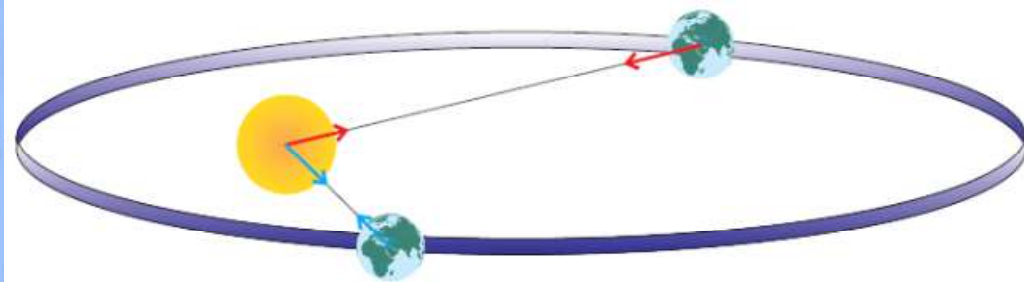
- Podemos generalizar la fórmula, para calcular la **aceleración de la gravedad** de cualquier cuerpo colocado a una altura h sobre la superficie de un **cuerpo celeste** de masa M :

$$g_{\text{cuerpoceleste}} = G \frac{M_{\text{cuerpoceleste}}}{(R_{\text{cuerpoceleste}} + h)^2}$$



MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS

- En el sistema formado por un planeta en su giro en torno al Sol, la **fuerza de atracción gravitatoria** que mantiene a los planetas en su órbita es la **fuerza centrípeta**



Los planetas describen órbitas elípticas a causa de la atracción gravitatoria ejercida por el Sol.

Fuerza gravitatoria:

$$F = G \cdot \frac{M_{\text{Sol}} \cdot m_{\text{planeta}}}{R^2}$$

Fuerza centrípeta:

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Igualando y despejando **v** resulta:

$$G \cdot \frac{M_{\text{Sol}} \cdot m_{\text{planeta}}}{R^2} = m_{\text{planeta}} \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{G \frac{M_{\text{Sol}}}{R}}$$

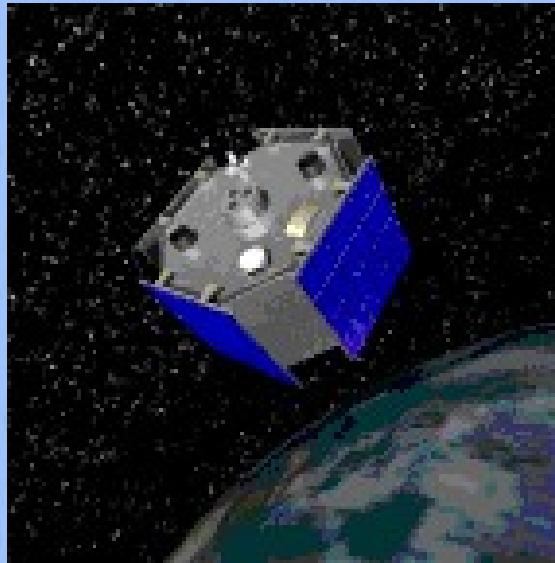
Que es la velocidad **v** de un planeta o satélite girando en una órbita de radio **R** alrededor del Sol de masa **M_{Sol}**.

Este resultado **permite calcular la velocidad orbital v** de **cualquier planeta o satélite**, que gira alrededor de un cuerpo celeste, conocido el radio **R** de la órbita y la masa **M** de dicho cuerpo celeste (como el **Sol**).

La conclusión que se saca es, que esta velocidad **no depende de la masa del planeta**; solo de la masa de la masa del cuerpo celeste (**Sol**) y de la distancia del planeta al cuerpo celeste (**Sol**).

SATÉLITES ARTIFICIALES

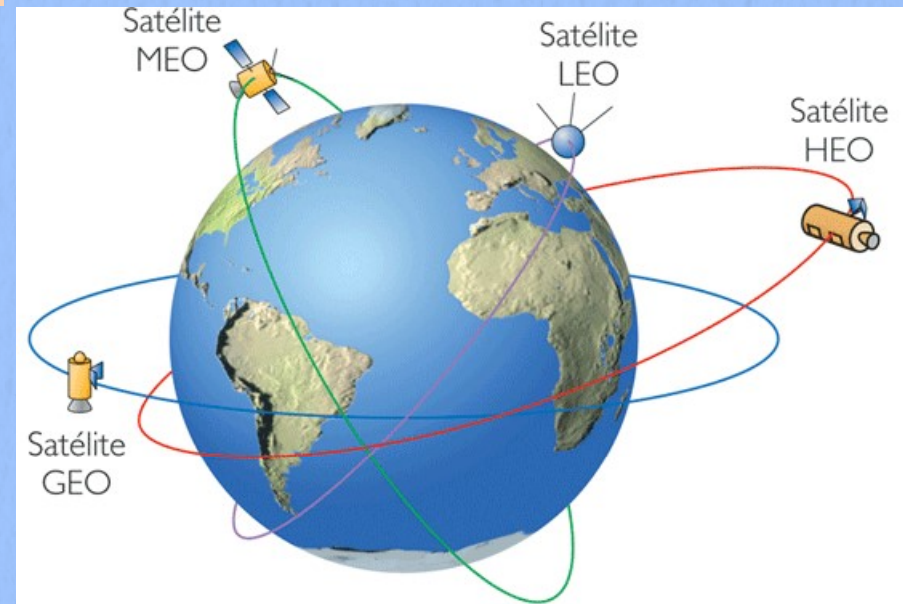
Los satélites artificiales son ingenios creados por el ser humano que **giran alrededor de la Tierra**, son puestos en órbita mediante cohetes espaciales que los sitúan a distancias relativamente cercanas de la superficie terrestre, fuera de la atmósfera.



SATÉLITES ARTIFICIALES

Los tipos de satélites según sus órbitas son:

- Satélites **GEOESTACIONARIOS (GEO)**. Tienen una **velocidad de traslación igual** a la **velocidad de rotación de la Tierra**, lo que supone que se encuentren suspendidos sobre un mismo punto del globo terrestre. Por eso se llaman satélites **geostacionarios**. Para que la Tierra y el satélite igualen sus velocidades es necesario que este último se encuentre a una **distancia fija de 35.800 km** sobre el **ecuador**. Se destinan a emisiones de **televisión** y de **telefonía**, a la transmisión de datos a larga distancia, y a la detección y difusión de datos **meteorológicos**.



- Satélites **NO GEOESTACIONARIOS** que se clasifican en:
 - Satélites **LEO** (*Low Earth Orbit*, que significa órbitas bajas). Orbitan la Tierra a una **distancia de 1.000 km** y su velocidad les permite dar una **vuelta** al mundo en **dos horas**. Se usan para proporcionar **datos geológicos** sobre movimiento de placas terrestres y para la industria de la **telefonía** vía **satélite**.
 - Satélites **MEO** (*Medium Earth Orbit*, órbitas medias). Son satélites que se mueven en **órbitas** medianamente cercanas, de unos **10.000 km**. Su uso se destina a comunicaciones de **telefonía** y **televisión**, y a las mediciones de **experimentos espaciales**.
 - Satélites **HEO** (*Highly Elliptical Orbit*, órbitas muy elípticas). Estos satélites no siguen una órbita circular, sino que su **órbita** es **elíptica**. Esto supone que alcanzan distancias mucho mayores en el punto de la órbita más alejada. A menudo se utilizan para **cartografiar** la superficie de la **Tierra**, ya que pueden detectar un gran ángulo de superficie terrestre.

VELOCIDAD ORBITAL DE UN SATÉLITE

La velocidad a la que gira un satélite alrededor de la Tierra **depende de la órbita seleccionada**

Veamos como se calcula la velocidad del satélite en una órbita estable

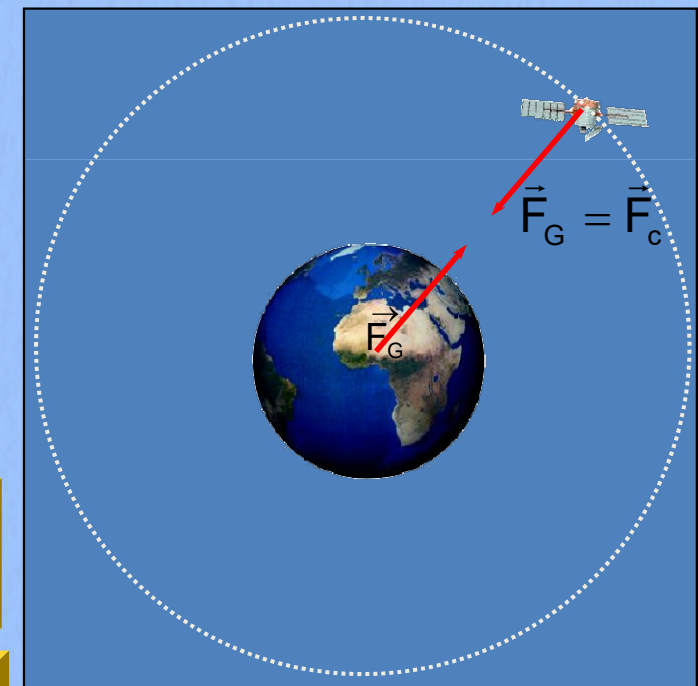
$$\sum F = F_c \Rightarrow F_{\text{gravitatoria}} = F_{\text{centripeta}} \Rightarrow G \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} = m \frac{v^2}{(R_T + h)} \Rightarrow v^2 = G \frac{M_T}{(R_T + h)}$$

En donde la masa de la Tierra es M_T , su radio R_T , y la altura a la que se encuentra el satélite sobre la superficie terrestre h , la velocidad resulta:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + h}}$$

La **velocidad orbital depende solo de la altura del satélite** pues todos los demás datos que aparecen son constantes.

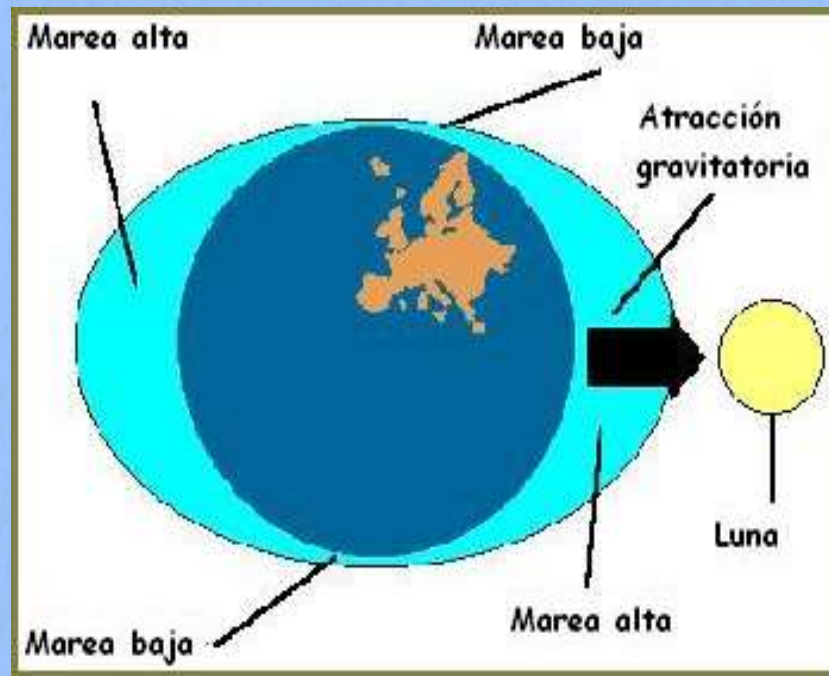
Esta **velocidad** debe **ajustarse** adecuadamente par **evitar** que el **satélite acabe cayendo** sobre la **superficie terrestre** o **escape** de la atracción gravitatoria hacia el **espacio**.



LAS MAREAS

El movimiento de subida y bajada de las mareas es debido también a la fuerza de atracción gravitatoria.

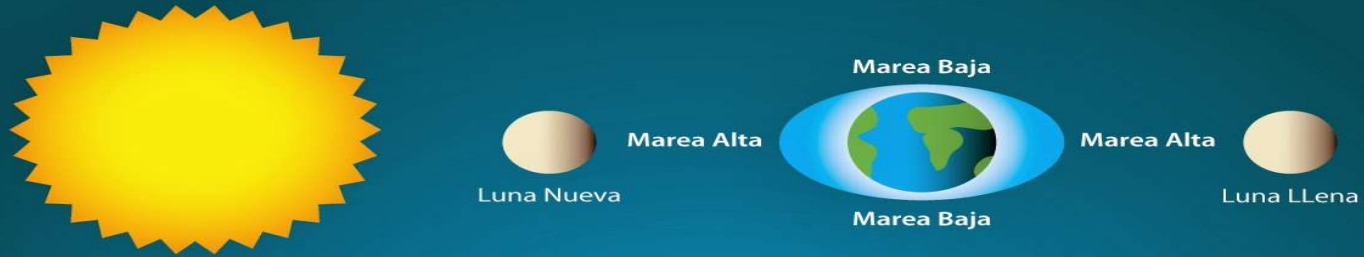
La luna ejerce una fuerza de atracción sobre el agua de los océanos que están en el lado en que está la Luna, alejando esta agua de la Tierra, provocando marea alta en ese lado, pero al mismo tiempo también ejerce atracción gravitatoria sobre la Tierra, alejándola del agua del lado opuesto y por tanto creando también en ese lado.



Por el hecho de que la masa acuosa de la Tierra se alarga por los extremos, se origina también una marea baja.

Si el Sol está alineado con la Luna, se producirán mareas más intensas llamadas Mareas Vivas.

MAREAS VIVAS



MAREAS MUERTAS

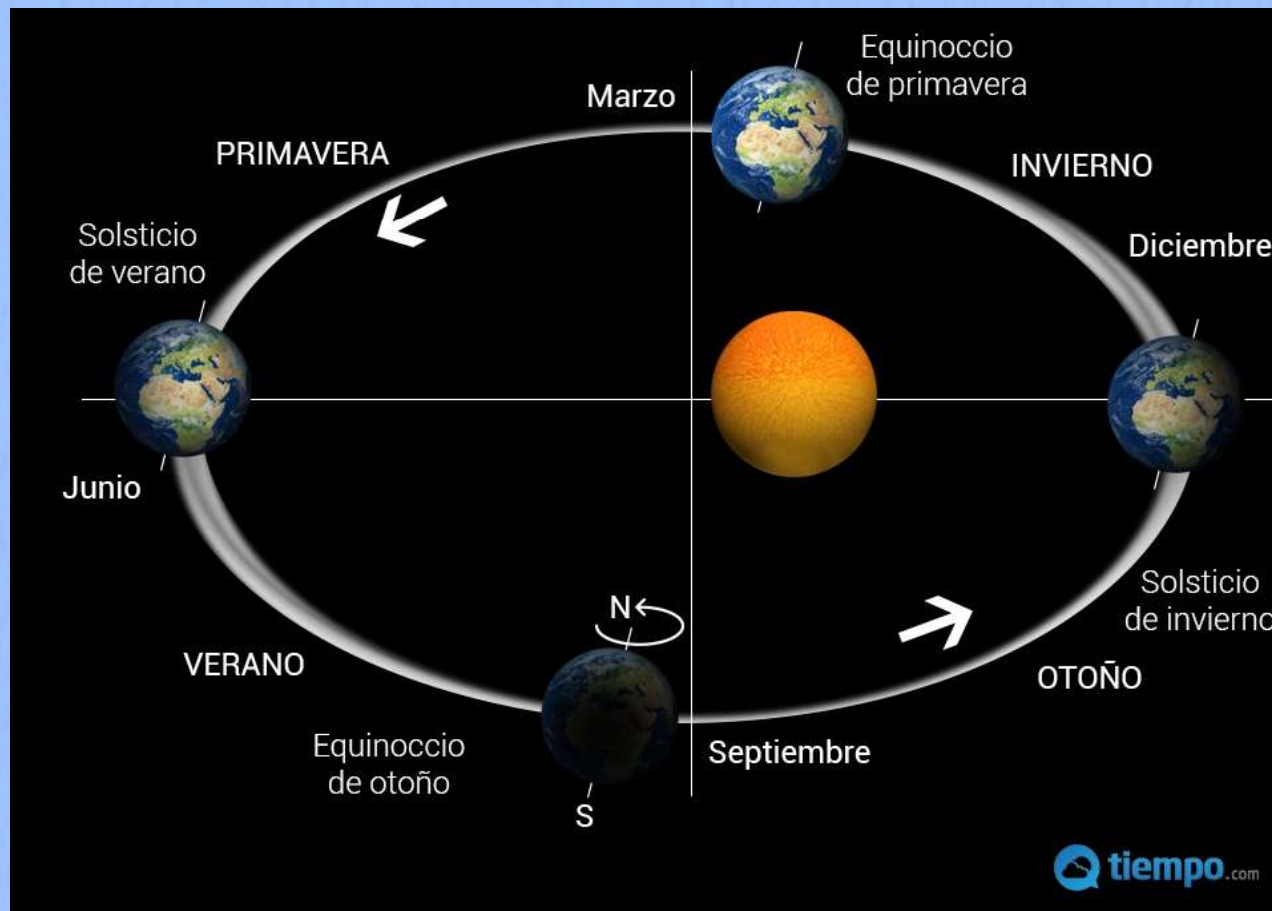


LAS ESTACIONES

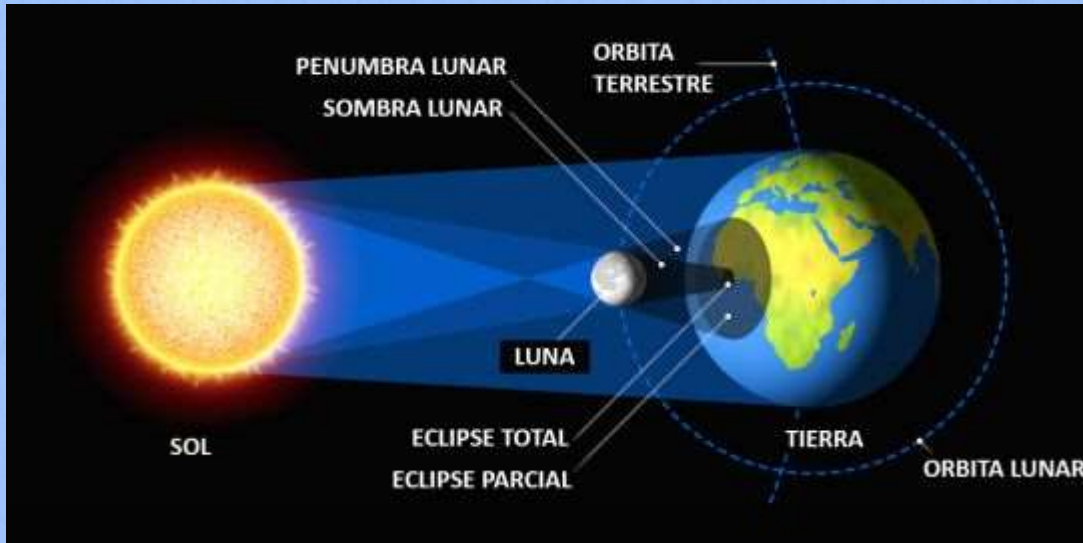
La Tierra en su movimiento de traslación describe una órbita elíptica alrededor del Sol.

En las zonas más alejadas del Sol se producen los solsticios, de verano (21 de junio) y de invierno (22 de diciembre).

En las zonas más cercanas al Sol, se producen los equinoccios, de primavera (21 de marzo) y de otoño (22 de septiembre)



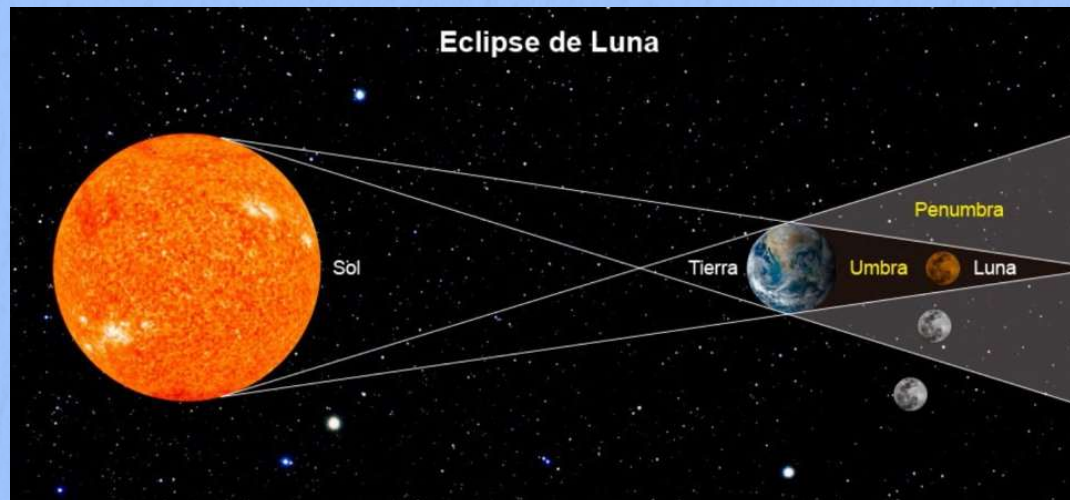
ECLIPSES



Eclipse de Sol:

La Luna se interpone entre el Sol y la Tierra.

En unas zonas, el eclipse es total, pues queda totalmente a oscuras, y en otras zonas será parcial, zona de penumbra



Eclipse de Luna:

La Tierra se interpone entre el Sol y la Luna.

La Luna no puede contemplarse desde las zonas de la Tierra donde debería verse, al no estar iluminada.

www.fisicarihondo.jimdo.com

PARA AMPLIAR

- LA EXPLORACIÓN DEL ESPACIO
- EL SISTEMA SOLAR
- ESTRELLAS Y GALAXIAS
- DISTANCIAS EN EL UNIVERSO
- ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

LA EXPLORACIÓN DEL ESPACIO

Pese a que la Astronomía es una ciencia antigua, su mayor desarrollo se ha producido en los últimos cuatro siglos, con la utilización de mejores instrumentos de observación.

El primero de ellos fue el **telescopio óptico**, descubierto en 1605, se trata de una aparato capaz de concentrar la luz procedente de una fuente lejana y hacerla más visible para poder analizarla. En la actualidad existen varios tipos de telescopios:

- El **telescopio refractor (Galileo)** mediante un sistema de lentes produce una imagen aumentada del astro observado.

- El **telescopio reflector (Newton)** mediante un espejo curvo concentra la luz y mediante otro espejo inclinado refleja la imagen hacia el visor.

- El **telescopio de infrarrojos**, recibe rayos infrarrojos.

- El **telescopio de rayos X** utiliza tubos encajados y ligeramente cónicos para enfocar esta radiación en un detector. Las lentes normales no sirven para enfocar los rayos X porque éstos las atraviesan sin refractarse (desviarse).



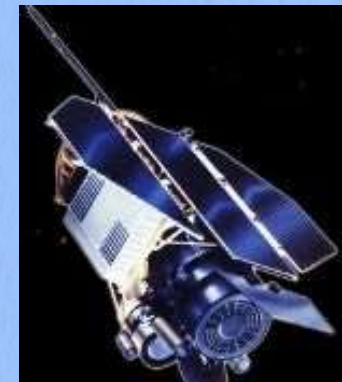
Telescopio refractor



Telescopio reflector



Telescopio infrarrojos



Telescopio rayos X

LA EXPLORACIÓN DEL ESPACIO

- El **radiotelescopio** que recibe ondas de radio.

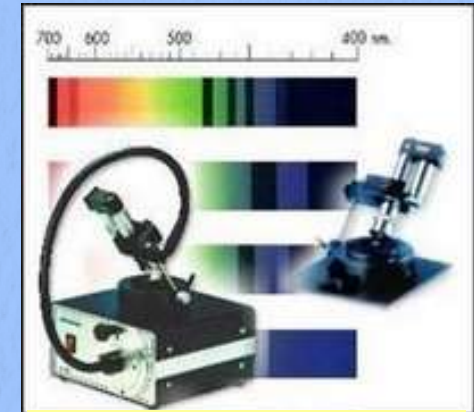
- Los **espectroscopios**, utilizados para analizar la luz procedente de las estrellas también sirven para la exploración del universo.

- Las **misiones espaciales** y en especial los **viajes tripulados** también han contribuido a la exploración del espacio.

Por último, no hay que olvidar las **sondas espaciales**, vehículos no tripulados enviados para transmitir datos sobre los distintos planetas y que ha aportado la información muy relevante. Algunos ejemplos son las sondas **Mariner** para la exploración del planeta *Venus* y **Viking** para el estudio de la superficie de *Marte*.



Radiotelescopio



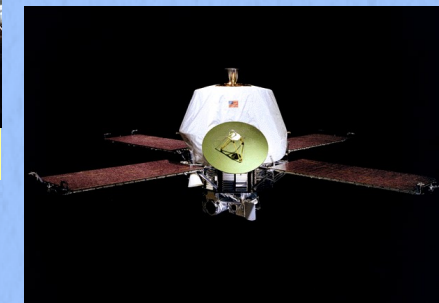
Espectroscopio



Viaje tripulado



Sonda Mariner



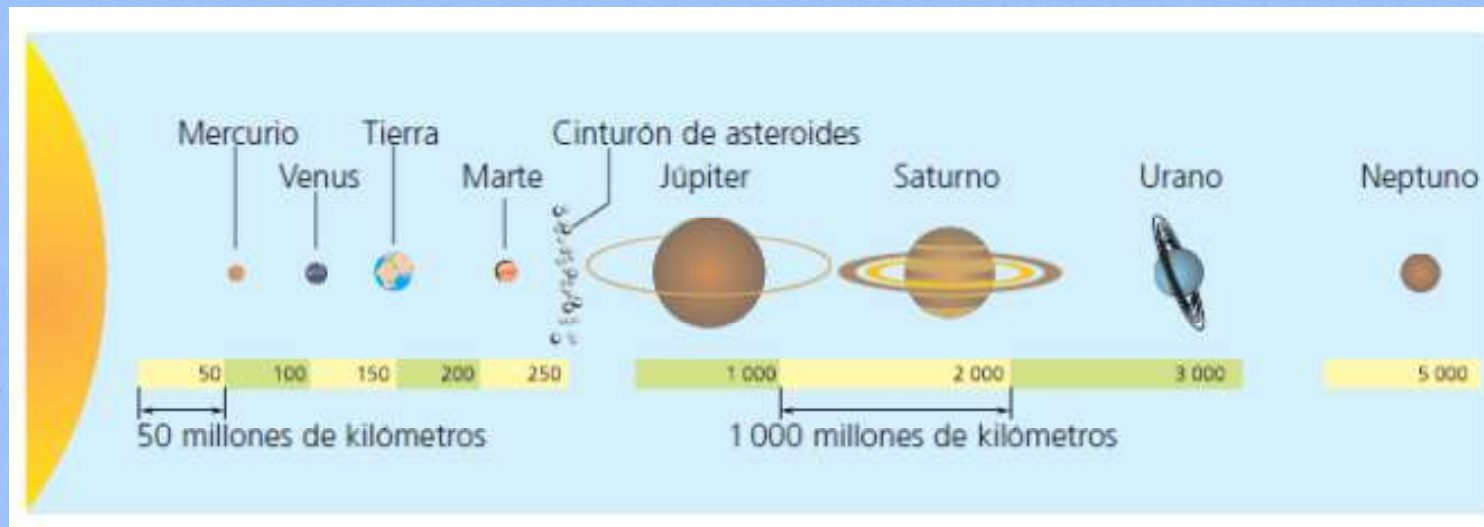
Sonda Viking

EL SISTEMA SOLAR



Nuestro **Sistema Solar** representado en esta imagen, ordenado y a escala de tamaños (**las distancias no están a escala lógicamente**), la gran bola de fuego a la izquierda es el **Sol**. Los siguientes objetos redondos próximos a él son los **planetas interiores** (*Mercurio, Venus, La Tierra y Marte*). Los cuatro **planetas gigantes** son por orden (*Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno*). Las pequeñas esferas en la parte inferior son los **planetas enanos**. Las lunas, los asteroides y los cometas son demasiado pequeños para que puedan apreciarse en la imagen.

EL SISTEMA SOLAR



Los cuerpos que forman parte del Sistema Solar son:

El Sol: Una Estrella amarilla que contiene el 99% de la masa del Sistema, su diámetro es de 1,5 millones de km y una densidad de 1,4 veces la de la Tierra. En su interior se producen **reacciones nucleares de fusión** con gran desprendimiento de energía.

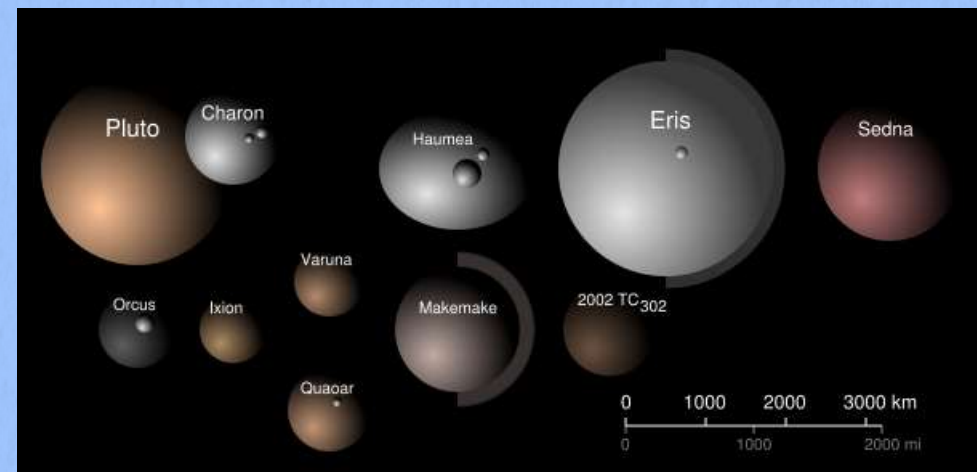
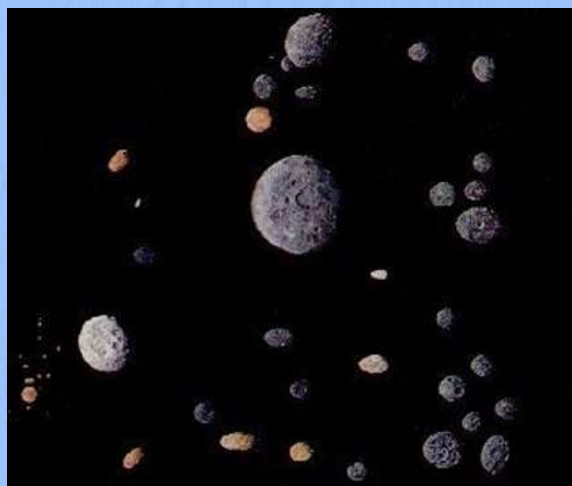
Planetas: Que pueden clasificarse en:

- **Planetas interiores o rocosos** (Mercurio, Venus, Tierra, Marte), de pequeño tamaño y elevada densidad (superior a los $3,5 \text{ g/cm}^3$).
- **Planetas exteriores o jovianos** (Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno) Son de baja densidad (inferior a 2 g/cm^3) y poseen un elevado número de satélites y anillos.

EL SISTEMA SOLAR

Planetas enanos: Nueva categoría creada en el seno de la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional (UAI) en Agosto de 2006. Son cuerpos cuya masa les ha permitido tener forma esférica pero no les ha evitado cruzar la órbita de otro planeta. (Decisión bastante polémica!!). **Plutón** que durante 76 años había sido considerado planeta, pasó a convertirse en un **planeta enano**.

Cuerpos Menores del Sistema Solar: Según el acuerdo adoptado por la UAI en agosto de 2006, es un cuerpo menor del sistema solar, aquel que orbita en torno al Sol y no es ni Planeta ni Planeta Enano. Actualmente incluyen la mayoría de los asteroides, la mayoría de los objetos transneptunianos, todos los cometas, otros.

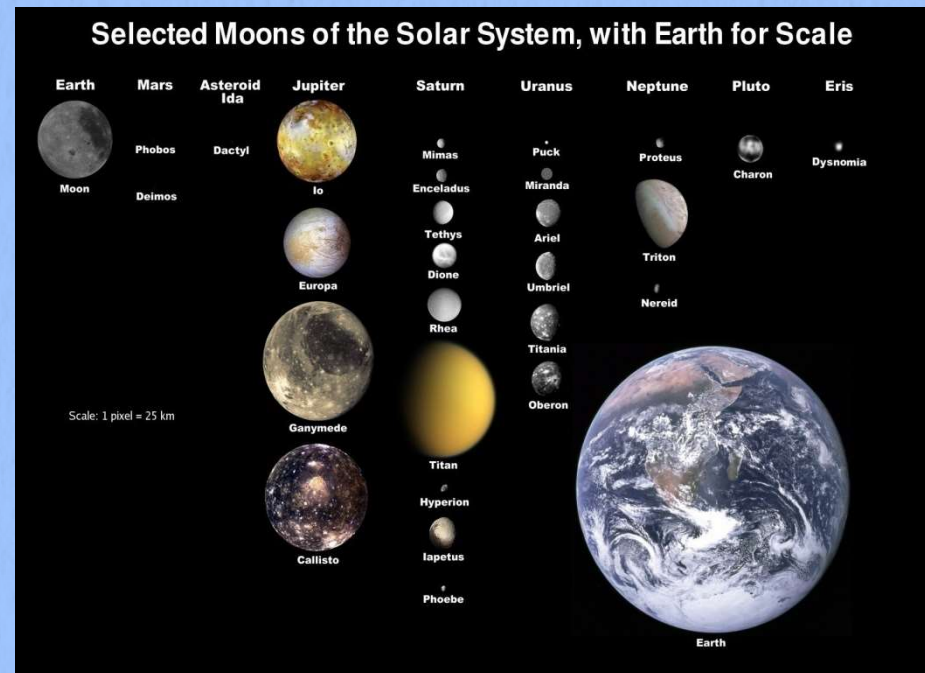


EL SISTEMA SOLAR

Satélites: En el contexto del Sistema Solar se entiende como satélite un cuerpo que orbita alrededor de otro de mayor masa; generalmente alrededor de planetas y asteroides.

Asteroides: Cuerpos Menores cuya mayor concentración se encuentra en el cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter.

Cometas: Pequeños cuerpos helados que provienen principalmente de dos lugares, la Nube de Oort, situada entre 50.000 y 100.000 UA del Sol, y el Cinturón de Kuiper, localizado más allá de la órbita de Neptuno.



Satélites



Cometa

ESTRELLAS Y GALAXIAS

Las **estrellas** son masas de gases y polvo, principalmente hidrógeno y helio, que emiten **luz** y **radiaciones** de otros tipos, cuyo estudio permite conocer su composición química, su temperatura e, incluso su edad.

Se encuentran a temperaturas muy elevadas. En su interior hay **reacciones nucleares de fusión** que generan los diferentes elementos químicos.



La masa de la estrella es la que determina la evolución que seguirá:

- Si su masa es grande, las altas presiones en su interior acelerará las reacciones termonucleares y la estrella brillara con intensidad pero se consumirá pronto.

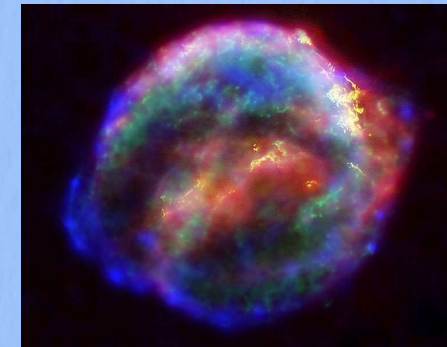
ESTRELLAS Y GALAXIAS

- Si es de masa intermedia o baja, al agotarse el hidrógeno del núcleo, se contrae por las fuerzas gravitatorias y tras consumirse las capas más externas se dilata a la vez que su superficie se enfría haciendo que el color de la estrella se vuelva más rojizo y se transforme en una **gigante roja**



Gigante roja

- Una gigante roja de gran masa puede llegar a explotar, dando lugar a una **supernova**, –formada por **objetos muy brillantes que aparecen en esfera celeste**–, la cual finalmente colapsa, originando un **agujero negro**, –una **región del espacio-tiempo provocada por una gran concentración de masa en su interior**, con enorme aumento de la densidad, lo que provoca una **fuerza gravitatoria muy intensa**, tal que ninguna partícula material, **ni siquiera los fotones de luz, puede escapar** de dicha región–.

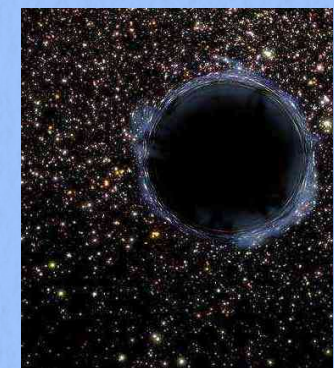


Supernova

- Si su masa inicial no es muy grande, al agotarse su combustible nuclear se origina una **enana blanca**, del tamaño de un planeta y muy densa, que finalmente se consume.



Enana blanca



Agujero negro

ESTRELLAS Y GALAXIAS

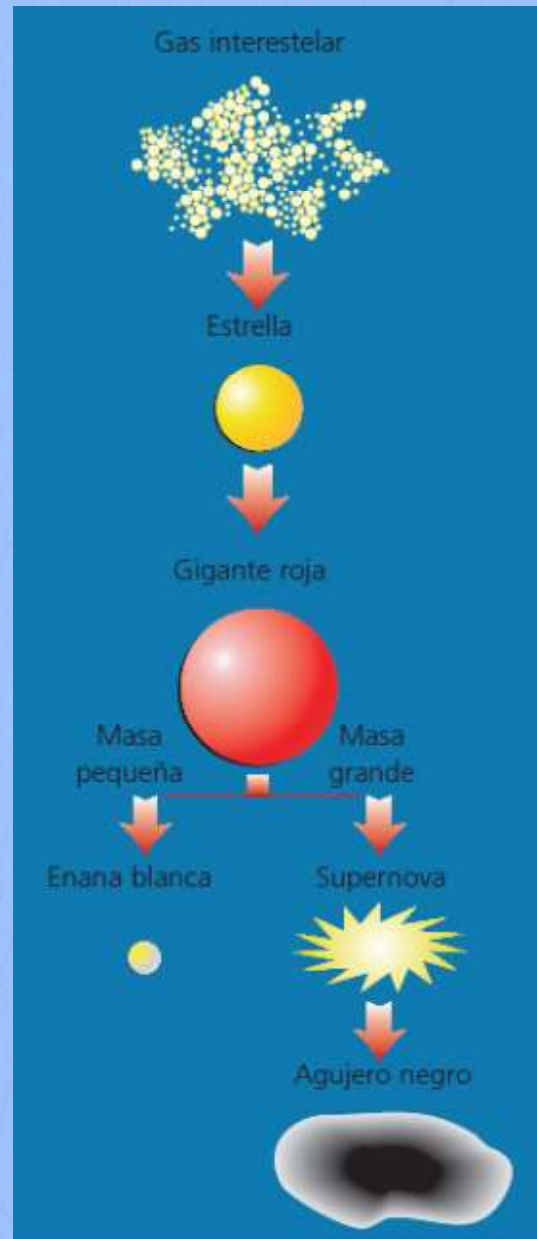


Figura que muestra la formación y evolución de las estrellas

Las **galaxias** son acumulaciones enormes de estrellas, gases y polvo.

En el Universo hay centenares de miles de millones. Cada galaxia puede estar formada por **centenares de miles de millones de estrellas** y otros astros. Algunas galaxias poseen sistemas planetarios.



DISTANCIAS EN EL UNIVERSO

Entre los astros las distancias son inconcebiblemente grandes por lo que se hace necesario definir nuevas unidades de longitud. En el **sistema solar** se usa la **unidad astronómica** (UA), equivalente a la distancia media entre la Tierra y el Sol.

$$1 \text{ UA} = 149\,600\,000\,000 \text{ m} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

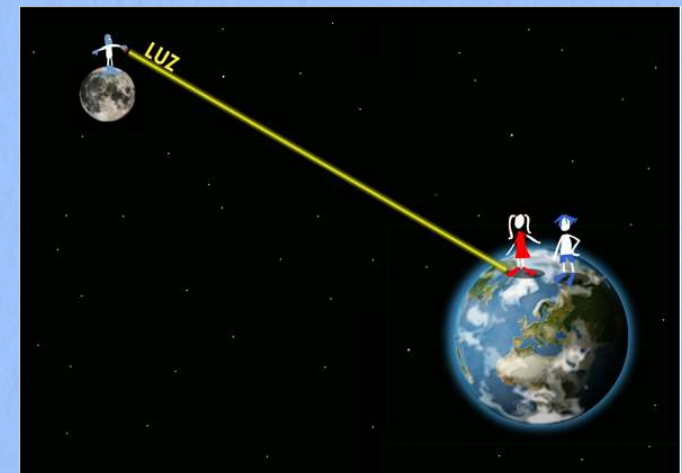


Fuera del sistema solar se utiliza el **año luz**, que es la distancia que recorre la luz en un año terrestre (velocidad de la luz $c = 299\,792 \text{ km/h}$)

$$1 \text{ año luz} = 299\,792\,000 \text{ m/s} \cdot (365 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ s} =$$
$$1 \text{ año luz} = 9,45 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

Finalmente otra unidad mayor también utilizada es el **parsec** (pc), su equivalencia es:

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ año luz}$$

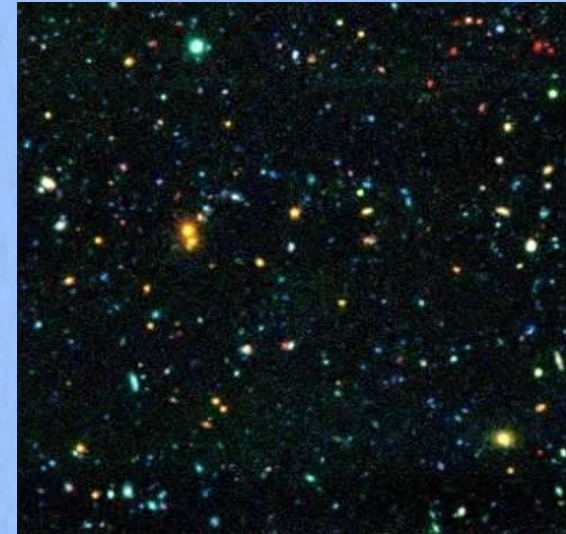


ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

El afán de saber del ser humano desde los albores de la humanidad, le ha llevado formularse dos preguntas sobre el **Universo**:

- **¿Cómo se originó?**
- **¿Cuándo finalizará?**

Uno de los objetivos de la Astronomía es responder a estas preguntas.



Las teorías sobre el origen del universo se basan en dos observaciones:

- El **universo se expande**, es decir las **galaxias se alejan** entre sí, esta afirmación fue establecida en 1929 por **Edwin Hubble** (norteamericano), a partir de los análisis de la radiación procedente de galaxias lejanas.



- En el espacio existe una **radiación de fondo**, detectada por **Arno Penzias** y **Robert Wilson** en 1964, que se ha interpretado como una energía residual del acontecimiento que dio lugar al universo.



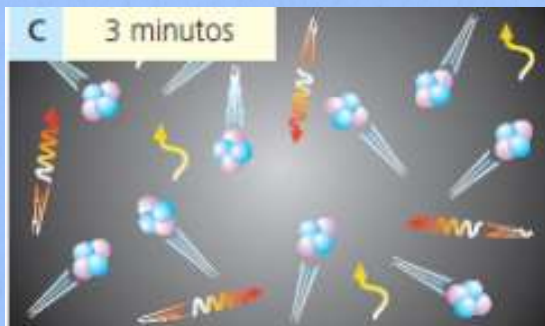
ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO



Se produce el big bang (A).



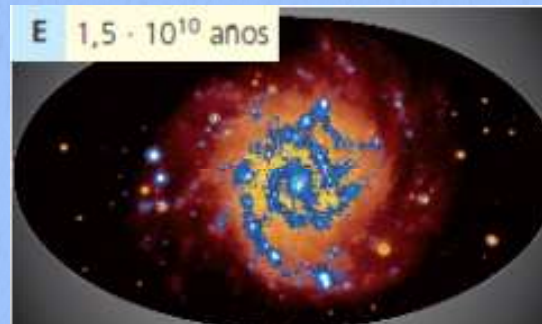
Se forman los protones y neutrones (B).



Posteriormente, núcleos de helio (C).



Los átomos neutros tardaron algo más (D).



En varios miles de millones de años, el aspecto del universo llegó a ser el actual (E).

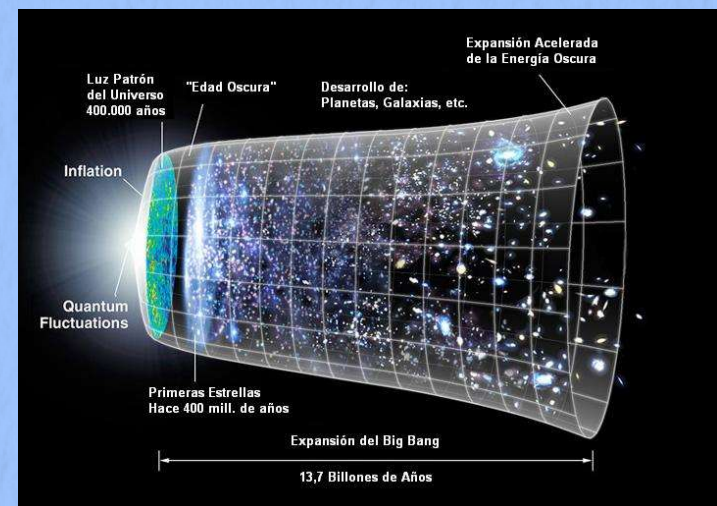
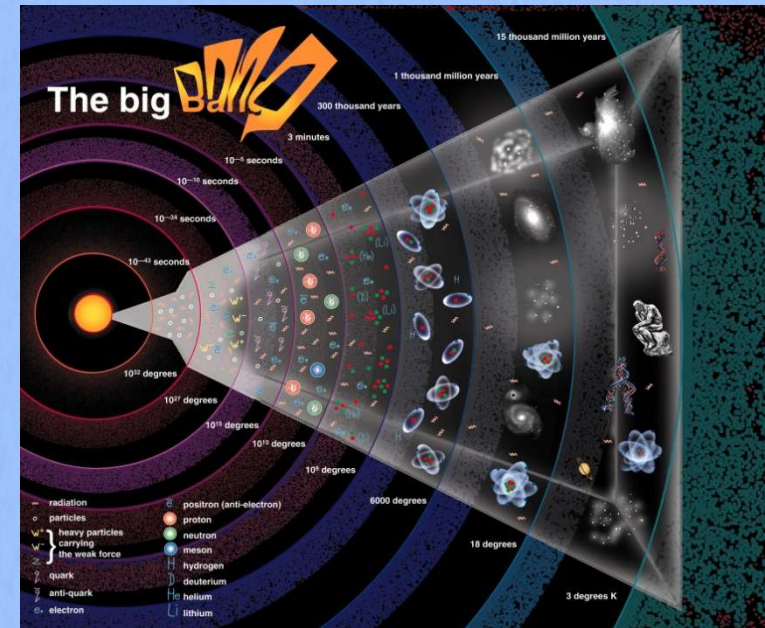
ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

Para explicar el origen del universo se ha propuesto la teoría del **big bang** («gran explosión») que de manera resumida establece lo siguiente:

- La **materia** y el **tiempo** surgieron de forma simultánea hace entre **12000 y 15000 millones de años** a partir de un núcleo donde estaba concentrada toda la materia y caliente. Tras la gran explosión, que liberó una inimaginable cantidad de energía, en el primer segundo se formaron las primeras partículas.

- Aproximadamente unos **1000 millones de años** más tarde, la materia **comenzó a agruparse** en algunos **lugares** del **espacio**, y se formaron las primeras **estrellas** y las primeras **galaxias**, por efecto de la **atracción gravitatoria**, mientras que el universo, debido a la gran energía liberada, seguía expandiéndose y enfriándose.

- No hay acuerdo sobre la **evolución futura** del universo. Una de las teorías indica que el fin del universo se producirá por un **big crunch** («gran crujido»), según el cual la expansión se frenará y la atracción gravitatoria invertirá el proceso, la materia se **colapsará** hasta alcanzar un estado de densidad comparable a la del núcleo inicial, al que seguirá otro big bang.



www.fisicarihondo.jimdo.com