

GRAVITACIÓN UNIVERSAL

El conocimiento de cómo está formado el Universo y que leyes lo rigen se ha dado gracias al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

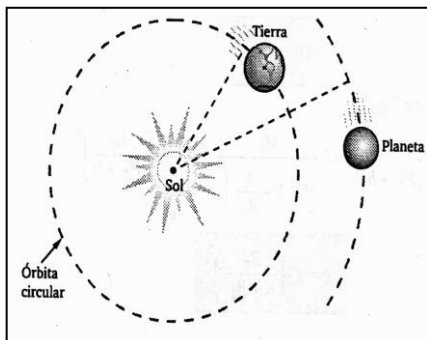
Es así que aparece la **Astronomía** ciencia física que se encarga del estudio de los planetas y los demás astros que nos rodean.

A partir de este estudio aparece la **gravitación universal**. Se llama así a la atracción entre diferentes cuerpos del universo.

Hubo muchas personas que se dedicaron al estudio del Universo desde tiempos muy remotos así podemos nombrar las principales teorías que se enunciaron en torno al movimiento de los planetas:

1. TEORIA GEOCENTRICA.

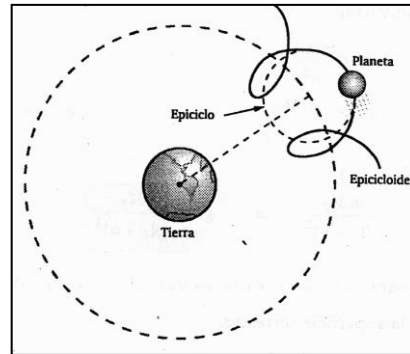
Los antiguos griegos suponían que la Tierra era el centro del Universo, alrededor del cual giraba el sol y los demás planetas.



2. TEORIA DE LOS EPICICLOS

Esta teoría es una mejora de la teoría geocéntrica. En el siglo II de nuestra era, Ptolomeo (astrónomo de Alejandría) señalaba que un planeta describe un movimiento circular uniforme en círculos pequeños llamados **epiciclos**, a su vez el centro de este círculo recorre la circunferencia de otro círculo mayor concéntrico con la Tierra. El resultado final era que la órbita descrita por el planeta era la curva continua denominada **Epicicloide**. Posteriormente estas ideas fueron

difundidas por Aristóteles, este modelo prevaleció durante toda la edad media.



3. TEORIA HELIOCENTRICA

En el siglo XVI, el monje polaco Nicolás Copérnico en base a observaciones cuidadosas, afirmó que el Sol estaba en reposo y que la Tierra y todos los planetas giraban en su torno lo que causó gran polémica entre los hombres de ciencia de la época. Debido a sus ideas fue perseguido por la Inquisición durante toda su vida.

Posteriormente Galileo, quien estudió los trabajos de Copérnico realizó algunas observaciones astronómicas y llegó a las mismas conclusiones que el monje polaco, las cuales fueron publicadas por Galileo en una de sus obras. Esta publicación motivó que Galileo fuera detenido y acusado de herejía. No se le aplicó la pena de muerte por ser amigo del Rey. Pero la inquisición le obligó a retractarse en público para que su pena fuese disminuida a cadena perpetua.

4. TEORIA ACTUAL

Hacia fines del siglo XVI, para aclarar las dudas planteadas por Copérnico y Galileo, el astrónomo danés Tycho Brahe realizó mediciones en las posiciones sucesivas en el desplazamiento de los planetas durante 20 años, información que fue estudiada por su discípulo Johannes Kepler.

LEYES DE KEPLER.

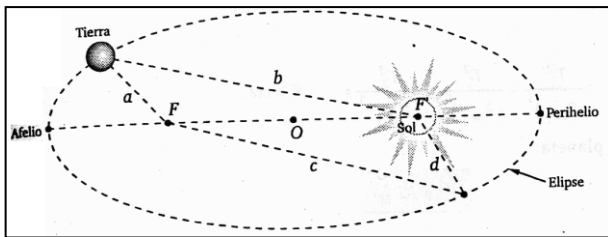
Képler después de realizar observaciones más exactas, expresó sus resultados en tres leyes empíricas fundamentales del movimiento de los planetas. Estas leyes proporcionaron a Newton la base para su descubrimiento de la ley de la gravedad.

Las Leyes de Kepler son las siguientes:

PRIMERA LEY O LEY DE LAS ORBITAS.

Los planetas se desplazan en orbitas elípticas, encontrándose el Sol en uno de sus focos.

El punto donde la Tierra está más cercano al Sol se llama perihelio ($1,48 \times 10^{11}$ m) y el más lejano afelio ($1,52 \times 10^{11}$ m). El semieje mayor, que es la semisuma de estas distancias, es $1,50 \times 10^{11}$ m llamada Unidad Astronómica (UA).



De igual manera cuando un satélite artificial gira alrededor de la Tierra, formando una trayectoria elíptica, el punto más alejado se llama Apogeo y el más cercano Perigeo.

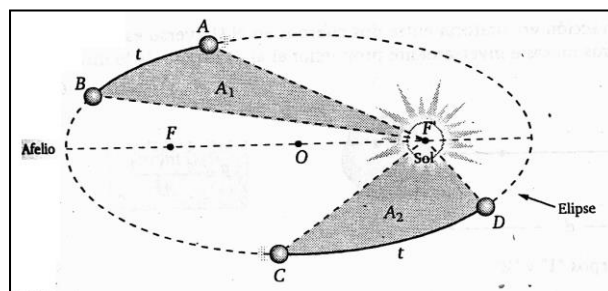
La propiedad de la elipse se enuncia así:

$$a + b = c + d = AP = \text{cte.}$$

Las orbitas de Plutón y Mercurio son elípticas, las de los demás planetas son casi circulares.

SEGUNDA LEY O LEY DE LAS AREAS.

La recta que une el planeta (Tierra) al Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.

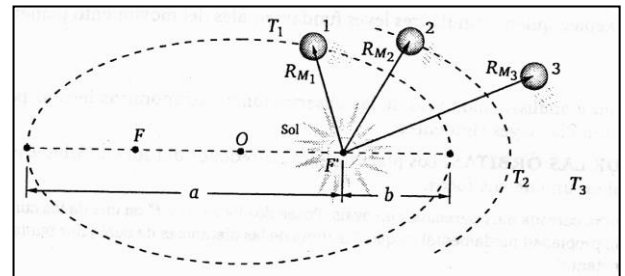


Si $A_1 = A_2$ entonces $v_1 < v_2$
 Donde : v_1 : velocidad tramo AB
 v_2 : velocidad tramo CD

Se deduce que un planeta se mueve más rápidamente cuando está más próximo al Sol que cuando está más lejos, de tal modo que el área barrida por el radio vector en un determinado intervalo de tiempo es la misma a lo largo de toda la órbita.

TERCERA LEY O LEY DE LOS PERIODOS.

Los cuadrados de los períodos de los planetas son proporcionales a los cubos de las distancias medias al Sol.



$a = \text{Radio max ; } b = \text{Radio min}$

$$R_{M1} = \frac{a+b}{2} , \text{ distancia media del planeta al Sol.}$$

$$\frac{T_1^2}{(R_{M1})^3} = \frac{T_2^2}{(R_{M2})^3} = \frac{T_3^2}{(R_{M3})^3} = \dots = k = \text{cte}$$

En general para cualquier planeta es:

$$T^2 = k \cdot R_M^3$$

El valor de la constante esta dado por: $k = \frac{4 \pi^2}{G \cdot M_P}$

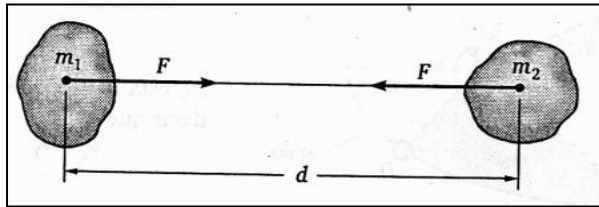
LEY DE LA GRAVITACION UNIVERSAL

Newton , basándose en los trabajos de Képler desarrollo la Dinámica del movimiento de los planetas y descubrió una de las leyes fundamentales de la naturaleza, que es la ley de la Gravitación Universal, lo cual concluyo al señalar que un planeta gira alrededor del Sol por efecto de una fuerza centrípeta ejercida por él.

Newton señalo que las mismas leyes que son validas para cuerpos en la Tierra también se pueden aplicar al movimiento de los cuerpos celestes.

La Ley de la Gravitación Universal establecida por Newton y que están en función de la primera y tercera ley de Képler dice lo siguiente:

Todos los cuerpos en el Universo se atraen con una fuerza que es directamente proporcional al producto de su masa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.



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

Donde:

m_1 y m_2 : son las masas de los cuerpos 1 y 2
 d : distancia de separación entre los centros de los cuerpos.

F : Fuerza de atracción gravitatoria entre los planetas.

G = constante de gravitación universal.

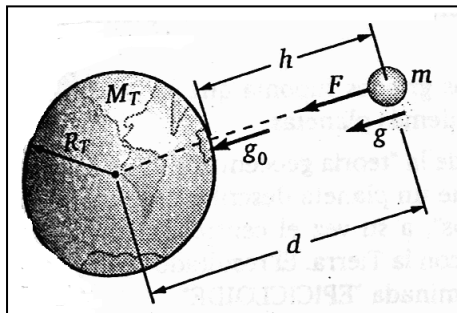
La constante de gravitación universal G también llamada constante de Cavendish, en honor al físico inglés Henry Cavendish fue medida en el siglo XVIII.

La magnitud G es igual a la magnitud de la fuerza entre dos masas de 1 kg que están a 1 m de distancia entre sí: 0,0000000000667 N, que es una fuerza extremadamente débil.

$$G = 6,673 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

VARIACIÓN DE LA ACELERACION DE LA GRAVEDAD (g).

La aceleración de la gravedad sobre la superficie terrestre varía en relación inversa a la altura; es decir a mayor altura, menor aceleración de la gravedad o menor altura mayor aceleración de la gravedad.



La aceleración de los cuerpos debido a la gravitación terrestre puede encontrarse usando la segunda ley de Newton la ley de la Gravitación.

$$F = m \cdot a$$

$$\frac{G M_T m}{d^2} = m \cdot a$$

$$a = \frac{G M_T}{d^2}$$

pero sobre la superficie de la Tierra la ecuación puede escribirse como:

$$g = \frac{G M_T}{R_T^2}$$

Al relacionar las dos ecuaciones tenemos:

$$a = g \left(\frac{R_T}{d} \right)^2$$

Por tanto para calcular la gravedad en cualquier altura h tenemos:

$$g = g_0 \left(\frac{R_T}{h + R_T} \right)^2$$

Donde:

g : aceleración de la gravedad a una altura h

g_0 : aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra.

R_T : Radio terrestre : 6 400 km = $6,4 \times 10^6$ m

EJERCICIOS RESUELTOS

1. La distancia media del Sol a Júpiter es 5,20 UA. Calcular el periodo de la órbita de Júpiter.

Sabemos que para la Tierra:

$T_T = 1$ año y radio órbita terrestre

$R_T = 1$ UA = $1,5 \times 10^{11}$ m

Para Júpiter tenemos:

$R_J = 5,20$ UA

Aplicamos la tercera ley de Kepler y tenemos:

$$\frac{T_J^2}{(R_J)^3} = \frac{T_T^2}{(R_T)^3} ; T_J = T_T \left(\frac{R_J}{R_T} \right)^{3/2}$$

$$T_J = (1 \text{ año}) \left(\frac{5,20 \text{ UA}}{1 \text{ UA}} \right)^{3/2} ; T = 11,9 \text{ años}$$

2. La estación Espacial Internacional se mueve en una órbita prácticamente circular alrededor de la Tierra, a 385 km por encima de la superficie de ésta. Calcular :
 - a) El tiempo que hay que esperar para observar dos avistamientos consecutivos de la estación, suponiendo que despreciamos a resistencia del aire.
 - b) Los grados que gira la Tierra durante el tiempo en que la estación orbital da una órbita completa.

a) Para poder observar la estación se lo hace solo en la noche y que esté por encima de la horizontal nuestra. El tiempo entre dos avistamientos aproximadamente coincide con el

periodo orbital terrestre y la fuerza centrípeta debe ser igual a fuerza de gravitación, por lo que podemos utilizar:

$$F_c = F_{\text{gravitación}}$$

$$m \cdot a_c = \frac{G M_T M_t}{R_T^2}; \frac{v^2}{R_T} = \frac{G M_T}{R_T^2};$$

$$\left(\frac{2 \pi R_T}{T}\right)^2 \frac{R_T}{R_T} = \frac{G M_T}{R_T^2}; T = \sqrt{\frac{4 \pi^2 R_T^3}{G M_T}}$$

Para la estación debe ser:

$$T = \sqrt{\frac{4 \pi^2 (R_T + h)^3}{G M_T}}$$

$$T = \sqrt{\frac{4 \pi^2 (6,4 \times 10^6 \text{ m} + 385\,000 \text{ m})^3}{(6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2)(5,98 \times 10^{24} \text{ kg})}}$$

T = 5 560, 21 s ; T = 92,67 min.

b) La Tierra gira 360° en 24 h = 1440 min.

Grados: $92,67 \frac{\text{min}}{1440 \text{ min}} \times 360^\circ$

Grados: 23,17°

3. Un cuerpo en la superficie de la Tierra tiene una masa de 32,65 kg. Calcular el peso del objeto a una distancia igual a 3 veces del radio de la Tierra.

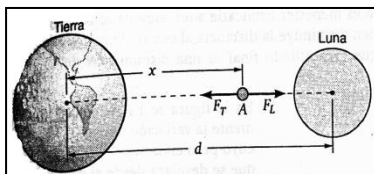
Calculamos el valor de la gravedad a esta altura si sabemos que: $g = g_0 \left(\frac{R_T}{h + R_T}\right)^2$

$$g = (9,81 \text{ m/s}^2) \left(\frac{R_T}{3R_T + R_T}\right)^2; g = 0,61 \text{ m/s}^2$$

El peso del objeto es:

$$P = m \cdot g; P = (32,65 \text{ kg})(0,61 \text{ m/s}^2); P = 19,92 \text{ N}$$

4. La separación entre la Luna y la Tierra es d . Determinar el lugar del espacio entre las dos masas en el que se debe colocar un pequeño satélite para que se encuentre en equilibrio.



Como el cuerpo se encuentra en equilibrio podemos anotar: $F_T = F_L$

$$F_T = \frac{G m M_T}{x^2}; F_L = \frac{G m M_L}{(d-x)^2}$$

$$\frac{G m M_T}{x^2} = \frac{G m M_L}{(d-x)^2}; \frac{M_T}{x^2} = \frac{M_L}{(d-x)^2}$$

Se sabe que aproximadamente la masa de la Tierra es igual a 81 veces la masa de la Luna

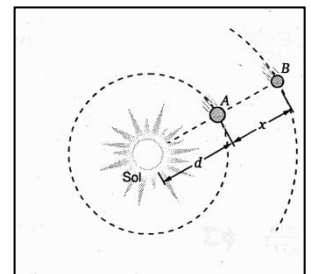
$$\frac{81M_L}{x^2} = \frac{M_L}{(d-x)^2}; x = 0,9 d$$

EJERCICIOS PARA EL AULA

1. La aceleración en la superficie terrestre es $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$. Calcular la aceleración de la gravedad a una altura de 1600 km en la superficie terrestre.
2. Calcular el periodo de un satélite artificial de órbita baja que pasa justamente sobre la superficie de la Tierra.

EJERCICIOS TAREA

1. Dos esferas de plomo que tienen 18 y 20 lb se encuentran a una distancia de 3 pies entre sí. Calcular la fuerza de atracción entre ellas.
2. En la superficie terrestre la aceleración gravitacional es de $9,8 \text{ m/s}^2$. El radio es de 6 400 km. Calcular:
 - a) La masa de la Tierra.
 - b) La densidad de la Tierra si se la considera como una esfera
3. Dos planetas giran alrededor del Sol, uno demora seis años en dar una vuelta completa. Si la distancia entre el Sol y el planeta más cercano a él " d " . Calcular la distancia mínima entre los dos planetas.



4. Calcular la relación de la aceleración de la gravedad en la superficie de la Luna con la aceleración de la gravedad en la superficie de la Tierra. El radio de la Luna es 0,273 veces el radio de la Tierra, y la masa de la Luna es 0,0123 veces la masa de la Tierra.
5. La masa de Saturno es de $5,69 \times 10^{26} \text{ kg}$. Calcular:
 - a) El período de su Luna Mimas, sabiendo que el radio medio de su órbita es $1,86 \times 10^8 \text{ m}$

b) El radio medio de la Luna Titán, cuyo período es de $1,38 \times 10^6$ s

ENERGIA POTENCIAL GRAVITATORIA

La definición $F = \frac{G m M_T}{d^2}$; es considerada para pequeñas alturas, con lo cual la fuerza gravitatoria, es decir el peso que es la fuerza de atracción ejercida por la Tierra sobre este se mantiene constante.

Pero cuando el objeto se encuentra a una altura considerable, la ecuación de la energía potencial gravitacional está dada por:

$$E_{p_{gravitatoria}} = \frac{-G m M_T}{d} ; E_{p_{gravitatoria}} = \frac{-G m M_T}{h + R_T}$$

Cuando h es muchísimo menor R_T se cumple que

$$E_p = m g h.$$

VELOCIDAD DE ESCAPE

Las Sondas espaciales que han sido enviadas a los puntos más lejanos del sistema solar acabarán girando alrededor del Sol, mientras que otras abandonarán el sistema solar y se perderán en el espacio exterior.

Todo objeto que quiere salir o escapar del campo gravitatorio terrestre debe tener una velocidad inicial mínima necesaria llamada **velocidad de escape**

Esta velocidad está dada por las ecuaciones:

$$v_e = \sqrt{\frac{2 G M}{R}} \quad \text{o} \quad v_e = \sqrt{2 g R}$$

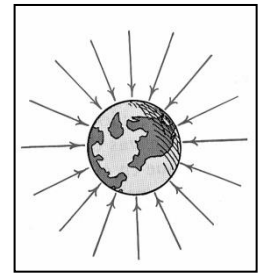
CAMPO GRAVITACIONAL

La Tierra y la Luna tiran una de otra. Se trata de una acción a distancia, porque interaccionan entre sí aunque no estén en contacto. Es así que la Luna interactúa con el campo gravitacional de la Tierra. Las propiedades del espacio que rodea a cualquier cuerpo masivo se pueden considerar alteradas de tal forma, que otro cuerpo masivo en esta región sentirá esta fuerza. Esta alteración del espacio es un **campo gravitacional**.

La distribución del campo gravitacional terrestre se puede representar por líneas de campo. Las líneas de campo están más próximas entre sí donde el campo gravitacional es más intenso. Las flechas indican la dirección del campo. Una partícula, un astronauta, una nave espacial o cualquier cuerpo en la cercanía de la Tierra será acelerado en

dirección de la línea de campo que pase por ese lugar.

La intensidad del campo gravitacional terrestre, al igual que la intensidad de su fuerza sobre los objetos, se apega a la ley del cuadrado inverso. Es más intensa cerca de la superficie terrestre y se debilita al aumentar la distancia a la Tierra.



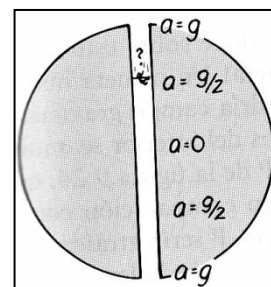
Definimos a la intensidad de campo gravitacional en cualquier punto del espacio como la fuerza de gravitación por unidad de masa en una masa de prueba m_0 .

$$\Gamma = \frac{F}{m_0} ; \Gamma = \frac{G M m_0}{R^2 m_0} ; \Gamma = \frac{G M}{R^2}$$

Unidades: $\Gamma = [\frac{N}{kg}]$

Dimensiones: $\Gamma = [L \cdot T^{-2}]$

El campo gravitacional de la Tierra existe tanto dentro como fuera de ella. Imaginemos un agujero que atraviesa toda la Tierra, desde el Polo Norte hasta el Polo Sur. No nos preocupemos de inconvenientes como la lava y altas temperaturas. Si una persona cayera a través de este agujero, la aceleración disminuiría porque la parte de la masa de la Tierra que está abajo, es cada vez más pequeña. Menos masa equivale a menos atracción, hasta que en el centro de la Tierra la fuerza neta es cero y la aceleración es cero. La cantidad de movimiento hace que la persona pase por el centro y suba contra una aceleración cada vez mayor, hasta el extremo opuesto del agujero, donde de nuevo la aceleración es g, dirigida hacia atrás, hacia el centro.



EJERCICIOS RESUELTOS

1. Un proyectil se dispara hacia arriba desde la superficie de la Tierra con una velocidad inicial $v_0 = 8 \text{ km/s}$. Calcular la altura máxima que alcanza despreciando la resistencia del aire.

La altura máxima puede determinarse a partir del principio de conservación de la energía. Tomamos la superficie terrestre como punto de referencia.

$$E_M \text{ en la Tierra} = E_M \text{ en la parte más alta.}$$

$$E_{C0} + E_{p_{\text{gravita } 0}} = E_{Cf} + E_{p_{\text{gravita } f}}$$

$$\frac{1}{2} m v^2 + \frac{-G m M_T}{R_T} = 0 + \frac{-G m M_T}{H_f}$$

$$H_f = \frac{-2 G M_T R_T}{v_0^2 R_T - 2 G M_T}$$

$$H_f = \frac{-2 (6,67 \times 10^{-11})(5,98 \times 10^{24})(640000)}{(8000^2)(640000) - 2 (6,67 \times 10^{-11})(5,98 \times 10^{24})}$$

$$H_f = 674\,639,76 \text{ m}$$

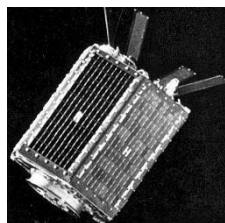
2. Una masa de 3 kg experimenta una fuerza gravitatoria de $(12i) \text{ N}$ en cierto punto P. calcular el campo gravitacional en ese punto.

Sabemos que la fuerza es una magnitud vectorial por tanto el campo gravitacional también es una magnitud vectorial y está dado por:

$$\Gamma = \frac{F}{m_0}; \Gamma = \frac{(12i)N}{3 \text{ kg}}; \Gamma = (4i) \frac{N}{\text{kg}}$$

EJERCICIOS PARA EL AULA

1. Demostrar que la energía total de un satélite es igual a la mitad de su energía potencial gravitatoria.
Si $E_T = E_C + E_{p_{\text{grav}}}$
y $F_{\text{grav}} = ma_c$



2. Calcular la velocidad necesaria que debe imprimir los motores del transportador espacial Columbia para poder salir de la gravedad terrestre.

EJERCICIOS TAREA

1. Un proyectil se dispara hacia arriba desde la superficie de la Tierra con una velocidad inicial de 16 km/s. Calcular la velocidad del proyectil cuando está muy lejos de la Tierra, desprecie la resistencia del aire. Considere que cuando

$R_f = \alpha$ (infinito) la Energía potencial gravitacional es igual a cero.

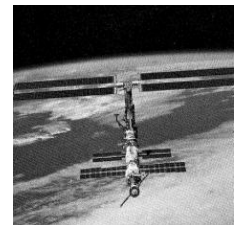
2. Determinar la velocidad de escape en la superficie de mercurio, cuya masa es $3,31 \times 10^{23} \text{ kg}$ y cuyo radio es 2 440 km.
3. El campo gravitacional en cierto punto viene dado por $(2,5 \times 10^{-6} j) \text{ N/kg}$. Calcular la fuerza gravitacional sobre una masa de 4 g en ese punto.

APLICACIONES EN LA VIDA COTIDIANA

1. Peso e ingravidez.
El peso de una persona es igual a la fuerza con



la que comprime el suelo que le sostiene. Si el suelo acelera hacia arriba o hacia abajo el peso varía. Aunque la fuerza gravitacional mg que actúa sobre la persona permanece invariable. Es así que el peso cero es lo que se denomina ingravidez.

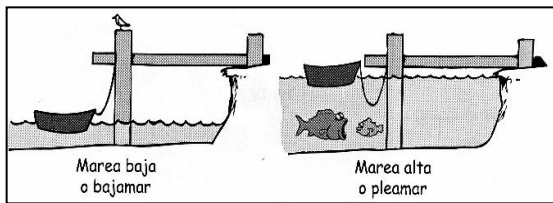


La Estación Espacial Internacional tiene un ambiente de ingravidez. Esta y los astronautas aceleran por igual hacia la Tierra a algo menos de 1 g, debido a su altitud. Esta aceleración para nada es sentida por la estación. Mientras que los astronautas sienten cero gravedad.

2. Mareas.

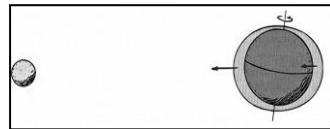
Newton demostró que las mareas son causadas por diferencias en los tirones gravitacionales entre la Luna y la Tierra, en los lados opuestos de la Tierra. La fuerza gravitatoria entre la Luna y la Tierra es mayor en la cara de la Tierra más cercana a la Luna, y es menor en la cara de la Tierra alejada de la Luna, ya que la fuerza gravitatoria es menor cuando la distancia es mayor.

Esto hace que tanto la Tierra y la Luna se alarguen un poco. El alargamiento de la Tierra se ve principalmente en los océanos, que se abultan por igual en ambos lados.



En promedio mundial, los abultamientos del mar son casi de 1 metro sobre su nivel normal. La tierra gira una vez por día, por lo que un punto fijo en la Tierra pasa bajo los dos abultamientos una vez por día. Esto produce dos conjuntos de mareas. Dos pleamares (marea alta) y dos bajamares (marea baja) cada seis horas en el día.

El Sol también contribuye con las mareas, aunque con menos de la mitad de la eficacia de la Luna.

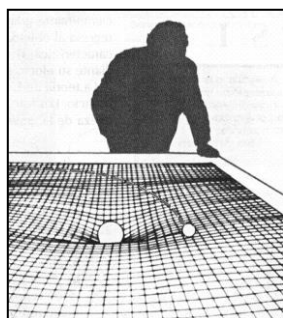


La Tierra no es sólido rígido, en su mayor parte, es un líquido cubierto por una costra delgada, sólida y flexible. En consecuencia, las fuerzas de marea debidas a la Luna y al Sol provocan mareas en tierra, al igual que en el océano. Dos veces por día la superficie sólida terrestre sube y baja 25 cm.

En la parte alta de la atmosfera está la ionosfera, que se llama así porque contiene muchos iones, átomos con carga eléctrica debidos a la luz ultravioleta y al intenso bombardeo de los rayos cósmicos. Los efectos de la ionización generan corrientes eléctricas que modifican el campo magnético (mareas magnéticas) que envuelve la Tierra. Estas mareas regulan el nivel de penetración de los rayos cósmicos en la atmosfera inferior. La penetración de los rayos cósmicos se evidencia en cambios sutiles en los comportamientos de los entes vivientes.

3. Teoría de Einstein sobre la gravitación.

A principios del siglo XX Albert Einstein (1879-1955), en su teoría general de la relatividad, presento un modelo de la gravedad muy distinto del de Newton. Einstein imaginó al campo gravitacional como una deformación geométrica de espacio y tiempo tetradimensional. Se dio cuenta de que una masa provoca deformación en el espacio y el tiempo que la rodea. La masa hace que el espacio se curve y los otros cuerpos se



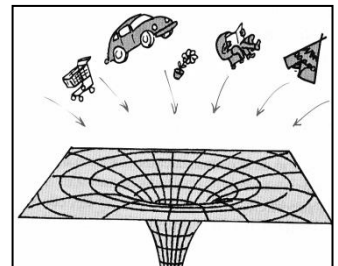
aceleran porque se mueven en este espacio curvo.

Una manera de visualizar como la masa afecta al espacio, consiste en comparar al espacio con una gran lámina bidimensional de caucho. La bola de mayor tamaño sobre la lámina representa un objeto sólido que la deforma, curvándola. Una esfera pequeña que rueda sobre la lámina simula el movimiento de un objeto en el espacio. Si la esfera se mueve cerca de la depresión de la lámina, su trayectoria será curva. De la misma forma, la Tierra describe una órbita alrededor del Sol porque el espacio es distorsionado por los dos cuerpos.

4. Agujeros Negros.

Cuando una estrella con gran masa (se ha calculado como mínimo 1,5 masas solares) agotan sus reservas nucleares, se colapsan. A menos que su rotación sea lo suficientemente alta, la contracción continua hasta que sus densidades se vuelven infinitas. Cerca de esas estrellas encogidas, el campo gravitacional es tan enorme que ni la luz puede escapar en su cercanía. Se han aplastado a sí mismas y han salido de la existencia visible. Los resultados son los agujeros negros, que son totalmente invisibles.

Un agujero negro tiene un campo gravitacional igual al de la estrella que lo formó. Pero a menos distancia, cerca de un agujero negro, el campo gravitacional



puede ser enorme; es un torcimiento de los alrededores hacia el cual es succionado todo lo que pase demasiado cerca: luz, polvo o nave espacial.

Un agujero puede ser detectado al hacer sentir su influencia gravitacional sobre las estrellas vecinas. Se cuenta con evidencias científicas como en una galaxia joven se observa como un "cuásar", en el centro del agujero negro, succiona materia que emite grandes cantidades de radiación al sumergirse en el olvido.

5. Área de lanzamiento del Organismo Espacial Europeo.

Para colocar un satélite en órbita alrededor de la Tierra es necesario imprimir al satélite una gran velocidad tangencial que se encarga el sistema de propulsión del cohete.

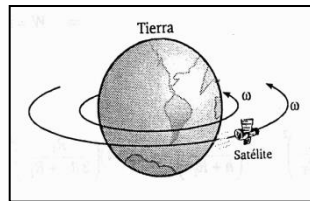
La superficie terrestre viaja hacia el este con gran rapidez debido a su rotación, por lo que los cohetes son lanzados hacia el este, con el

fin de que la rotación del planeta proporciona cierta velocidad tangencial inicial que reduce las necesidades del cohete.

Si el cohete se lanzara desde Europa, que está en una latitud con ángulo relativamente grande, la aportación de la rotación de la Tierra sería pequeña, por qué la distancia entre Europa y el eje de rotación del planeta no es muy grande. El lugar ideal para los lanzamientos es el Ecuador, que es lo más lejos que se puede estar del eje de rotación de la Tierra sin despegarse de la superficie terrestre. Esto da como resultado la máxima velocidad tangencial posible debida a la rotación del planeta. El organismo Espacial Europeo aprovecha esta ventaja realizando sus lanzamientos desde la Guayana Francesa, que está a sólo unos pocos grados al norte del ecuador.

6. SATELITE GEOESTACIONARIO.

Un satélite Geoestacionario es el que no necesita cambiar la dirección a fin de permanecer



enfocados en la señal. Esto significa que el satélite siempre debe estar en el mismo lugar respecto a la superficie terrestre. Para que esto ocurra, el satélite debe estar a una altura de 35 400 km para que su período de revolución sea igual al de la Tierra, 24 h.

EXPLICA UTILIZANDO LO APRENDIDO

1. Cuáles son las restricciones de un satélite de telecomunicaciones en órbita, que permanece estacionario respecto a una localidad dada de la Tierra.
2. Qué es lo universal en la ley de la Gravitación Universal.
3. La fuerza de la gravedad es mayor sobre una bola de papel en comparación con el mismo papel sin arrugar? Sustentar la respuesta.
4. Es correcto decir que los astronautas en órbita no tienen peso, porque están más allá del tirón gravitacional de la Tierra.
5. En algún lugar entre la Tierra y la Luna, la gravedad de estos dos cuerpos sobre una nave espacial se debe anular. ¿ Este lugar está más cerca de la Tierra o de la Luna?
6. ¿Por qué una persona que se lanza en bungee experimenta ingravidez durante el salto ?
7. ¿Cuándo será mayor la fuerza de gravitación entre ti y el Sol; hoy al medio día o mañana a media noche ? y por qué ?

8. ¿Si no existiera la Luna, seguiría habiendo mareas? En caso afirmativo ¿ con qué frecuencia ?
9. ¿Que necesita más combustible, un cohete que va de la Tierra a la luna o uno que regresa de la Luna a la Tierra? ¿ Por qué ?
10. Durante el verano la Tierra se mueve más lentamente en su órbita que durante el invierno. ¿ Está más ceca al Sol durante el verano que durante el invierno ?
11. Las sillas en una nave espacial en órbita no tienen peso. Si usted va a bordo, está descalzo y patea una silla, ¿ se lastima el dedo ? Explique.
12. En IGM, las imágenes del estado de tiempo que se ve todos los días por la TV provienen de un satélite geoestacionario situado a 35 700 km del ecuador de la Tierra. Explicar como el satélite mantiene su posición día y noche. ¿ qué sucedería si se acerca o se alejara un poco de la Tierra ?
13. La máxima fuerza de marea en nuestro organismo se debe a ¿la Tierra, la Luna o al Sol?

REFORZANDO LO APRENDIDO

1. El radio de la órbita terrestre es $1,496 \times 10^{11}$ m y el de Urano es $2,87 \times 10^{12}$ m. Cuál es el periodo de Urano.
2. La Luna cuando está en el apogeo de su órbita alrededor de la Tierra está a 406 395 km de distancia, mientras que en el perigeo está a 357 643 km. Calcular la velocidad de la Luna en el apogeo y en el perigeo. El periodo orbital de la Luna alrededor de la Tierra es de 27,3 días.
3. La masa de la Tierra es de $5,97 \times 10^{24}$ kg y su radio 6 370 km. El radio de la Luna es 1738 km. La aceleración de la gravedad de la superficie de la Luna es $1,62 \text{ m/s}^2$, la masa de la luna es $7,35 \times 10^{22}$ kg. Calcular la relación entre la densidad media de la Luna y la de la Tierra.
4. El planeta Saturno tiene una masa de 95,2 veces mayor que de la Tierra y un radio 9,47 veces el de ésta. Determinar la velocidad de escape para objetos situados cerca de la superficie de Saturno.
5. Se lanza desde la superficie de la Tierra una partícula con una velocidad doble de escape. Cuando esté muy lejos de la Tierra determinar su velocidad.
6. Una corteza esférica tiene un radio de 2m una masa de 350 kg. Calcular el campo gravitatorio a la distancia de 1,5m y 2,5 m