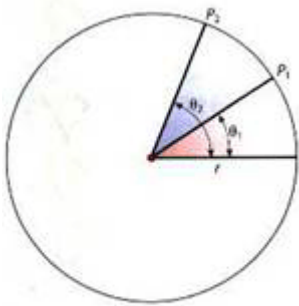


FUERZAS Y MOVIMIENTOS CIRCULARES

1-Movimiento Circular Uniforme

Movimiento Circular Uniforme es el desplazamiento de un cuerpo, que tiene por trayectoria una circunferencia y describe arcos en tiempos iguales (MCU)

1.1 Desplazamiento angular



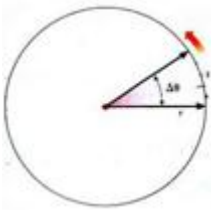
En los movimientos circulares podemos también usar las magnitudes lineales de desplazamiento, espacio, velocidad y aceleración. Pero es mejor y más sencillo usar las **Magnitudes Angulares**.

En un desplazamiento circular como vemos en el dibujo, tomemos como origen de coordenadas el centro de la circunferencia. La posición de un punto P sobre la circunferencia es dada por el ángulo θ que forma el radio correspondiente (**radio Vector**) con el eje X.

A cada valor de tiempo, el ángulo varía, por lo tanto el cambio de posición es dado por el **desplazamiento angular**:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

•El Radian:



Mientras el cuerpo recorre un arco S en el sentido indicado en el dibujo, el radio vector R, describe un desplazamiento angular $\Delta\theta$, de forma que:

$$\text{desplazamiento}_\text{angular} = \frac{\text{arco}}{\text{radio}_\text{vector}}$$

$$\Delta\theta = \frac{S}{R}$$

Hay dos clases de espacio recorrido:

-**El espacio Lineal** o distancia recorrida sobre la trayectoria (es decir la longitud del arco descrito). Se mide en metros

-**El espacio Angular** descrito por el radio vector θ . Se mide en grados, revoluciones o radianes.

***Grados**: Una circunferencia son 360°

***Revolución**: es una vuelta completa a una circunferencia

***Radian**: una circunferencia tiene 2π radianes. Radian es el ángulo, cuyo arco es igual al radio

Conversión entre unidades:

$$\frac{1 \text{ revolución}}{1 \text{ min}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{rad}}{1 \text{ min}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{rad}}{60 \text{ segundos}}$$

$$360^\circ = 2\pi \text{ radianes}$$

$$180^\circ = \pi \text{ radianes}$$

$$270^\circ = \frac{3 \cdot \pi}{2} \text{ radianes}$$

$$90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ radianes}$$

$$45^\circ = \frac{\pi}{4} \text{ radianes}$$

Velocidad angular

Velocidad angular es el ángulo descrito por el radio vector en la unidad de tiempo.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{t}$$

La unidad para medir la velocidad angular es el **Radian por segundo** (rad/seg), también se suele expresar en revoluciones por minuto (**rpm**) o en revoluciones por segundo (**rps**)

Relación entre la Velocidad lineal y angular

Sigamos la siguiente evolución de formulas:

Ya sabemos que:

$$\Delta\theta = \frac{S}{R}$$

$$S = \Delta\theta * R$$

$$\frac{S}{T} = \frac{\Delta\theta * R}{T}$$

si dividimos a ambos lados por T(tiempo), la igualdad no varia:
es decir

$$V = \omega * R$$

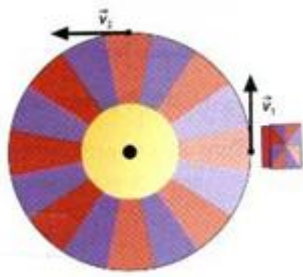
La Velocidad lineal es igual a la angular por el Radio vector

Comprobemos, que la velocidad lineal del punto P (Circunferencia Interior) y Punto Q (Circunferencia Exterior), en un espacio de tiempo t es distinto ya que:

-**Velocidad Lineal** es la longitud del arco recorrido que evidentemente es mayor el arco externo Q₀-Q₁, que el interno P₀-P₁.

-**Velocidad Angular** es la misma ya que el ángulo recorrido es el mismo.

Aceleración normal o centrípeta



En el **Movimiento Circular Uniforme**, el **modulo de la velocidad lineal es constante, pero no la dirección**. Como vemos en el dibujo en los dos instantes marcados, la velocidad tienen el mismo modulo, pero la dirección a cambiado, es tangente a la circunferencia.

Al cambiar la velocidad, deducimos que ha habido una aceleración, que llamaremos **aceleración normal o centrípeta** a_c , ya que es **perpendicular a la trayectoria del móvil en cada punto y esta dirigida hacia el centro de la circunferencia**.

$$a_c = \frac{V^2}{R}$$

En un movimiento circular uniforme siempre hay aceleración.

Frecuencia y Periodo en Movimiento Circular Uniforme

Frecuencia f de un cuerpo que se mueve en movimiento circular uniforme, es el numero de vueltas que recorre en la unidad de tiempo

La unidad de medida es el **Hz (Hercio)**= n° de vueltas por segundo.

Periodo T de un movimiento, es el mismo que tarda un cuerpo en movimiento circular uniforme en dar una vuelta o ciclo.

La frecuencia y el periodo son magnitudes inversas:

$$f = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{f}$$

luego la velocidad en que un cuerpo recorre una circunferencia es la siguiente

$$V = \frac{\text{Espacio}_{\text{recorrido}}}{t} = \frac{\text{Longitud}_{\text{Circunfer}}}{T} = \frac{2.\pi.r}{T} = 2.\pi.r.f$$

$$V = 2.\pi.r.f \quad V = \frac{2.\pi.r}{T}$$

También deducimos:

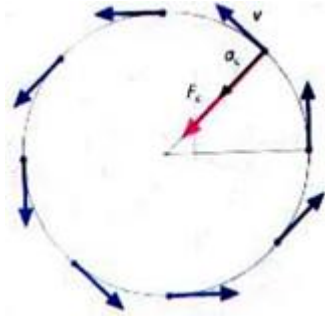
$$a_c = \frac{V^2}{r}$$

$$a_c = \frac{V^2}{r} = \frac{\left(\frac{2.\pi.r}{T}\right)^2}{r} = \frac{4.\pi^2.r^2}{T^2.r}$$

$$a_c = \frac{4.\pi^2.r}{T^2}$$

La Fuerza Centrípeta

En un movimiento circular Uniforme, el vector velocidad no cambia en modulo, pero si su dirección.



Este cambio en la dirección de la velocidad, obedece a una aceleración dirigida hacia el centro de la circunferencia, llamada **Aceleración Centrípeta**, producida por una fuerza..

La fuerza responsable de esta aceleración actúa en la misma dirección (hacia el centro de la circunferencia), se llama Fuerza Centrípeta.

$$F_c = m \cdot \frac{V^2}{r}$$

2-La posición de la Tierra en el Universo

En el siglo IV a. C los datos relativos al movimiento de los cuerpos celestes obtenidos por la mera observación del cielo nocturno, bastaban para establecer teorías sobre el universo y el lugar que ocupaba la tierra.

Las estrellas fijas y la Vía Láctea parecen moverse durante la noche como si estuvieran unidas rígidamente en una vuelta alrededor de un punto fijo del cielo. Los primeros astrónomos deducían que esta vuelta se parecía a una gran esfera que rodeaba la tierra.

También observaron que ciertos astros no mantenían una posición fija sobre la esfera celeste, ni seguían una trayectoria circular: en una época parecían moverse hacia delante y en otra hacia atrás. Estos astros reciben el nombre de **Planetas**. El estudio de sus movimientos, va a ser una de las principales ocupaciones de los astrónomos a finales del siglo XVII

2.1-Teorías Geocéntricas

-Modelo Aristotélico del Universo

Este sistema se elaboro en 384-322 a.C por el filósofo griego Aristóteles.



Model aristotélic de l'univers.

La tierra estaba fija y ocupaba el centro de una esfera, en la cual se encuentran el firmamento y las estrellas fijas

El Sol, la Luna, y los planetas Mercurio, Venus, Marte Júpiter y Saturno, se mueven en sus esferas transparentes, describiendo esferas circulares unas dentro de otras, todas ellas dentro de la esfera celeste de las estrellas fijas.

Esta Teoría perduro hasta finales del siglo XVI

El sistema aristotélico dividía el cosmos en dos partes, uno celeste y otro terrestre. El mundo celeste era perfecto y por eso solo podía tener un movimiento circular (considerado como figura perfecta, no tiene ni principio ni fin y es equivalente en todos sus puntos)

Para justificar los movimientos de los planetas a lo largo de un año, se asignaba a cada una de las esferas de estos cuerpos un conjunto de rotaciones simultáneas alrededor de distintos ejes con diferentes velocidades y direcciones para cada rotación. Quedaba sin aclarar el porque el Sol, la Luna, Venus, Marte y Júpiter, aparecen una vez más brillantes y más próximos a la Tierra y otras veces más lejos de ella.

-Modelo de Ptolomeo

En el siglo II d. C.(100-170), **Claudi Ptolomeo** (astrónomo y geógrafo), resuelve algunas de las dificultades que planteaba el sistema de esferas concéntricas.

Su obra llamada *Almagesto* establece las siguientes hipótesis:

- El cielo es de forma esférica y describe un movimiento giratorio
- La Tierra considerada como un todo, es también de forma esférica y esta situada en el centro del cielo
- A causa de las dimensiones que tiene y la distancia a las estrellas fijas, la tierra se comporta en relación a esta esfera como si fuera un punto.
- La tierra no participa de ningún movimiento
- Los planetas se desplazan en círculos pequeños, el centro de los cuales se mueve, en una órbita circular alrededor de la tierra

En este modelo se podía predecir con bastante exactitud la posición de los planetas en todo momento.

También se explicaba que la brillantez de los planetas, indicaba que unas veces estaban más próximos que otras veces.

El inconveniente es la complejidad, porque se necesitaban más de 80 epiciclos, y el movimiento de cada astro requería aclaramientos individuales.

Esta teoría se mantiene hasta finales del siglo XVI, 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.

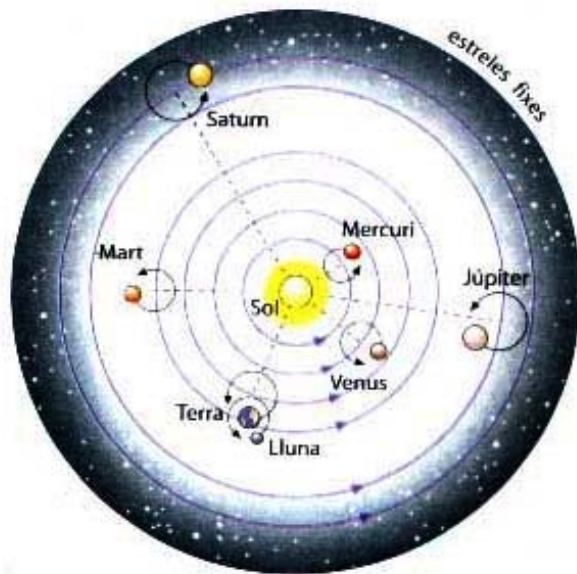
2.2-Teorías Heliocéntricas

En el siglo III antes de Cristo **Aristarc de Samos** va a sugerir un esquema más simple del universo: en el centro se situaba el Sol, y la tierra, la luna y los cinco planetas conocidos entonces giraban a su alrededor a distintas velocidades y describiendo distintas órbitas.

Su teoría tuvo poca relevancia, pero va a servir de base al trabajo de Copernico.

Sistema Planetario de Copernico

En 1512 Nicolau Copernico, en su manuscrito llamado *Comentariolus*, postula que la Tierra gira alrededor de su eje y que esta y los planetas giran alrededor del sol (con razonamientos teóricos).



En el año de su muerte (1543) hizo su obra principal De Revolutionibus.

1-El modelo Copernico establece las siguientes conclusiones:

2-La Tierra no ocupa el centro del Universo

3-El único cuerpo que gira alrededor de la Tierra es la Luna

4-La Tierra no esta en reposo, sino que gira sobre si misma, lo cual produce , entre otras cosas la alternancia del día y de la noche.

Copernico tuvo el acierto de determinar la posición correcta de los planetas y asignarle una velocidad relativa bastante exacta dentro del conjunto del sistema planetario.

La Tierra describe una orbita mas pequeña que otros planetas (el 4º), por lo que gira mas rápido alrededor del Sol que los que describen una orbita mayor, por lo que estos parecen desplazarse hacia atrás en relación al lejano fondo de las estrellas.

Continuaba considerando que los planetas describían orbitas circulares, hecho que hacia necesario continuar utilizando epiciclos para explicar las desviaciones de las trayectorias de los planetas.

Galileo Galilei y la posición de la tierra en el Universo

Galileo Galilei pudo probar la veracidad de la teoría de Copernic, al descubrir en 1309 con un telescopio que construyó, las fases de Venus, lo que indicaba que este planeta giraba alrededor del Sol.

También detecto cuatro de los satélites que giran alrededor de Júpiter, hecho que demostraba que no todos los cuerpos celestes orbitan alrededor de la tierra

En 1610, Galileo recoge sus descubrimientos en su obra “El Missager de los astros” y en 1632 publica la obra “Diales” sobre los dos grandes sistemas del mundo, en la que analizaba las hipótesis de Ptolomeo y Copernic y aportaba razones a favor de esta última.

En 1633 se ve obligado a retractarse de sus ideas ante el tribunal de la Inquisición, y sus ejemplares del “Dialogo” son quemado públicamente

3-Las leyes del Movimiento Planetario

A pesar de su innovación, el sistema de Copernic, se basaba en un dogma compartido por Aristóteles, Ptolomeo y muchos otros astrónomos: los movimientos naturales de los cuerpos tenían que seguir unas reglas de perfección porque Dios no podía haber creado una obra imperfecta.

Por ello los movimientos solo podían ser rectilíneos o describiendo círculos perfectos.

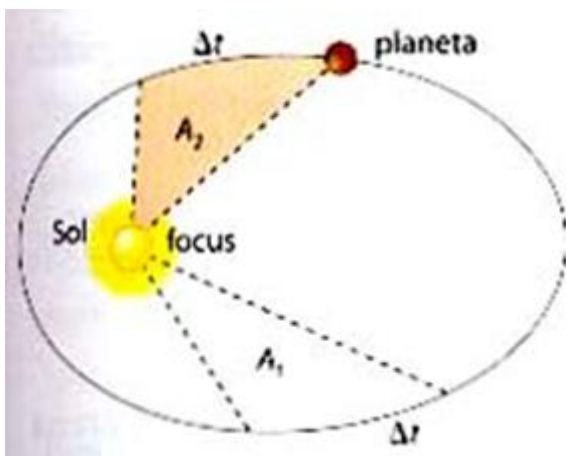
Johannes Kepler (1571-1630) supone que las orbitas eran elípticas. A partir del análisis detallado y riguroso de las precisas anotaciones sobre la posición de los planetas vistos desde la Tierra, **Tycho Brahe**,(1546-1601) (alumno y colaborador de Kepler), formula tres leyes simples que describen con exactitud el movimiento de los planetas. Pero sus anotaciones parecían erróneas ya que situaban a Marte fuera del esquema de Copérnico.

Kepler conocedor del trabajo de **Tycho Brahe**, comprueba que la elipse solucionaba el problema. Si en lugar de orbitas circulares, se consideraban orbitas elípticas en uno de los focos y en uno de los focos estuviera el Sol, todo cuadraba a la perfección.

Las Leyes de Kepler son las siguientes:

- 1- Los planetas se mueven en una trayectoria elíptica, y en uno de sus focos se encuentra el sol
- 2- Una línea recta trazada desde el sol hasta un planeta describe áreas iguales en tiempos iguales
- 3- El cuadrado de la duración del año de cada planeta (Periodo) es proporcional al cubo del radio de su orbita

$$\frac{r^3}{T^2} = \text{Constante}$$



Las leyes de Kepler constituyen la cinemática del sistema solar (descripción simple y exacta de los movimientos de los planetas, pero no explican las causas o fuerzas que los producen). Isaac Newton daría solución a estas fuerzas.

4-La Ley de Gravitación Universal

El primer cuerpo celeste que estudio Newton fue la Luna. Si no existiera una fuerza sobre ella, la luna describiría un movimiento rectilíneo y Uniforme con Velocidad constante. Pero podía observar desde la Tierra, que describía una trayectoria casi circular, es por lo que dedujo que existía una aceleración hacia la Tierra y una fuerza que la engendraba dirigida hacia la Tierra.

En base a todo esto Newton desarrolla su obra “Principios matemáticos de la filosofía natural”, donde describe la ley de gravitación universal:

Ley de Gravitación Universal

Todos los cuerpos del universo se atraen mutuamente con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa:

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

m y m' = masas de los cuerpos que se atraen en Kg

r = distancia entre los centros de gravedad de los cuerpos en metros

G = es la **constante de gravitación Universal**, cuyo valor es:

$$G = 6'67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 / Kg^2$$

4.1-La síntesis Newtoniana

La ley de gravitación Universal demuestra la dinámica del movimiento de los cuerpos tanto en la tierra como en el cosmos. Así explica los fenómenos siguientes: la caída y el peso de los cuerpos, el movimiento de los satélites, las mareas y el movimiento de los cometas.

La caída y el peso de los cuerpos

Los cuerpos caen porque la tierra los atrae, tal como hace con la Luna. La fuerza que provoca la caída de los cuerpos no es más que una manifestación de la ley de gravitación Universal.

Como ya sabemos, Peso es la fuerza con que es atraído un cuerpo al Centro de la Tierra, y es proporcional a su masa:

$$P = m' \cdot g$$

Aplicando la ley de gravitación universal:

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

como se trata de la misma fuerza:

$$m' \cdot g = G \cdot \frac{m \cdot m'}{r^2}$$

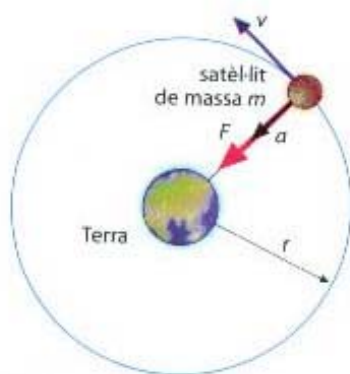
por lo tanto de aquí podemos deducir la **aceleración de la gravedad g**

$$g = G \cdot \frac{M_T}{r_T^2} = 6'67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 / Kgr \cdot \frac{5'98 \cdot 10^{24} Kgr}{(6'37 \cdot 10^6 m)^2} = 9'8 m / s^2$$

g, recibe el nombre de **Intensidad del campo gravitatorio**

El Movimiento de los satélites

Newton observo como una manzana caía a la tierra, y pensó que esa que se ejercía sobre la manzana, también se podría ejercer sobre la Luna.



Moviment d'un satèl·lit al voltant de la Terra.

El acierto de Newton es la demostración que con las tres leyes de la dinámica y la ley de gravitación universal, no solo se explica el movimiento de los planetas alrededor del Sol, sino en general, de cualquier cuerpo que orbite alrededor de otro.

Imaginemos un satélite que esta en orbita alrededor de la Tierra. De la misma manera que un cuerpo describe círculos alrededor de otro al cual esta unido por una cuerda, el satélite esta sometido a una fuerza centrípeta, que es la fuerza de atracción gravitatoria.

$$F_{centripeta} = F_{Gravitatoria}$$

Según la Ley de Gravitación Universal:

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

Sabemos que

$$a_c = \frac{V^2}{R} \text{ y que } F = m \cdot a$$

Luego

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

Sustituyendo:

$$F_{centripeta} = F_{Gravitatoria} \longrightarrow \frac{m \cdot V^2}{r} = G \cdot \frac{m_T \cdot m}{r^2} \longrightarrow V^2 = G \cdot \frac{m_T}{r}$$

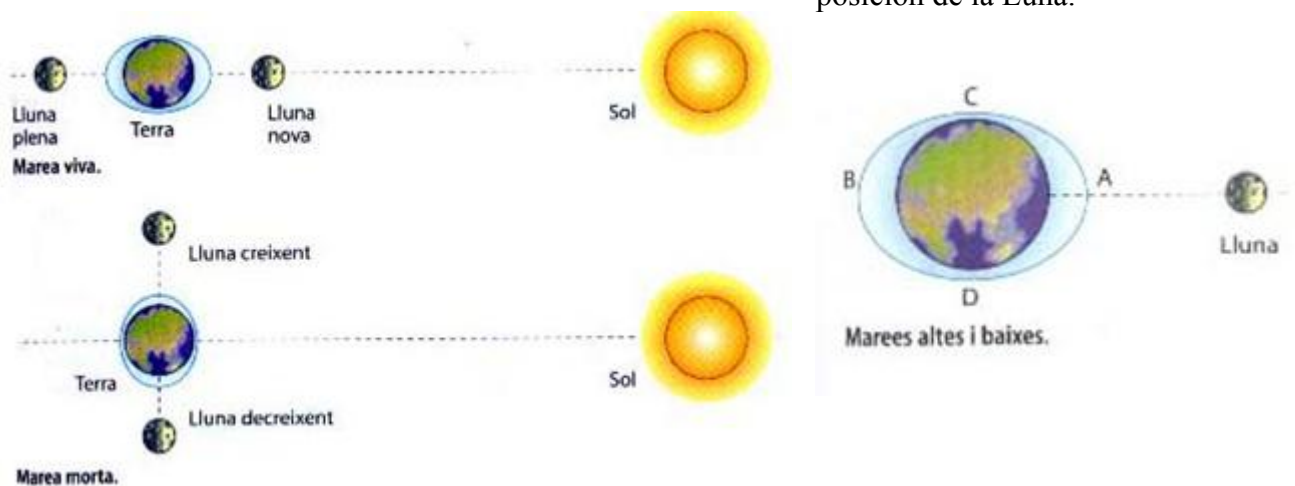
$$V = \sqrt{G \cdot \frac{m_T}{r}}$$

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 que está la Luna, alejando este agua de la Tierra, **marea alta**, pero también ejerce una fuerza sobre la Tierra alejándola del agua del lado opuesto, **marea alta**. Así pues, las

dos mareas altas se producen en los lados diametralmente opuestos y en línea con la posición de la Luna.



Por el hecho de que la masa acuosa de la Tierra se alarga por los extremos, en los puntos C y D se origina una **marea baja**.

Si el Sol esta alineado con la Luna se producen mareas mas intensas llamadas **mareas Vivas**.

Si el Sol forma un ángulo de 90° con la Luna, el efecto es mas pequeño y reciben el nombre de **mareas muertas**.

Las trayectorias de los cometas

Un cometa es un cuerpo celeste que se caracteriza por tener una cola larga y luminosa, si bien esta solo es perceptible cuando el cometa se encuentra en las proximidades del Sol.



Òrbites del cometa Halley. Amb un període de 76 anys, el Halley és un exemple de cometa de període llarg.

La Ley de Gravitación Universal de Newton explica también las trayectorias elípticas alargadas de los cometas.

El astrónomo Edmon Halley (1656-1742), sirviéndose de las ideas de Newton, pudo predecir que un cometa que se había observado en 1531, 1607 y 1682 volvería a ser visto en 1758. Esta predicción se cumplió por lo que el cometa se bautizo como el cometa Halley.

Los cometas describen orbitas elípticas, el periodo de las cuales varia desde 3,3 años (cometa Encke) hasta unos 2.000 años (Cometa Donati)

Los cometas de periodo corto tienen una orbita parecida a la de Júpiter, mientras que los del periodo largo, siguen un recorrido comparable a la orbita de Neptuno.

Un cometa de periodo muy largo puede tardar miles

de años en completar la órbita alrededor del sol. Estas órbitas pueden parecer parábolas, pero la mayoría de los astrónomos, suponen que son elipses de gran excentricidad.

5-Ideas actuales sobre el origen y evolución del Universo

En 1938 desde el observatorio de Mount Wilson (Los Angeles), Edwin Hubble, va a demostrar la existencia de otras galaxias en el universo además de nuestra Vía Láctea. Observando la luz de estas galaxias, se descubre que se alejan una de las otras a una velocidad proporcional a la distancia que las separa, y que el universo estaba en expansión. (expansión de Hubble) (Parecido a un globo que se hincha)

Si invertimos el proceso de expansión, llegamos a la conclusión que hace 15 o 20 millones de años el universo era un simple punto geométrico, el inicio del universo, y una gran explosión, el big bang, dio origen al universo.

En 1949, el físico **G.Gamov**, (1904-1968), señala que la radiación que debió acompañar a esta gran explosión, habría ido perdiendo energía a medida que el universo se expandía y actualmente existiría en forma de emisión de radiones procedentes de todas las partes del universo, con una radiación de fons homogénea. La radiación tendría que ser característica de objetos a un temperatura de 5 K (-268°C)

El físico A.Penzias (físico norte-americano) en 1965, y el radioastrónomo R.Wilson, detectan una radiación de fons de características parecidas a la que había predicho Gamov, que indicaba una temperatura de 3K (-270° C)

Este descubrimiento ha sido considerado como una de las pruebas concluyentes del modelo bing-bang, no obstante hay muchas preguntas por resolver (cuando ocurrió, que sucedió antes de la explosión, se expandirá el universo infinitamente?

6-Medidas del Universo

Para medir el cosmos (distancias muy grandes), las unidades que usamos para medir en la Tierra , resultan muy pequeñas, por eso usamos otras unidades:

***El año Luz:** distancia que recorre la Luz en un año:

Velocidad de la Luz = 300000 Kms/seg

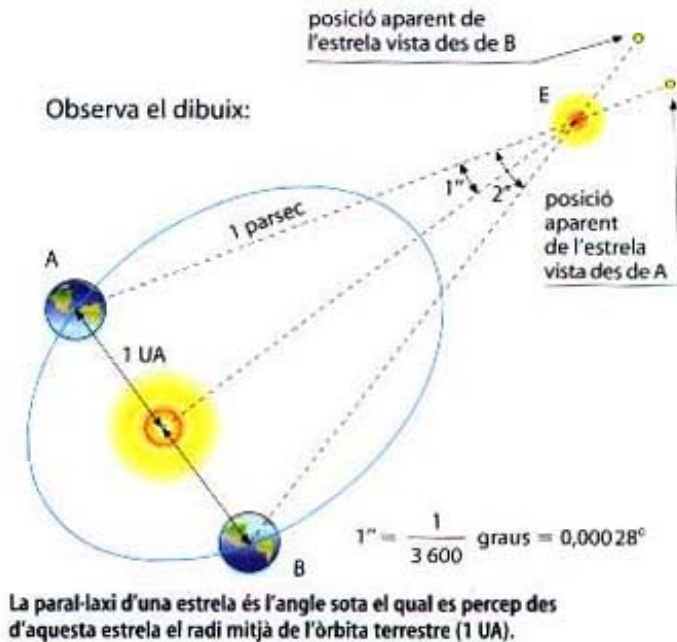
$$300000 \frac{Kms}{s} \cdot \frac{3600s}{1.h} \cdot \frac{24h}{1.dia} \cdot \frac{365dias}{1.año} = 9'4608.10^{12} \frac{Kms}{año}$$

***La Unidad Astronómica (UA)**, es la unidad de distancia utilizada en el movimiento de órbitas y de trayectorias dentro del sistema solar. Una UA, es la distancia media entre

la Tierra y el Sol, y su valor es de 149600000 kms (aproximadamente, 150 millones de kilómetros)

***El Pársec (PC)**, es el acrónimo del término paralelaje y segundo.

1 parsec = 3,26 años luz = 206265 UA = 30,86 billones de Kms



Los puntos A y B corresponden a dos momentos en los que la Tierra se encuentra a una distancia del sol igual a 1UA. El punto E es la estrella de la que queremos determinar su posición. Cuando el ángulo AEB es igual a 2°, la distancia de la Tierra a la estrella es de un parsec. La mitad del ángulo AEB, es decir 1°, es el denominado paralelaje

7-El Sistema Solar Actual

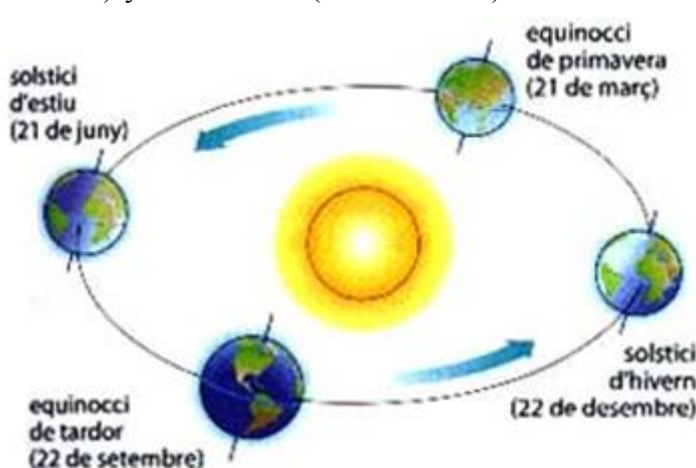
Si miramos al cielo, los puntos de luz que destellan son las estrellas. Los que tienen luz constante son los planetas del sistema solar. Una observación continuada de los planetas permite comprobar que estos se mueven respecto de las estrellas.

Nuestro Sistema Solar se compone del Sol, 9 Planetas, 64 satélites conocidos, un cinturón de asteroides, meteoritos y cometas.

La fuerza que mantiene los planetas alrededor del Sol, y los satélites alrededor de los planetas es la fuerza de atracción gravitatoria, que es una fuerza centrípeta.

La causa de las estaciones

La tierra en el movimiento de traslación describe una órbita elíptica alrededor del sol. En las zonas de la elíptica más alejadas del sol se producen los solsticios, de verano (21 de Junio) y de invierno (22 diciembre). En las zonas más cercanas al sol, se producen los equinoccios, de primavera (21 de marzo) y del otoño (22 de septiembre)



Los eclipses

Eclipse de sol: la Luna se interpone entre el sol y la tierra. **Eclipse Total:** la Luna deja en las zonas de la tierra totalmente oscura, hay un **Eclipse Total**, y en las zonas donde la tierra solo queda en penumbra, hay en **Eclipse parcial**

Eclipse de Luna: La Tierra se interpone entre el sol y la Luna. La Luna no puede contemplarse desde las zonas de la Tierra desde donde debería verse.

