TEMA Nº 4. GRAVITACIÓN UNIVERSAL

1.- Determinar las unidades de la contante de Gravitación Universal así como interpretar el significado físico de la misma.

Respuesta:

Para obtener unidades de una magnitud debemos obtener su Ecuación de Dimensiones.

Partiremos de la ecuación de la ley de Gravitación Universal:

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{R^2}$$

Quitando denominadores:

$$G = \frac{F \cdot R^2}{m \cdot M}$$

Tomamos Ecuación de Dimensiones:

$$[\,G\,] = \frac{[\,F\,]\;[\,R\,]^2}{[\,m\,]\,[\,M\,]} \quad (1)$$

$[\,R\,]^2 = L^2$

$F = m \cdot a \;\rightarrow\; [\,F\,] = [\,m\,] \cdot [\,a\,]$ **(2)**

$[\,m\,] = M$

$$a = \frac{V}{t} \rightarrow [\,a\,] = \frac{[\,V\,]}{[\,t\,]} \quad (3)$$

$[\,t\,] = T$

$$V = \frac{e}{t} \rightarrow [\,V\,] = \frac{[\,e\,]}{T} \quad (4)$$

$[\,e\,] = L$ nos vamos a (4)

$$[\,V\,] = \frac{L}{T} \text{ nos vamos a (3)} \rightarrow [\,a\,] = \frac{\dfrac{L}{T}}{\dfrac{T}{1}} = \frac{L}{T^2} = L \cdot T^{-2}$$

Nos vamos a (2):

$$[\,F\,] = M \cdot L \cdot T^{-2}$$

Nos vamos a (1):

$$[\,G\,] = \frac{[\,F\,]\ [\,R\,]^2}{[\,m\,]\,[\,M\,]} = \frac{\cancel{M} \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L^2}{\cancel{M} \cdot M} = M^{-1} \cdot L^3 \cdot T^{-2}$$

La unidad de G, en el S.I.: $Kg^{-1} \cdot l^3 \cdot t^{-2}$

De esta forma la unidad de **G** nos dice poco, pero si el cociente:

$$\frac{M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L^2}{M \cdot M} \text{ lo reagrupamos}$$

$$\frac{M \, . \, L \, . \, T^{-2} \, . \, L^2}{M \, . \, M}$$

Recordando las unidades en el S.I. de las diferentes magnitudes implicadas nos queda:

$$\frac{\boxed{Kg \, . \, m \, . \, s^{-2}} \, . \, m^2}{Kg^2} = \frac{N \, . \, m^2}{Kg^2}$$

En nuestro nivel, el camino puede ser más corto partiendo directamente de la ecuación:

$$G = \frac{F \, . \, R^2}{M^2}$$

y recordando las unidades de F, L y M en el S.I.:

$$G = \frac{N \, . \, m^2}{Kg^2}$$

El valor de G es de ***6,67 . 10⁻¹¹*** **fue determinado experimentalmente por Cavendish en 1798.**

Para terminar:

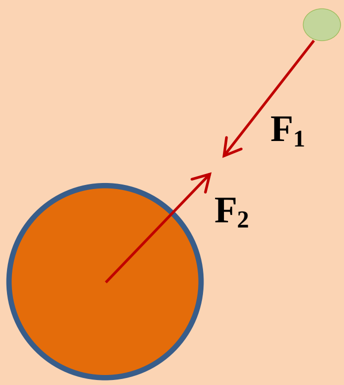
$$G = 6{,}67 \, . \, 10^{-11} \, \frac{N \, . \, m^2}{Kg^2}$$

2.- Los cuerpos materiales tienen la capacidad de atraerse entre sí gravitatoriamente. ¿Por qué no se precipitan unos contra otros?

Repuesta:

Los cuerpos se ven afectados por multitud de fuerzas, aparte de las gravitatorias, como las de inercia, las de rozamiento, las tensiones, que nos les permiten separarse de sus posiciones iniciales.

3.- Según Newton, al ver caer una manzana de la rama del árbol, explicó la caída vertical de la manzana por la fuerza gravitatoria que ejerce la Tierra sobre la susodicha manzana. Pero por otra parte la Ley de gravitación Universal nos dice que dos cuerpos con sus masas correspondientes, se atraen entre sí. Dicho de otra forma la Tierra ejerce una fuerza sobre la manzana pero la manzana también ejerce una fuerza sobre la Tierra. No vemos que la Tierra se desplace hacia el árbol:



$$F_2 = F_1$$

¿Qué ocurre?

Respuesta:

La Tierra tiene una masa muchísimo más grande que la manzana, luego su inercia (oposición a modificar su estado) es muchísimo mayor y por lo tanto *NO SE DESPLAZA*. También puede ocurrir, pienso yo, que al estar Newton en la superficie terrestre no pueda observar el efecto de la fuerza que ejerce la manzana sobre la Tierra.

4.- **La fuerza de atracción entre dos cuerpos de masas m_1, y m_2, que se encuentran separados una distancia d es F. Si la distancia se incrementa al doble, ¿qué sucede con la magnitud de la nueva fuerza de atracción?**

Respuesta:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad (1)$$

$$Fx = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{(2\,d)^2} \quad (2)$$

Dividimos (1) entre (2):

$$\frac{F}{Fx} = \frac{\cancel{G} \cdot \dfrac{\cancel{m_1 \cdot m_2}}{\cancel{d^2}}}{\cancel{G} \cdot \dfrac{\cancel{m_1 \cdot m_2}}{4\,\cancel{d^2}}}$$

$$\frac{F}{Fx} = 4 \quad ; \quad Fx = F/4$$

La fuerza se hace *CUATRO VECES MENOR*.

5.- **Queremos comprar oro. ¿Dónde interesa comprarlo al nivel del mar o en lo alto de la torre Eiffel?.**

Respuesta:

Partimos de la base que el precio del oro es el mismo en la base que en la punta de la torre Eiffel.

Que nos cueste más o menos depende del aparato que utilicemos para medir la muestra:

a) **Una balanza**
b) **Un dinamómetro**

La balanza lo que nos determina es la masa de los cuerpos, en nuestro caso la masa de la muestra de oro. La masa de la muestra es exactamente la misma en la parte baja que en la parte alta de la torre. Con una balanza nos costaría lo mismo. Sin embargo si utilizamos un dinamómetro, este determina el peso de los cuerpos (recordar que masa y peso son dos magnitudes distintas). El peso de los cuerpos depende de:

$$P = m \cdot g$$

Si la masa es la misma debe variar el peso, es decir, el valor de la gravedad (g) es distinto en la base que en lo alto. A medida que ascendemos el valor de *"g"* va disminuyendo y por lo tanto el peso de la muestra *se hace más pequeño* y el importe *será menor*.

6.- ¿En qué proporción cambiaría tu peso si se duplicara tanto el diámetro de la Tierra como su masa?

Respuesta:

$$P_{actual} = m \cdot G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} \quad (1)$$

$$P_{nuevo} = m \cdot G \cdot \frac{2\,M_T}{(R_T)^2} \quad (2)$$

Tristes guerras
si no es amor la empresa.
Tristes, tristes.
Tristes armas
si no son las palabras.

Si dividimos (1) entre (2), nos queda:

$$\frac{P_{actual}}{P_{nuevo}} = \frac{\cancel{m} \cdot \cancel{G} \cdot \dfrac{\cancel{M_T}}{\cancel{R_T}^2}}{\cancel{m} \cdot \cancel{G} \cdot \dfrac{2\,\cancel{M_T}}{4\,\cancel{R_T}^2}} = \frac{4}{2}$$

Luego:

$$\frac{P_{actual}}{P_{nuevo}} = 2 \quad ; \quad P_{nuevo} = \frac{P_{actual}}{2}$$

El peso se ha *reducido a la mitad*.

7.- **Un astronauta con todo su equipo puede dar saltos de 10 cm en la Tierra. Cuando llega a la Luna los saltos se pueden hacer de hasta 10 cm. ¿Podrías explicarlo?**

Respuesta:

Me atrevería a decir que la masa astronauta y equipo ha disminuido pero eso es imposible porque el astronauta y equipo es el mismo en la luna. Sin embargo si analizamos los pesos en la Tierra y en la Luna son muy diferentes. La razón la encontramos en el valor de la aceleración de la gravedad. En la Tierra a nivel del mar de 9,81 m/s^2 y en la superficie de la Luna 1,62 m/s^2. Como el peso del astronauta y equipo depende de la gravedad: $P = m \cdot g$

Al ser más pequeño, en la Luna, el astronauta puede dar saltos más grandes sin desarrollar tanta fuerza como en la Tierra.

8.- Dos masas se atraen con una fuerza de 320 N. Si la distancia entre ellas se duplica y la masa de la primera se triplica; calcular la nueva fuerza de atracción.

Resolución:

Ley de Gravitación Universal:

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

Situación Inicial:

$$320 = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2} \quad (1)$$

Situación Final:

Distancia = 2R

$m_1 = 3\ m_1$

$$Fx = G \cdot \frac{(3m_1)^2 \cdot m_2}{(2R)^2} \quad (2)$$

Dividimos F_1 etre F_2:

$$\frac{320}{Fx} = \frac{\cancel{G} \cdot \dfrac{\cancel{m_1^2} \cdot \cancel{m_2^2}}{\cancel{R^2}}}{\cancel{G} \cdot \dfrac{9\ \cancel{m_1^2} \cdot \cancel{m^2}}{4\ \cancel{R^2}}} = \frac{4}{9}$$

$$4\ Fx = 320\ .\ 9 \quad ; \quad Fx = \frac{320\ .\ 9}{4} = 720\ N\ (S.I.)$$

9.- La Tierra dista de la luna 360000 Km y de Saturno 1280 . 10^6Km. Determina el tiempo que tardará un cohete en llegar a ambos planetas si lleva una velocidad de 10000 Km/h.

Resolución:

Tiempo Luna:

$$d_{luna} = 36000\ \cancel{Km}\ .\ \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 36\ .\ 10^6\ m$$

$$V_{cohete} = 1000\ \frac{\cancel{Km}}{\cancel{h}}\ .\ \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}}\ .\ \frac{1\ \cancel{h}}{3600\ s} = 277{,}8\ m/s$$

Como el cohete lleva velocidad constante:

$$V = \frac{e}{t} \quad ; \quad t = \frac{e}{V} = \frac{36\ .\ 10^6\ \cancel{m}}{277{,}8\ .\ \frac{\cancel{m}}{s}} = 0{,}129\ .\ 10^6\ \cancel{s}\ .\ \frac{1\ h}{3600\ \cancel{s}} =$$

$$= 35{,}8\ h$$

Tiempo para Saturno:

Datos al Sistema Internacional

$$d_{Saturno} = 1280\ .\ 10^6\ \cancel{Km}\ .\ \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 1280\ .\ 10^9\ m$$

V_{cohete} = Const. = 277,8 m . s^{-1}

$$V = \frac{d_{Saturno}}{t} \; ; \; t = \frac{d_{Saturno}}{V} = \frac{1280 \cdot 10^9 \cancel{m}}{277{,}8 \cancel{m} \cdot s^{-1}} = 4{,}60 \cdot 10^9 \, s$$

$$1 \cancel{año} \cdot \frac{365 \cancel{días}}{1 \cancel{año}} \cdot \frac{24 \cancel{h}}{1 \cancel{día}} \cdot \frac{3600 \, s}{1 \cancel{h}} = 31536000 \, s$$

1 año/ 31536000 s

$$t_{Saturno} = 4{,}60 \cdot 10^9 \cancel{s} \cdot \frac{1 \text{ año}}{31536000 \cancel{s}} = 1{,}45 \cdot 10^{-7} \cdot 10^9 \text{ años} = \mathit{145\ años}$$

10.- **¿A qué distancia se encuentran dos masas de 6 . 10^{-2} kg y 7 . 10^{-3} kg, si la magnitud de la fuerza con la que se atraen es de 9 . 10^{-9} N?**

DATO: G = 6,67 . 10^{-11} N . m^2/Kg^2

Resolución:

Ley de Gravitación Universal:

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

Trabajamos en el S.I.:

$$9 \cdot 10^{-9} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{-2} \cdot 7 \cdot 10^{-3}}{R^2}$$

Si quitamos denominadores:

$$9 \cdot 10^{-9} \cdot R^2 = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 7 \cdot 10^{-3}$$

$$9 \cdot 10^{-9}\ R^2 = 280{,}14 \cdot 10^{-16}$$

$$R = \sqrt{\frac{280{,}14 \cdot 10^{-16}}{9 \cdot 10^{-9}}} = \mathit{17{,}64 \cdot 10^{-3}\ m}$$

11.- **Disponemos de dos masas de 7 y 4 Kg situadas a 50 cm de distancia. Determina la fuerza con que se atraen.**

Resolución:

Aplicación directa de la Ley de Gravitación Universal:

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

$$R = 50\ \cancel{cm} \cdot \frac{1\ m}{100\ \cancel{cm}} = 0{,}5\ m$$

$$F = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot \cancel{m^2}}{\cancel{Kg^2}} \cdot \frac{4\ \cancel{Kg} \cdot 7\ \cancel{Kg}}{(0{,}5\ \cancel{m})^2} = \mathit{747{,}04 \cdot 10^{-11}\ N}$$

12.- **Calcula la fuerza que ejerce la Tierra sobre una roca de 3 toneladas situada en su superficie.**

DATOS:

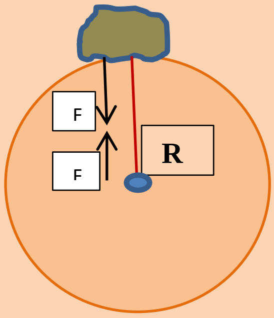
$$R_{Tierra} = 6370\ Km = 6370\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 6370000\ m$$

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

$M_{Tierra} = 5{,}97 \cdot 10^{24}\ Kg$

$$m_{roca} = 3\ \cancel{Tm} \cdot \frac{1000\ Kg}{1\ \cancel{Tm}} = 3000\ Kg$$

Resolución:



Según la ley de Gravitación Universal:

$$F = G \cdot \frac{m_{roca} \cdot m_{Tierra}}{R_T^2}$$

$$F = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{Kg^2} \cdot \frac{3000\ Kg \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24}\ Kg}{(6370000\ m)^2} = 29 \cdot 10^5\ N$$

Tristes, tristes.
Tristes hombres
si no mueren de amores.
Tristes, tristes.

13.- **Un cuerpo tiene una masa de 50 Kg y pesa 498 N. ¿Cuál es el valor de la gravedad en el punto donde se encuentra el cuerpo sobre la superficie terrestre?**

Resolución:

Sabemos que:

$$P = m \cdot g \rightarrow g = \frac{P}{m} = \frac{498\ N}{50\ Kg} = \frac{498\ \cancel{Kg} \cdot \frac{m}{s^2}}{50\ \cancel{Kg}} =$$

$$= 9{,}96\ \frac{m}{s^2} = 9{,}96\ m/s^2 = 9{,}96\ m \cdot s^{-2}$$

14.- **Calcula la fuerza gravitatoria con que se atraen dos protones situados a una distancia de 1 nanometro.**

Dato: $mas_{aprotón} = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ Kg ; $r = 10^{-9}$ m ; $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N . m^2/ Kg^2

Resolución:

Según la Ley de Gravitación Universal:

$$F = G \cdot \frac{m_{protón} \cdot m_{protón}}{r^2}$$

$$F = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{Kg^2} \cdot \frac{1{,}67 \cdot 10^{-27}\ Kg \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ Kg}{(10^{-9}\ m)^2} =$$

$$= 18{,}6 \cdot 10^{-47}\ N$$

15.- **El radio del planeta Venus es de 6,26 . 10^6 m, y la aceleración de la gravedad en su superficie es de 8,3 m/s^2. Calcula la masa de Venus y el peso en la Tierra de un cuerpo que en Venus pesa 397 N.**

Resolución:

a)

$$g_{Venus} = G \cdot \frac{m_{Venus}}{(R_{Venus})^2}$$

Trabajamos en el S.I.:

$$8,3 = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{m_{Venus}}{(6,26 \cdot 10^6)^2} \; ; \; m_{Venus} = \frac{8,3 \cdot (6,26 \cdot 10^6)^2}{6,67 \cdot 10^{-11}}$$

$$= 48,76 \cdot 10^{23}\ Kg$$

b) **P = m . g_{Venus} mcuerpo = P/g_{venus}**

$$m_{cuerpo} = \frac{397\ N}{8,3\ m/s^2} = 47,83\ Kg$$

La masa del cuerpo en Venus es igual en la Tierra, por tanto:

$$P = m \cdot g = 47,83\ Kg \cdot 9,8\ m \cdot s^{-2} = 468,73\ Kg$$

16.- **Obtén el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de un planeta de masa 2 . 10^{27} Kg y de radio 7 . 10^7 m.**

Resolución:

$$g = G \cdot \frac{m_{planeta}}{(R_{planeta})^2}$$

Las unidades vienen en el S.I.:

$$g = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot \cancel{m^2}}{Kg^{\cancel{2}}} \cdot \frac{2 \cdot 10^{27}\ \cancel{Kg}}{(7 \cdot 10^7\ \cancel{m})^{\cancel{2}}} = 0{,}27 \cdot 10^2\ N/Kg$$

Pero "g" es el valor de la aceleración de la gravedad y debe venir en m . s^{-2}:

$$g = 0{,}27 \cdot 10^2 \frac{N}{Kg} = 0{,}27 \cdot 10^2 \frac{\cancel{Kg} \cdot \frac{m}{s^2}}{\cancel{Kg}} = \mathit{27\ m \cdot s^{-2}}$$

17.- **Determinar el valor de la gravedad en la Luna sabiendo que su masa es 6,7 . 10^{22} Kg y su radio $R_{Luna} = R_{Tierra}/ 3{,}66$.**

G = 6,67 . 10-11 N . m^2/Kg^2

Resolución:

$$gLuna = G \cdot \frac{M_{luna}}{(R_{Luna})^2} \quad (1)$$

$$R_{Luna} = \frac{R_{Tierra}}{3{,}66} = \frac{6370\ \cancel{Km}}{3{,}66} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 1740437{,}15\ m =$$

$$= \mathit{1{,}74 \cdot 10^6\ m}$$

Nos vamos a (1):

$$g_{Luna} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot \cancel{m^2}}{\cancel{Kg^2}} \cdot \frac{6,7 \cdot 10^{22}\ \cancel{Kg}}{(1,74 \cdot 10^6\ \cancel{m})^2} = 1,47 \frac{N}{Kg} =$$

$$= 1,47 \frac{\cancel{Kg} \cdot m \cdot s^{-2}}{\cancel{Kg}} = 1,47\ m \cdot s^{-2}$$

18.- **Sabiendo que la masa de la luna es 1/80 la masa de la tierra, y su radio es ¼ del radio de la tierra. Determinar la gravedad en la superficie lunar y el peso de una persona en la luna, sabiendo que tiene una masa de 80 kg.**

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

Resolución:

$m_{Luna} = 1/80\ m_{Tierra}$

$R_{Luna} = ¼\ R_{Tierra}$

a) g_{Luna}?

Sabemos que:

$$g_{Tierra} = G \cdot \frac{m_{Tierra}}{R^2_{Tierra}} \quad (1)$$

$$g_{Luna} = G \cdot \frac{1/80\ m_{Tiera}}{(1/4\ R_{Tierra})^2} \quad (2)$$

Dividiendo (1) entre (2):

$$\frac{g_{Tierra}}{g_{Luna}} = \frac{\cancel{G} \cdot \dfrac{\cancel{m_{Tierra}}}{\cancel{R^2_{Tierra}}}}{\cancel{G} \cdot \dfrac{1/80\ \cancel{m_{Tierra}}}{\cancel{(1/4\ R_{Tierra})^2}}} = \frac{\dfrac{1}{16}}{\dfrac{1}{80}}$$

Trabajamos en el S.I.

$$\frac{9{,}8}{gLuna} = \frac{80}{16} \quad ; \quad g_{Luna} = \frac{9{,}8 \cdot 16}{80}$$

$$g_{Luna} = 1{,}98\ m \cdot s^{-2}$$

b) $P_{Luna} = m \cdot g_{Luna}$; $P_{Luna} = 80\ Kg \cdot 1{,}98\ m \cdot s^{-2} =$ **158,4 N**

19.- **Hallar el valor de la gravedad en un punto situado a 130 Km de la superficie terrestre.**

DATOS: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/Kg^2$; $R_{Tierra} = 6370\ Km$

$M_{Tierra} = 5{,}97 \cdot 10^{24}\ Kg$

Resolución:

$$g = G \cdot \frac{M_{Tierra}}{(h + R_{Tierra})^2} \quad (1)$$

$$(H + R_{Tierra}) = 130\ Km + 6370\ Km = 6500\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 65 \cdot 10^5\ m$$

Volviendo a (1):

$$g = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot \cancel{m^2}/Kg^2 \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ \cancel{Kg}}{(65 \cdot 10^5\ \cancel{m})^2} = 9{,}4\ N/Kg =$$

$$= 9{,}4\ \frac{\cancel{Kg} \cdot m \cdot s^{-2}}{\cancel{Kg}} = 9{,}4\ m \cdot s^{-2}$$

20.-Una persona de 6,5 Kp de peso se encuentra a una distancia de 1 km de un petrolero de 200000 toneladas. ¿ Con qué fuerza será atraído la persona por el petrolero?

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

Resolución:

Según la Ley de Gravitación Universal:

$$F = G \cdot \frac{m_{persona} \cdot m_{petrolero}}{R^2}$$

$$P_{persona} = 6{,}5\ \cancel{Kp} \cdot \frac{9{,}8\ N}{1\ \cancel{Kp}} = 63{,}7\ N$$

$$P_{persoma} = m_{persona} \cdot g \quad ; \quad m_{persona} = \frac{P_{persona}}{G} = \frac{63{,}7\ N}{9{,}8\ m \cdot s^{-2}} =$$

$$= \frac{63{,}7\ Kg \cdot \cancel{m} \cdot \cancel{s^{-2}}}{9{,}8\ \cancel{m} \cdot \cancel{s^{-2}}} = 6{,}5\ Kg$$

Se constata con este resultado:

La unidad de peso en el Sistema Técnico = a la unidad de masa en el S.I

6,5 Kp = 6,5 Kg

$$m_{Mpetrolero} = 200000\ \cancel{Tm} \cdot \frac{1000\ Kg}{1\ \cancel{Tm}} = 2 \cdot 10^{8}\ Kg$$

$$R = 1\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 1000\ m$$

Nos vamos a (1):

$$F = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot \cancel{m^{2}}/\cancel{Kg^{2}} \cdot \frac{6{,}5\ \cancel{Kg} \cdot 2 \cdot 10^{8}\ \cancel{Kg}}{\cancel{(1000\ m)^{2}}} = 86{,}71 \cdot 10^{-9}\ N$$

21.- **¿A qué altura sobre la superficie de la Tierra la aceleración de la gravedad tiene un valor de 5,3 m/s²?**

DATOS: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m/Kg^{2}$; $R_{Tierra} = 6370\ Km$

$M_{Tierra} = 5{,}97 \cdot 1024\ Kg$

Resolución:

$$g = G \cdot \frac{M_{Tierra}}{(h + R_{Tierra})^2}$$

$$R_{Tierra} = 6370 \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1 \cancel{Km}} = 6370 \cdot 10^3\ m$$

Quitamos denominadores:

$$g \cdot (h + R_{Tierra})^2 = G \cdot M_{Tierra}$$

$$5,3\ m \cdot s^{-2}(h + 6370 \cdot 10^3\ m)^2 = 6,67 \cdot 10^{-11}(N \cdot m^2/Kg^2) \cdot 5,97 \cdot 10^{24}\ Kg$$

$$(h + 6370 \cdot 10^3\ m)^2 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/Kg^2 \cdot 5,97 \cdot 10^{24}\ Kg}{5,3\ m \cdot s^{-2}}$$

Estamos calculando una altura que si trabajamos, como lo estamos haciendo, en el S.I. su unidad será el "m". Nos olvidamos del cálculo con las unidades:

$$(h + 6370 \cdot 10^3\ m)^2 = 7,5 \cdot 10^{13}$$

Tomamos raíz cuadrada en ambos miembros de la ecuación:

$$[(h + 6370 \cdot 10^3)^2]^{1/2} = (7,5 \cdot 10^{13})^{1/2}$$

$$h + 6370 \cdot 10^3 = 8,7 \cdot 10^6 \ ; \quad h = 8,7 \cdot 10^6 - 6370 \cdot 10^3 = 2330000\ m$$

$$= 2330000 \cancel{m} \cdot \frac{1\ Km}{1000 \cancel{m}} = 2330\ Km$$

22.- **Sabiendo que la masa de la Luna es 0,012 veces la mas de la Tierra y que el radio de la luna es 0,27 el de la tierra. Calcula el valor de la gravedad en la superficie de la Luna.**

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

Resolución:

En la Tierra:

$$g_T = G \cdot \frac{M_{Tierra}}{(R_{Tierra})^2} \quad (1)$$

En la Luna:

$$g_L = G \cdot \frac{M_{Luna}}{(R_{Luna})^2} \quad (2)$$

Según el enunciado:

$M_{Luna} = 0{,}012\ M_{Tierra}$; $R_{Luna} = 0{,}27\ R_T$

Sustituimos estas equivalencias en (2):

$$g_L = G \cdot \frac{0{,}012\ M_{Tierra}}{(0{,}27\ R_T)^2} \quad (3)$$

Dividimos (1) entre (3):

$$\frac{g_T}{g_L} = \frac{\cancel{G} \cdot \dfrac{M_{\cancel{Tierra}}}{(R_{Tierra})^2}}{\cancel{G} \cdot \dfrac{0{,}012\ M_{\cancel{Tierra}}}{(0{,}27\ R_{Tierra})^2}}$$

$$\frac{9{,}8}{g_L} = \frac{(0{,}27\ R_{Tierra})^2}{(R_{Tierra})^2\ 0{,}012} \quad ; \quad \frac{9{,}8}{gL} = \frac{0{,}073\ \cancel{(R_{Tierra})^2}}{0{,}012\ \cancel{(R_{Tierra})^2}}$$

$$g_L \cdot 0{,}073 = 9{,}8 \cdot 0{,}012 \;;\quad g_L = \frac{9{,}8 \cdot 0{,}012}{0{,}073} = 1{,}61$$

Como la unidad de "g" en el S.I. es: (m/s^2) $m \cdot s^{-2}$

El resultado final es:

$$g_L = 1{,}61\ m/s^2\ (m \cdot s^{-2})$$

23.- **Hoy día se conoce la superficie de la Tierra perfectamente porque los humanos hemos mandado al espacio satélites con funciones varias:**

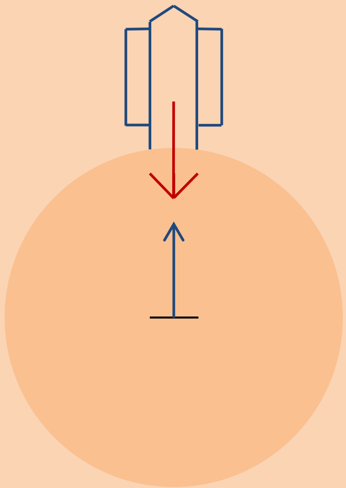
a) Creación de mapas
b) Diferentes tipos de tierra para posibles cultivos
d) Conocer nuestra Galaxia y las vecinas
e) Espiar unos países a otras situando los lugares estratégicos de unos y otros. La "Guerra Fría" no ha terminado.

La puesta en órbita de estos satélites implica una gran energía que debe desarrollar el transbordador del satélite:

Árboles que vuestro afán
consagró al centro del día
eran principio de un pan
que sólo el otro comía.

www.profesorparticulardefisicayquimica.es

La Fuerza atractiva entre El cohete y la Tierra es muy grande por lo que el cohete se debe liberar de dicha fuerza para lo cual necesita gran cantidad de energía. Esa energía se la da el combustible.



A.Z.L

El combustible le proporciona la energía necesaria en función de la Energía Cinética que va a adquirir. La energía Cinética:

$$Ec = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

La Energía de escape dependerá de la denominada "Velocidad de Escape" que depende de:

$$Ve = \left[\frac{2 \cdot G \cdot M}{R} \right]^{1/2}$$

Donde: G = Const. Gravitación Universal ; M = Masa del planeta
R = Radio del planeta

Determina la Ve para la Tierra.

DATOS: $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/Kg^2$; $M_{Tierra} = 5,97 \cdot 10^{24}\ Kg$
$R_T = 6370\ Km$

Resolución:

Unidades al S.I.:

$$RT = 6370\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 6370000\ m$$

Velocidad de Escape:

$$Ve = \left[\frac{2 \cdot G \cdot M_T}{R_T}\right]^{1/2}$$

$$Ve = \frac{2 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 5{,}97 \cdot 10^{24}}{6370000}$$ **Trabajamos en el S.I:**

$$Ve = (0{,}125 \cdot 10^{9})^{1/2} = 11{,}18 \cdot 10^{3}\ m/s$$

$$Ve = 11{,}18 \cdot 10^{3}\ \frac{\cancel{m}}{s} \cdot \frac{1\ Km}{1000\ \cancel{m}} = 11{,}18\ Km/s$$

24.- **Calcular la velocidad de escape de un satélite de una tonelada; lanzado desde la tierra.**

$R_T = 6{,}4.10^{6}$ m ; $M_T = 6.10^{24}$ kg ; $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/Kg^2$

Resolución:

Recordemos:

$$Ve = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot m_{Tierra}}{R_{Tierra}}}$$

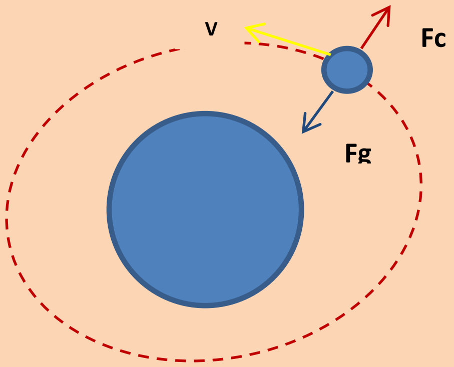
Trabajamos en S.I.:

$$Ve = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6,4 \cdot 10^{6}}} = 1,09 \cdot 10^{4}\ m/s$$

25.- **¿Qué velocidad debe llevar un satélite artificial que describe una orbitar circular a 500 Km de altura sobre la superficie terrestre?**

Dato: $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ Kg ; $R_T = 6370$ Km

Resolución:



www.profesorparticularfisicayquimica.es

Para que el satélite pueda orbitar se debe cumplir que:

$$F_G = F_C$$

$$G \cdot \frac{\cancel{M_{Satelite}} \cdot M_{Tierra}}{(h + R_T)^{\cancel{2}}} = \cancel{M_{Satelite}} \cdot \frac{V^2}{\cancel{(h + R_T)}}$$

$$V = \left[\frac{G \cdot M_{Tierra}}{(h + R_{Tierra})} \right]^{1/2}$$

Trabajamos en el S.I.:

$$R_{Órbita} = 500\ Km + 6370\ Km = 6870\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 6870000\ m$$

$$V = \left[\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6870000} \right]^{1/2} = 7{,}16 \cdot 10^{3}\ m/s$$

26.- **La masa del Sol es de 1,98 . 1030 Kg. Júpiter describe una órbita circular alrededor del Sol de R = 7,78 . 10^{11} m. Determinar el periodo (T) del movimiento orbital de Júpiter.**

Resolución:

El Periodo viene dado por la ecuación:

$$T = 2\pi \left[\frac{R^3}{G \cdot M} \right]^{1/2}$$

El ejercicio no nos proporciona el radio del Sol por lo que supondremos que el radio de la órbita es el mismo.

$$T = 2\pi \left[\frac{(7{,}78 \cdot 10^{11})^3}{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}98 \cdot 10^{30}} \right]^{1/2} = 37{,}49 \cdot 10^{7}\ s$$

$$T = 37{,}49 \cdot 10^7\ \cancel{s} \cdot \frac{1\ \cancel{h}}{3600\ \cancel{s}} \cdot \frac{1\ \cancel{día}}{24\ \cancel{h}} \cdot \frac{1\ año}{365\ \cancel{días}} = \mathit{1{,}89\ años}$$

27.- **¿Qué velocidad debe llevar un satélite artificial que describe una órbita circular a 2000 Km sobre la superficie terrestre?**

DATOS: M_T = 6 . 1024 Kg ; R_T = 6370 Km

Resolución:

Para que un satélite orbite alrededor de la Tierra se debe cumplir que:

$$F_{Gravitatoria} = F_{Centrífuga}$$

$$F_G = F_C \quad (1)$$

Sustituyendo en (1):

$$G \cdot \frac{\cancel{M_S} \cdot M_T}{(h + R_T)^{\cancel{2}}} = \cancel{Ms} \cdot \frac{V^2}{\cancel{(h + R_T)}}$$

$$(h + R_T) = 2000\ Km + 6370\ Km = 8370\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 8370000\ m$$

$$M_T = 6 \cdot 10^{24}\ Kg$$

Trabajamos en el S.I.:

$$6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}\ Kg}{8370000} = V^2\ ;\ V = (47{,}8 \cdot 10^6)^{1/2} = \mathit{6{,}9 \cdot 10^3\ m/s}$$

28.- **Calcula la masa del sol sabiendo que la Tierra gira a su alrededor a una velocidad de $30 \cdot 10^3$ m/s.**

Resolución:

Para orbital:

$$F_G = F_C$$

$$G \cdot \frac{M_S \cdot \cancel{M_T}}{R^{\cancel{2}}} = \cancel{M_T} \cdot \frac{V^2}{\cancel{R}}$$

$$M_S = \frac{V^2 \cdot R}{G}$$

DATOS: R = Distancia Sol – Tierra = $149 \cdot 10^6$ Km = $149 \cdot 10^9$ m

$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N . m^2/Kg^2 ; $V = 30 \cdot 10^3$ m/s

Trabajamos en S.I.:

$$M_S = \frac{(30 \cdot 10^3)^2 \cdot 149 \cdot 10^9 \text{ m}}{6{,}67 \cdot 10^{-11}} = 2 \cdot 10^{27} \text{ Kg}$$

29.- **Entre Saturno y el Sol existe una distancia de $1{,}5 \cdot 10^{12}$ m Calcula su periodo de rotación alrededor del Sol.**

Distancia sol tierra = $150 \cdot 10^9$ m

Periodo de rotación Tierra = 1 año

Resolución:

Sabemos que:

Periodo de Rotación de la Tierra respecto al Sol = 1 año

$$= \cancel{1\ \text{año}} \cdot \frac{365\ \cancel{\text{días}}}{1\ \cancel{\text{año}}} \cdot \frac{24\ \cancel{h}}{1\ \cancel{\text{día}}} \cdot \frac{3600\ s}{1\ \cancel{h}} = 3{,}15 \cdot 10^{7}\ s$$

Aplicando la tercera ley de Kepler:

$$\frac{T_{Tierra}^{2}}{T_{Saturno}^{2}} = \frac{R_{Tierra}^{3}}{R_{Saturno}^{3}}$$

R_{Tierra} = Distancia Tierra Sol = $150 \cdot 10^{9}$ m
$R_{Saturno}$ = Distancia Saturno a Sol = $1{,}5 \cdot 10^{12}$ m
$T_1 = 3{,}15 \cdot 10^{7}$ s

Despejando $T_{Saturno}$:

$$T_{Saturno} = \sqrt{\frac{T_{Tierra}^{2} \cdot R_{Saturno}^{3}}{R_{Tierra}^{3}}}$$

$$T_{Saturno} = \sqrt{\frac{(3{,}15 \cdot 10^{7}\ s)^{2} \cdot (1{,}5 \cdot 10^{12}\ m)^{3}}{(150 \cdot 10^{9}\ m)^{3}}}$$

$$T_{Saturno} = \sqrt{\frac{9,92 \cdot 10^{14}\ s^2 \cdot 3,38 \cdot 10^{36}\ \cancel{m^3}}{3,37 \cdot 10^{33}\ \cancel{m^3}}} = 9,95 \cdot 10^8\ s$$

$$= 9,95 \cdot 10^8\ \cancel{s} \cdot \frac{1\ \cancel{h}}{3600\ \cancel{s}} \cdot \frac{1\ \cancel{día}}{24\ \cancel{h}} \cdot \frac{1\ año}{365\ \cancel{días}} = \mathbf{31,7\ años}$$

30.- **Un satélite de 500 Kg de masa describe una órbita de 600 Km de altitud. Determinar:**

a) La fuerza centrífuga a que está sometido
b) el valor de la gravedad a esa altura
c) la velocidad lineal

DATOS: $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/Kg^2$; $h = 600\ Km$; $R_T = 6370\ Km$
$M_T = 6 \cdot 10^{24}\ Kg$; $M_S = 500\ Kg$

Resolución:

a) F_C?

$$F_C = Ms \cdot \frac{V^2}{(h + RT)}$$

$$(h + R_T) = 600\ Km + 6370\ Km = 6970\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 6,9 \cdot 10^6\ m$$

$$F_C = 500 \cdot \frac{V^2}{6,9 \cdot 10^6} \quad (1)$$

Necesitamos conocer V para obtener el valor de FC. Nos iremos a la condición de orbita:

$$F_G = F_C$$

Sustituimos:

$$G \cdot \frac{\cancel{M_S} \cdot M_T}{(h + R_T)^{\cancel{2}}} = \cancel{M_S} \cdot \frac{V^2}{\cancel{(h + R_T)}}$$

Despejando V:

$$V = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{(h + R_T)}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6{,}9 \cdot 10^6}} = 2{,}4 \cdot 10^3\ m/s$$

Llevado el valor de V a (1):

$$F_C = 500 \cdot \frac{V2}{6{,}9 \cdot 10^6} = 500 \cdot \frac{5{,}76 \cdot 10^6}{6{,}9 \cdot 10^6} = 417{,}4\ N$$

b)

$$g = G \cdot \frac{M_T}{(h + T_R)^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{(6{,}9 \cdot 10^6)^2} = 8{,}4\ m/s^2$$

c) Calculada en el apartado a)

Andaluces de Jaén,
aceituneros altivos,
pregunta mi alma: ¿de quién,
de quién son estos olivos?

31.- Una estación espacial se encuentra en órbita alrededor de la tierra. Determinar la altura sobre la tierra a la que se encuentra la estación, sabiendo que esta soporta una aceleración de la gravedad igual a la octava parte de la aceleración de la gravedad en la superficie terrestre. $R_T = 6,4 \cdot 10^6$ m

Resolución:

Sabemos que "g" tiene un valor que depende de la altura:

$$g_h = G \frac{M_T}{(h + R_T)^2} \quad (1)$$

$$g_h = 1/8\; g_{o(superficie\ de\ la\ Tierra)} = 1/8 \cdot 9,8\ m/s^2 = 1,225\ m/s^2$$

Nos vamos a (1): Trabajamos en S.I.

$$(h + R_T) = (h + 6370 \cdot 10^3\ m)$$

$$1,225 = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{(h + 6370 \cdot 10^3)^2}$$

Si quitamos denominadores:

$$1,225 \cdot (h + 6370 \cdot 10^3)^2 = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}$$

Realizamos operaciones:

$$1,225\ (h^2+2h \cdot 6370 \cdot 10^3 + 4,05 \cdot 10^{10}) = 40,02 \cdot 10^{13}$$

$$1,225h^2+ 15606,5h + 4,96 \cdot 10^{10} = 40,02 \cdot 10^{13}$$

$$1,225h^2+ 15606,5h + 4,96 \cdot 10^{10} - 40,02 \cdot 10^{13} = 0$$

$$1,225h^2+15606,5h + (4,96 - 40,02 \cdot 10^3) \cdot 10^{10} = 0$$

Si podemos resolver bien la ecuación ***nos podemos dar con un canto en los dientes*****:**

En el paréntesis: $(4,96 - 40,02 \cdot 10^3)$ podemos despreciar el minuendo, 4,96 frente al sustraendo $40,02 \cdot 10^3$ nos quedaría:

$$1,225h^2 + 15606,5h + (-40,02 \cdot 10^{13}) = 0$$

$$1,225h^2 + 15606,5h - 40,02 \cdot 10^{13} = 0$$

$$h = \frac{-\;15606,5 \pm \sqrt{(15606,5)^2 - 4 \cdot 1,225\,(-4,02 \cdot 10^{13})}}{2 \cdot 1,225} =$$

$$= \frac{-\;15606,5 \pm \sqrt{243562842,25 + 19,19 \cdot 10^{13}}}{2,45}$$

El radicando puede quedar:

$$h = \frac{-\;15606,5 \pm \sqrt{19,19 \cdot 10^{13}}}{2,45} = \frac{-\,15606,5 \pm 4,38 \cdot 10^6}{2,45}$$

El valor de h quedaría:

$$h = \frac{4,38 \cdot 10^6}{2,45} = 1,78 \cdot 10^6\ m$$

$$h = 1,78 \cdot 10^6\ \cancel{m} \cdot \frac{1\ Km}{1000\ \cancel{m}} = 1,78 \cdot 10^3\ Km = 1780\ Km$$

Según el resultado, la estación espacial estaría a *1780 Km de la Tierra*.

32.- **¿A qué altura de la superficie terrestre la aceleración de la gravedad es la novena parte de la gravedad terrestre?**

DATOS: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/Kg^2$; $R_{Tierra} = 6{,}4 \cdot 10^6\ m$
$m_{Tierra} = 6 \cdot 10^{24}\ Kg$

Resolución:

$g_h = 1/9\ go$; $g_h = 1{,}08\ m \cdot s^{-2}$

Conocemos:

$$g_o = G \cdot \frac{m_{Tierra}}{R^2_{Tierra}}$$

S.I.:

$$1{,}08 = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{(h + 6{,}4 \cdot 10^6)^2}$$

Quitamos denominadores:

$1{,}08 \cdot (h + 6{,}4 \cdot 10^6)^2 = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}$

$1{,}08 \cdot [h^2 + 2 \cdot h \cdot 6{,}4 \cdot 10^6 + (6{,}4 + 10^6)2] = 40{,}02 \cdot 10^{13}$

$1{,}08 \cdot (h^2 + 2 \cdot h \cdot 6{,}4 \cdot 10^6 + 40{,}96 + 12{,}8 \cdot 10^6 + 10^{12}) = 40{,}02 \cdot 10^{13}$

$1{,}08\ h^2 + 13{,}82\ h + 73{,}73 + 23{,}04 \cdot 10^6 + 1{,}08 \cdot 10^{12}) = 40{,}02 \cdot 10^{13}$

Podemos despreciar $23{,}04 \cdot 10^6$ **frente a** $1{,}08 \cdot 10^{12}$

$1{,}08\ h^2 + 13{,}82\ h + 1{,}08 \cdot 10^{12} = 40{,}02 \cdot 10^{13}$

$1,08\ h^2 + 13,82\ h + (-4 \cdot 1013) = 0$

$1,08\ h^2 + 13,82\ h - 4 \cdot 10^{13} = 0$

$$h = \frac{-13,82 \pm \sqrt{191 + 17,72 \cdot 10^{13}}}{2,16} = \frac{-13,82 \pm \sqrt{177,2 \cdot 10^{12}}}{2,16} =$$

$$h = \frac{-13,82 \pm 13,31 \cdot 10^6}{2,16} = \frac{13,31 \cdot 10^6}{2,16} = 6,16 \cdot 10^6\ m = 6,16 \cdot 10^3 Km$$

33.- **Un satélite gira alrededor de la tierra en órbitas de 14000 km de radio. Calcular su periodo orbital.**

DATOS: $R_{Tierra} = 6370\ Km$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/Kg^2$
$M_{Tierra} = 6 \cdot 10^{24}\ Kg$

Resolución:

Recordar que el **periodo** (T) viene dado por la ecuación:

$$T = 2\ \pi \sqrt{\frac{(R_{Tierra} + h)^3}{G \cdot M}}$$

S.I.:

$$(R_{Tierra} + h) = 14000\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 14 \cdot 10^6\ m$$

$$T = 2\ \pi \sqrt{\frac{(14 \cdot 10^6)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}} = 2\ \pi \sqrt{\frac{2744 \cdot 10^{18}}{40,02 \cdot 10^{13}}} =$$

$$T = 164,41 \cdot 10^2\ s$$

$$T = 164{,}41 \cdot 10^2\ s \cdot \frac{1\ h}{3600\ s} = 0{,}045 \cdot 10^2 = 4{,}5\ h$$

34.- **Calcular la velocidad orbital de un satélite de 2 Tm de masa; que se encuentra orbitando alrededor de la tierra a una altura de 10000 km.**

$R_T = 6{,}4 \cdot 10^6 m$; $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ kg.

Resolución:

Msatelite = 2 Tn = 2000 Kg

$$H = 10000\ Km \cdot \frac{1000\ m}{1\ Km} = 10^7\ m$$

En órbita se cumple:

$$F_G = F_C$$

Sustituimos:

$$G \cdot \frac{M_{Tierra} \cdot \cancel{M_{Satélite}}}{(h + R_{Tierra})^{\cancel{2}}} = \cancel{M_{satélite}} \cdot \frac{V^2}{\cancel{(h + R_{Tierra})}}$$

Quitando denominadores:

$$G \cdot M_{Tierra} = (h + R_{Tierra}) \cdot V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{G \cdot M_{Tierra}}{(h + R_{Tierra})}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(10^7 + 637 \cdot 10^7)}} = \sqrt{\frac{40{,}02 \cdot 10^{13}}{638 \cdot 10^7}}$$

$$V = 2{,}5 \cdot 10^2\ m/s$$

35.- **La tierra describe una órbita circular alrededor del sol con un radio de 150 millones de kilómetros. Además, el período es de 365,25 días. Calcular la masa del sol.**

Resolución:

Recordar que el periodo (T) viene dado por la ecuación:

$$T = 2\,\pi \sqrt{\frac{(R_{Sol} + h)^3}{G \cdot M_{Sol}}} \qquad (1)$$

$$(R_{Sol} + h) = 150 \cdot 10^6\ \cancel{Km} \cdot \frac{1000\ m}{1\ \cancel{Km}} = 150 \cdot 10^9\ m$$

$$T = 365{,}25\ \cancel{días} \cdot \frac{86400\ s}{1\ \cancel{día}} = 31557600\ s$$

Sustituimos en (1):

$$31557600 = 6,28 \sqrt{\frac{(150 \cdot 10^9)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot M_{Sol}}}$$

Elevando al cuadrado ambos miembros:

$$(31557600)^2 = (6,28)^2 \frac{(150 \cdot 10^9)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot MSol}$$

$$(3,15 \cdot 10^7)^2 = 39,43 \cdot \frac{3,37 \cdot 10^6 \cdot 10^{27}}{6,67 \cdot 10^{-11} M_{Sol}}$$

$$9,92 \cdot 10^{14} = 12,92 \cdot 10^{44} \cdot \frac{1}{M_{Sol}}$$

$$9,92 \cdot 10^{14} \cdot M_{Sol} = 12,92 \cdot 10^{44}$$

$$M_{Sol} = \frac{12,92 \cdot 10^{44}}{9,92 \cdot 10^{14}} = \mathit{1,3 \cdot 10^{30}\ Kg}$$

---------------------------- O ----------------------------------