

<https://fisicacucurella.enceuta.es>

FÍSICA 2º BACH A/B

PROFESOR: JOSÉ MANUEL GARCÍA CUCURELLA,

LIBRO EN COPISTERÍA. . 1ª EVALUACIÓN.

1ª EVALUACIÓN

- CAMPO GRAVITATORIO: —
- CAMPO ELÉCTRICO: ~

2ª EVALUACIÓN

- ELECTROMAGNETISMO —
- ONDAS: —

3ª EVALUACIÓN

- ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS, FÍSICA CUÁNTICA —
FÍSICA NUCLEAR —

- ÓPTICA Y MECÁNICA -

* EXAMEN FINAL.

TEMA 1

CAMPO GRAVITATORIO.

1.- Fuerzas por contacto y a distancia.

$$\begin{array}{ccc} F & = & m \cdot a \\ \Downarrow & & \Downarrow \\ N & \cdot & \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ & & \text{(SI)} \quad \text{(SI)} \end{array}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$g = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$\square \quad 0 \frac{m}{s}$$

$$\downarrow 1s$$

$$\square \quad 2 \frac{m}{s}$$

$$\downarrow 1s$$

$$\square \quad 4 \frac{m}{s}$$

$$\downarrow 1s$$

$$\square \quad 6 \frac{m}{s}$$

$$\square \quad 0 \frac{m}{s}$$

$$\downarrow 1s$$

$$\square \quad 10 \frac{m}{s}$$

$$\downarrow 1s$$

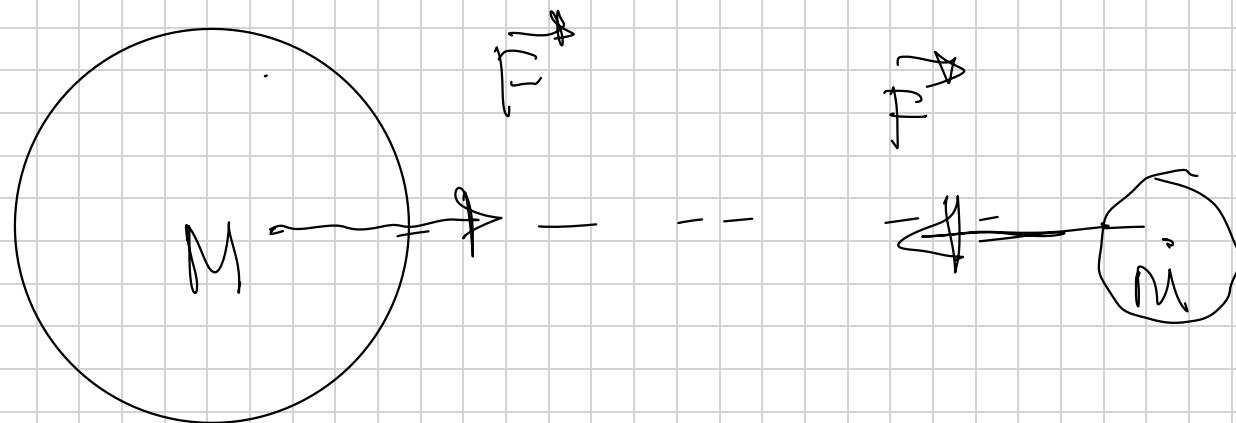
$$\square \quad 20 \frac{m}{s}$$

$$\downarrow 1s$$

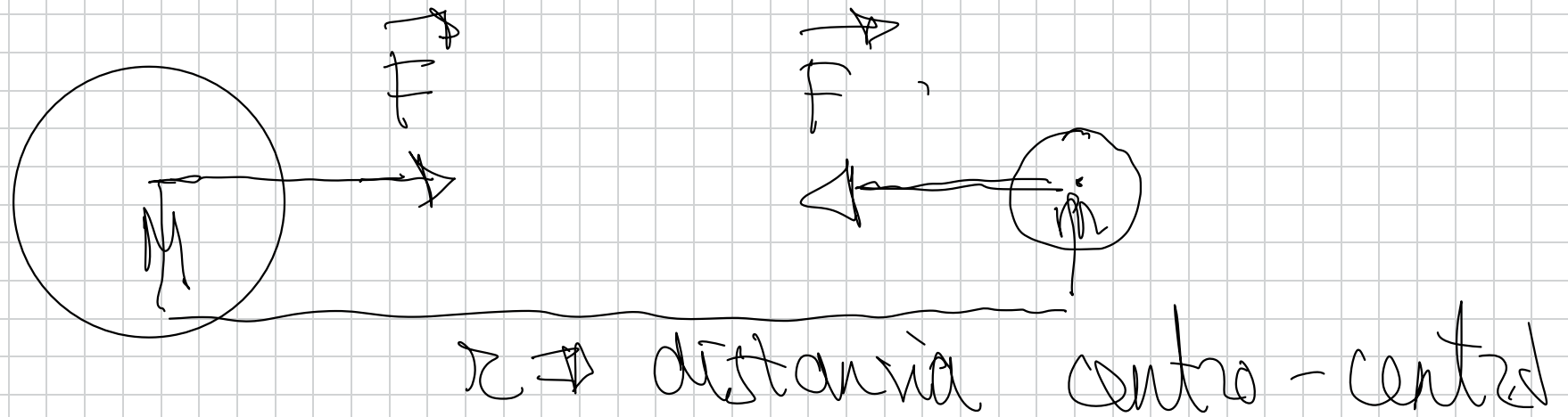
$$\square \quad 30 \frac{m}{s}$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

— — —



Ley de la gravitación Universal.



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

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

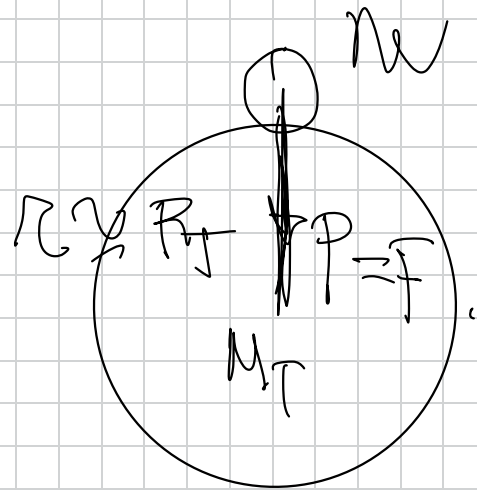
M y $m \Rightarrow \text{kg en S.I.}$

$r \Rightarrow \text{m en S.I.}$

$F \Rightarrow \text{N en S.I.}$

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}.$$

$$\underline{G = 6.67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2} .}$$



$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$

$$M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$R_T = 6400 \text{ km}$$

$$R_T = 64 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$F = \frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 50}{(64 \cdot 10^6)^2}$$

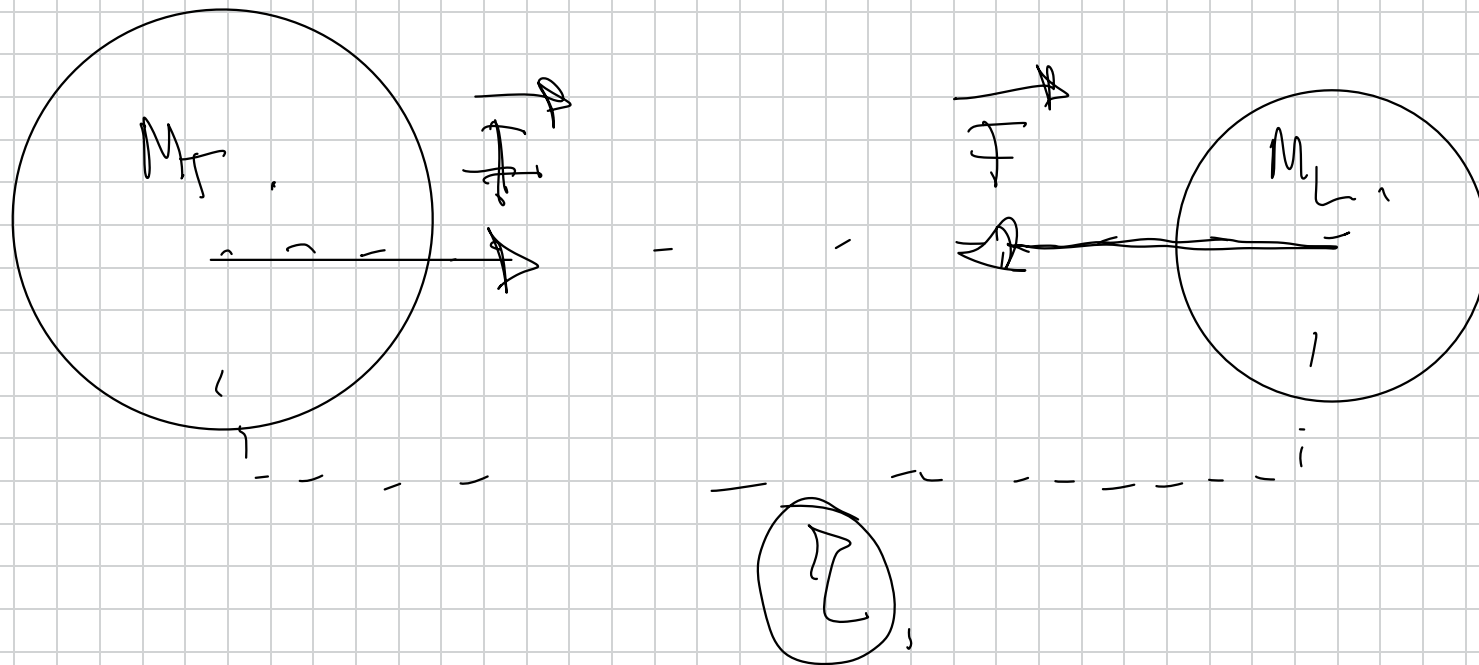
$$F = 48852 \text{ N}$$

$$P = m \cdot g$$

$$P = 50 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 490 \text{ N}$$

1.- La masa de la Tierra es de $6 \cdot 10^{24}$ Kg y la masa de la Luna es de $7,2 \cdot 10^{22}$ Kg. Si la fuerza gravitatoria entre ellas es de $1,9 \cdot 10^{20}$ N, ¿Cuál será la distancia entre sus centros?
. $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

1º Dibujo de la situación.



2º Aplico ley de la gravitación Universal.

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{r^2}$$

Despejo r .

$$F \cdot r^2 = G \cdot M_T \cdot M_L$$

$$r^2 = \frac{G \cdot M_T \cdot M_L}{F}$$

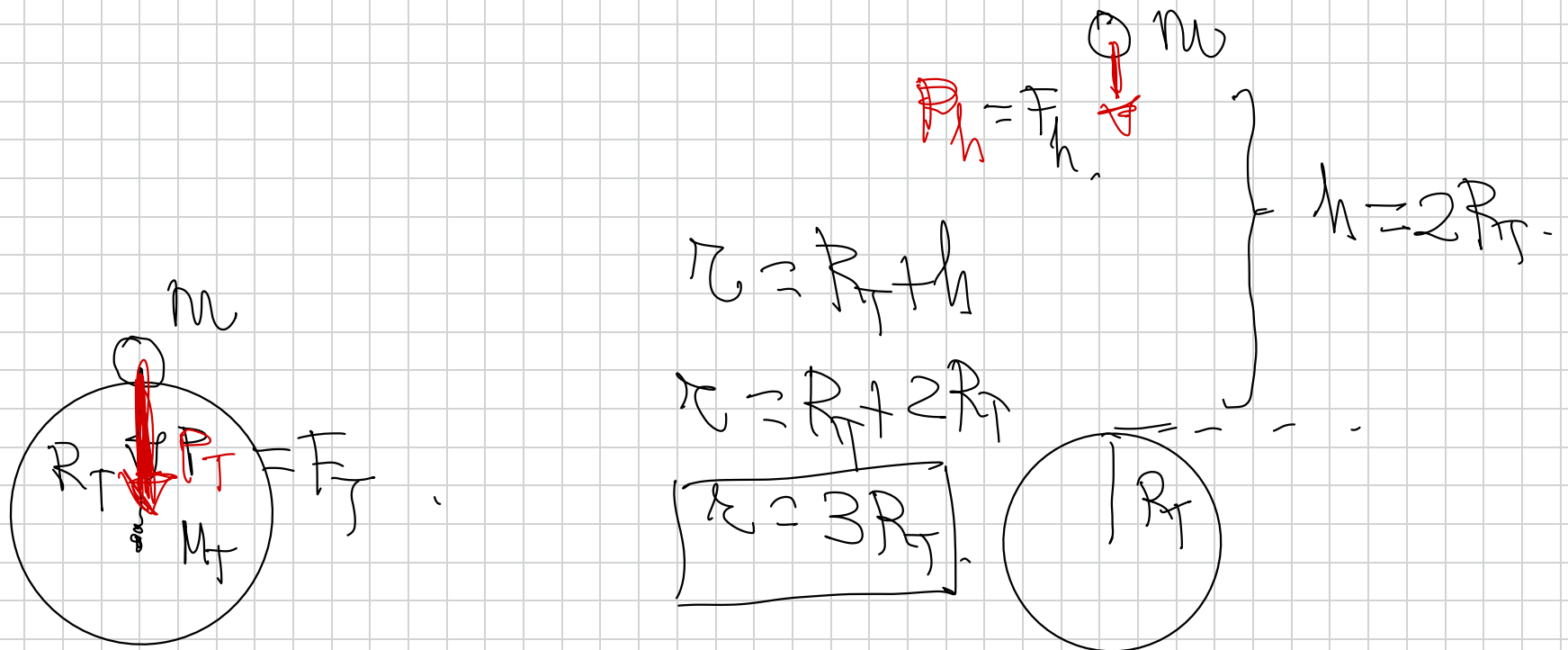
Todo en S.I

$$r = \sqrt{\frac{G \cdot M_T \cdot M_L}{F}} = \sqrt{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 7.2 \cdot 10^{22}}{1.9 \cdot 10^{20} \text{ N}}}$$

$$r = 3.9 \cdot 10^8 \text{ m}$$

2.- ¿A cuánto disminuye el peso de un cuerpo cuando se eleva desde el nivel del mar a una altura igual al doble del radio terrestre?

1º dibujo las dos situaciones con sus correspondientes expresiones, por separado.



$r \approx R_T$ | ley de la gravitación universal

$$P_T = \left[F_T = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2} \right]$$

$$F_T = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \quad P_h = F_h = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(\underbrace{R_T + h}_r)^2}$$

$$P_h = F_h = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(\underbrace{3R_T}_r)^2}$$

$$F_h = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{9 R_T^2}$$

2) Divido ambas expresiones



$$\frac{F_h}{F_f} = \frac{\cancel{G} \cdot \cancel{M_f} \cdot \cancel{M}}{\cancel{q} \cancel{R_f}} \rightarrow \frac{1}{g}$$

$$\frac{F_h}{F_f} = \frac{\cancel{G} \cdot \cancel{M_f} \cdot \cancel{M}}{\cancel{D_f} \cancel{R_f}}$$

$$\frac{F_h}{F_f} = \frac{1}{g}$$

$$F_h = \frac{1}{g} F_f$$

El peso a esa altura sería la novena parte que en la tierra.

Modo Alberto

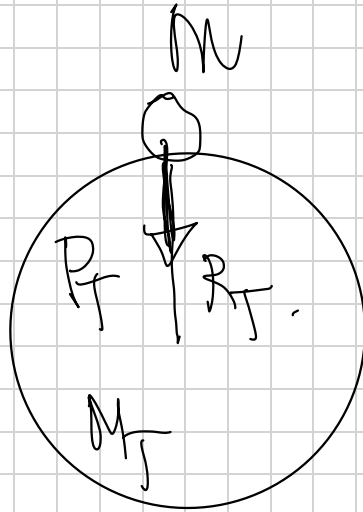
$$\frac{F_T}{F_h} \stackrel{!}{=} \frac{\cancel{G} \cdot \cancel{M_T} \cdot \cancel{M}}{\cancel{R}^2} \\ \cancel{G} \cdot \cancel{M_T} \cdot \cancel{M} \\ \hline \cancel{R}^2$$
$$\frac{F_T}{F_h} \stackrel{!}{=} \frac{\cancel{G} \cdot \cancel{M_T} \cdot \cancel{M}}{\cancel{qR}^2}$$

$$\frac{F_T}{F_h} = \frac{1}{1/g}$$

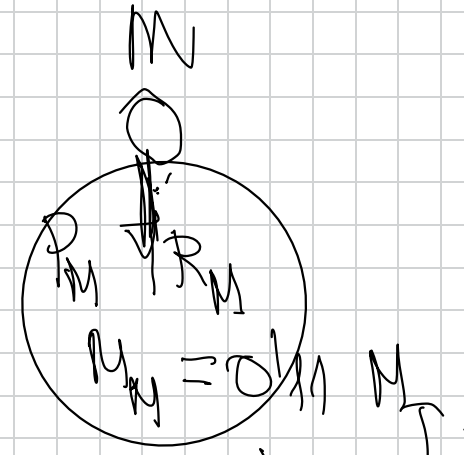
$$\frac{F_T}{F_h} = g \Rightarrow$$

$$\boxed{F_T = g F_h}$$

4.- El radio de la Tierra es aproximadamente 6370 Km, mientras que el de Marte viene a ser de unos 3440 Km. Si un objeto pesa 200 N en la Tierra, ¿Cuál sería su peso en Marte?.
 Dato: Marte tiene una masa 0,11 veces la de la Tierra.



$$P_T = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$



$$P_M = G \cdot \frac{M_M \cdot m}{R_M^2}$$

Divide

$$\frac{P_M}{P_T} = \frac{G \cdot \frac{0.11 N \cdot M}{R_M^2}}{R_M^2}$$

$$\frac{0.11}{R_M^2} \cdot \frac{1}{R_T^2}$$

$$\frac{P_M}{P_T} = \frac{G \cdot \frac{M \cdot M}{R_T^2}}{R_T^2}$$

$$R_T = 6370 \text{ km} = 6.37 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$\frac{P_M}{P_T} = \frac{0.11 R_T^2}{R_M^2}$$

$$R_M = 3440 \text{ km} = 3.44 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$P_M = \frac{0.11 R_T^2}{R_M^2} \cdot P_T = 200 \text{ N}$$

$$F_M = \frac{0.11 - (637 \cdot 10^6)^2}{(344 \cdot 10^6)^2} \cdot 200 \text{ N} = 75.43 \text{ N}$$

$$6370 \text{ km} = 6370000 \text{ m}$$

$$6370000 \cdot 10^6 \text{ m}$$

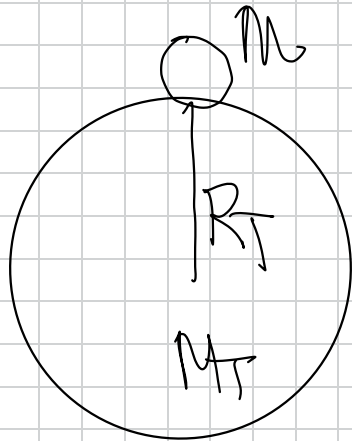
$$637 \cdot 10^6 \text{ m}$$

5.- Un astronauta, cuyo peso en la Tierra es de 735 N, aterriza en el planeta Venus y al medir su peso observa que éste es de 600 N. Teniendo en cuenta que el diámetro de Venus es el mismo que el de la Tierra:

a) Halla la relación que existe entre las masas de la Tierra y Venus ✓

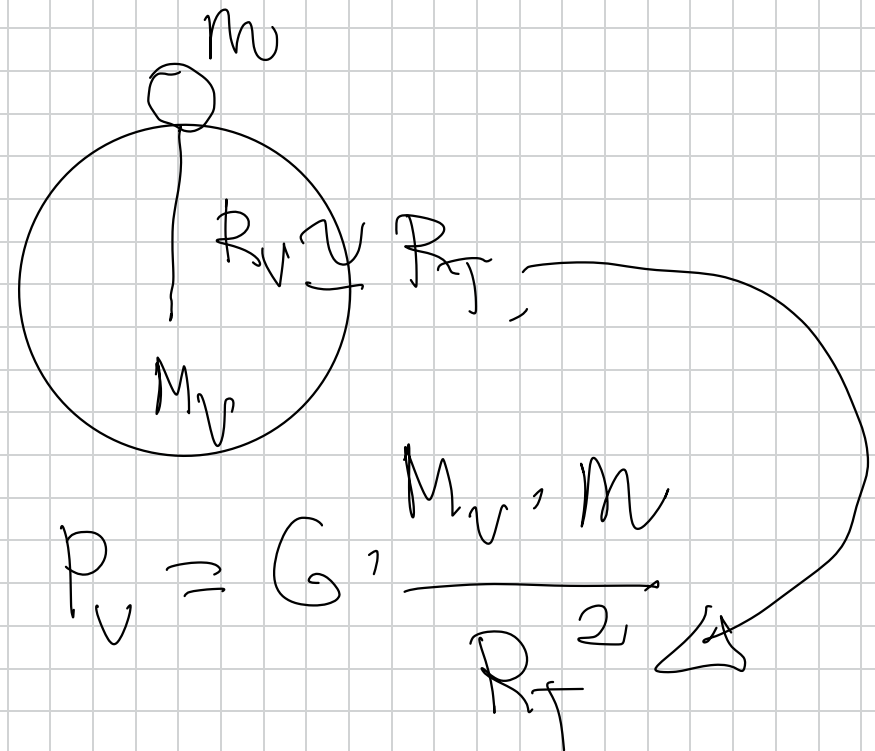
b) Calcula la masa de Venus, sabiendo que la masa de la Tierra es de $6 \cdot 10^{24}$ Kg

$$P_T = 735 \text{ N}$$



$$P_T = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$

$$P_V = 600 \text{ N}$$



$$P_V = G \cdot \frac{M_V \cdot m}{R_T^2}$$

$$\frac{P_T}{P_V} = \frac{\cancel{G} \cdot \frac{M_T \cdot \cancel{m}}{\cancel{R_T}}}{\cancel{G} \cdot \frac{M_V \cdot \cancel{m}}{\cancel{R_T}}}$$

$$\frac{P_T}{P_V} = \left[\frac{M_T}{M_V} \right]$$

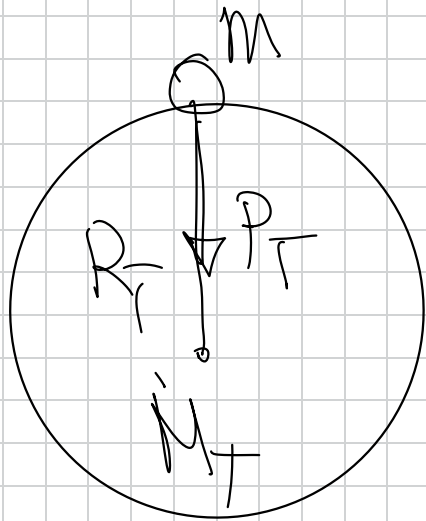
$$\frac{735 \text{ N}}{600 \text{ N}} = \frac{M_T}{M_V}$$

$$\frac{M_T}{M_V} = 1.22$$

$$\boxed{M_T = 1,22 M_{\nu}}$$

$$\frac{1}{1,22} M_T = M_{\nu} =$$

$$\boxed{M_{\nu} = 0,82 M_T}$$

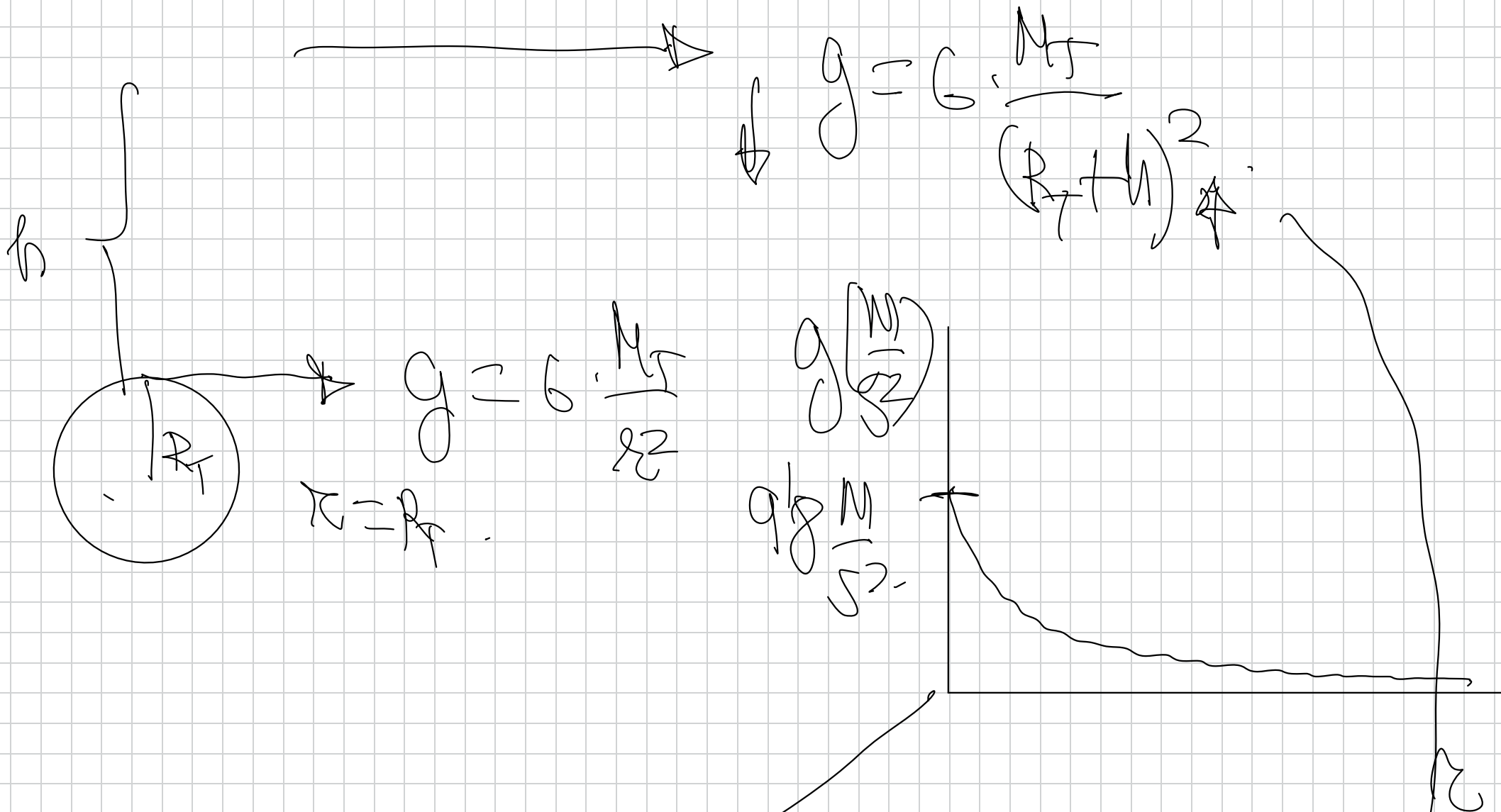


$$P_T = G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T^2}$$

$$P_T = M \cdot g_T$$

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

$$g_T = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{(6.4 \cdot 10^6)^2} = 9.76 \frac{m}{s^2} = 9.8 \frac{m}{s^2}$$



3.- Frecuentemente se habla de que los astronautas en el espacio experimentan ausencia de gravedad. ¿Es correcta esta expresión? Razónese.

No, la gravedad se hace menor.

pero solamente sería nula en el ∞ →

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left(\frac{g}{l} \right)$$

Física.

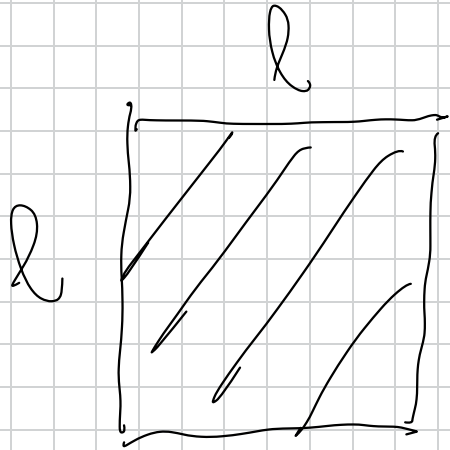
$$\rho = \frac{m}{V} =$$

$\frac{Kg}{m^3}$	→	en SI
------------------	---	-------

l

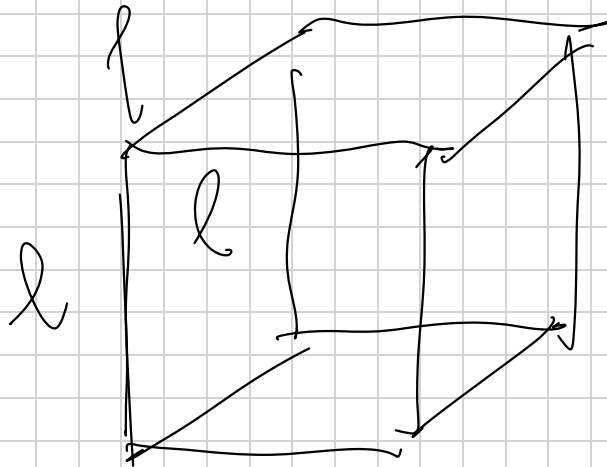


m en SI .



$$S = l \cdot l$$

m^2 en SI .



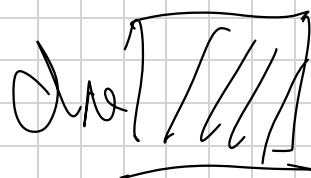
$$S = l \cdot l \cdot l$$

m^3 en SI .

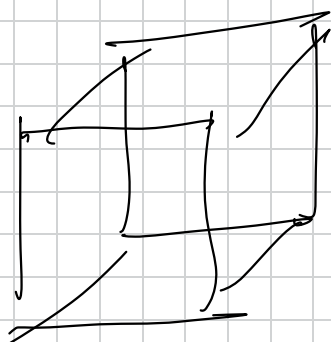
dm

~~dm~~

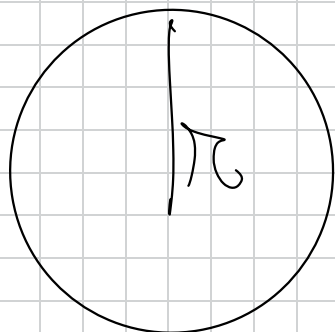
dm



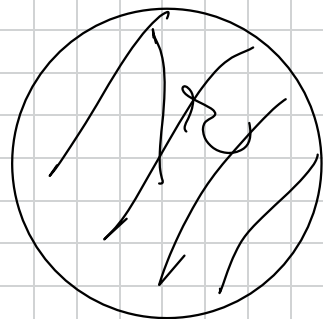
dm^2



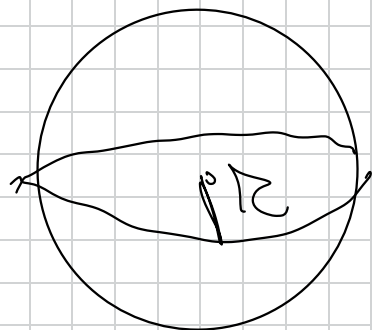
$dm^3 = Q$



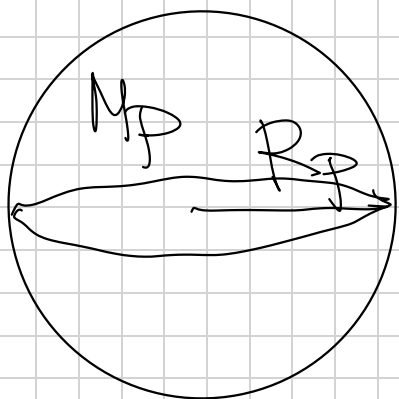
$$l = 2\pi r \quad \left(\begin{array}{c} m \\ \text{cm} \end{array} \right)$$



$$S = \pi r^2 \quad \left(\begin{array}{c} m^2 \\ \text{cm}^2 \end{array} \right)$$



$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad \left(\begin{array}{c} m^3 \\ \text{cm}^3 \end{array} \right)$$



$$\begin{aligned}
 \phi &= \frac{M_p}{V_p} = \frac{M_p}{\omega \sqrt{1 - R_p^2}} \left(\frac{K_g}{M^3} \right)
 \end{aligned}$$

6.- Calcular la densidad media de la Tierra a partir de los siguientes datos:
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $R_T = 6370 \text{ Km}$, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

$$\rho = \frac{M_T}{V_T} = \frac{M_T}{\frac{4}{3} \pi R_T^3}$$

$$= \frac{g_T \cdot R_T^2 / G}{\frac{4}{3} \pi R_T^3} = \frac{g_T \cdot R_T^2}{G \cdot \frac{4}{3} \pi R_T^3}$$

la pongo en función de los datos conocidos.

Diagrama de la Tierra: 

$$g_T = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2}$$

despejo M_T :

$$M_T = \frac{g_T \cdot R_T^2}{G}$$

$$\rho = \frac{g_T}{G \cdot \frac{4}{3} \pi R_T^3} = \frac{918 \text{ M/s}^2}{667 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 637 \cdot 10^6 \text{ m}}$$

$$R_T = 6370 \text{ km} = 637 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$\rho = 55 \cdot 10^2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

7.- Júpiter tiene una densidad media de $\rho = 1,34 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$ y un radio medio $R = 0,718 \cdot 10^5 \text{ Km}$. Sabiendo que $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$.

a) ¿Cuál es la aceleración de la gravedad en la superficie de Júpiter?

b) ¿Pesará un cuerpo lo mismo en Júpiter que en la Tierra?. Razónese

$R_J = 0,718 \cdot 10^5 \text{ Km} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ Km}} = 0,718 \cdot 10^8 \text{ m}$

$g_J = G \frac{M_J}{R_J^2} = G \frac{\rho_J \frac{4}{3} \pi R_J^3}{R_J^2} = G \rho_J \frac{4}{3} \pi R_J$

$\rho_J = \frac{M_J}{\frac{4}{3} \pi R_J^3}$

$M_J = \rho_J \cdot \frac{4}{3} \pi R_J^3$

$$g_J = G \cdot \rho_J \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot R_J = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 134 \cdot 10^3 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 0.718 \cdot 10^8$$

$$g_J = 2686 \text{ m/s}^2$$

b)

$$F = m \cdot g_J$$

$$P_J = m \cdot g_J$$

$$g_J > g_T$$

$$P_J > P_T$$

pag 13 del libro.

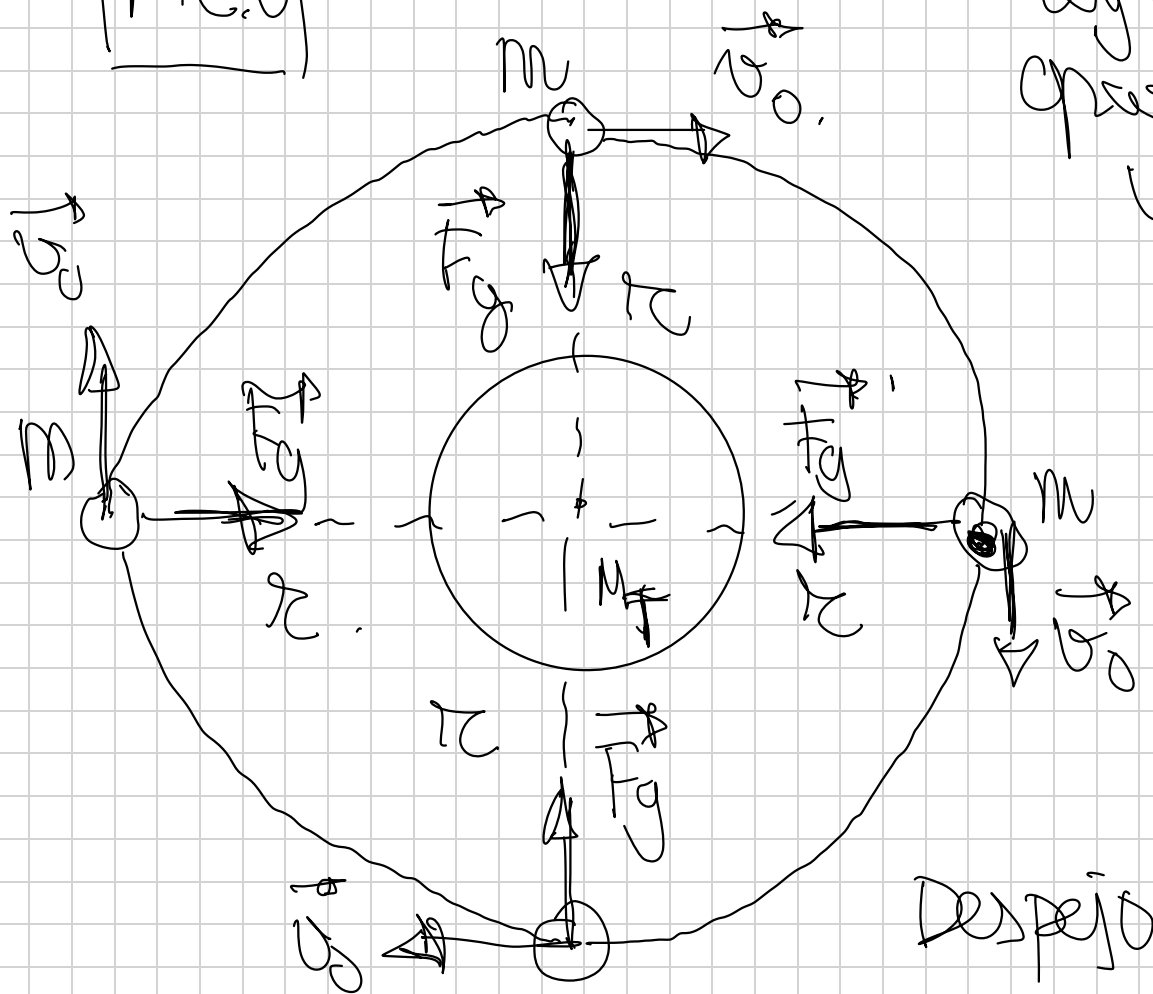
$$a_n = \frac{v_o^2}{r}$$

M.C.U

1.- Velocidad orbital de un satélite

ley de la
gravitación
universal

2a ley de
Newton.



CONDICIÓN
DE
ORBITACIÓN

$$F_g$$

$$= M \cdot |a_n|$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} = m \cdot \frac{v_o^2}{r}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R}}$$

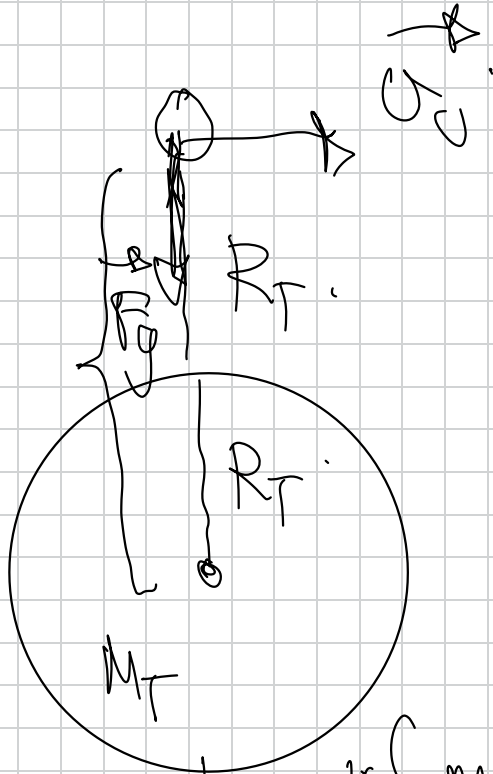
18.- Un satélite describe una órbita circular de radio $2R_T$ en torno a la Tierra.

- Determinar su velocidad orbital
- Si el satélite pesa 5000 N en la superficie terrestre, ¿Cuál será su peso en la órbita?.
- Explicar la fuerza que actúa sobre el satélite.
- Si otro satélite de masa doble al anterior se encontrase orbitando a la misma altura, ¿Con qué velocidad lo haría?.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}, R_T = 6400 \text{ Km}, M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

a)

$(R = 2R_T)$



Condições de orbitação.

$$F_g = F_n$$

$$F_n = m \cdot a_n$$

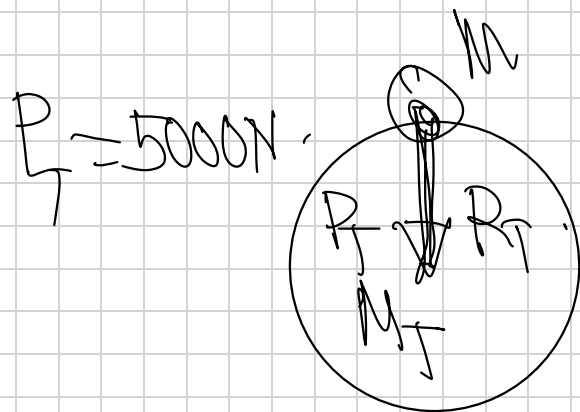
$$G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R^2} = m \cdot \frac{v_0^2}{R}$$

$$R_T = 6400 \text{ km} = 6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

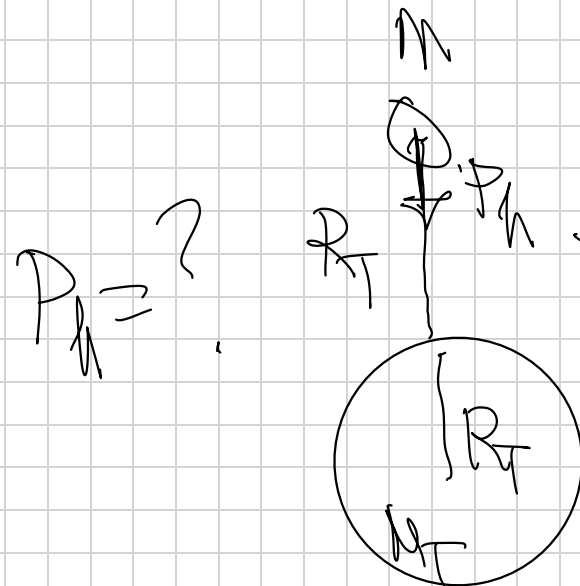
$$v_0 = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{R}} = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{2R_T}} = \sqrt{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{2 \cdot (6.4 \cdot 10^6)}}$$

$$v_0 = 5591.57 \text{ m/s}$$

G)



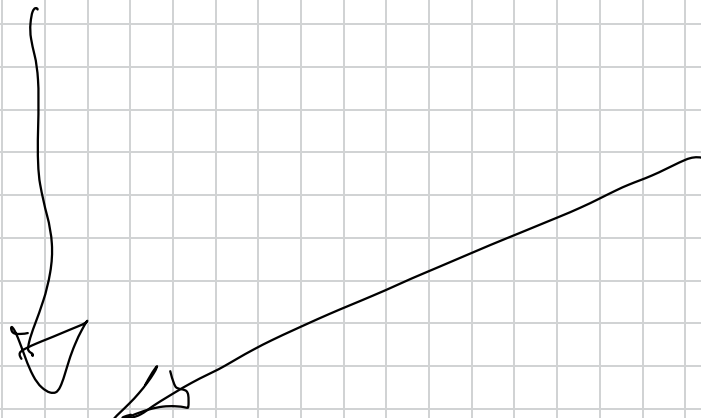
$$P_T = G \cdot \frac{M \cdot M}{R_T^2}$$



$$P_h = ?$$

$$P_h = G \cdot \frac{M \cdot M}{(2R_T)^2}$$

$$P_h = G \cdot \frac{M \cdot M}{4R_T^2}$$

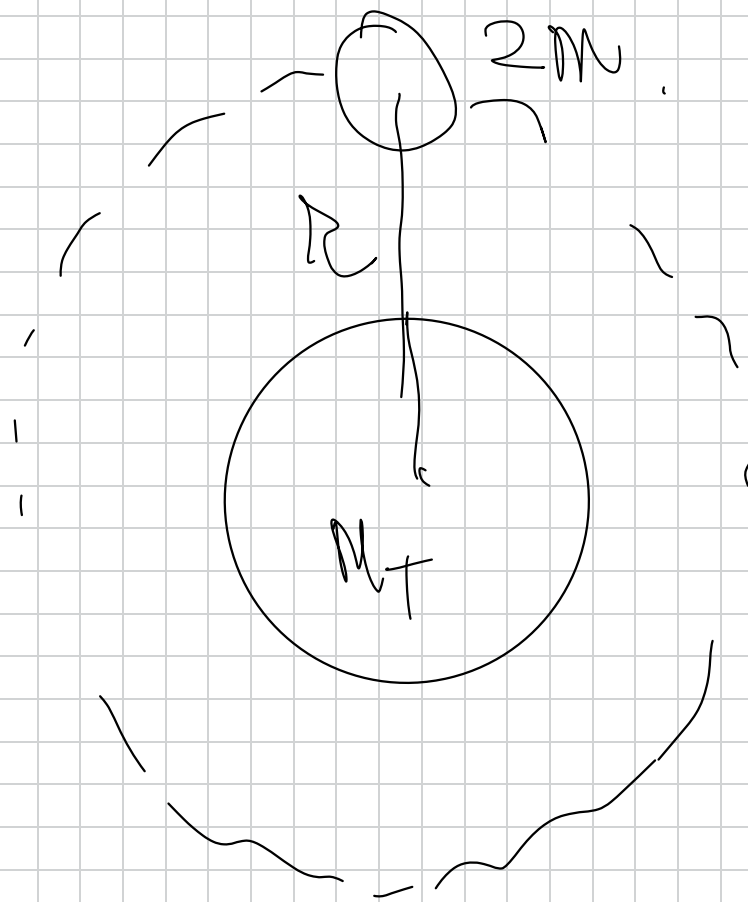


$$\frac{P_h}{P_T} = \frac{G \cdot \frac{M_T \cdot M}{4R_T^2}}{G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T^2}} \quad \left| \quad \frac{P_h}{P_T} = \frac{1}{4} \right| \quad P_h = \frac{1}{4} P_T = \frac{1}{4} 5000 \text{ N} = \boxed{1250 \text{ N}}$$

c)

Según la ley de la gravitación Universal, sobre el satélite actúa una fuerza gravitatoria (F_g) cuyo carácter es atractivo y que va dirigida hacia el centro de la Tierra. En este caso, dicha fuerza es perpendicular (o normal) a la velocidad con la que orbita el satélite, por lo que podemos expresar la fuerza gravitatoria F_g como una fuerza normal F_n que proporcionará al satélite una aceleración normal a_n que hará cambiar la velocidad del satélite en dirección, de forma que se describe una órbita circular que coincidirá con la curvatura de la Tierra, no llegando el satélite a impactar sobre ella.

La aceleración normal proporcionada por la fuerza hace cambiar la velocidad del satélite en dirección pero no en módulo, permaneciendo su valor constante ($v = \text{cte}$), y por ello se dice que el satélite describirá un movimiento circular uniforme (M.C.U.)



$$R = 2R_T$$

$$v_0^2$$

$$v_0 = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{R}}$$

→ también la
misma
velocidad.

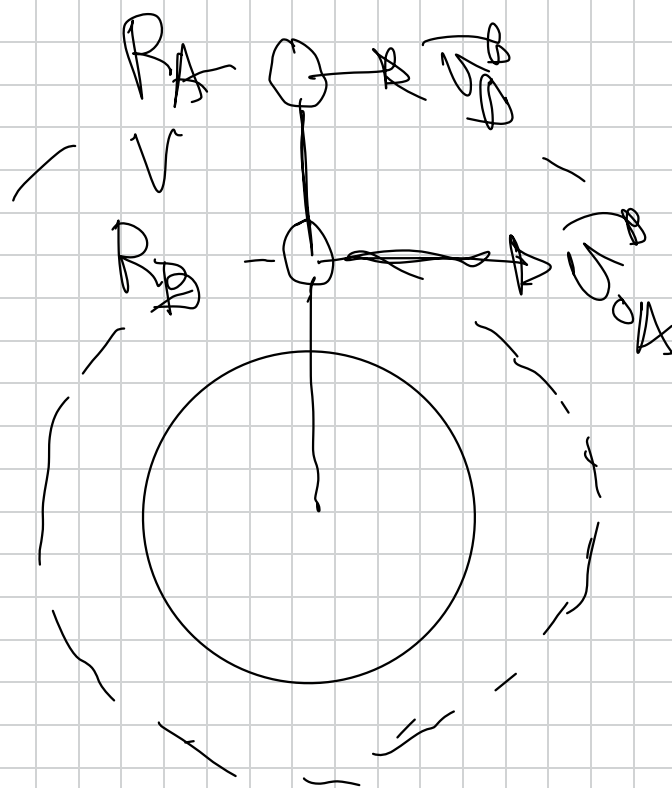
La velocidad orbital
de la masa del
satélite es independiente
del satélite.

$$G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = m \cdot \frac{v_0^2}{r}$$

19.- Dos satélites idénticos A y B están orbitando en órbitas circulares de distinto radio alrededor de la Tierra, siendo $R_A > R_B$.

- Indicar cuál de los dos satélites tiene mayor velocidad orbital.
- Si la Tierra aumentase su masa al cuádruple manteniendo su radio, ¿Cómo se vería afectada la velocidad orbital de ambos satélites?.

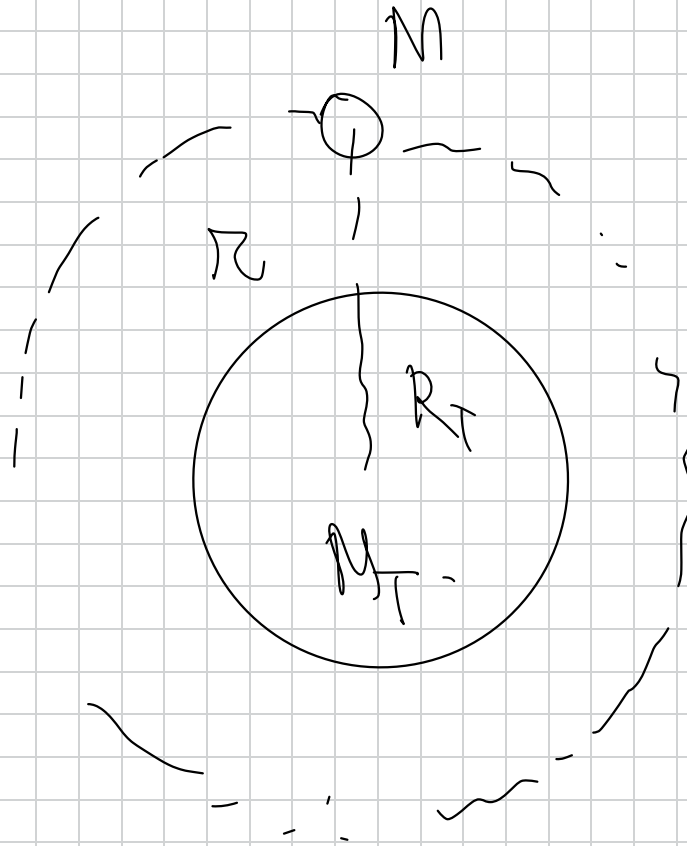
Deducción de la velocidad.



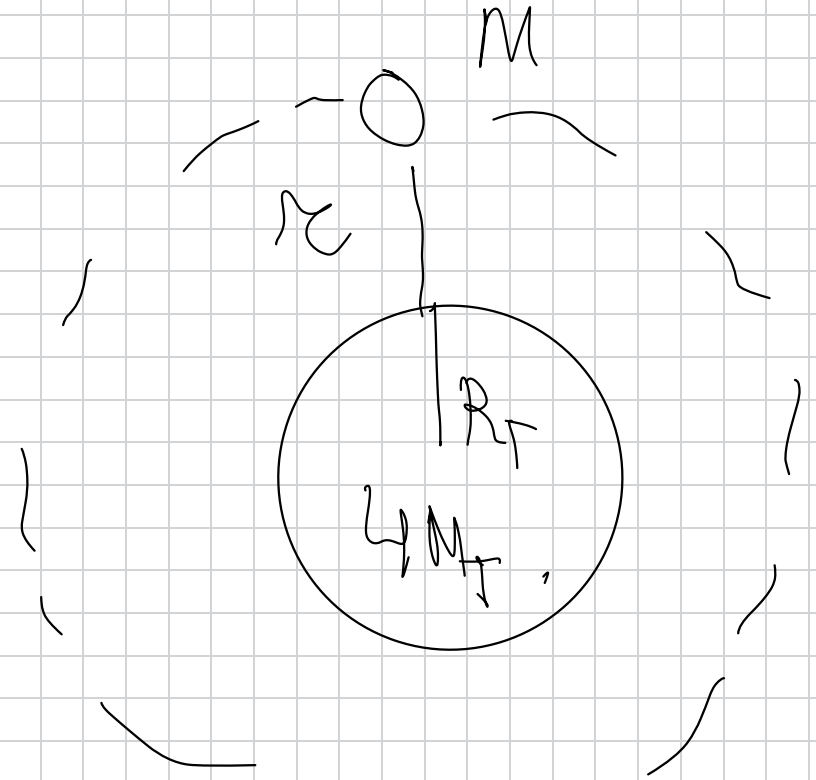
$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{r}}$$

$$R_A > R_B$$

$$v_B > v_A$$



$$v_0 = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{R}}$$



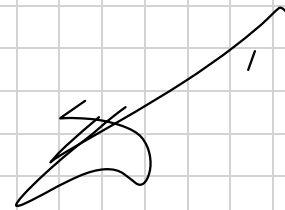
$$v_0' = \sqrt{G \cdot \frac{4M_T}{R}}$$

La v_0 aumentaría

$$\frac{v_0'}{v_0} = \frac{\sqrt{\cancel{G} \cdot \frac{4M}{\cancel{r}}}}{\sqrt{\cancel{G} \cdot \frac{M}{\cancel{r}}}} = \frac{\sqrt{\cancel{G} \cdot \frac{4M}{\cancel{r}}}}{\sqrt{\cancel{G} \cdot \frac{M}{\cancel{r}}}}$$

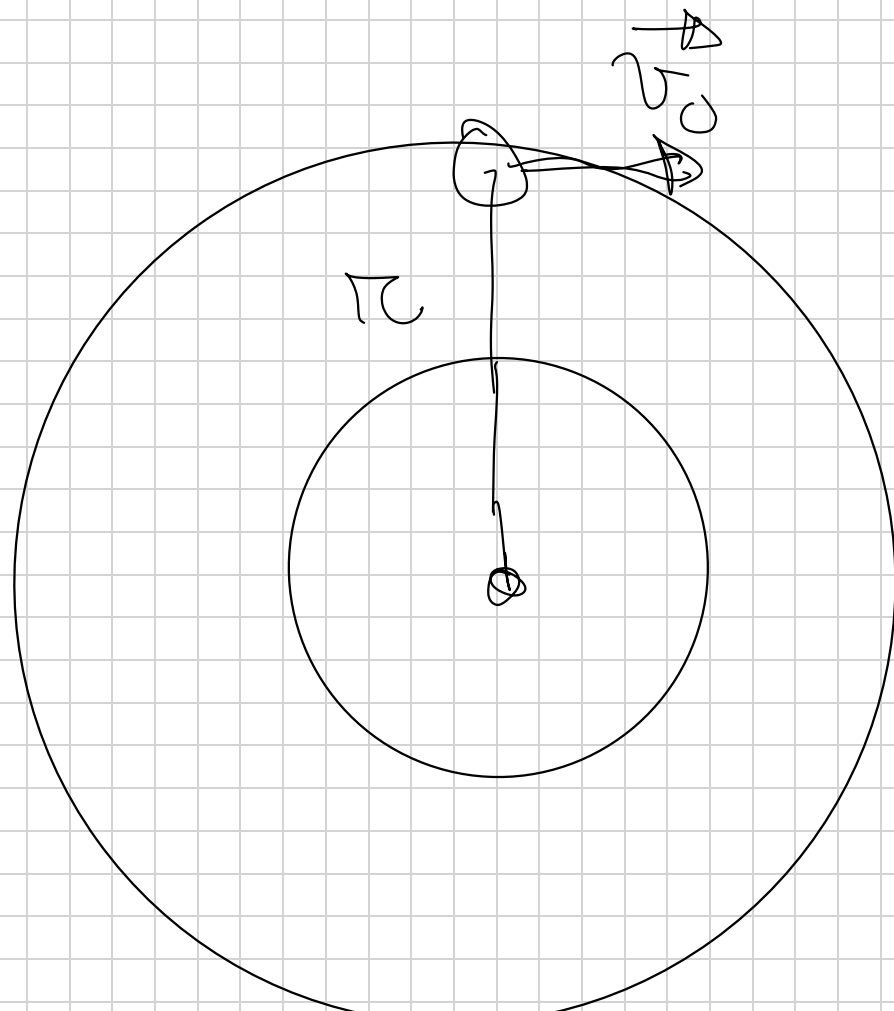
$$\frac{v_0'}{v_0} = \sqrt{4} \Rightarrow v_0' = \sqrt{4} v_0.$$

La velocidad de
ambos satélites se
duplica.



$$v_0' = 2 v_0$$

Período de un satélite. T
tiempo que tarda en describir una órbita completa.
 $T \Rightarrow S$ en S.I.



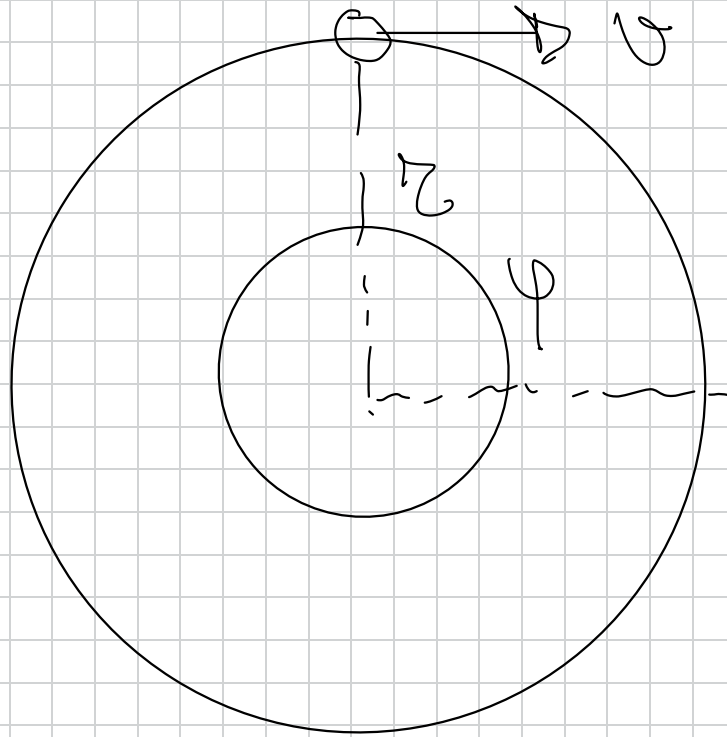
M.C.U. $\Rightarrow$

$v = \text{cte}$ en módulo,
no en dirección.

$$v = \frac{S}{t} = \frac{2\pi r}{T}$$

Teoría pag 14.

M.C.V.



T

, M.C.V. $v = \text{cte}$ en módulo
no en dirección.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T} \quad \left(\frac{m}{s} \right)$$

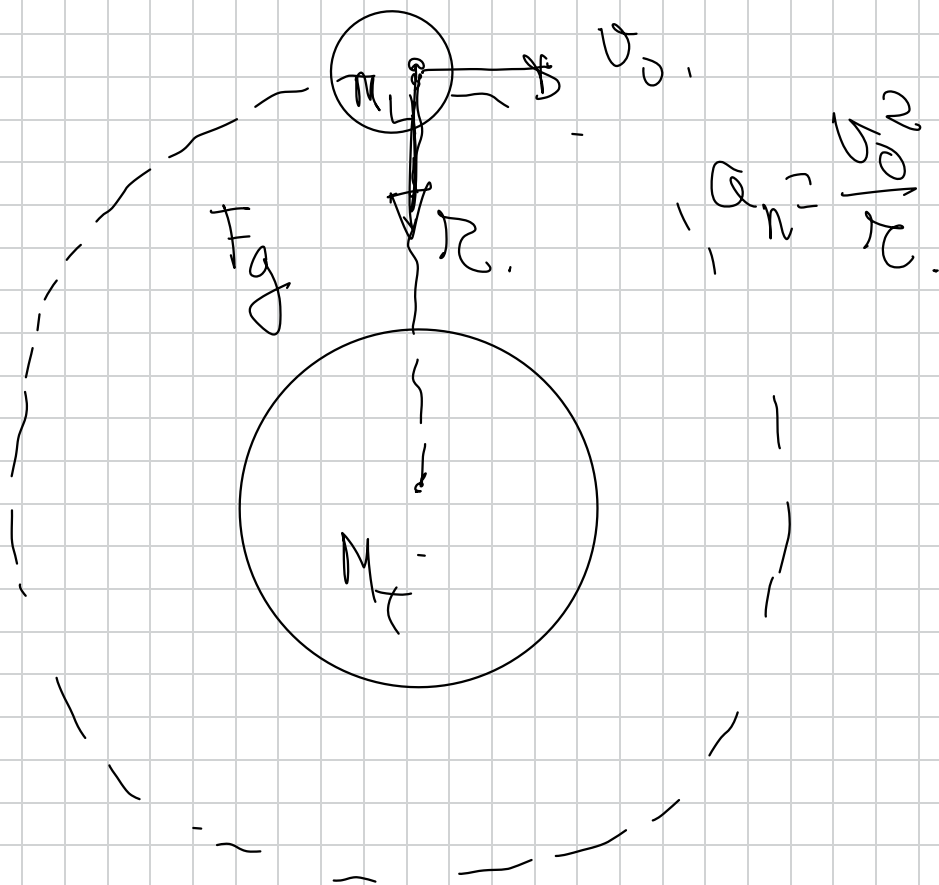
$$\omega = \frac{\phi}{t} = \frac{2\pi}{T} \quad \left(\frac{\text{rad}}{s} \right)$$

$$v = \omega \cdot r$$

22.- La Luna describe una órbita circular en torno a la Tierra en 28 días

- a) Calcular la distancia entre los centros de la Tierra y la Luna. r ?
b) Calcular el valor de la masa de la Luna sabiendo que una partícula de masa m podría estar en equilibrio en un punto alineado con los centros de la Tierra y de la Luna, a una distancia del centro de la Tierra de $3,4 \cdot 10^8$ m.

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$, $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$



CONDICIÓN DE ORBITACIÓN.

$F_g = F_n$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{r^2} = M_L \cdot a_n$$

$$G = \frac{2\pi R}{T}$$



$$G \cdot \frac{M_T \cdot M_E}{R^2} = M_E \cdot \frac{v^2}{R}$$

Me dan el dato del T .
y de lo hacer que
aparezca en la
expresión.

Despejando R .

$$G \cdot \frac{M_T}{R} = \left(\frac{2\pi R}{T} \right)^2$$

$$G \cdot \frac{M_T}{R} = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2}$$

$$G \cdot M_T \cdot T^2 = 4\pi^2 R^3$$

$$R = \sqrt{\frac{G \cdot M \cdot T^2}{4\pi^2}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot (28 \cdot 24 \cdot 3600)^2}{4\pi^2}}$$

$$R = 3,9 \cdot 10^8 \text{ m}$$

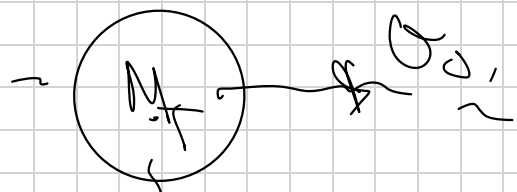
$$T = 28 \text{ días} \cdot \frac{24 \cdot 3600 \text{ s}}{1 \text{ día}}$$

21.- Suponiendo que la órbita de la Tierra en torno al Sol es una circunferencia de radio $1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ y que la Tierra tarda $3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$ en completar dicha órbita: $\rightarrow$

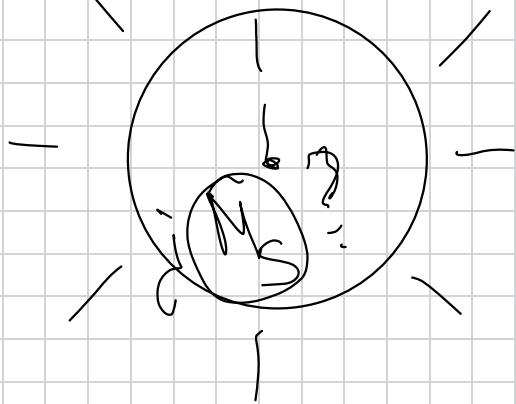
a) Calcular la masa del Sol.

b) Calcular el potencial gravitatorio debido al Sol en el punto en el que se halla la Tierra.

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



$$r = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$



$$T = 3.15 \cdot 10^7 \text{ s}$$

CONDICIÓN DE ORBITACIÓN.

$$F_g = F_n = M_1 a_c$$

$$G \frac{M_S M_1}{r^2} = M_1 \frac{v^2}{r}$$

$$G \frac{M_S}{r} = v^2$$

$$G \frac{M_S}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2$$

$$r = M_1 \cdot a_c$$

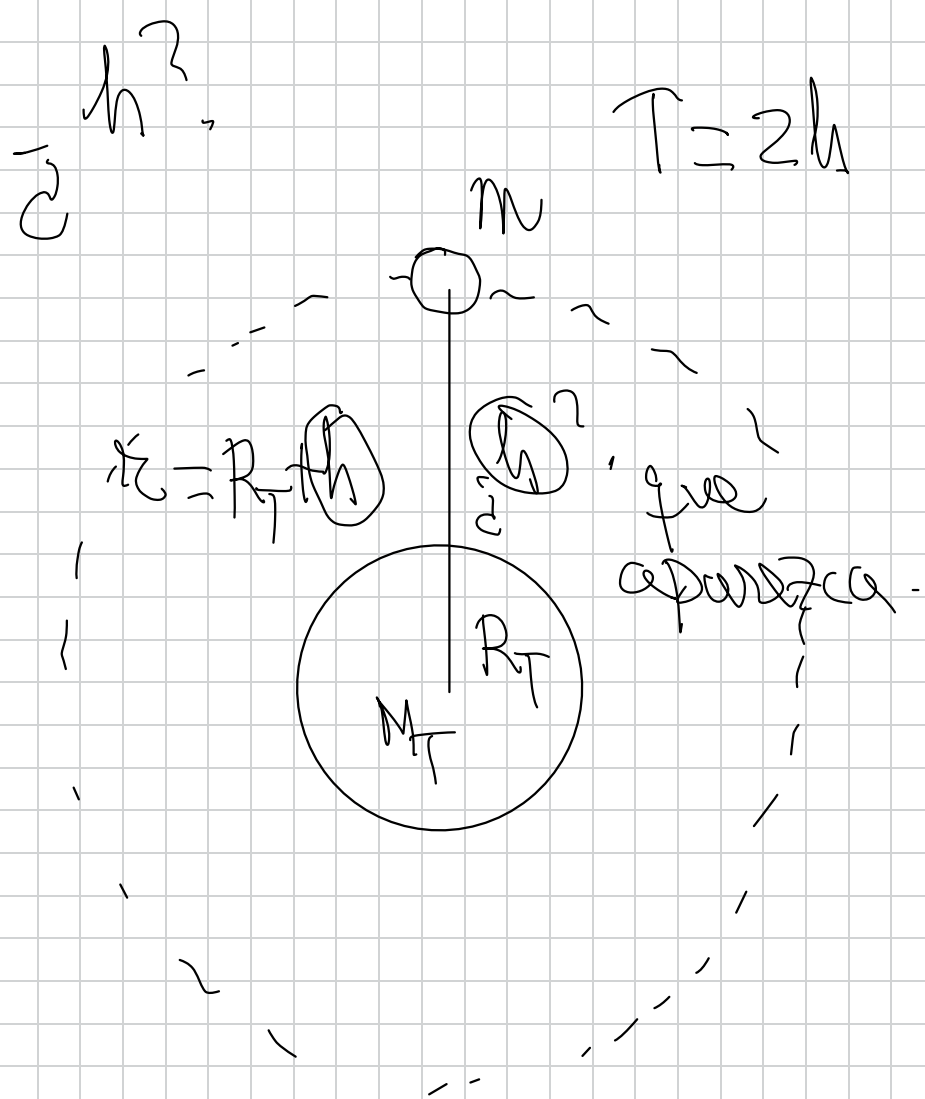
$$F_n = M_1 \frac{v^2}{r}$$

$$G \cdot \frac{M_S}{R} = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2}$$

$$M_S = \frac{4\pi^2 R^3}{G \cdot T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot (15 \cdot 10^{11})^3}{667 \cdot 10^{-11} \cdot (3600 \cdot 2)^2} = 2,01 \cdot 10^{30} \text{ Kg}$$

20.- ¿A qué altura de la superficie terrestre deberá estar situado un satélite si queremos que describa una órbita circular con un período de 2 horas?

$\left\{ \begin{array}{l} g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ R_T = 6400 \text{ Km} \end{array} \right\}$



$\tilde{h}^?$

CONDICIÓN DE ORBITACIÓN

$$F_g = F_n$$

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

$\frac{v_0^2}{r}$
 $\downarrow$
 $(r = R_T + h)$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} = m \cdot \frac{v_0^2}{(R_T + h)}$$

$$G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)} = \left(\frac{2\pi(R_T + h)}{T} \right)^2$$

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

$$G \cdot M_T \cdot T^2 = 4\pi^2 (R_T + h)^3$$

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

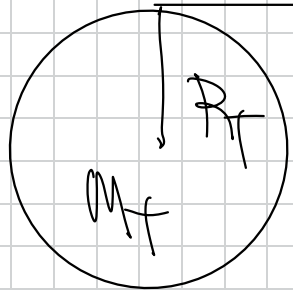
$$R_T + h = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4\pi^2}}$$

$$h = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{4 \pi^2}} - R_T$$

No tengo ni G ni M_T
 pero me dan la gravedad
 en la superficie terrestre.

$g \approx M/5^2$ - Sacamos el despeje de ese producto

$$g_T = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2}$$



$$G \cdot M_T = g_T \cdot R_T^2$$

$$h = \sqrt{\frac{g \cdot M \cdot r^2}{4 \pi^2}} - R_T$$

$$h = \sqrt{\frac{g_T \cdot R_T^2 \cdot T^2}{4 \pi^2}} \Rightarrow R_T$$

$$h = \sqrt{\frac{9.8 \frac{m}{s^2} (6.4 \cdot 10^6)^2 (2.3600 s)^2}{4 \pi^2}} \Rightarrow 6.4 \cdot 10^6$$

$$h = 168 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Satélites geoestacionarios

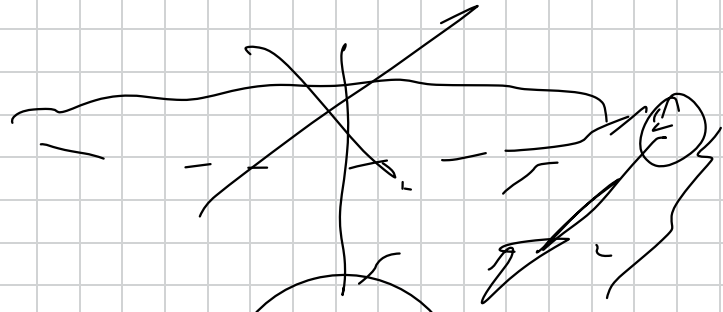
$$T_g = 24 \text{ h}$$



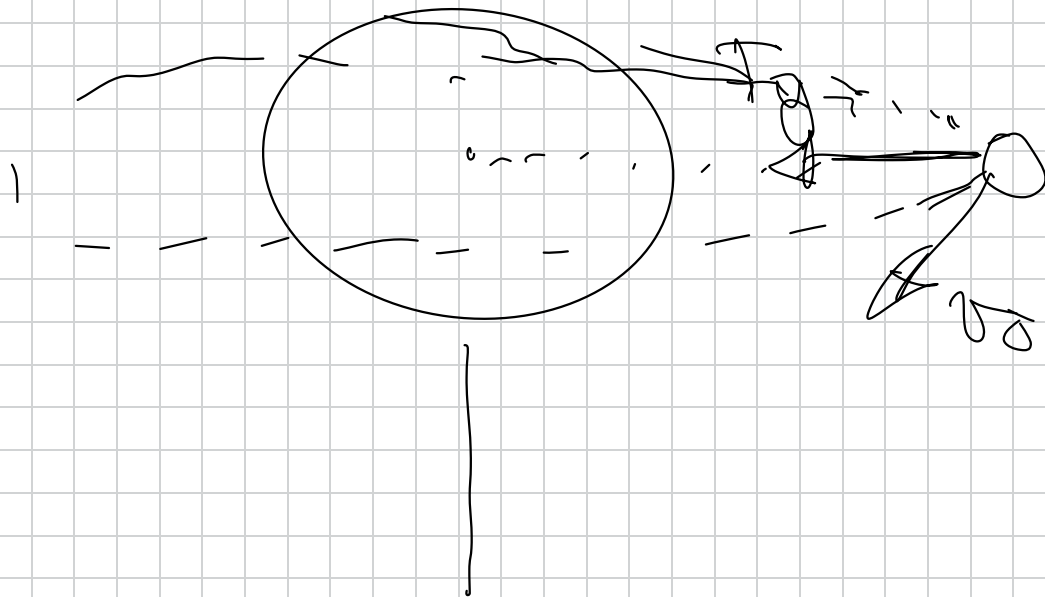
$$T = 24 \text{ h}$$



$$T = 24 \text{ h}$$



$$T = 24 \text{ h}$$

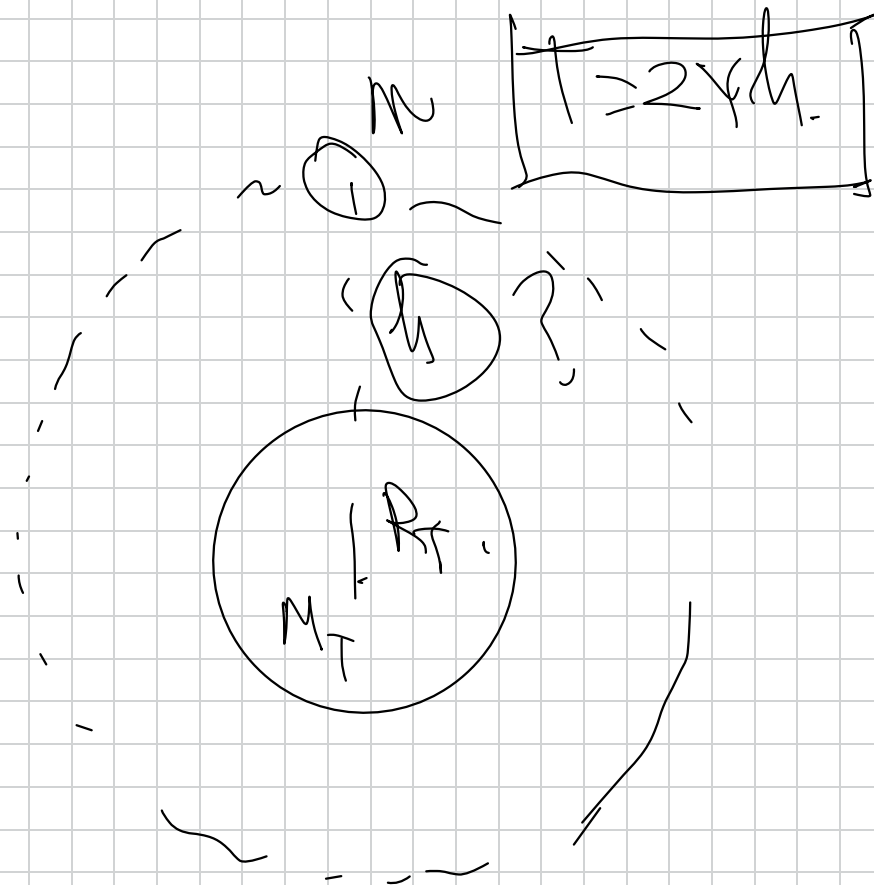


geoestacionario.

25.- Un satélite gira en una órbita geoestacionaria (es decir, la vertical del satélite siempre pasa por el mismo punto de la superficie terrestre)

- Calcular su velocidad angular
- Calcular la altura a la que se encuentra sobre la superficie terrestre
- Calcular su aceleración normal
- Explicar porqué el satélite no cae sobre la Tierra

$$g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}, R_T = 6400 \text{ Km}$$



$$F_g = F_n$$

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

$$G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)} = \left(\frac{2\pi(R_T + h)}{T} \right)^2$$

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

$$G \cdot M_T \cdot T^2 = 4\pi^2 (R_T + h)^3$$

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

$$R_T + h$$

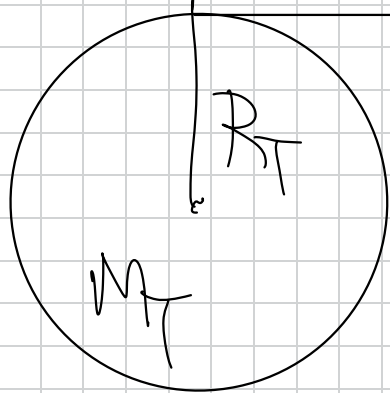
$$\sqrt[3]{\frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4\pi^2}}$$

$h =$

$$\sqrt{\frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4 \pi^2}}$$

$- R_T$

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$



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

$$G M_T = g \cdot R_T^2$$

$$h = \sqrt{\frac{g \cdot R_T^2 \cdot T^2}{4 \pi^2}}$$

$- R_T$

$$h = \sqrt[3]{\frac{9/8 (64 \cdot 10^6)^2 (24 \cdot 3600)^2}{4\pi^2}} \quad \text{--- } 64 \cdot 10^6 \quad \text{--- } \cancel{2\pi} = 2 \times h$$

$$h = 315 \cdot 10^7 \text{ m}$$

a)

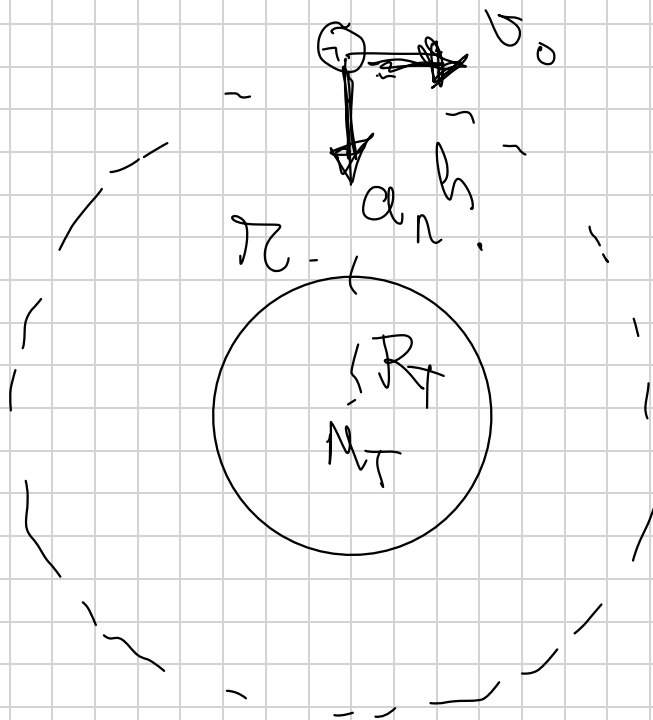
$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi \text{ rad}}{(24 \cdot 3600 \text{ s})}$$

$$\omega = 7.27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

25.- Un satélite gira en una órbita geoestacionaria (es decir, la vertical del satélite siempre pasa por el mismo punto de la superficie terrestre)

- Calcular su velocidad angular
- Calcular la altura a la que se encuentra sobre la superficie terrestre
- Calcular su aceleración normal
- Explicar porqué el satélite no cae sobre la Tierra

$g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $R_T = 6400 \text{ Km}$



Teoría

M.C.V. $\Rightarrow v = \omega \cdot r$

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{(\omega \cdot r)^2}{r} = \frac{\omega^2 \cdot r^2}{r}$$

$$a_n = \omega^2 \cdot r$$

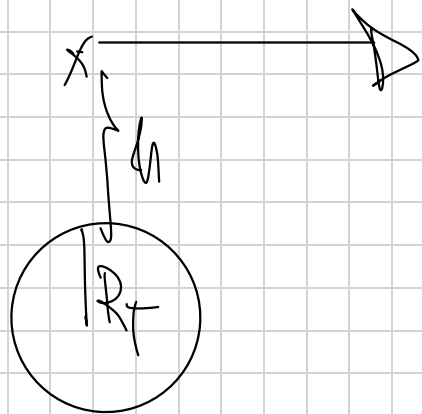
$$R = (R_T + h)$$

$$a_n = \omega^2 \cdot (R_T + h)$$

$$a_n = (7.27 \cdot 10^{-5})^2 \cdot (6.4 \cdot 10^6 + 3.6 \cdot 10^7)$$

$$a_n = 0.22 \text{ m/s}^2$$

También se podría calcular como la gravedad a esa altura.

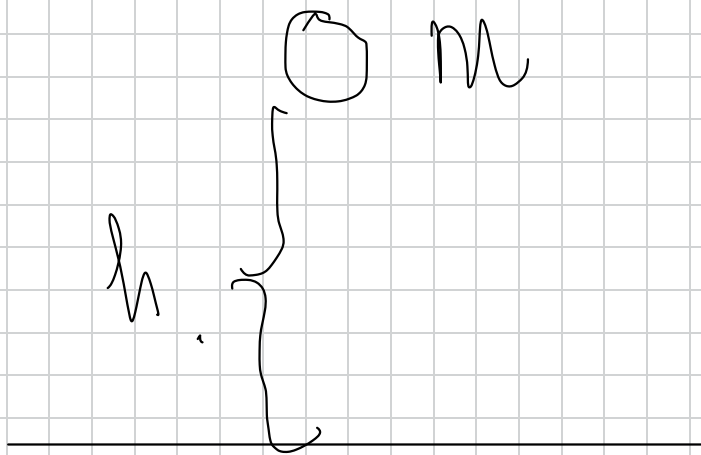


$$g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = 0.22 \text{ m/s}^2$$

Repaso 4º ESO y 1º BACH.

Energía potencial E_p

Es la energía que presenta un cuerpo de masa m en función de su posición.
(en un campo de fuerzas conservativo)

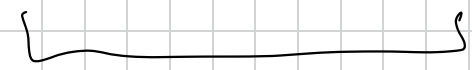


$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = \left(K_g \cdot \frac{m}{s^2} \right) \cdot h$$

$$E_p = N \cdot m$$

$$E_p =$$



J

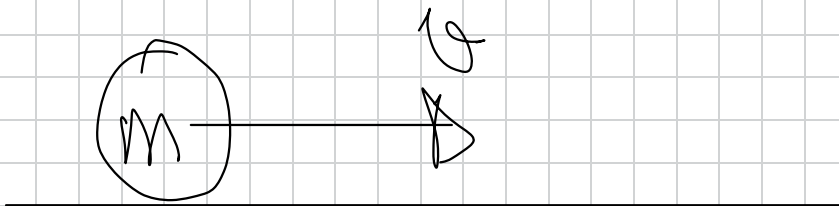
(Julio
en
S.I.)

= Energía cinética E_c

Es la energía que posee un cuerpo de masa m en función de su velocidad v

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_c = \text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$$



$$E_c = \text{Kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}$$

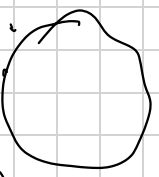
$$E_c = \text{N} \cdot \text{m}$$

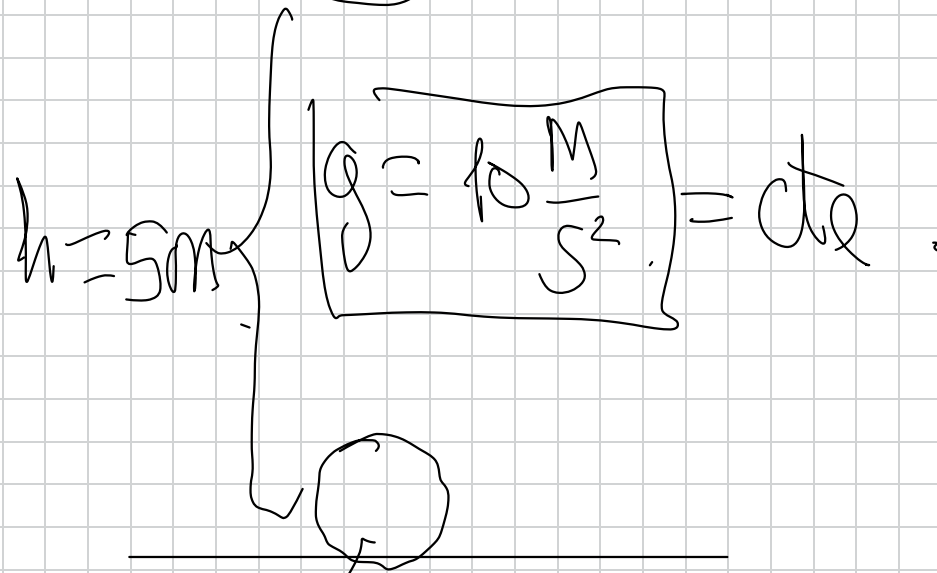
$$E_c = \text{Julio (J en SI)}$$

Energía mecánica (E_m)

$$E_m = E_p + E_c = \text{J} + \text{J} = \text{Julio en SI}.$$

Principio de conservación de la Em.

REPOSO  $m = 1 \text{ kg}$.



Origen de E_p $E_p = m \cdot g \cdot h = 0$.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{pa} = 1 \cdot 10 \cdot 5 = 50 \text{ J}$$

$E =$
SUELTO

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_c = 0 \text{ J}$$

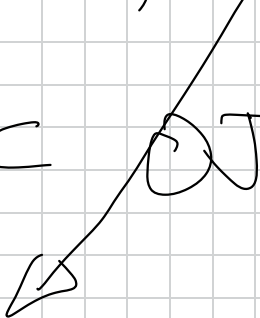
$E_c = 50 \text{ J}$
SUELTO

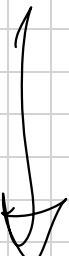
0 J

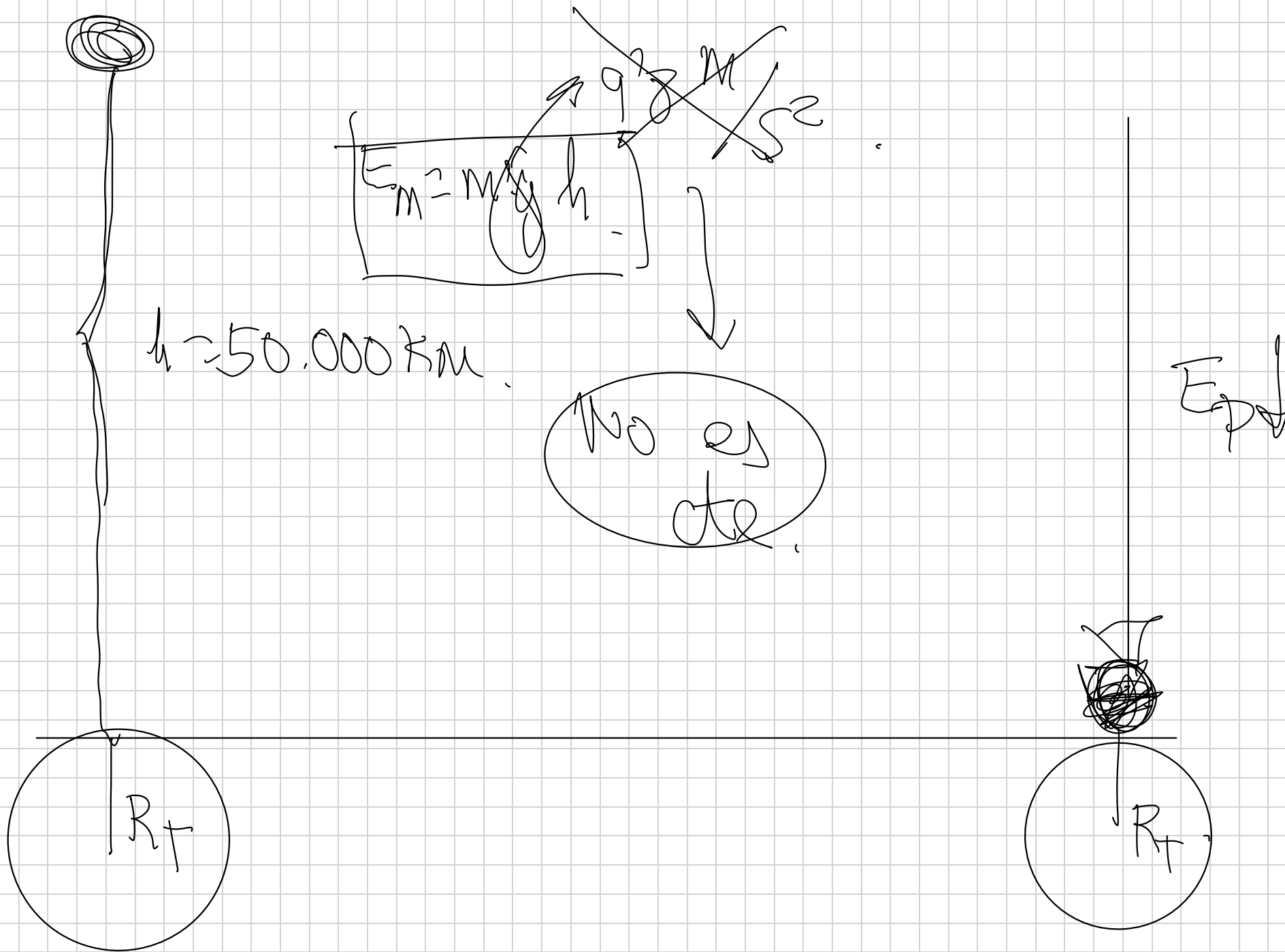
$$E_{\text{all}} = E_{\text{MSUEL}}.$$

$$E_{\text{Ph}} + E_{\text{ch}} = E_{\text{Pseu}} + E_{\text{Suelo}},$$

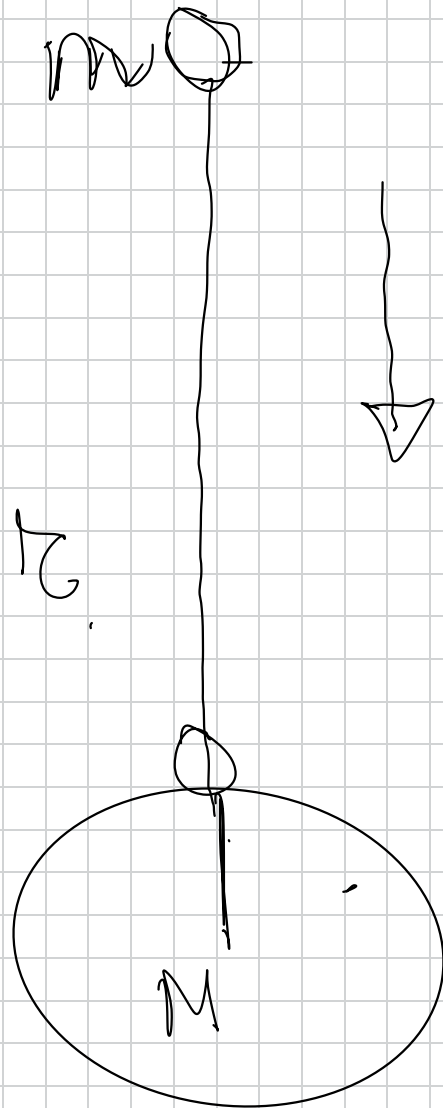
$$50\text{J} + 0\text{J} = 0\text{J} + 50\text{J}.$$


 übrig de
 E_P


 $v?$



$\infty \longrightarrow E_p = 0$. (E_p gravitatorie .
[origen de E_p en da])



↓
Pierde .

$$E_p = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r}$$

↓
Julio (J) .

SANTANDER — Km 500.

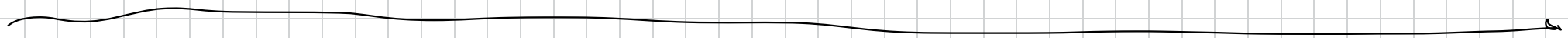
SANTANDER Km 0.

MADRID — Km 0.

MADRID Km 500.

MÁLAGA — Km. — 400

MÁLAGA Km — 900



Lo que realmente tiene significado físico
son las diferencias de E_p y
no la E_p en una posición ya
que su valor depende del origen
de E_p tomado (arbitrariamente
se toma el ∞).

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}, M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

29.- Un meteorito de 1000 Kg colisiona con otro a una altura sobre la superficie terrestre de 6 veces el radio de la Tierra y pierde toda su Energía cinética.

a) ¿Cuánto pesa el meteorito en ese punto y cuál es su energía mecánica después de la colisión?

b) Si cae a la Tierra, haga un análisis energético del proceso de caída. ¿Con qué velocidad llega a la superficie terrestre?

c) ¿Dependerá esa velocidad de la trayectoria seguida?, ¿y del origen de energía potencial tomado?. Razonar las respuestas.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}, R_T = 6400 \text{ Km}, M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

Handwritten note: $E_p = 0$

∞

m pinda toda zu E_c ,

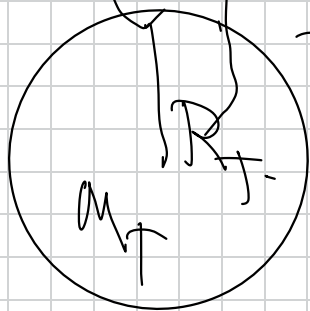
$$E_{ph} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{7R_T} \quad / \quad E_{ch} = 0J$$

$$h = 6R_T$$

$$R = R_T + h$$

$$R = R_T + 6R_T$$

$$R = 7R_T$$



$$E_{ph} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T}$$

$$E_{CTJ} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

desnervura

acumula

$$E_{Mh} = E_{m_T}$$

$$E_{p1} \rightarrow E_{c1} = E_{p1} + E_{c1}$$

$$-G \cdot \frac{M_f \cdot m}{7R_f} + 0 = -G \cdot \frac{M_f \cdot m}{R_f} + \frac{1}{2} m \cdot \underbrace{v_f^2}$$

$$G \cdot \frac{M_f \cdot m}{R_f} - G \cdot \frac{M_f \cdot m}{7R_f} = \frac{1}{2} m v_f^2$$

FACTOR COMÚN

$$G \cdot \frac{M_f \cdot m}{R_f} \left(1 - \frac{1}{7} \right) = \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$\frac{6}{7} \cdot G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T} = \frac{1}{2} M v_T^2$$

$$v_T = \sqrt{\frac{12}{7} \frac{G M_T}{R_T}} = 1.035 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T} - G \cdot \frac{M_T \cdot m}{7 R_T}$$

$$\underbrace{7(GM_T \cdot M)}_{7R_T} \cdot \underbrace{(GM_T \cdot M)}_{7R_T} = \underbrace{\left(\begin{array}{c} 6(GM_T \cdot M) \\ 7R_T \end{array} \right)}_{\checkmark}$$

$$2 - \frac{1}{7} = \frac{7}{7} - \frac{1}{7} = \frac{6}{7}$$

29.- Un meteorito de 1000 Kg colisiona con otro a una altura sobre la superficie terrestre de 6 veces el radio de la Tierra y pierde toda su Energía cinética.

a) ¿Cuánto pesa el meteorito en ese punto y cuál es su energía mecánica después de la colisión?

b) Si cae a la Tierra, haga un análisis energético del proceso de caída. ¿Con qué velocidad llega a la superficie terrestre?

c) ¿Dependerá esa velocidad de la trayectoria seguida?, ¿y del origen de energía potencial tomado?. Razonar las respuestas.

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$, $R_T = 6400 \text{ Km}$, $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$

$h = 6R_T$
 $E_p = -G \frac{M_T \cdot m}{(6R_T + R_T)}$
 $E_{pT} = -G \frac{M_T \cdot m}{R_T}$
 $E_c = \frac{1}{2} m v_f^2$
 $E_c = \frac{1}{2} m v_T^2$
 la disminución de E_p pasa a incrementar la E_c
 De esta forma la E_m permanece cte.

$$P_h = G \cdot \frac{M_f = M}{(6R_f + R_T)^2} \approx G \cdot \frac{M_f = M}{49 R_f^2} \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10^{24} \cdot 1000}{49 (6.4 \cdot 10^6)^2}$$

$$P_h = 200 \text{ W}$$

— o —

b) Conservation de l'énergie

$$E_{Mh} \approx E_{MT}$$

$$E_{Ph} + E_{Ch} = E_{PT} + E_{CT}$$

$$- G \cdot \frac{M_T \cdot M}{7 R_f} + \frac{1}{2} M v^2 = - G \cdot \frac{M_f = M}{R_T} + \frac{1}{2} M \left(\frac{v}{T} \right)^2$$

$$1 - G \cdot \frac{M_T}{7R_T} = G \cdot \frac{M_T}{R_T} + \frac{1}{2} v_T^2$$

$$\frac{1}{2} v_T^2 = G \left[\frac{M_T}{R_T} - \frac{M_T}{7R_T} \right]$$

$$\frac{1}{2} v_T^2 = G \left[\frac{7M_T}{7R_T} - \frac{M_T}{7R_T} \right]$$

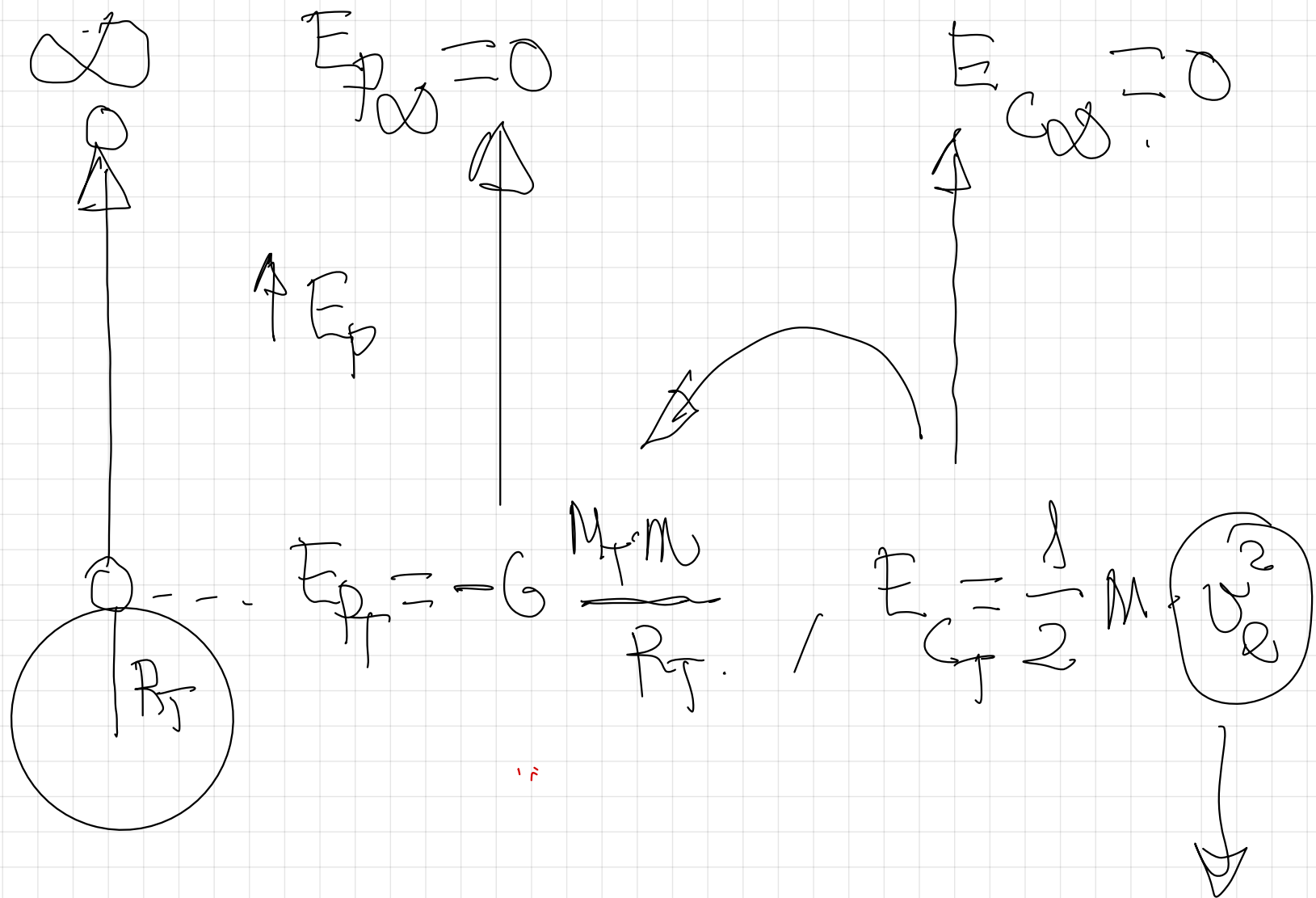
$$\frac{1}{2} v_T^2 = \frac{7(GM_T)}{7R_T} - \frac{(GM_T)}{7R_T}$$

$$\frac{1}{2} v_T^2 = \frac{6 G M_T}{7 R_T}$$

$$v_T = \sqrt{\frac{12 G M_T}{7 R_T}} = 11035 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

pag 15, pregunta 3

3: Velocidad de escape de un cuerpo.



velocidad de escape
o velocidad
mínima de
escape.

Conservación de la E_m ,

$$E_{m_i} = E_{m_f}$$
$$E_{p_i} + E_{c_i} = E_{p_f} + E_{c_f}$$

$$-G \frac{M_T \cdot m}{R_T} + \frac{1}{2} m \cancel{v_e^2} = 0 + 0$$

la calculo,

$$\frac{1}{2} \cancel{m} v_e^2 = G \cdot \frac{\cancel{M_T} \cdot m}{R_T}$$

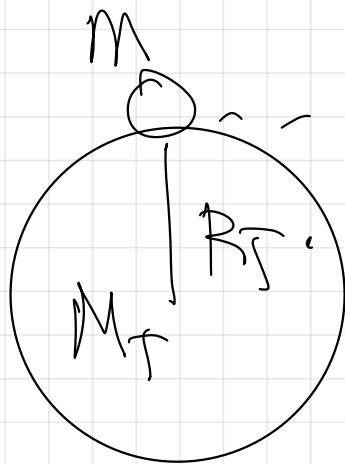
$$v_e^2 = \frac{2 G M_T}{R_T}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2 G M_T}{R_T}}$$

31.- Calcular la velocidad de escape de un cuerpo situado en la superficie terrestre
 $g=9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $R_T= 6400 \text{ Km}$

$$0 = \dots E_{\text{total}} = 0 \text{ J}$$

$$E_{\text{total}} = 0 \text{ J}$$



$$E_{\text{total}} = \dots G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T}$$

$$E_G = \frac{1}{2} M v_e^2$$

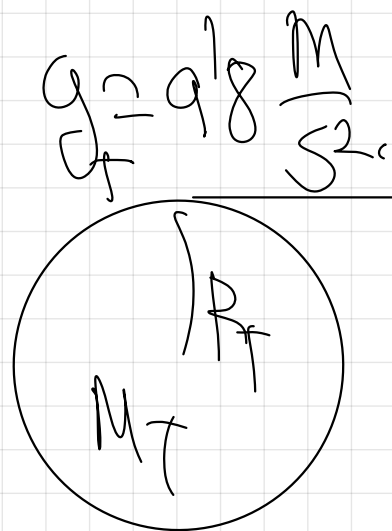
$$E_M = E_{M\infty} \rightarrow 0$$

$$E_P + E_G = E_{P\infty} + E_{G\infty} \rightarrow 0$$

$$- G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T} + \frac{1}{2} M \cdot v_E^2 = 0 + 0,$$

$$\frac{1}{2} M v_E^2 = G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T},$$

$$v_E = \sqrt{\frac{2 G M_T}{R_T}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.8 \cdot 6.4 \cdot 10^6}{R_T}} =$$



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

$$= 11.200 \frac{m}{s}$$

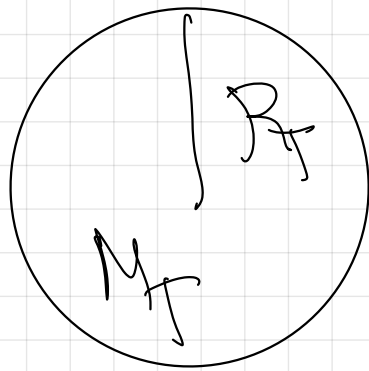
$$G \cdot M_T = g_T \cdot R_T^2$$

$$v_e = 11.200 \frac{m}{s}$$

$$\left(11.2 \frac{km}{s} \right)$$

$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

$300000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$



Agujero
 negro

$11\frac{1}{2} \frac{\text{km}}{\text{s}}$

$$G_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$C = \sqrt{\frac{2GM}{R_s}}$$

$$C^2 = \frac{2GM_s}{R_s}$$

$$C = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

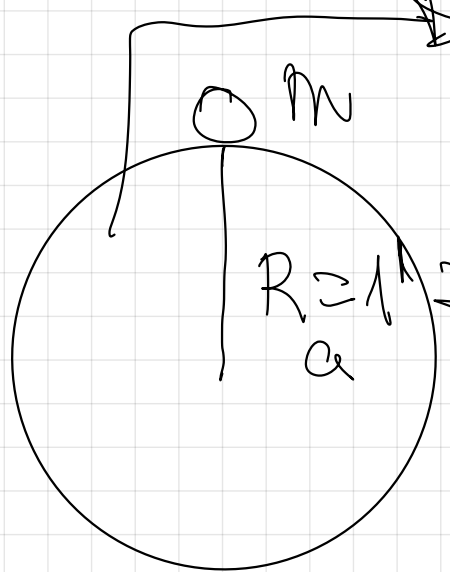
$$R_s = \frac{2GM_s}{C^2}$$



32.- Un astronauta, con 100 Kg de masa (incluyendo el traje) está en la superficie de un asteroide de forma prácticamente esférica, con 2,4 Km de diámetro y densidad media de $2,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

- a) ¿Con qué velocidad debe impulsarse el astronauta para abandonar el asteroide?
- b) ¿Cómo se denomina rigurosamente tal velocidad?
- c) El astronauta carga ahora con una mochila de 40 Kg. ¿Le será más fácil salir del planeta. Razónese

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



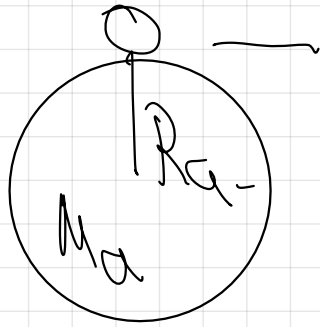
$\rho = 2,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ Kg}}{10^3 \text{ g}} \cdot \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}$

$\rho = 2200 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$\infty \rightarrow$

$$E_{px} = 0$$

$$E_{px} = 0.$$



$$E_{pa} = G \cdot \frac{M_a \cdot m}{R_a}$$

$$E_{ca} = \frac{1}{2} m \cdot v_e^2$$

$$E_{ma} = E_{max}$$

$$= G \cdot \frac{M_a \cdot m}{R_a} + \frac{1}{2} m v_e^2 = 0 + 0.$$

$$\frac{1}{2} \cancel{M} v_e^2 = G \cdot \frac{M_a - M}{R_a} \quad \varphi = 2200 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2G M_a}{R_a}}$$

$p_a \rightarrow M_a$
 v_a

$$M_a = p_a \cdot V_a$$

$$M_a = p_a \cdot \frac{4}{3} \pi R_a^3$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2G \cdot p_a \cdot \frac{4}{3} \pi R_a^3}{R_a}}$$

$$v_e = \sqrt{2G \cdot f_a \cdot \frac{4}{3} \pi R_a^3}$$

c) la v_e es
independiente
de la masa
m del
astronauta

$$v_e = \sqrt{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 2200 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot (1200)^2}$$

$$v_e = 133 \frac{m}{s}$$

b)

* velocidad de
escape

c) No le será ni más fácil
ni más difícil salir del
planeta.

49.- La masa de una estrella es de $2 \cdot 10^{31}$ Kg. Si en un momento dado, la estrella se contrae debido a la presión gravitatoria, determinar el radio por el que la estrella se convierte en un agujero negro y la densidad del mismo.

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$, velocidad de la luz en el vacío $c = \underline{\underline{3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$

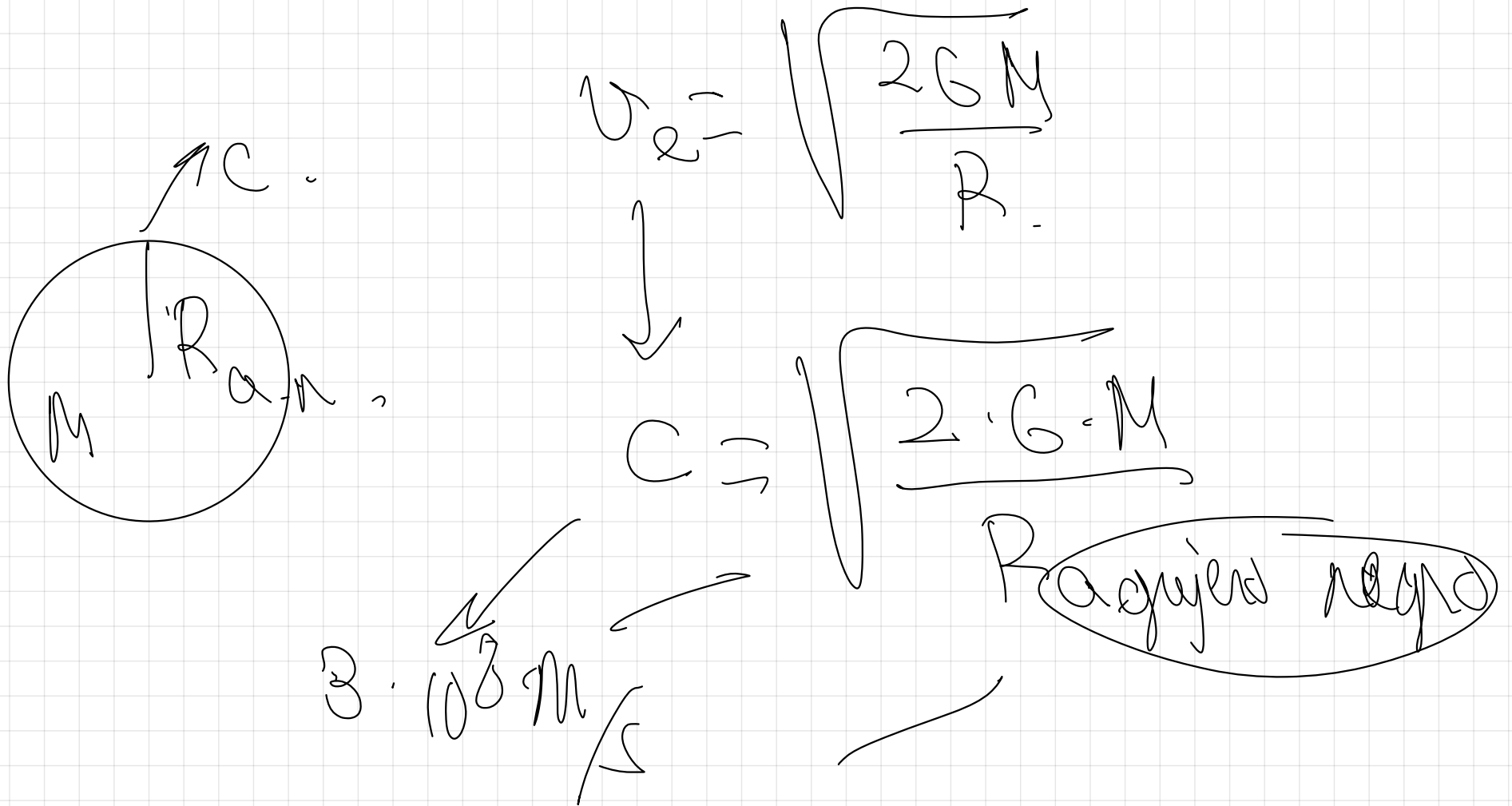


Diagram illustrating the formation of a black hole from a star. A circle represents the star with mass M and radius R . The speed of light c is indicated by an arrow pointing towards the star.

The escape velocity v_e is given by the equation:

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

The speed of light c is equated to the escape velocity, leading to the equation for the Schwarzschild radius:

$$c = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R_{\text{agujero negro}}}}$$

The value $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ is written below the equation, indicating the speed of light.

$$c^2 = \frac{2GM}{R_{an}}$$

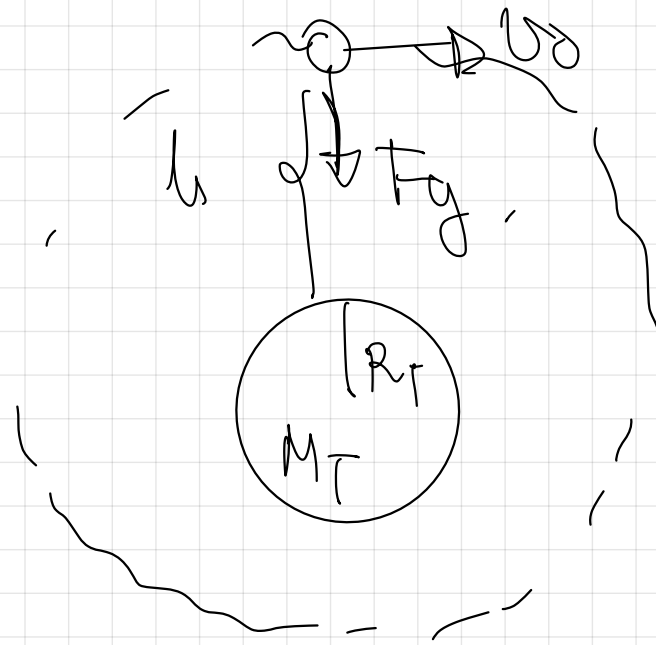
$$R_{an} = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{31}}{(3 \cdot 10^8)^2}$$

$$R_{an} = 2.97 \cdot 10^4 \text{ m}$$

densidad
↗ muy alta.

$$\rho_{an} = \frac{M}{V_{an}} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R_{an}^3} = \frac{2 \cdot 10^{31} \text{ Kg}}{\frac{4}{3}\pi \cdot (2.97 \cdot 10^4)^3} = 1.87 \cdot 10^{17} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

- 35.- Un satélite se encuentra orbitando en torno a la Tierra. Determine una relación entre su velocidad de escape desde ese punto y su velocidad de orbitación en torno a la Tierra.



$$F_g = F_a$$

$$- - \infty E_{p\infty} = 0 - E_{c\infty} = 0$$

$$E = -G \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)} \quad E_p \quad E_c$$

Conservación E_m .

$$E_{p_h} + E_{c_h} = E_{p_\infty} + E_{c_\infty}$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot R_A}{(R_T + h)^2} = m \cdot \frac{v_0^2}{(\cancel{R_T + h})}$$

$$v_0 = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)}}$$

$$-G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)} + \frac{1}{2} m v_e^2 = 0 + 0$$

$$\frac{1}{2} m v_e^2 = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)}$$

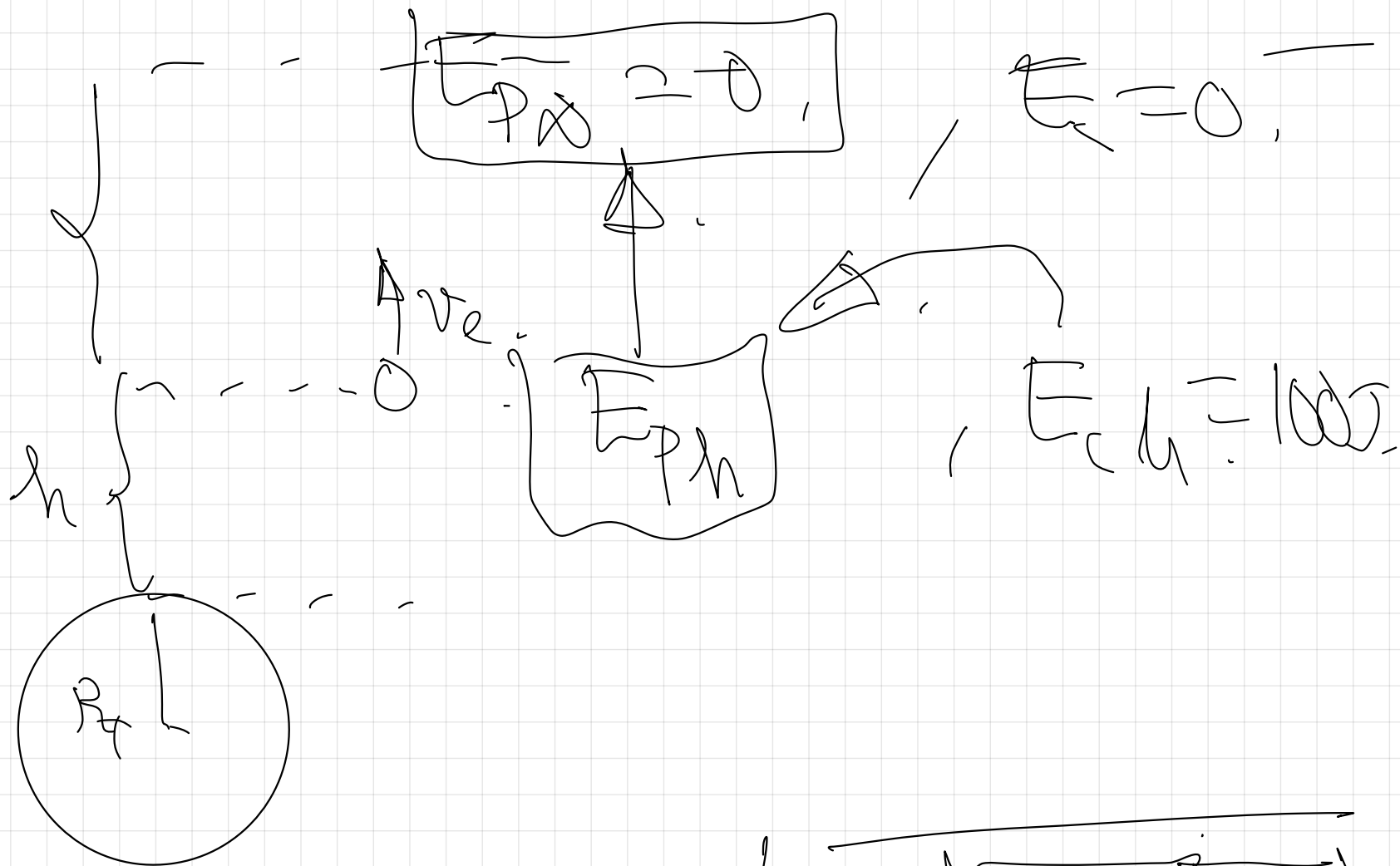
$$v_e = \sqrt{2 \cdot G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)}}$$

$$\frac{v_e}{v_0} = \frac{\sqrt{2 \cdot G \cdot \frac{M_T}{(\cancel{R_T + h})}}}{\sqrt{G \cdot \frac{M_T}{(\cancel{R_T + h})}}}$$

$$v_e = \sqrt{2} v_0$$

0 J

100 J

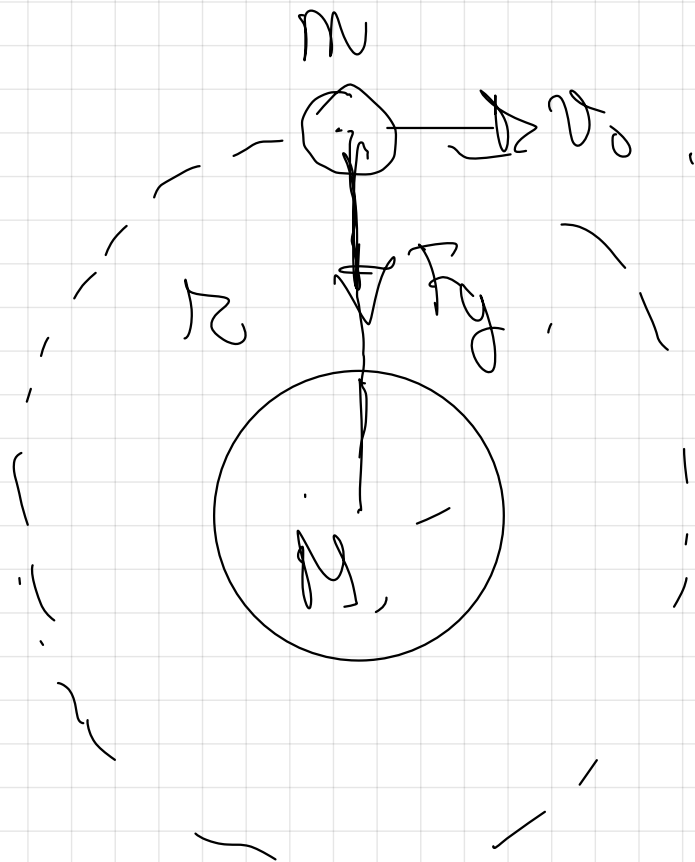


$$v_e = \sqrt{2G \frac{\mu_T}{CRH}}$$

pag 14 . Pregunta 2.

Energía mecánica orbital de un satélite.

Satélite que orbita,



$$E_m = E_p + E_{G \text{ órbita}}$$

órbita órbita órbita

$$E_{m \text{ órbita}} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r} + \frac{1}{2} m \cdot \boxed{v_0^2}$$

↙

$$F_g = F_n$$

$$G \cdot \frac{M \cdot M}{r^2} = M \cdot \frac{v_0^2}{r}$$

$$v_0 = \sqrt{G \cdot \frac{M}{r}}$$

Condición de órbita

$$E_{\text{órbita}} = -G \cdot \frac{M \cdot M}{r} + \frac{1}{2} M \left(G \cdot \frac{M}{r} \right)$$

$$E_{\text{órbita}} = -G \cdot \frac{M \cdot M}{r} + \frac{1}{2} G \cdot \frac{M \cdot M}{r}$$

$$E_{\text{órbita}} = G \cdot \frac{M \cdot M}{r} \left(-1 + \frac{1}{2} \right)$$

$$E_{\text{órbita}} = -\frac{1}{2} G \cdot \frac{M \cdot M}{r}$$

$$\boxed{E_{\text{órbita}} = -G \cdot \frac{M \cdot M}{2r}}$$

$$E_{\text{pot}} = G \cdot \frac{M \cdot m}{r}$$

Porque
crecen
distancia cho-cho.

$$E_{\text{pot}} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r}$$

igual

El significado físico del signo negativo es que el cuerpo permanece ligado al campo gravitatorio de M .

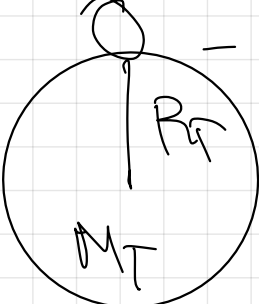
38.- Se eleva un cuerpo de 200 Kg desde la superficie de la Tierra hasta una altura de 5000 Km.

- Explicar las transformaciones energéticas que tienen lugar y calcular el trabajo mínimo necesario (o energía cinética que habrá que suministrarle).
- Si quisiéramos elevar a este cuerpo de manera que permaneciese orbitando a dicha altura. ¿Qué trabajo o energía cinética hubiese sido preciso suministrarle?
- Explicar cómo variarán las energías potencial, cinética y mecánica mientras el cuerpo permanece orbitando
- ¿Cuánto valdrá el trabajo que realiza la fuerza gravitatoria sobre el cuerpo orbitando durante un semiperíodo?

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}, R_T = 6400 \text{ Km}, M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

Q)

$h = 5000 \text{ Km}$


$$E_{Ph} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)}$$
$$E_{Pt} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T}$$

$E_{Ch} = \frac{1}{2} m v^2$
(Solo elevar, se para)

$E_{CT} ?$

Conservación de la Em.

$$E_{mf} = E_{mh}$$

$$E_{pf} + E_{cf} = E_{ph} + E_{ch}$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T} + E_{cf} = G \cdot \frac{M_T \cdot M}{(R_T + h)}$$

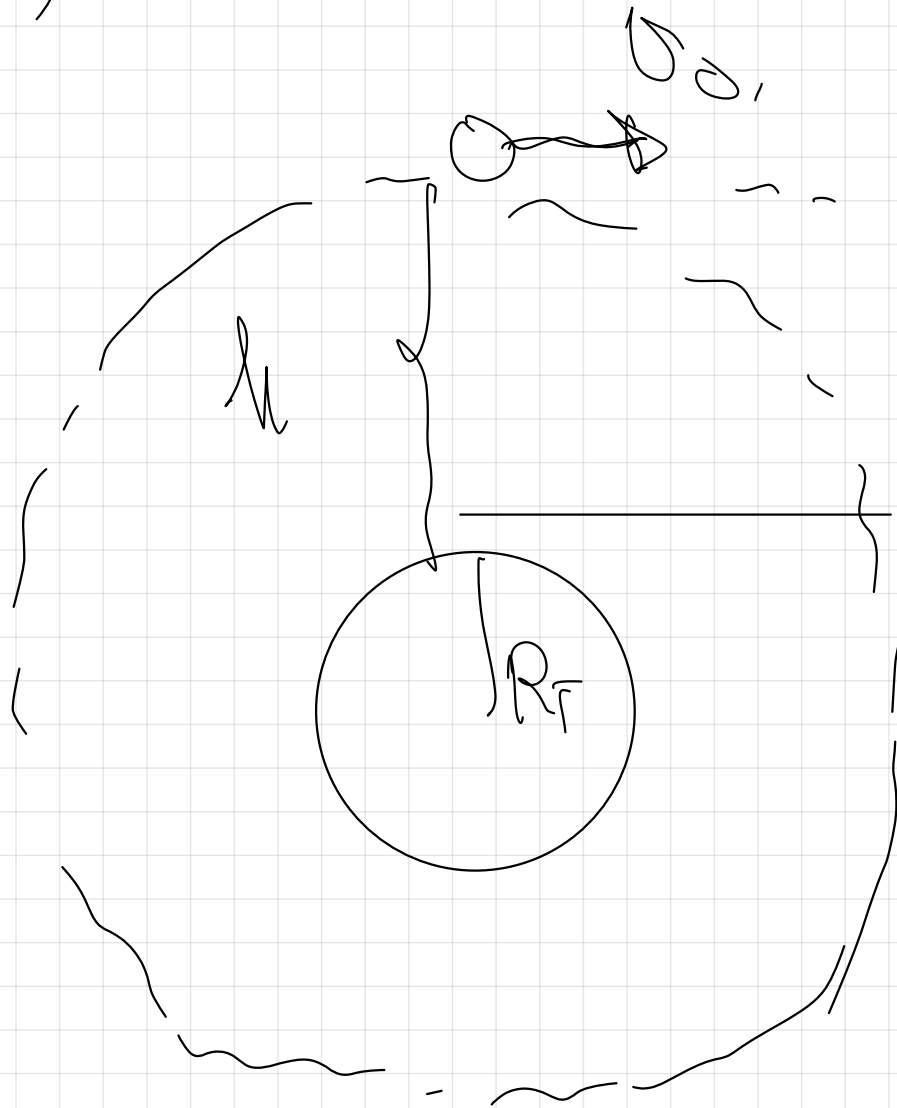
$$E_{cf} = G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T} - G \cdot \frac{M_T \cdot M}{(R_T + h)}$$

$$E_G = G \cdot M_T \cdot M \cdot \left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{(R_T + h)} \right)$$

$$E_G = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 200 \left(\frac{1}{6.4 \cdot 10^6} - \frac{1}{(6.4 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^6)} \right)$$

$$\boxed{E_G = 5.52 \cdot 10^9 \text{ J}}$$

b)



$$E_{p_h} = -G \cdot \frac{M_T \cdot M}{(R_T + h)} / E_{c_h} = \frac{1}{2} M \cdot v^2$$

$$E_{p_T} = -G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T} / E_C$$

Conservação da Em.

$$E_{MT} =$$

$$E_{PT} + E_{CT} =$$

$$-G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T} + E_{CT} =$$

$$-G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T} + E_{CT} =$$

$E_{moderate}$

$E_{póndra} + E_{cólida}$

$$-G \cdot \frac{M_T \cdot M}{(R_T + h)} + \frac{1}{2} M v_{orbit}^2$$

$$= G \cdot \frac{M_T \cdot M}{2(R_T + h)} \quad E_{\text{est}} \text{ orbit}$$

$E_m = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2(R_T + h)}$
 E_m orbital
 de un
 satélite

$$E'_{cf} = 2 \cdot G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T} = G \cdot \frac{M_T \cdot M}{2(R_T + h)}$$

$$E'_G = G \cdot M_T \cdot M \left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{2(R_T + h)} \right)$$

$$E'_{cf} = W = 6'67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 200 \left(\frac{1}{6'4 \cdot 10^6} - \frac{1}{2 \cdot (6'4 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^6)} \right)$$

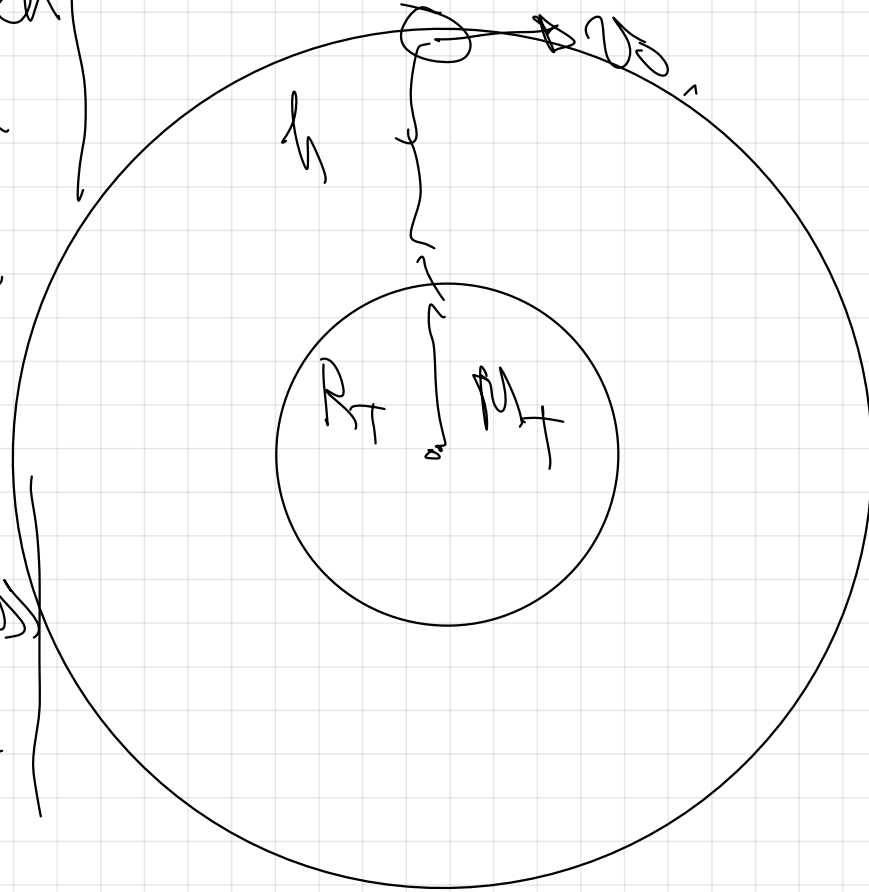
$$E'_{cf} = W = 9'04 \cdot 10^9 \text{ J}$$

↳ La E_c suministrada es mayor que en el apartado anterior.

apartado c)

Si el satélite permanece en la misma órbita.

Estudiamos las variaciones energéticas.



$$E_p = - G \cdot \frac{M_T m}{(R_T + h)}$$

Distancia
centro - centro
la misma
la E_p no
varia.

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v_0^2$$

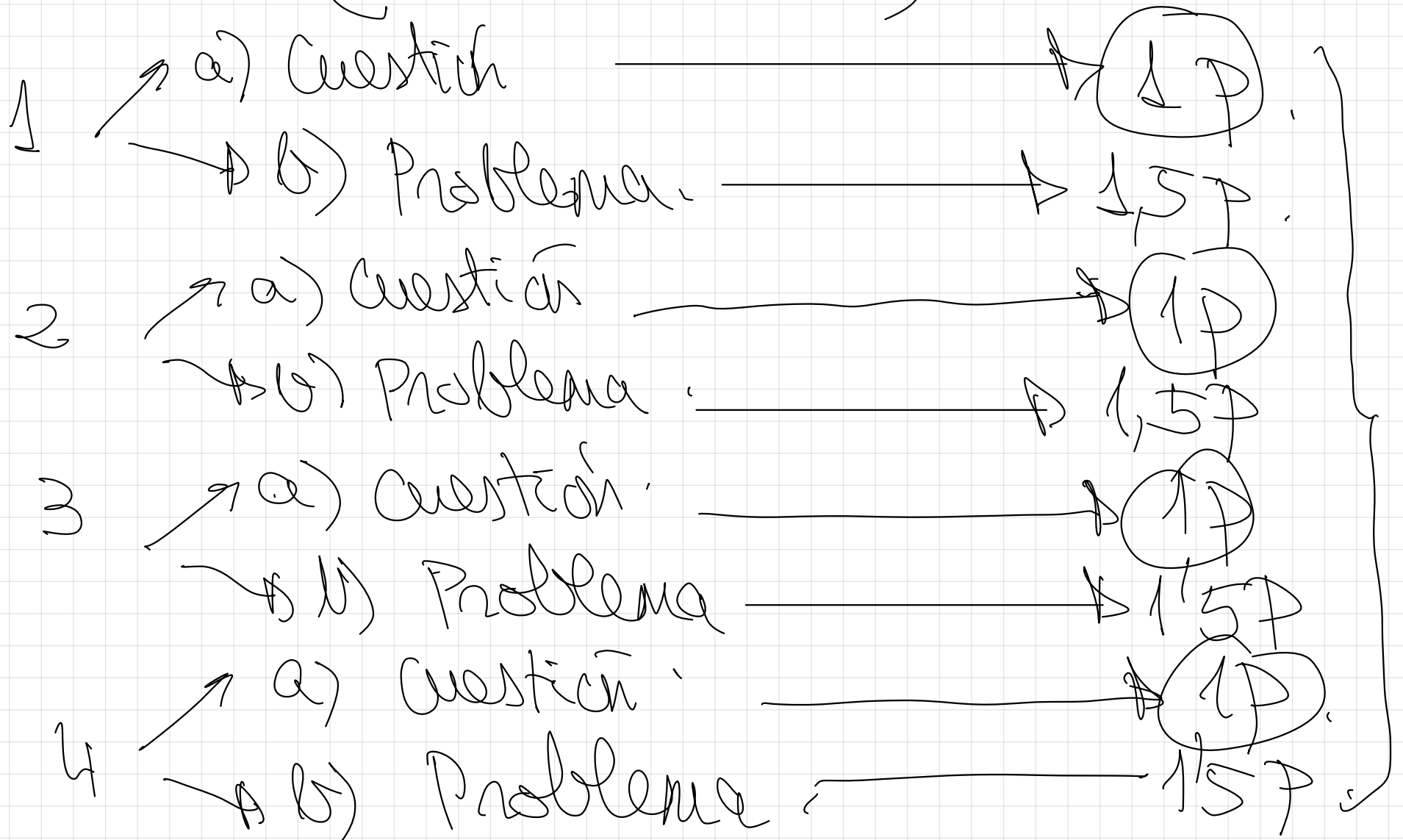
Velocidad en módulo
 E_c no varía.

$$E_m = E_p + E_c = \text{cte.}$$

$\downarrow$ $\downarrow$
no varía no varía

Si el satélite permanece en la misma órbita, se conserva la energía mecánica (actúa exclusivamente la fuerza gravitatoria bajo cuya acción se conserva la E_m , es una fuerza conservativa).

Modelo de examen para todo el curso, (modelo PEVAV)



1'5 h de tempo

top.

lunes 20 - Octubre $\Rightarrow$ Campo
gravitatorio.

lunes 24 - Noviembre $\Rightarrow$ Campo
elctrico.

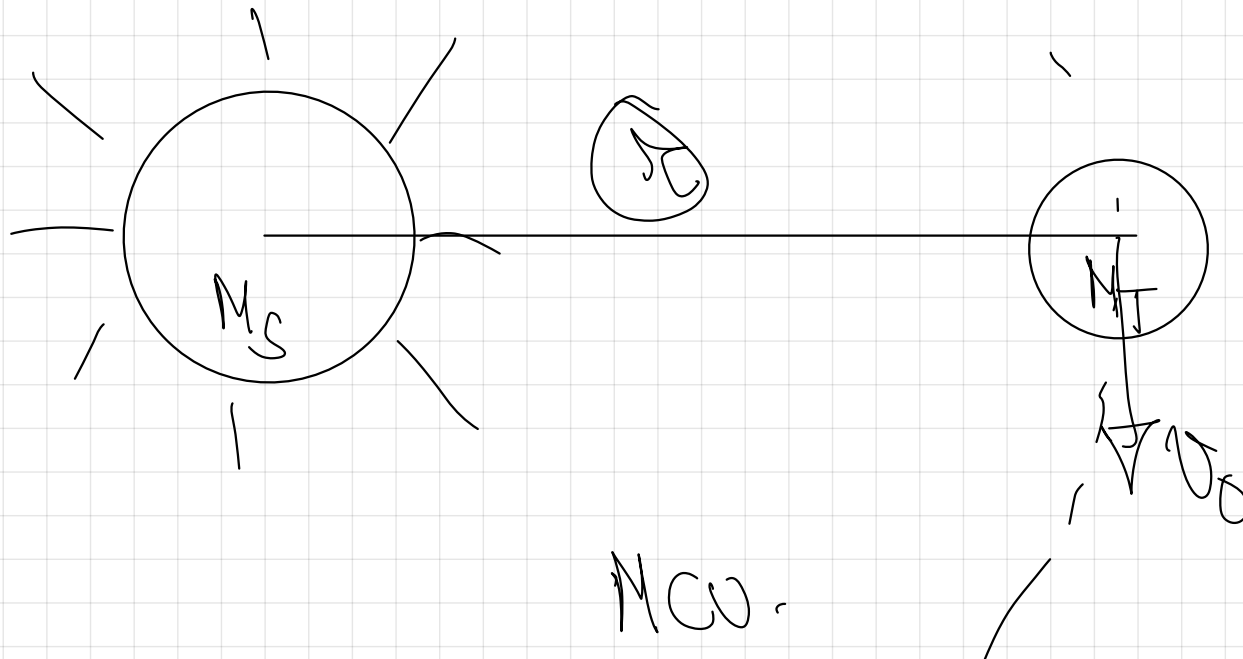
180

(09-E) Suponga que la órbita de la Tierra alrededor del Sol es circular de radio $1,5 \cdot 10^{11}$ m.

a) Calcule razonadamente la velocidad de la Tierra y la masa del Sol.

b) Si el radio orbital disminuyera en un 20%, ¿cuáles serían el período de revolución y la velocidad orbital de la Tierra?

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



$$F_g = F_n$$

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

$$v = \sqrt{G \cdot \frac{M_S}{R}}$$

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

~~⊗~~

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T} = \frac{v_s}{s} \Rightarrow \frac{v_s}{s} = \frac{v}{s} \Rightarrow v_s = v$$

$\Rightarrow 365 \text{ días} \Rightarrow S$

Condición de orbitación
que aparece T

$$G \frac{M_s M}{r^2} = \frac{M}{r} \frac{v^2}{r}$$

$$G \cdot \frac{M_S}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2$$

$$G \cdot \frac{M_S}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

$$G \cdot M_S \cdot T^2 = 4\pi^2 r^3$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{G \cdot M_S}} \rightarrow (0.8r)^3$$

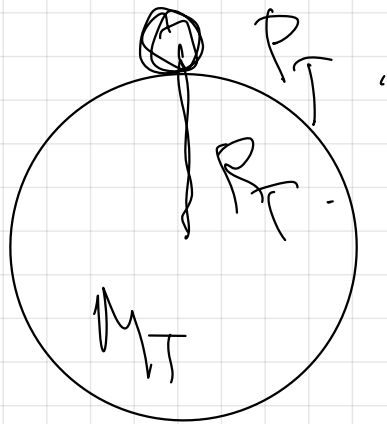
$$g = 10 \text{ m s}^{-2}$$

76 (08-E) Un satélite del sistema de posicionamiento GPS, de 1200 kg, se encuentra en una órbita circular de radio $3 R_T$.

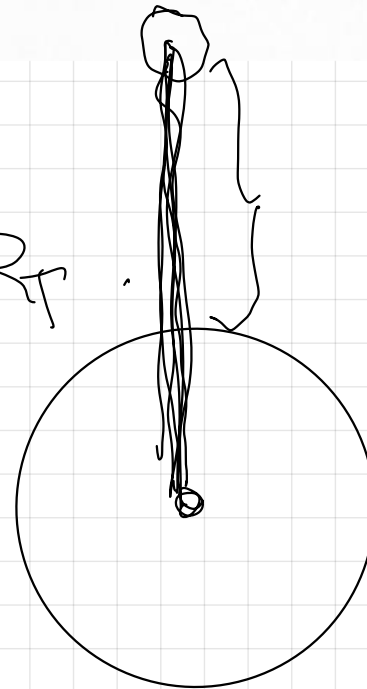
a) Calcule la ~~variación~~ que ha experimentado el peso del satélite respecto del que tenía en la superficie terrestre.

b) Determine la velocidad orbital del satélite y razone si la órbita descrita es geoestacionaria.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; M_t = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}; R_t = 6400 \text{ km}$$

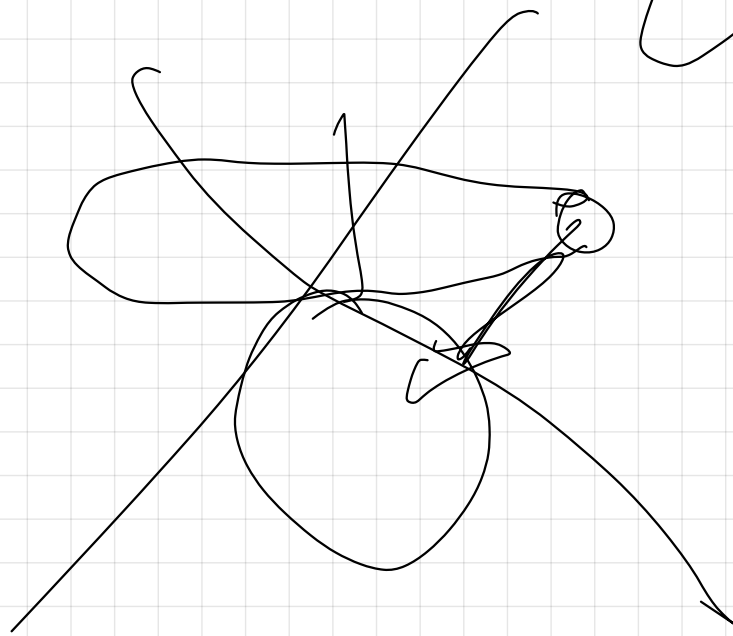
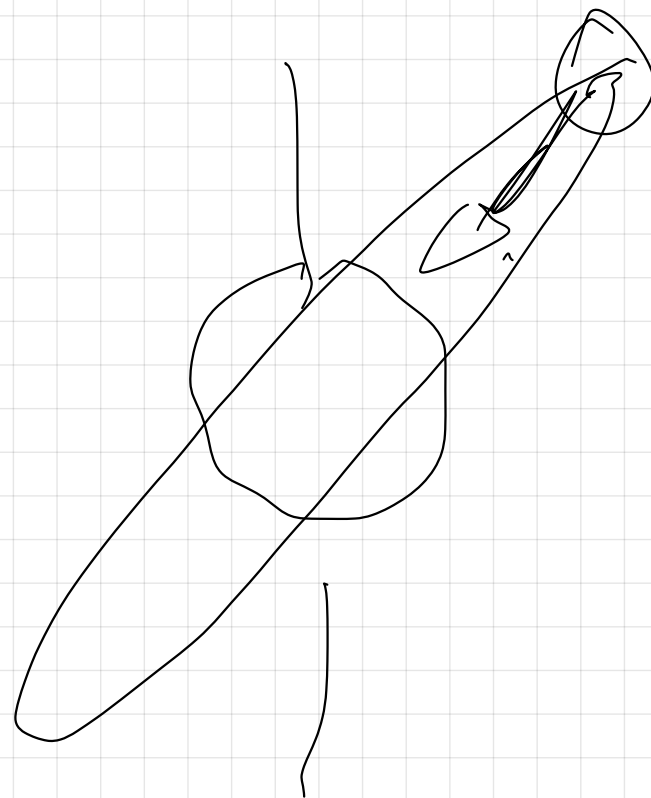
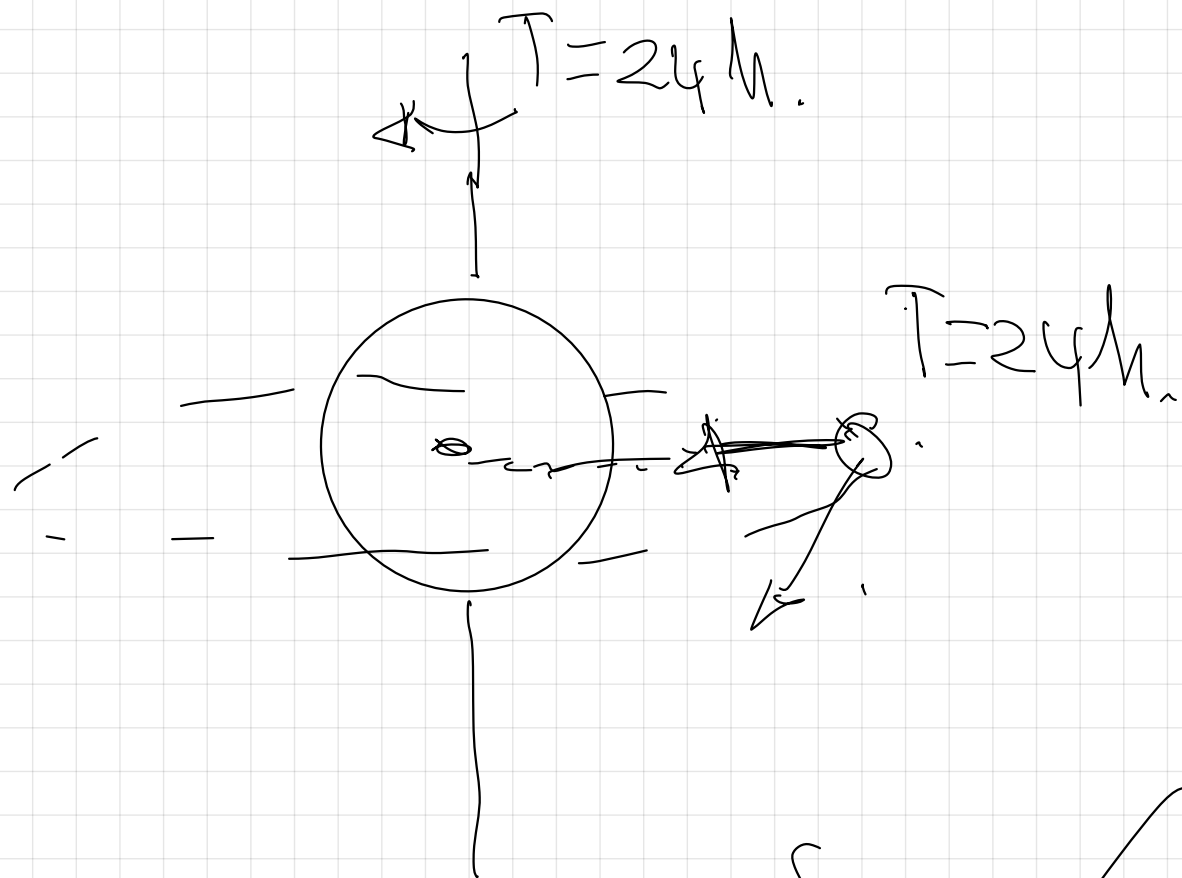


$$r = 3R_T$$



$$P_T = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$

$$P_h = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(3R_T)^2}$$

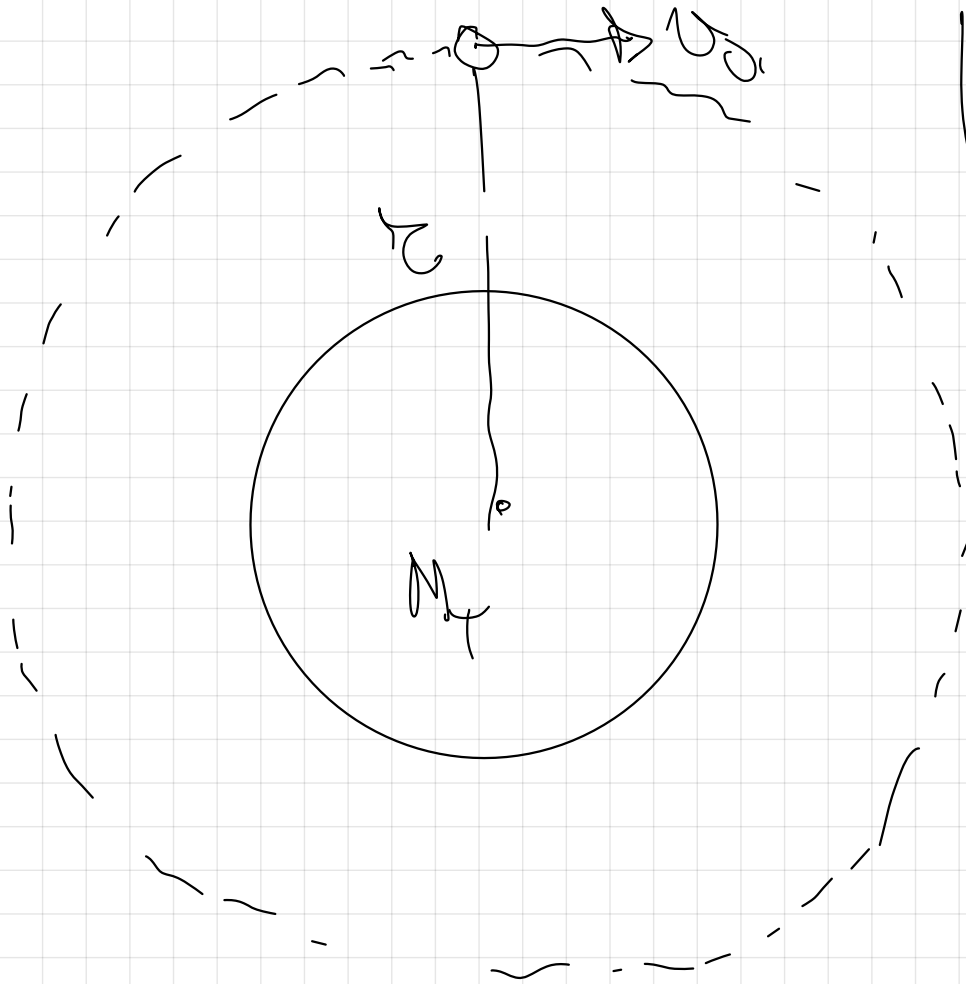


ORBITANDO.

$$E_{\text{pot}} = -G \frac{M_T \cdot m}{r}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v_{\text{orbital}}^2$$

$$E_{\text{m}} = G \frac{M_T \cdot m}{2r}$$



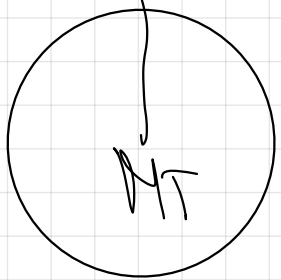
Cambio de órbita.

Mensor negativo.

E_m



$$E_m = \left(\leftarrow \odot \right) \cdot \frac{M_T \cdot M}{2k}$$



$$E_m = \odot \cdot \frac{M_T \cdot M}{2k}$$

outside



E_m

Con el cambio de órbita la E_m
no se conserva.



41.- Un satélite artificial de 100 Kg de masa describe una órbita circular alrededor de la Tierra a una altura de 500 Km de la superficie terrestre.

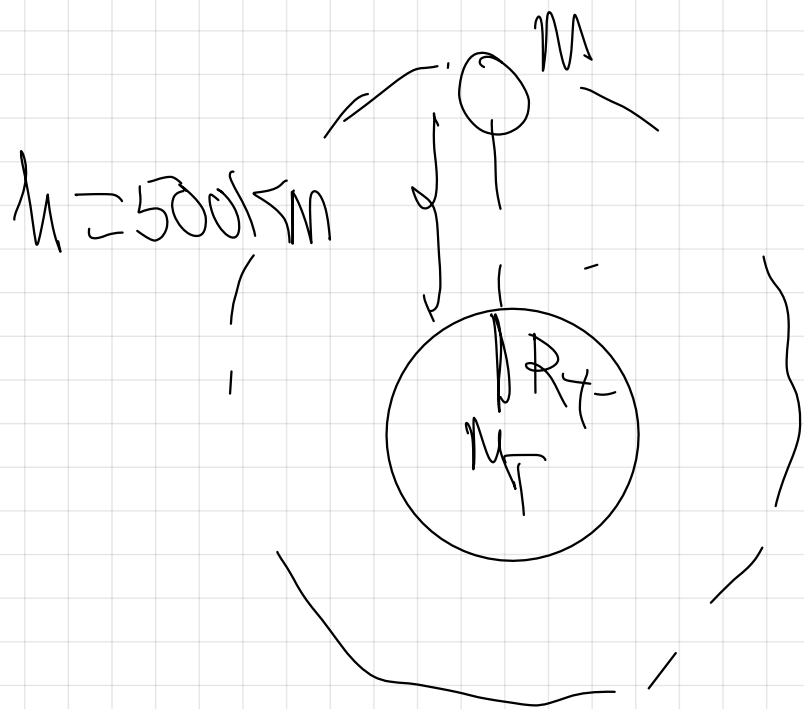
a) Calcular la energía cinética, la energía potencial y la energía mecánica del satélite en la citada órbita.

b) Si quisiésemos transferir ese satélite de forma que orbitase a una altura de 1690 Km sobre la superficie terrestre, calcular el trabajo que sería necesario realizar.

c) Explicar las variaciones que habrán experimentado la energía potencial, la energía cinética y la energía mecánica en dicho tránsito.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}, R_T = 6370 \text{ Km}, M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

energía externa aportada



$$E_p = -G \frac{M_T m}{(R_T + h)}$$

$$= -6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{598 \cdot 10^{24} \cdot 100}{(637 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^5)}$$

$$= -5.8 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$= \frac{1}{2} m \cdot \left(\sqrt{6 \frac{M_T}{(R_T + h)}} \right)^2$$

$$F_g = F_n.$$

$$G \cdot \frac{M}{(R_T + h)^2} = \mu \cdot \frac{v_0^2}{(R_T + h)}$$

$$v_0 = \sqrt{G \frac{M}{(R_T + h)}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} G \frac{M_T \cdot M}{(R_T + h)}$$

$$E_c = 2.9 \cdot 10^9 \text{ J.}$$

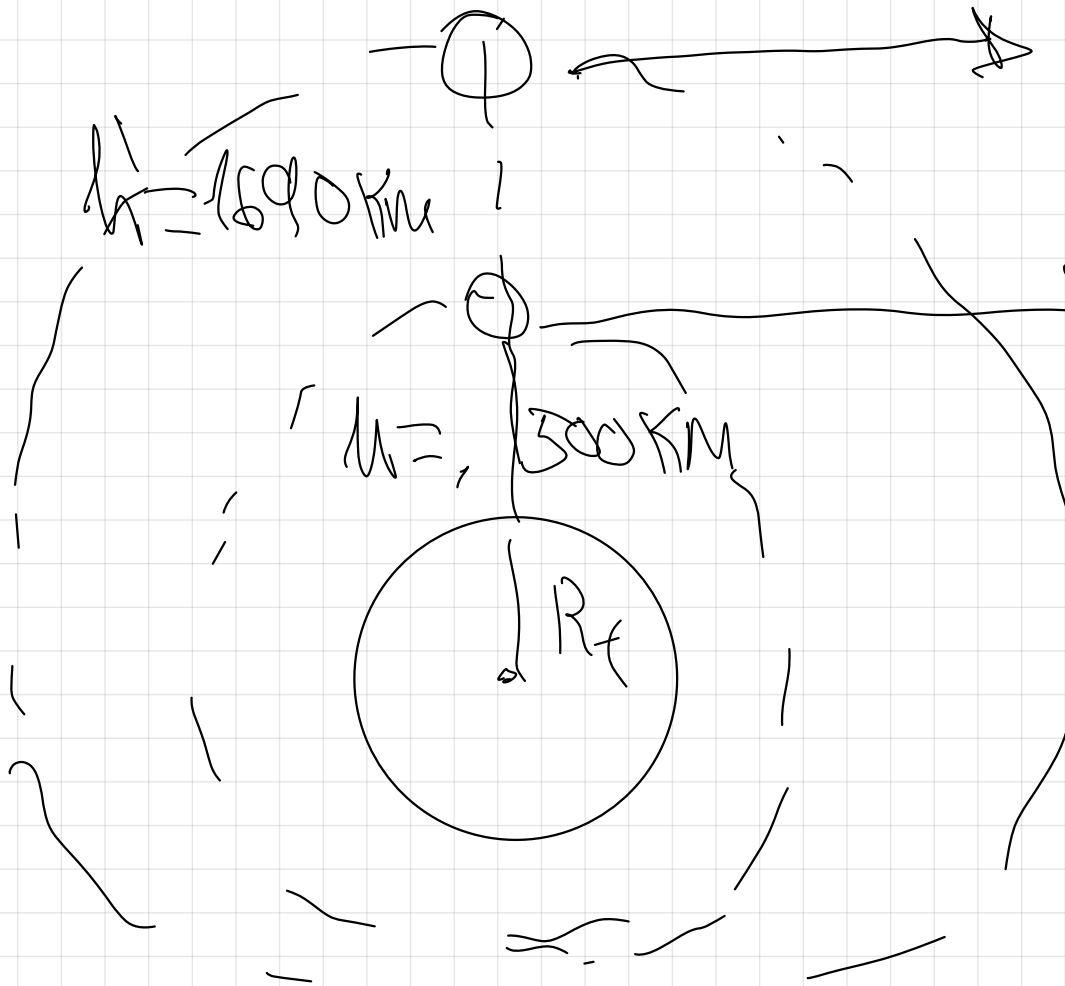
$$E_m = E_p + E_c.$$

$$E_m = -5.8 \cdot 10^9 \text{ J} + 2.9 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$E_m = -2.9 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$E_m = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2(R+h)}$$

$$E_m = -2.9 \cdot 10^9 \text{ J}$$



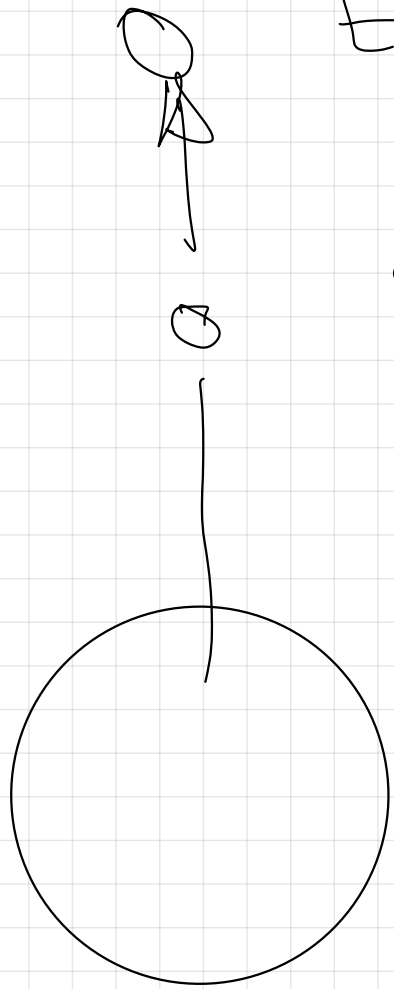
$$E_m' = -6.67 \cdot 10^{-11} \frac{5.98 \cdot 10^{24} \cdot 100}{2(6.37 \cdot 10^6 + 1.59 \cdot 10^6)}$$

$$E_m' = -2.47 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$E_m + E_{\text{ext}} = E_m'$$

$$-2.9 \cdot 10^9 + E_{\text{ext}} = -2.47 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$E_{\text{ext}} = 4.3 \cdot 10^8 \text{ J}$$



$$E_m = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2r} \Rightarrow E_m = \text{constant}$$

Σ

$$E_p = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r} \Rightarrow E_p \text{ constant}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

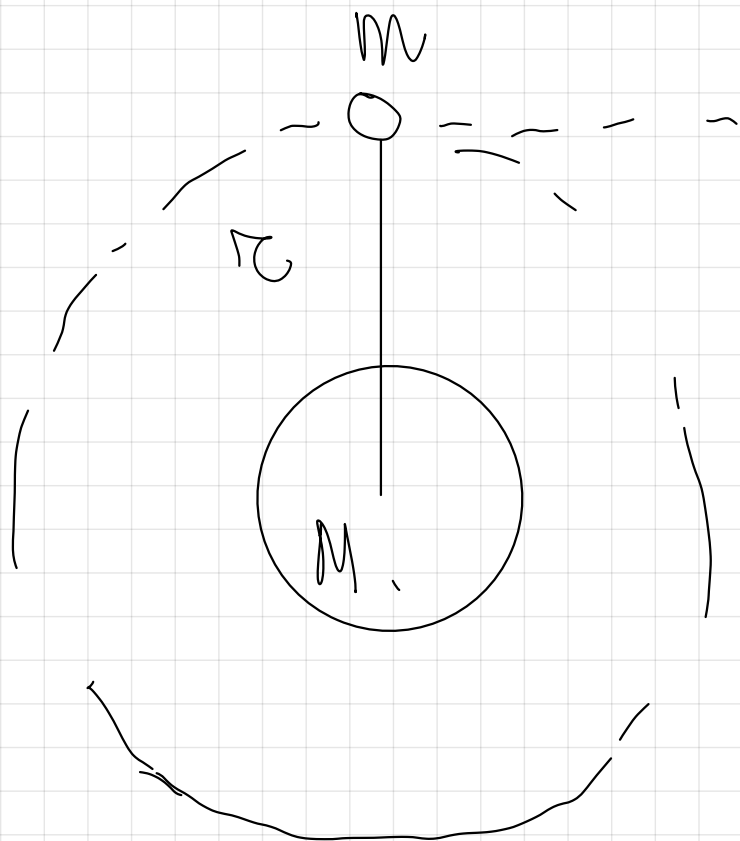


232

(17-R) a) Indique razonadamente la relación que existe entre las energías cinética y potencial gravitatoria de un satélite que gira en una órbita circular en torno a un planeta.

b) La masa del planeta Júpiter es, aproximadamente, 300 veces la de la Tierra y su diámetro 10 veces mayor que el terrestre. Calcule razonadamente la velocidad de escape de un cuerpo desde la superficie de Júpiter.

$$R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}; g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$$



$$E_{\text{pot.}} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r}$$

$$E_{\text{cin.}} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \left(\sqrt{G \frac{M}{r}} \right)^2$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

$$E_{\text{cin.}} = \frac{1}{2} G \cdot \frac{M \cdot m}{r}$$

$$E_{\text{potential}} = -G \frac{M \cdot M}{r}$$

$$\frac{E_{\text{circular}}}{E_{\text{potential}}} = \frac{\frac{1}{2} G \frac{M \cdot M}{r}}{-G \frac{M \cdot M}{r}}$$

$$E_{\text{circular}} = -\frac{1}{2} E_{\text{potential}}$$

Orbita circulara: $E_c = \frac{1}{2} |E_p|$

193 (11-R) Un satélite de 200 kg describe una órbita circular alrededor de la Tierra y su energía cinética es de $5,3 \cdot 10^9$ J.

a) Deduzca la expresión del radio de la órbita y calcule su valor y el de la energía mecánica del satélite.

b) Determine la velocidad de escape del satélite desde su posición orbital.

$$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} ; M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

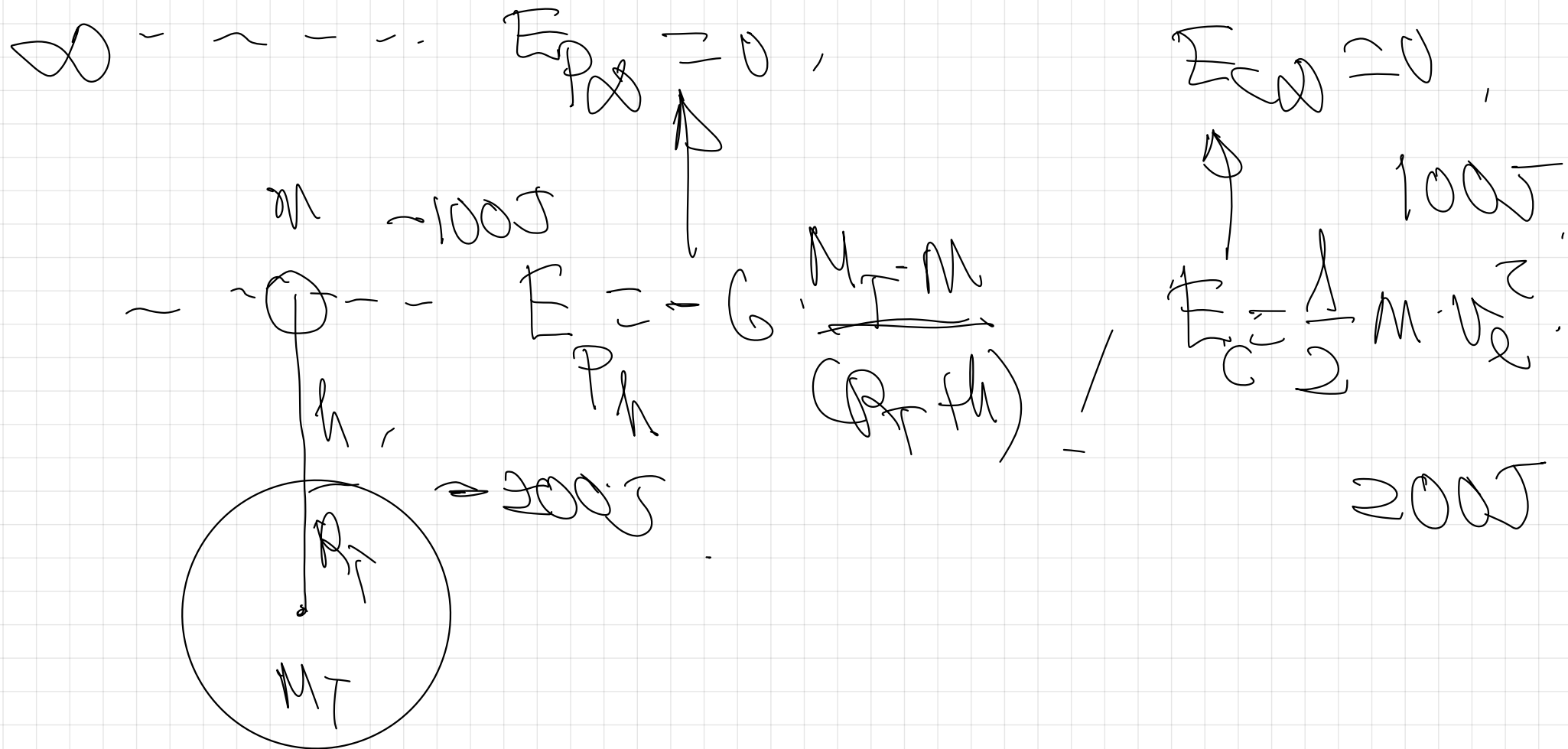


Diagram and calculations:

- Diagram shows Earth with mass M_T and radius R_T . A satellite of mass m is at a distance h from the center.
- Energy values:
 - $E_p = 200 \text{ J}$
 - $E_k = 100 \text{ J}$
 - $E = -100 \text{ J}$
- Equations:
 - $E = E_k + E_p$
 - $E = -G \frac{M_T m}{(R_T + h)}$
 - $E_k = \frac{1}{2} m v_e^2$
 - $E = -\frac{1}{2} m v_e^2$

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}}$$

$$-G \cdot \frac{M \cdot m}{(R_T + h)} + \frac{1}{2} m v_e^2 = 0 + 0,$$

$$\frac{1}{2} m v_e^2 = G \cdot \frac{M \cdot m}{(R_T + h)},$$

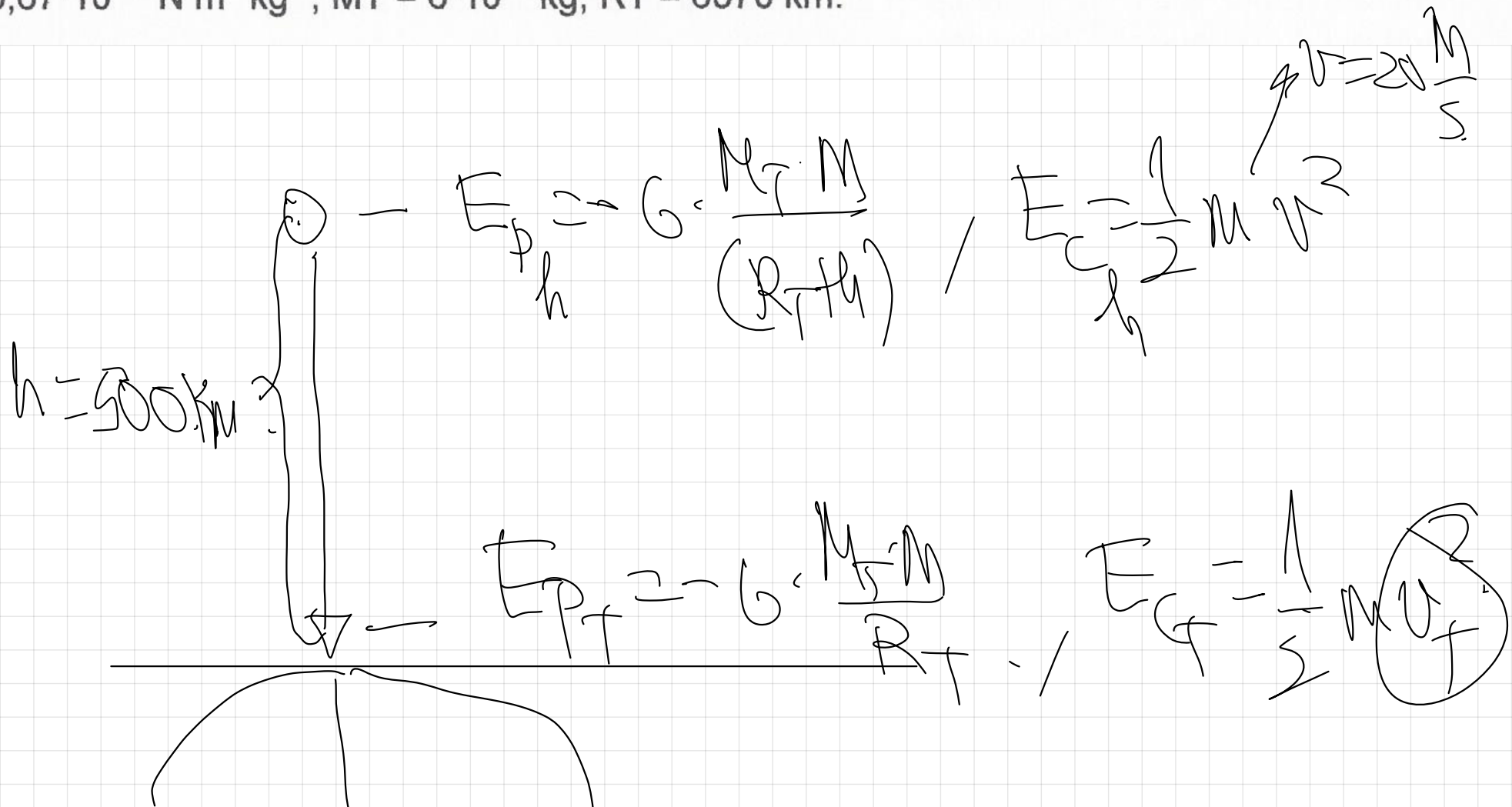
$$v_e = \sqrt{\frac{2 G M}{R_T + h}},$$

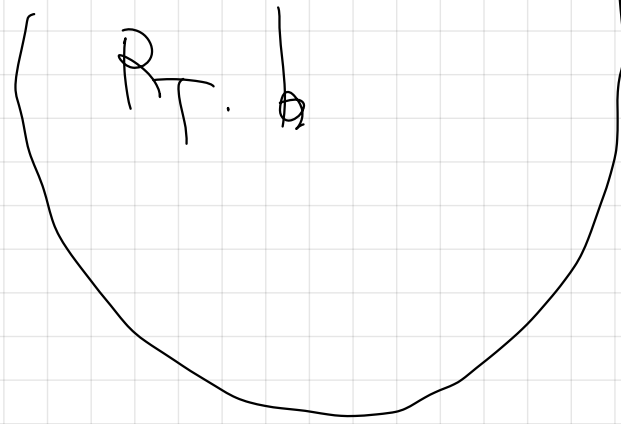
198 (12-R) Un meteorito de 400 kg que se dirige en caída libre hacia la Tierra, tiene una velocidad de 20 m s^{-1} a una altura $h = 500 \text{ km}$ sobre la superficie terrestre. Determine razonadamente:

a) El peso del meteorito a dicha altura.

b) La velocidad con la que impactará sobre la superficie terrestre despreciando la fricción con la atmósfera.

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6370 \text{ km}$.





- 232 (17-R) a) Indique razonadamente la relación que existe entre las energías cinética y potencial gravitatoria de un satélite que gira en una órbita circular en torno a un planeta.
- b) La masa del planeta Júpiter es, aproximadamente, 300 veces la de la Tierra y su diámetro 10 veces mayor que el terrestre. Calcule razonadamente la velocidad de escape de un cuerpo desde la superficie de Júpiter.
- $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$; $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$

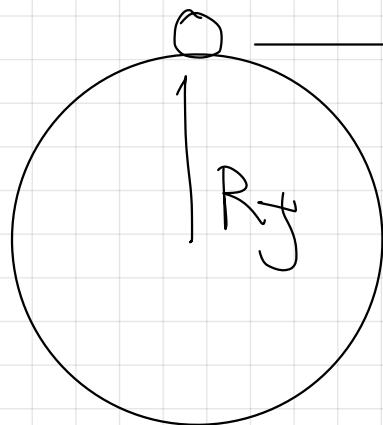
8

0

—————

$$E_{\text{pot}} = 0$$

$$/ E_{\text{kin}} = 0$$



—————

$$E_J = -G \frac{M_J \cdot m}{R_J}$$

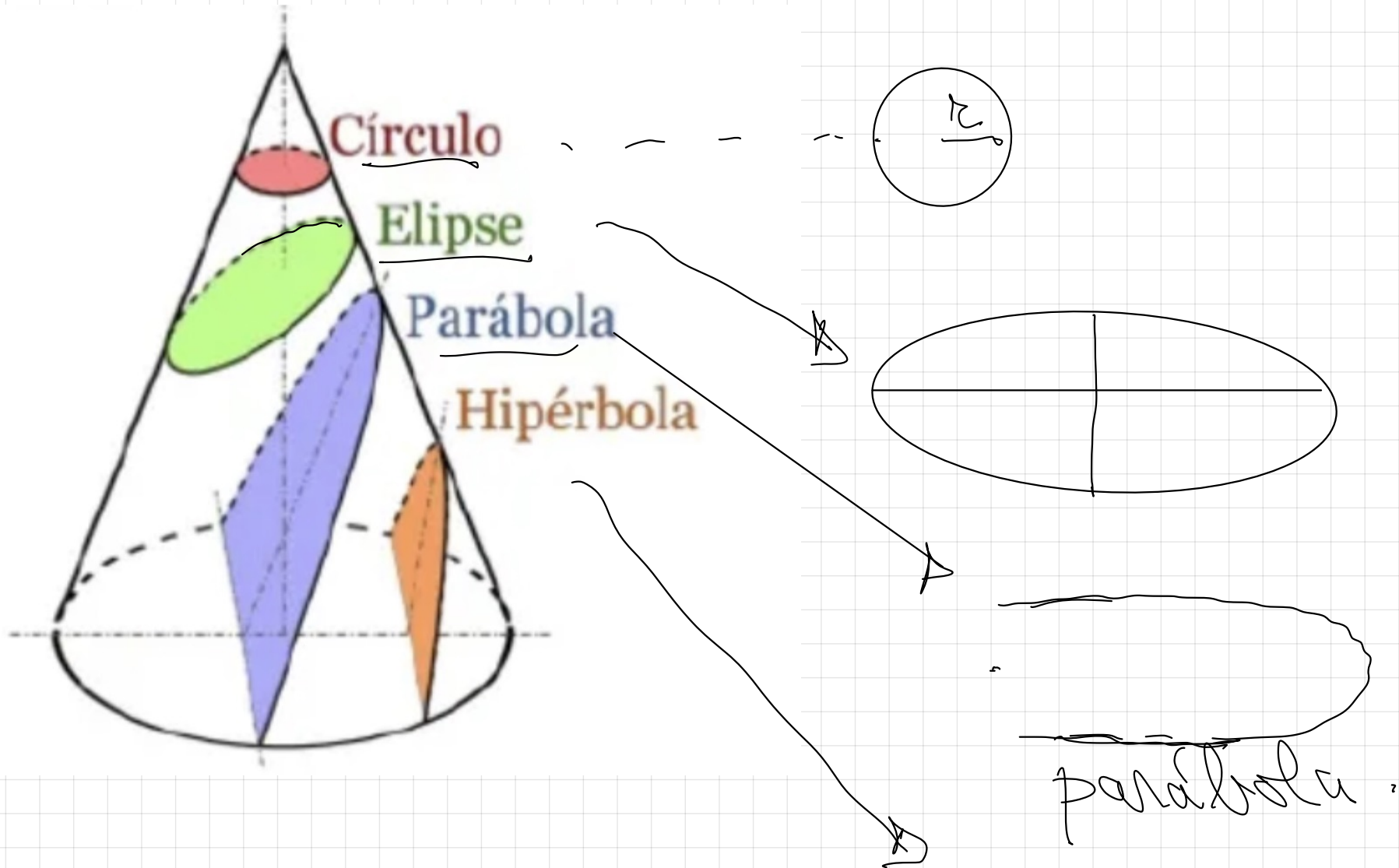
$$/ E = \frac{1}{2} m v_e^2$$

$$-G \frac{M_J \cdot m}{R_J} + \frac{1}{2} m v_e^2 = 0 + 0$$

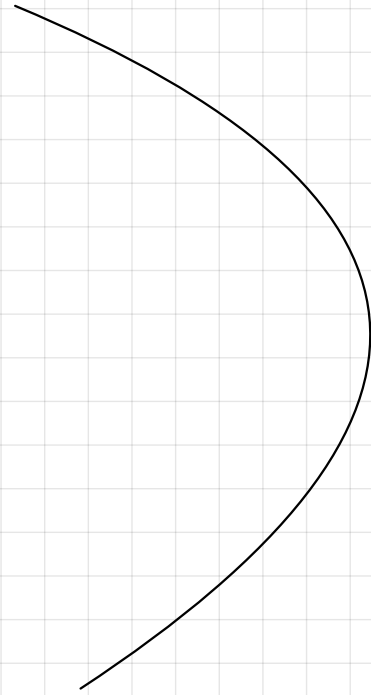
$$\frac{1}{2} \cancel{M} v_e^2 = G \cdot \frac{\cancel{M} M_J}{R_J}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2 G M_J}{R_J}}$$

preg 18. 6° Relación entre la energía y el movimiento orbital.



hippobosc.



$E_m > 0$
 $E_m = 0$

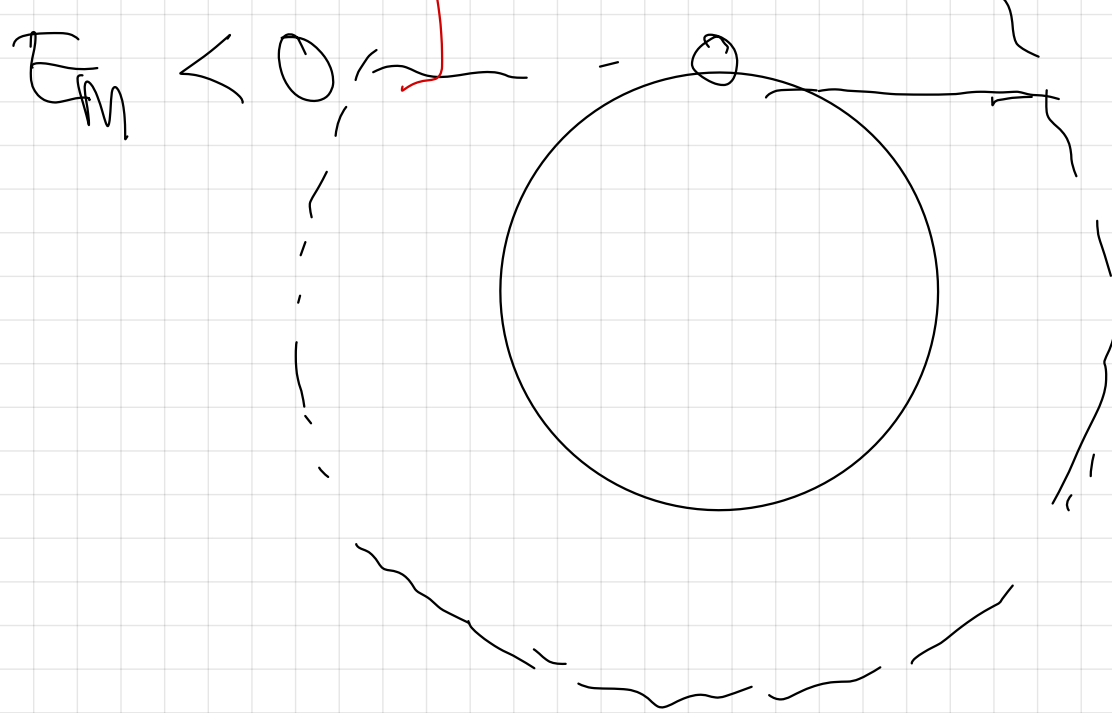
} Orbitas elipticas

$E_c > |E_p|$ — Escapa hiperbolica
 $E_c = |E_p|$ — Escapa parabolica

$E_m < 0$
 $E_m < 0$

} Orbitas circulares

$\frac{1}{2} |E_p| < E_c < |E_p|$ — No escapa orbita eliptica
 $E_c = \frac{1}{2} |E_p|$ — No escapa orbita circular



$0 < E_c < \frac{1}{2} |E_p|$ — No escapa colapso

Orbita circular $\rightarrow v_0 = \sqrt{G \frac{M}{r}}$
 $E_p = -G \frac{M \cdot m}{r}$
 $E_c = \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m \left(\sqrt{G \frac{M}{r}} \right)^2 = \frac{1}{2} G \frac{M \cdot m}{r}$

$$\frac{E_c}{E_p} = \frac{\frac{1}{2} k \frac{M \cdot M}{L}}{-k \frac{M \cdot M}{L}} \quad E_c = -\frac{1}{2} E_p$$

$$E_c = -\frac{1}{2} |E_p|$$

$$E_{p\infty} = 0$$

$$E_{c\infty} = 0$$

--- 0

$$E_p = -100 \text{ J}$$

$$E_c = |E_p|$$

$$\begin{array}{c} 11 \\ 100 \end{array}$$

$$200 \text{ J}$$

46.- Un satélite artificial de masa 100 Kg orbita en torno a un planeta describiendo una órbita circular, teniendo una energía potencial gravitatoria de valor $-5 \cdot 10^8 \text{ J}$.

a) Calcula la velocidad lineal a la que se desplaza

b) Si mediante un propulsor se duplica, sin cambiar la dirección, la velocidad lineal del satélite, ¿Qué tipo de órbita seguirá?

a) $E_p = \underline{-5 \cdot 10^8 \text{ J}}$

órbita circular

$$E_c = \frac{1}{2} |E_p| \quad \left(\text{ver páginas anteriores} \right)$$

$$E_c = \frac{1}{2} 5 \cdot 10^8 \text{ J} = 2,5 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot \cancel{v^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^8}{100}} = 2236 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$b) E_c = \frac{1}{2} m (v')^2 = \frac{1}{2} 100 \cdot (2.2236)^2 =$$

$$E_c = 2.45 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$$E_p = -5 \cdot 10^8 \text{ J}$$

$E_c > |E_p| \Rightarrow$ Escapa $E_m > 0$,
siguiente una
hipérbola
(órbita abierta)

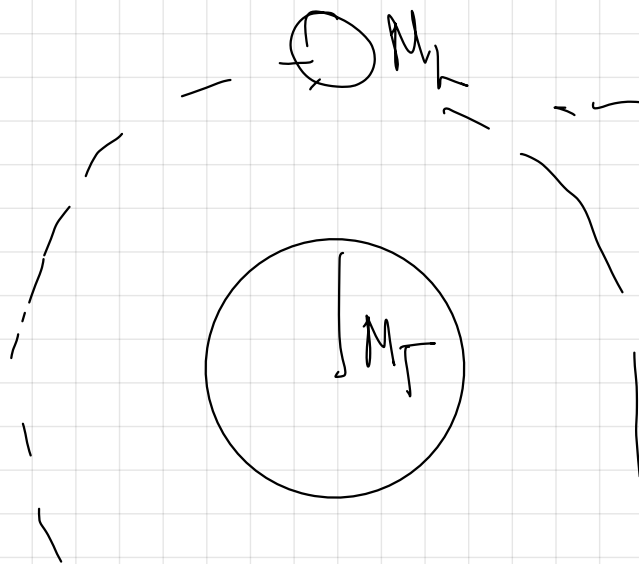


47.- La Luna es un satélite natural de la Tierra con una órbita prácticamente circular.

Razone si las siguientes afirmaciones acerca de ella son verdaderas o falsas

- a) La energía potencial gravitatoria de la Luna es igual, en valor absoluto, a su energía cinética
- b) La energía mecánica de la Luna es positiva
- c) La energía potencial gravitatoria de la Luna es igual, en valor absoluto, al doble de su energía cinética
- d) La energía cinética de la Luna no está relacionada con su energía potencial gravitatoria

a)

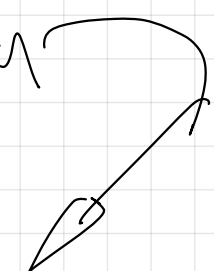


Falsa.

$$|E_p| = E_c \Rightarrow E_m = 0$$

la luna escapa.
(parábola)

b) $E_m > 0$. Falsa, está ligada
al campo gravitatorio tenemos $E_m < 0$.

c) Órbita circular
 $E_c = \frac{1}{2} |E_p|$ 

$$|E_p| = 2E_c.$$

d) Se está relacionada, y en

La data actual se cumple que

$$E_i \supset \frac{1}{2} |E_p|$$

48.- Un satélite orbita en torno a un planeta con una órbita circular. Razone la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones

- a) Su energía mecánica es cero
- b) Su energía mecánica es igual a menos su energía cinética
- c) Su energía potencial es igual a menos su energía cinética partido dos

a) $E_m > 0$ Falso, escaparía de la influencia del planeta.

$$E_m = -G \frac{M \cdot m}{2r}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$
$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot \left(\sqrt{G \frac{M}{r}} \right)^2$$
$$E_c = G \frac{M \cdot m}{2r}$$

$$\frac{F_c}{E_m} \approx \frac{G \cdot \frac{M \cdot m}{2R}}{-G \frac{M \cdot m}{2R}}$$

$$\frac{F_c}{E_m} \approx -1.$$

Verdadeiro, $\triangleleft$

$$\left[E_m = F_c \right]$$

Q)

$$F_p \approx G \frac{M \cdot m}{R}$$

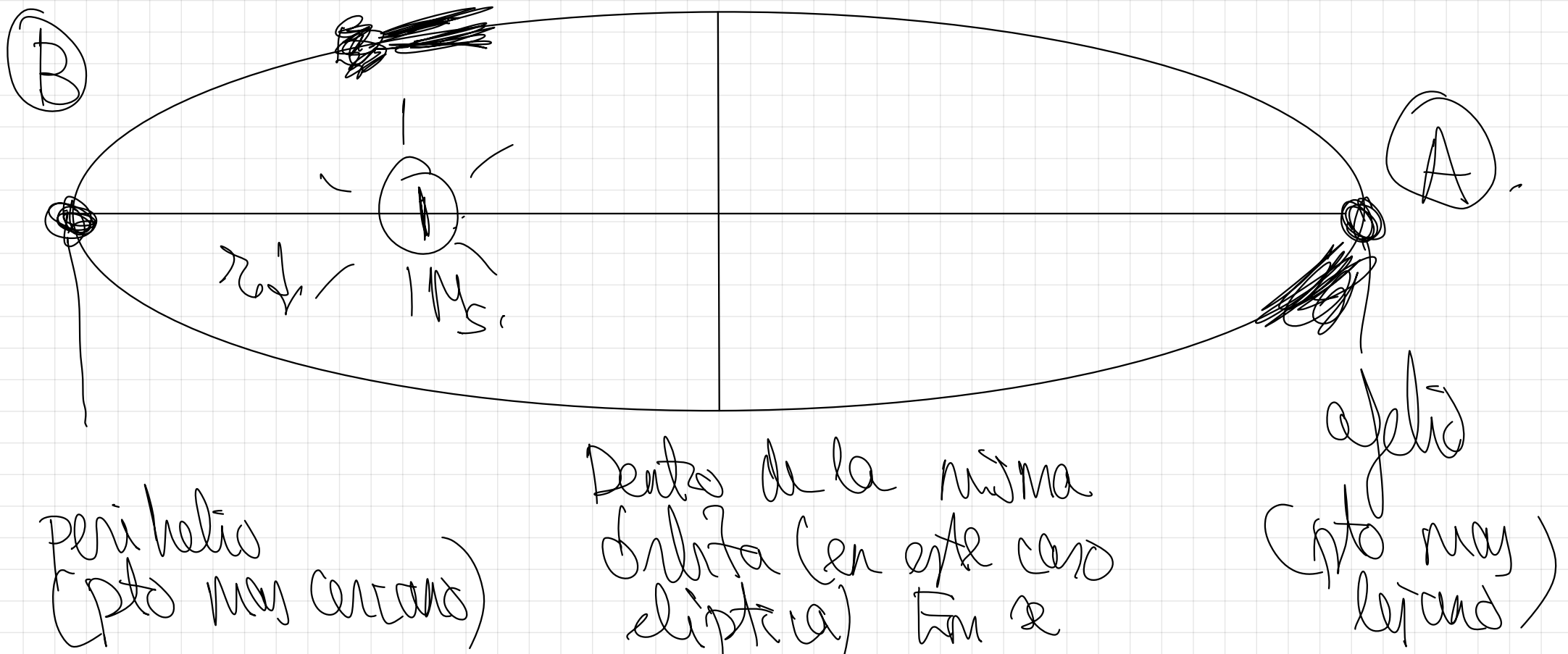
$$F_c \approx G \frac{M \cdot m}{2R} \quad \left(\rightarrow \frac{F_c}{2} \right)$$

$$-G \frac{M \cdot m}{R} \neq -G \frac{M \cdot m}{4R} \quad \triangleleft$$

hasta B

➤ 44.- Sean A y B dos puntos de la órbita elíptica de un cometa alrededor del Sol, estando A más alejado del Sol que B.

- ¿En cuál de los dos puntos es mayor el módulo de la velocidad?, ¿y el de la aceleración?
- Comparar los valores de energía cinética y potencial en A y en B



$$E_P = -G \frac{M \cdot M}{r_B}$$

$$E_C = \frac{1}{2} m v_B^2$$

(Solo actúa la F_G).
~~conservación~~

$$r_A > r_B \Rightarrow$$

$$E_A > E_B$$

$$E_P = -G \frac{M \cdot M}{r_A}$$

$$-E_A > E_B$$

$$E_n = \text{cte}$$

$$E_C = \frac{1}{2} m v_A^2$$

$$E_B > E_A$$

$$v_B > v_A$$

$g \Rightarrow$ aceleración. $g = G \cdot \frac{M_s}{r^2}$ ↓

↓
La aceleración es mayor cuanto más
cerca del sol estamos (B).

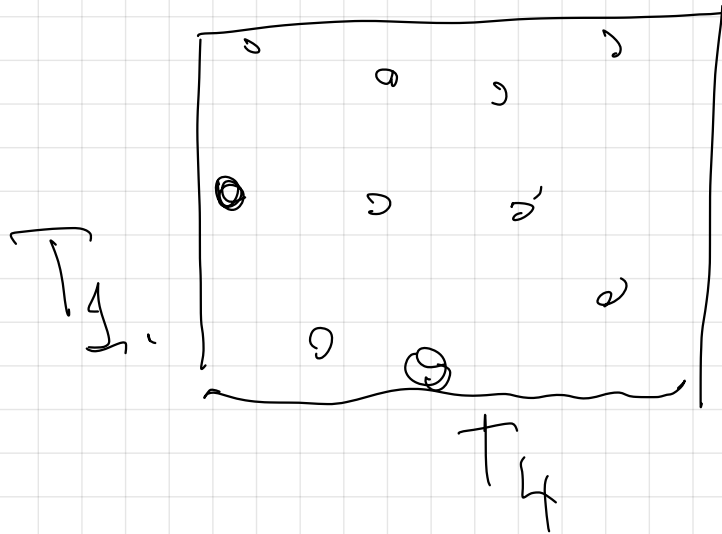
b) Ya hecho.

pag 2

2.- INTERACCIONES A DISTANCIA: CONCEPTO DE CAMPO

Magnitud escalar.

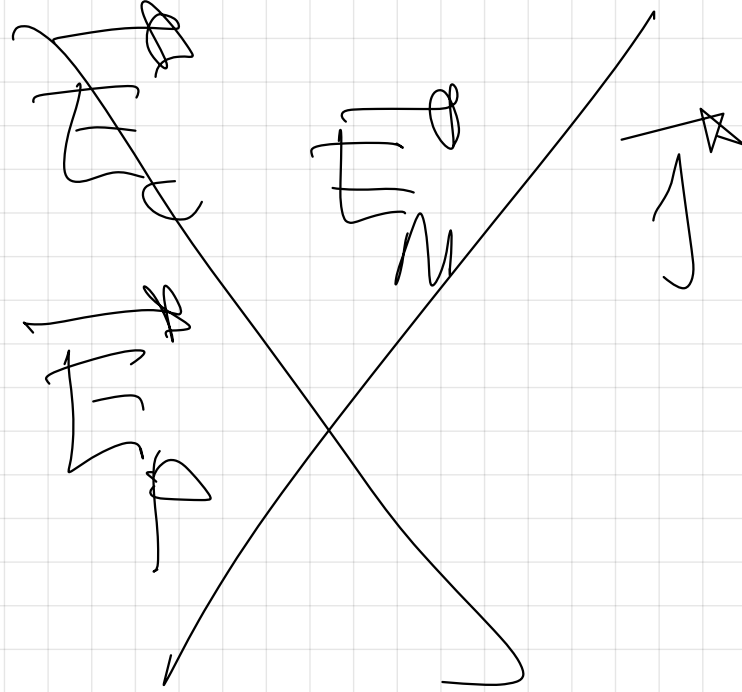
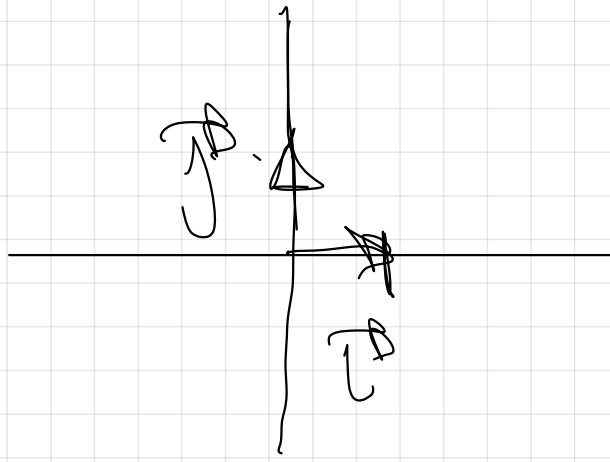
~ No tiene ni dirección
ni sentido

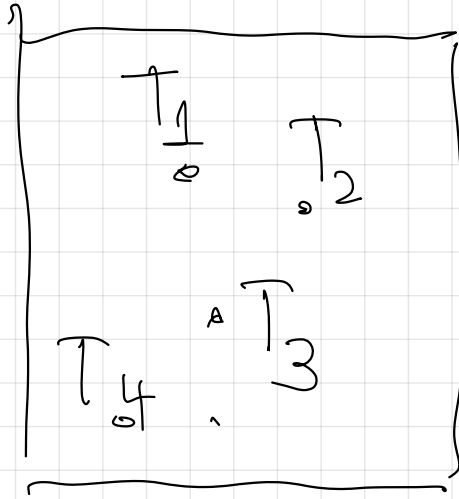


Magnitud vectorial.

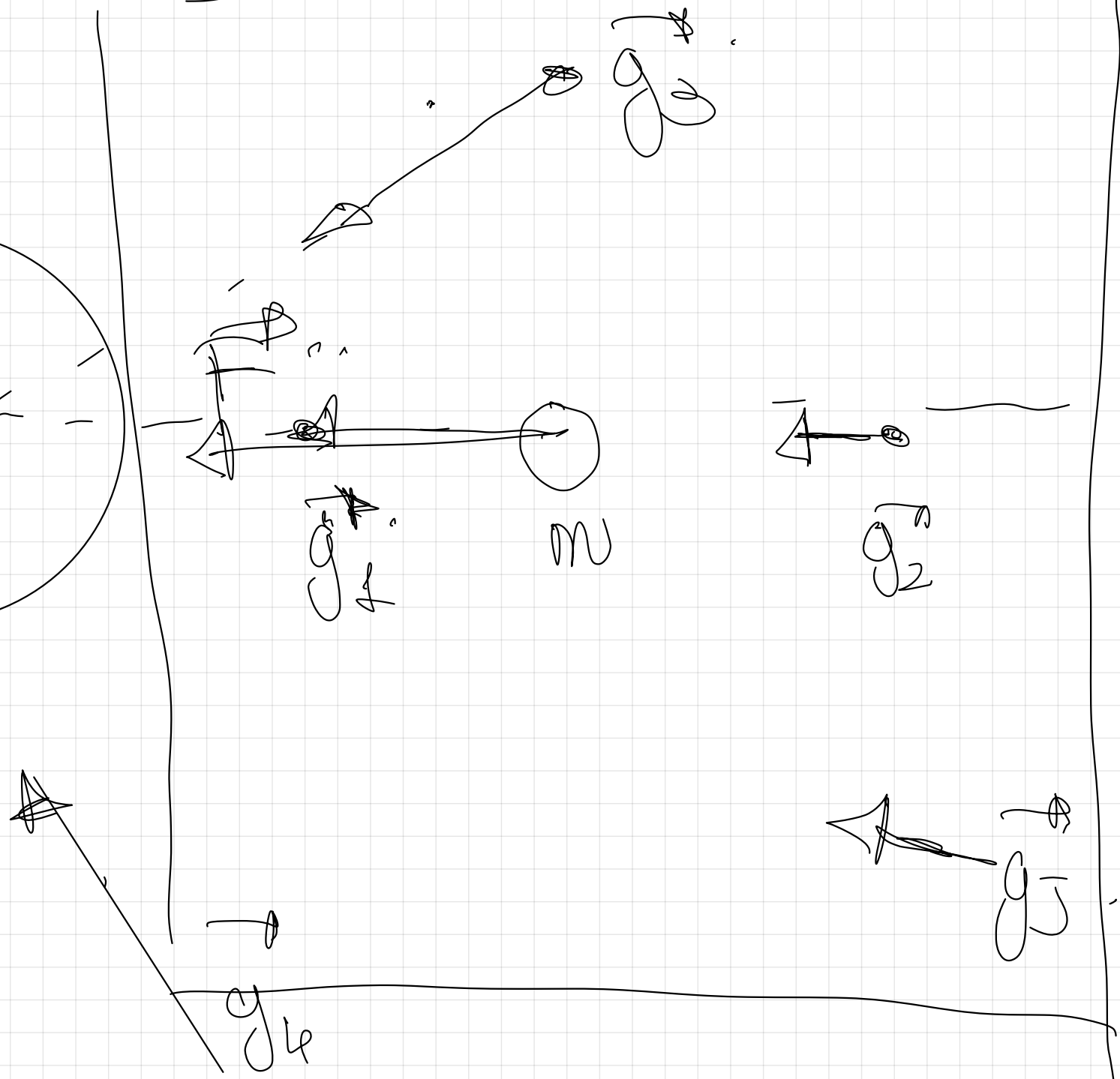
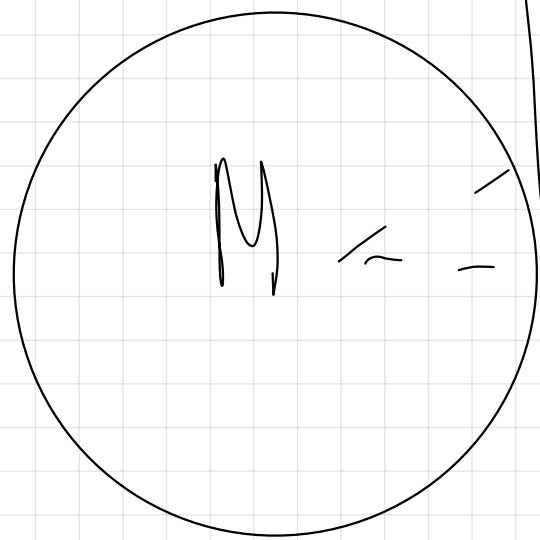
- Módulo (valor)
- Dirección
- Sentido

$$\begin{array}{lcl}
 \uparrow & = & 15 \\
 \downarrow & = & -30
 \end{array}
 \begin{pmatrix} m \\ 5 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix} m \\ 5 \end{pmatrix}$$





$$g = 6 \frac{M}{r^2}$$



Celsius,

Kelvin,

100°C —

373K

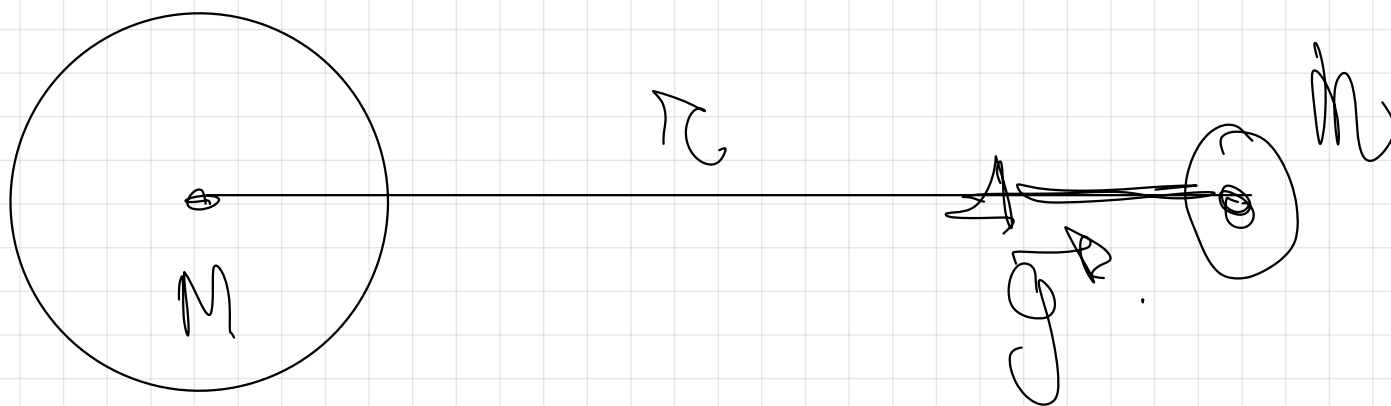
0°C —

273K

-4°C —

-273°C —

0K



$$F = m \cdot |g|$$

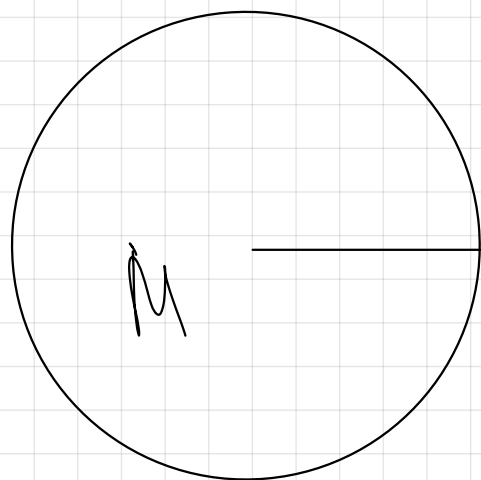
$$g = \frac{F}{m} = \frac{G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}}{m} = \frac{G M}{r^2}$$

$$g = \frac{N}{kg}$$

$$\frac{N}{kg} = \frac{kg \cdot \frac{m}{s^2}}{kg} = \frac{m}{s^2}$$

$$10 \frac{N}{kg}$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

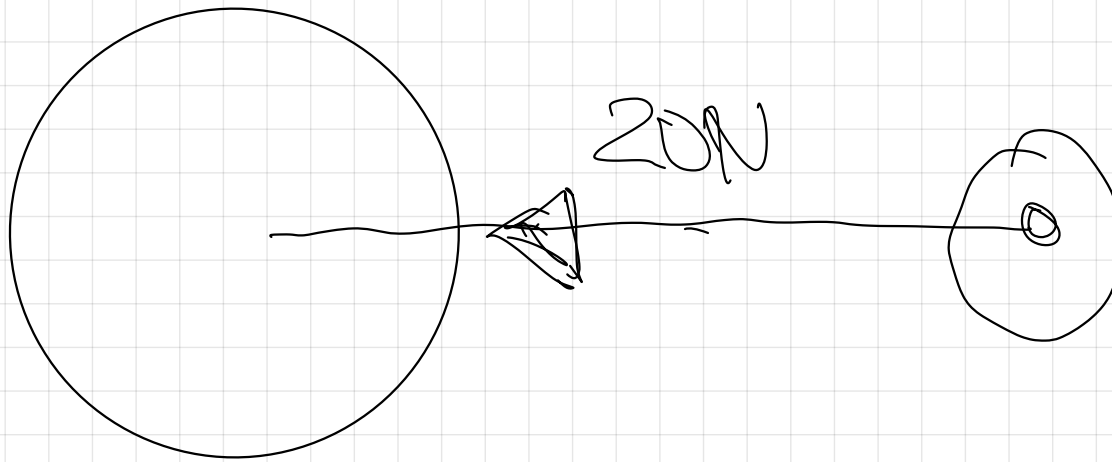


20 N.



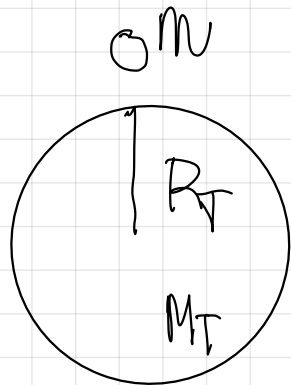
$$g = 10 \frac{N}{kg}$$

$$m = 1 kg$$

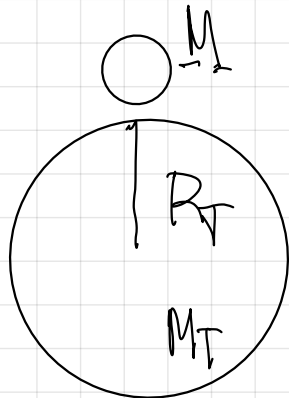


$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$
$$m = 2 \text{ kg}$$

10.- Según la Ley de la gravitación, la fuerza que ejerce la Tierra sobre un cuerpo es proporcional a la masa de éste. Si es así, ¿ Porqué no caen más deprisa los cuerpos con mayor masa?



$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$



$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T^2}$$

$$F = m \cdot g$$

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

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

La aceleración de caída g es la misma
independientemente de la masa del cuerpo. 

5.- PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN.

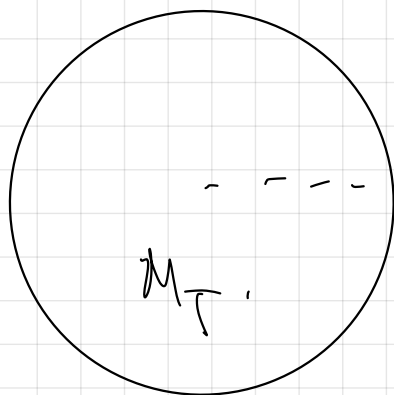
Tanto la fuerza gravitatoria F como la intensidad del campo gravitatorio g son magnitudes vectoriales, es decir, poseen un valor o módulo, una dirección y un sentido. El principio de superposición nos dice que cuando un cuerpo se somete a varias fuerzas, la fuerza resultante es igual a la suma de todas ellas, o sea:

$$\vec{F} = \sum \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$

La intensidad del campo gravitatorio en ese punto será por tanto:

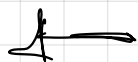
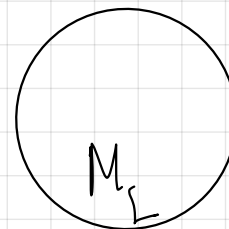
$$\vec{g} = \vec{F}/m = \sum \vec{F}_i/m = \vec{g}_1 + \vec{g}_2 + \vec{g}_3 + \dots + \vec{g}_n$$

Cumpléndose también para g el principio de superposición



$$g = 98 \frac{m}{s^2}$$

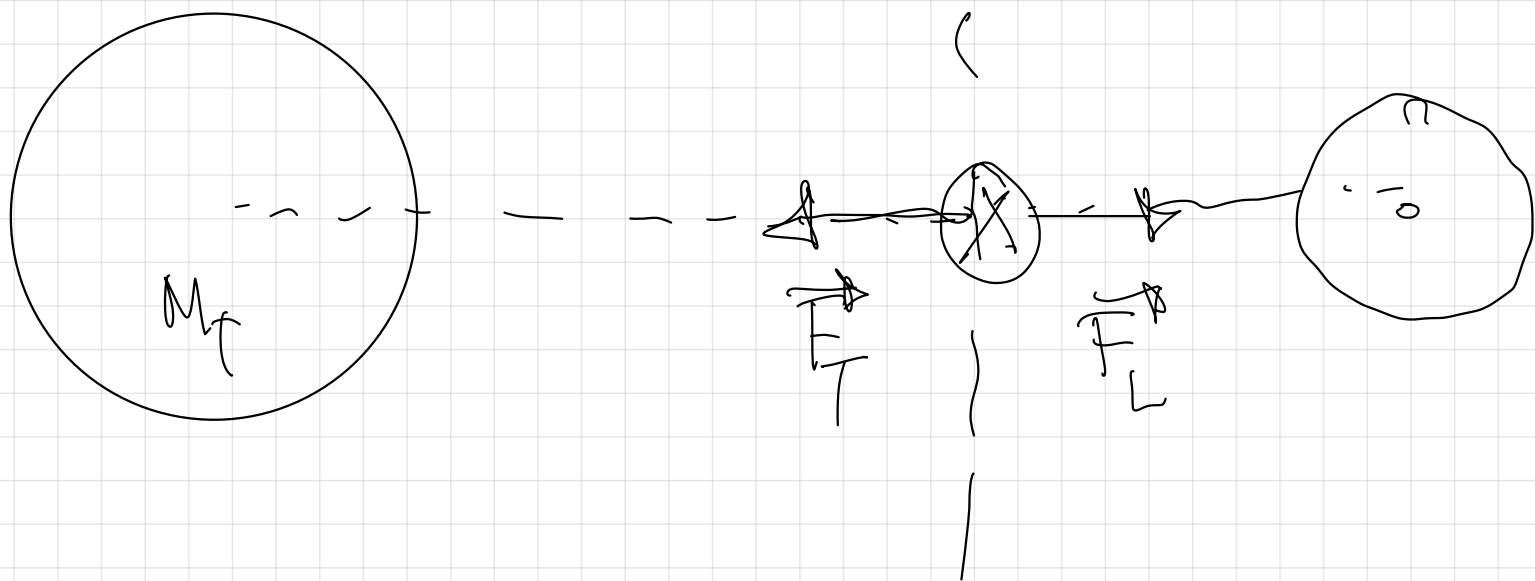
$$g = 1 \frac{m}{s^2}$$

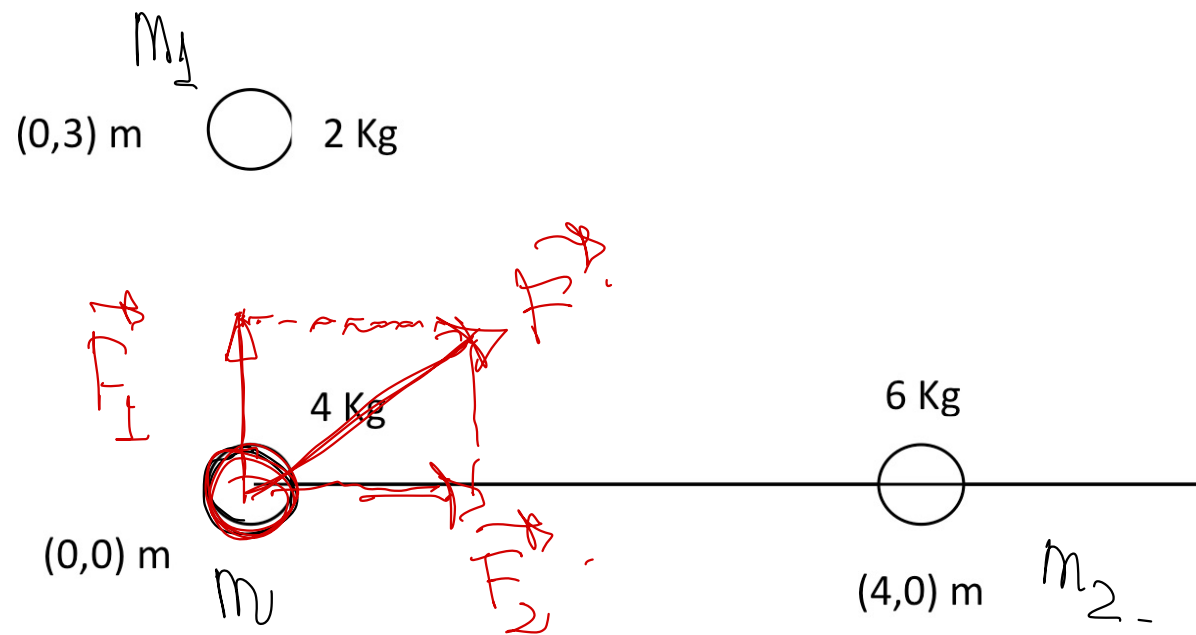


$$g = 8'8 \frac{m}{s^2}$$

$$\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ \circ \\ \downarrow \end{array} \right] \equiv \sum \begin{array}{c} \uparrow \\ \circ \\ \downarrow \end{array}$$

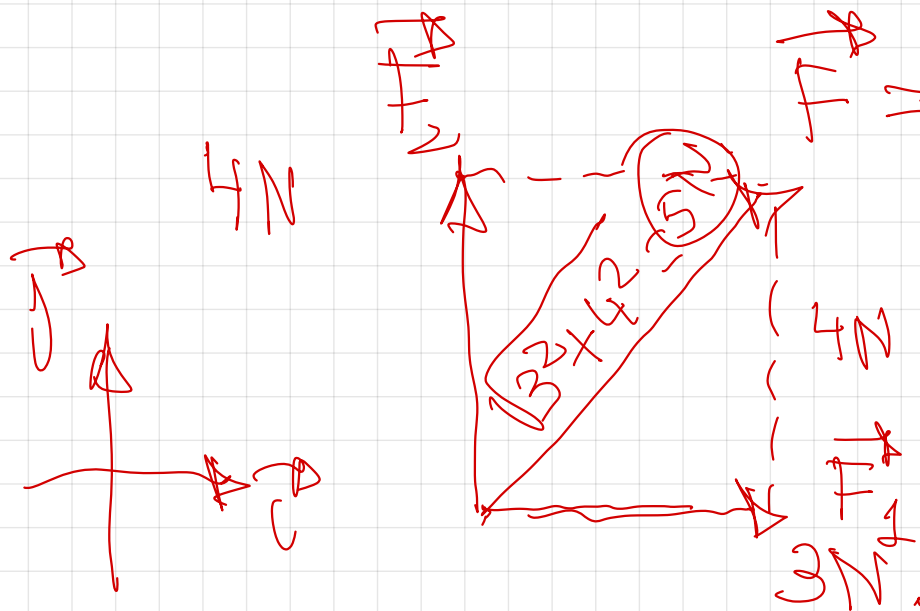
$$\uparrow \downarrow \equiv \sum \uparrow \downarrow$$





Calcula el vector fuerza gravitatoria resultante sobre la masa de 4 Kg , así como su módulo y dibuja en un esquema todas las fuerzas que aparecen
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

Principio de superposición
 $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$



$$\vec{F} = 3\vec{i} + 4\vec{j} \text{ (N)}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$F = 3\text{N} + 4\text{N} = 7\text{N}$$

$$\vec{F}_1 = +3\vec{i}$$

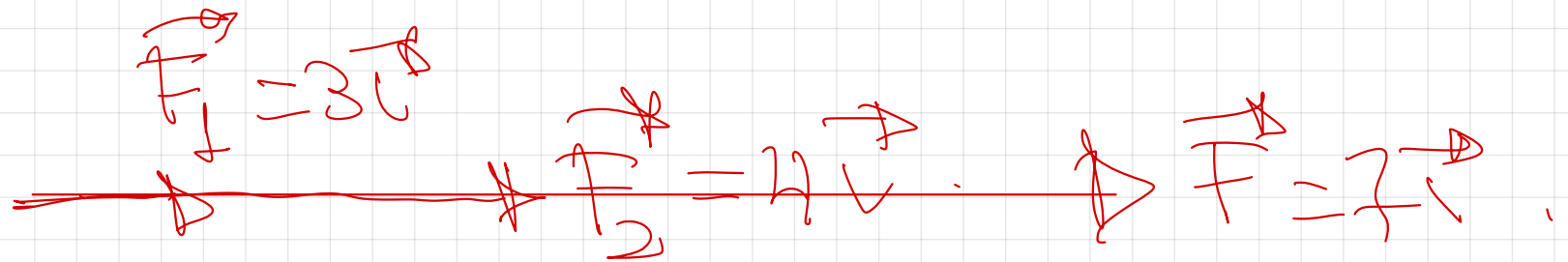
$$\vec{F}_2 = +4\vec{j}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{F} = 3\vec{i} + 4\vec{j} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2}$$

$$= \sqrt{25} = 5 \text{ N.}$$



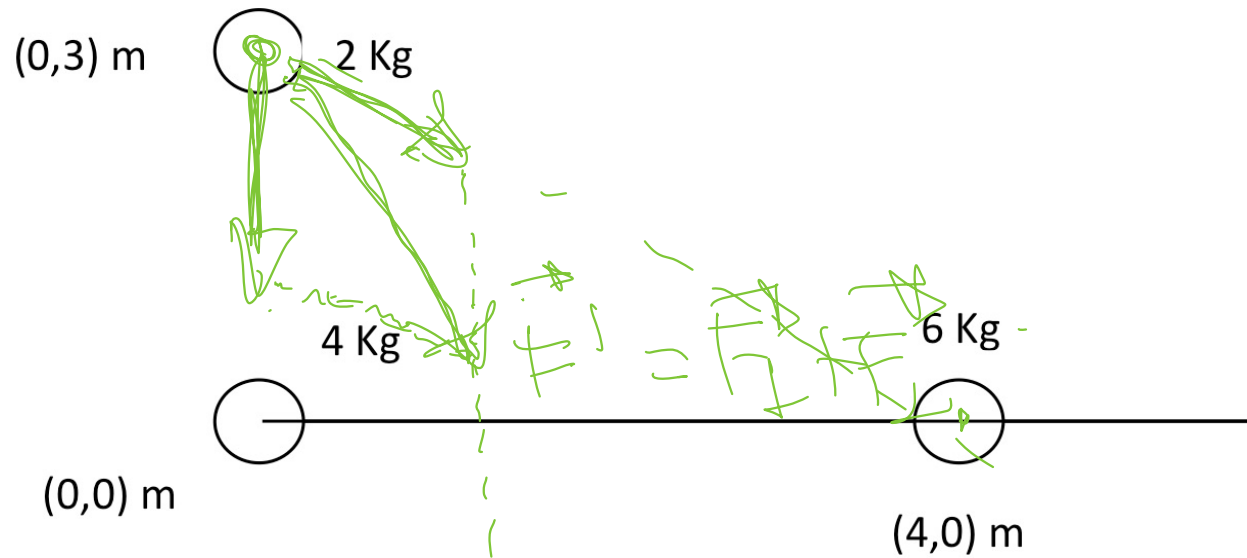
$$\vec{F}_1 = 3\vec{e}_1 \quad \vec{F}_2 = 4\vec{e}_2 \quad \vec{F} = 5\vec{e}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{F} = 3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2$$

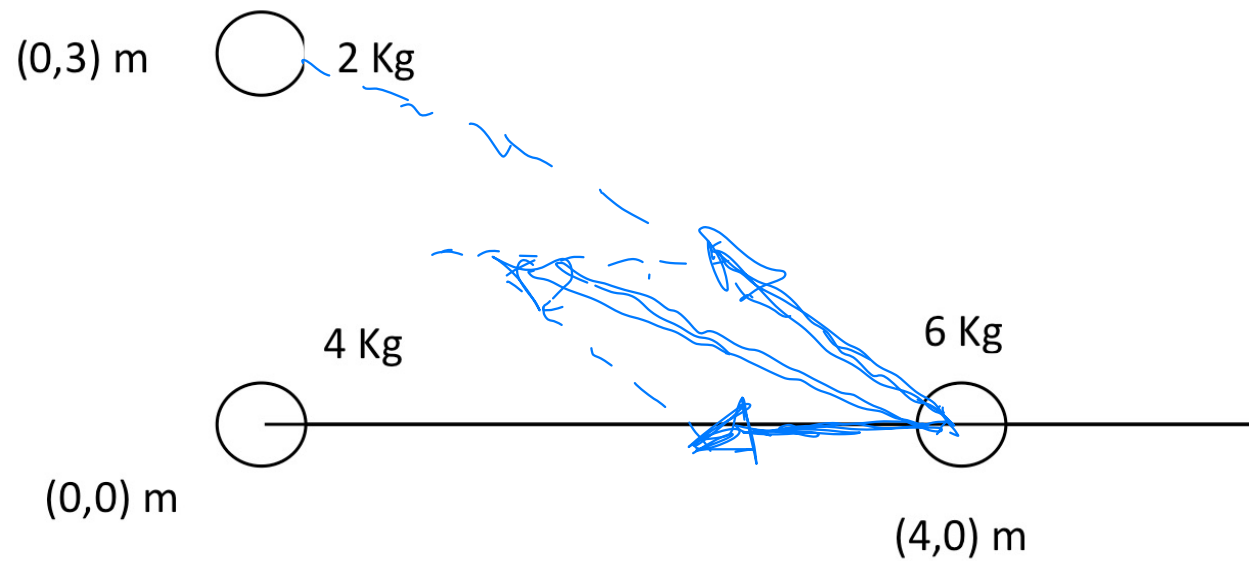
$$|\vec{F}| = 5$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{49} = 7 \text{ N}$$

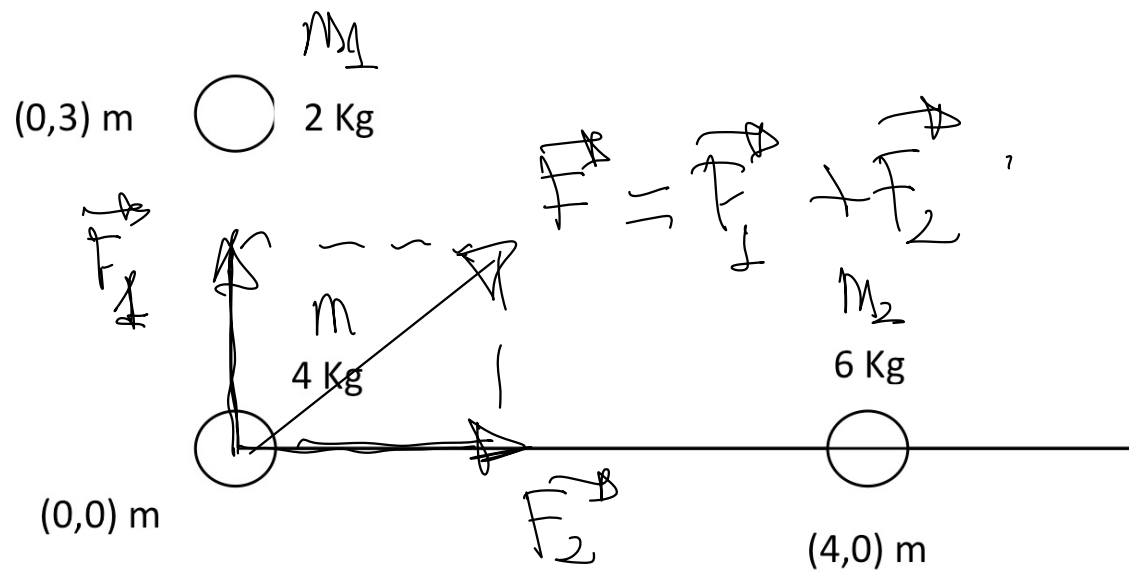


Calcula el vector fuerza gravitatoria resultante sobre la masa de 4Kg, así como su módulo y dibuja en un esquema todas las fuerzas que aparecen

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

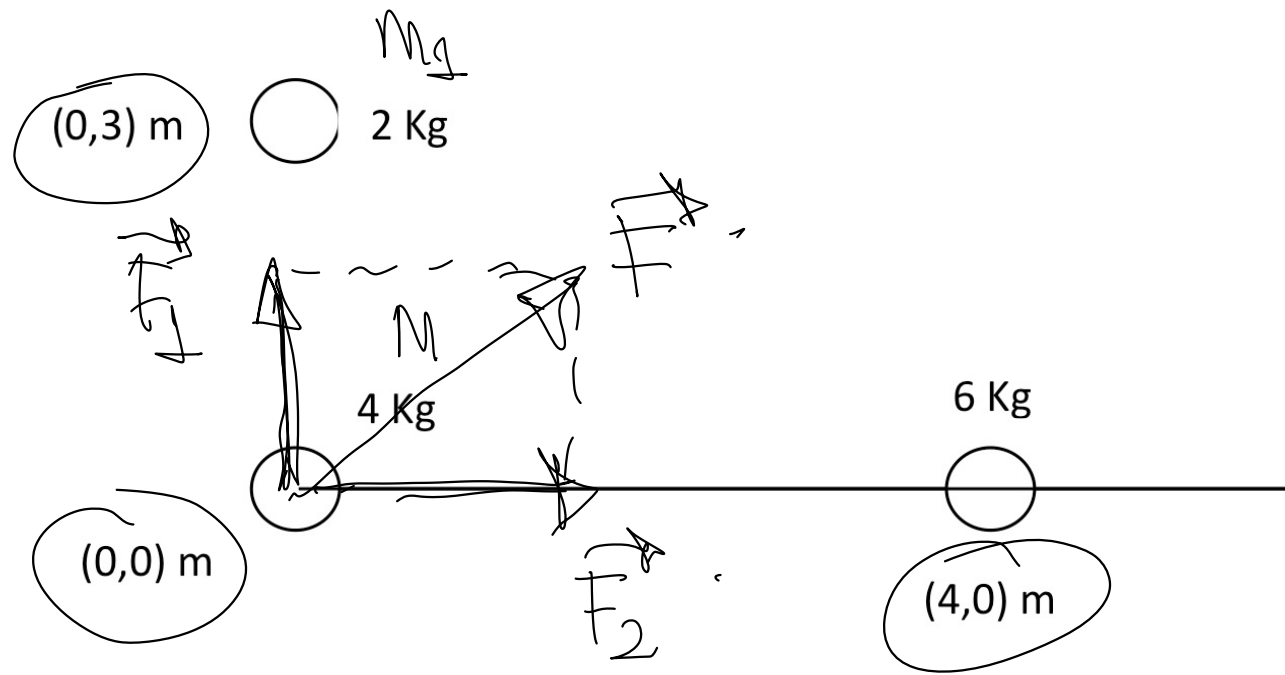


Calcula el vector fuerza gravitatoria resultante sobre la masa de 4Kg, así como su módulo y dibuja en un esquema todas las fuerzas que aparecen
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$



Calcula el vector fuerza gravitatoria resultante sobre la masa de 4Kg, así como su módulo y dibuja en un esquema todas las fuerzas que aparecen
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

En las magnitudes vectoriales primero hallo el módulo y después le asigno dirección y sentido.



Calcula el vector fuerza gravitatoria resultante sobre la masa de 4 Kg , así como su módulo y dibuja en un esquema todas las fuerzas que aparecen

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

$$|F_1| = G \cdot \frac{m \cdot M_1}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{4 \cdot 2}{3^2} = 5,92 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

$$F_1 = + 5,92 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

$$|\vec{F}_2| = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{4 \cdot 6}{4^2} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ N.}$$

$$\vec{F}_2 = + 10^{-10} \vec{e} \quad (\text{N})$$

Princípio da superposição-

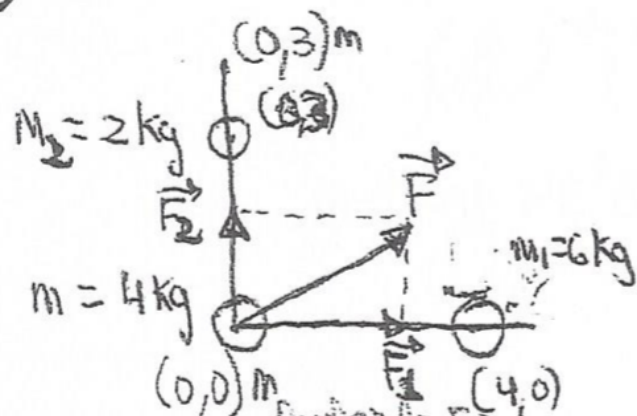
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 10^{-10} \vec{e} + 5,92 \cdot 10^{-11} \vec{e} \quad (\text{N})$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(10^{-10})^2 + (5,92 \cdot 10^{-11})^2}$$

$$|\vec{F}| = 1,16 \cdot 10^{-10} \text{ N.}$$

11

a)



Sola/ nos piden ~~la~~ F_1 aparece en la masa de 4 kg, aunque ~~no~~ todas las F q aparecerían serían

$$|\vec{F}_2| = G \cdot \frac{m_2 \cdot m}{r^2}$$

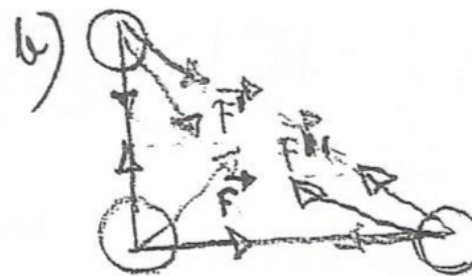
$$|\vec{F}_2| = 667 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{2 \cdot 4}{3^2} = 5.93 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = 5.93 \cdot 10^{-11} \vec{j} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}_1| = G \cdot \frac{m_1 \cdot m}{r^2}$$

$$|\vec{F}_1| = 667 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 4}{4^2} = 10^{-10} \text{ N}$$

$$\vec{F}_1 = 10^{-10} \vec{i} \text{ (N)}$$



Ppco de superposición

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 10^{-10} \vec{i} + 5.93 \cdot 10^{-11} \vec{j} \text{ (N)} \Rightarrow \text{Vector } \vec{F}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{|\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_2|^2} = \sqrt{(10^{-10})^2 + (5.93 \cdot 10^{-11})^2} = 1.16 \cdot 10^{-10} \text{ N}$$

Cuidado: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

~~$F = F_1 + F_2$~~

Problema 12b.

①

En dos puntos A y B de coordenadas $(20, 0)\text{m}$ y $(0, 20)\text{m}$ se sitúan dos masas puntuales de 10 kg cada una.

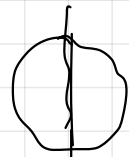
a) Dibuja y calcula el vector campo gravitatorio producido por cada una de estas dos masas y el total en el punto C $(20, 20)\text{m}$

b) Halla la Fuerza sobre una masa puntual de 5 kg situada en el punto C.

$$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

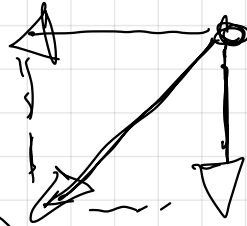
$$m_B = 10 \text{ kg}$$

$$(0, 20) \text{ m}$$



$$\vec{g}_B$$

$$C (20, 20) \text{ m}$$



$$\vec{g}_A$$

$$m_A = 10 \text{ kg}$$



$$(20, 0) \text{ m}$$

Primer halla los módulos:

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

$$|\vec{g}_A| = G \cdot \frac{m_A}{r_A^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10}{20^2} = 1.66 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}^2 \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right)$$

$$\vec{g}_A = -1.66 \cdot 10^{-12} \hat{x} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$|\vec{g}_B| = G \cdot \frac{M_B}{r_B^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10}{20^2} = 1,66 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}^2.$$

$$\vec{g}_B = -1,66 \cdot 10^{-12} \vec{e} \quad (\text{m/s}^2)$$

Princípio de superposição.

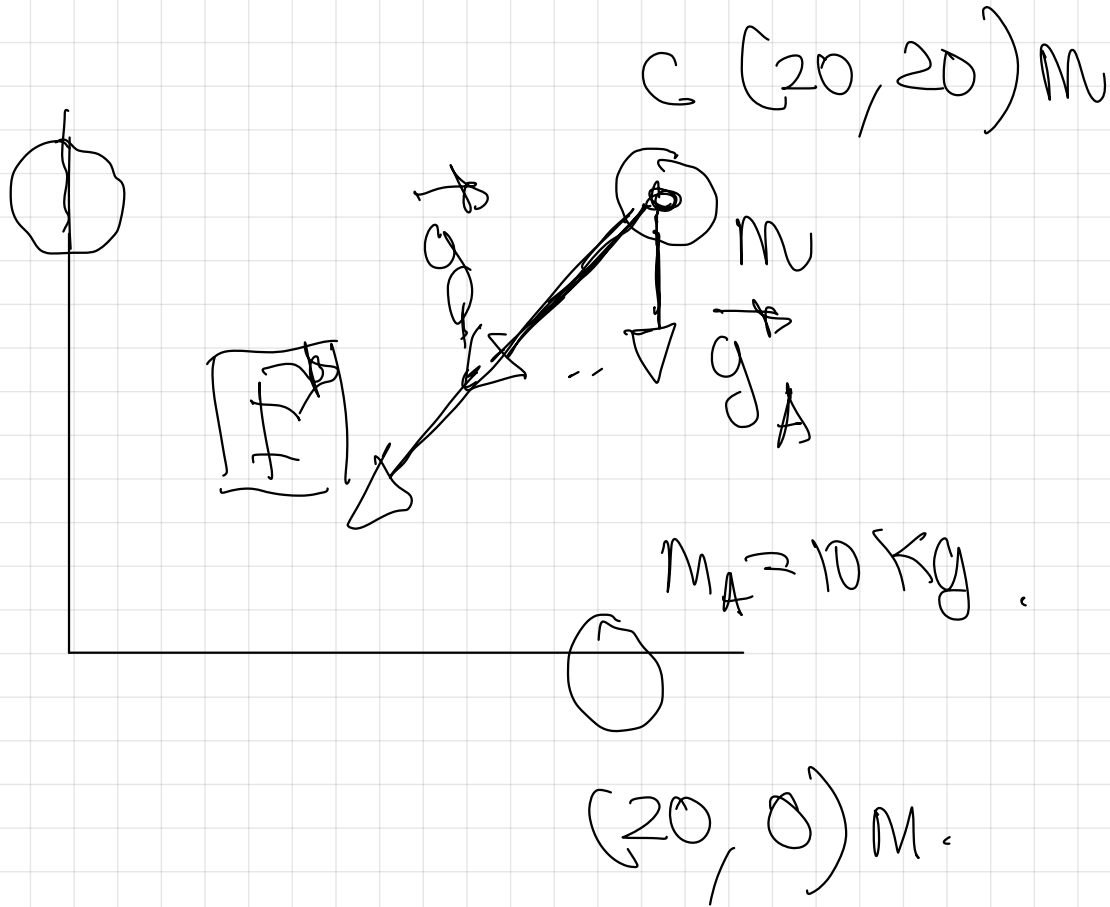
$$\vec{g} = \vec{g}_A + \vec{g}_B$$

$$\vec{g} = -1,66 \cdot 10^{-12} \vec{e} - 1,66 \cdot 10^{-12} \vec{e} \quad (\text{m/s}^2)$$

$$|\vec{g}| = \sqrt{x^2 + y^2} = 2,34 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}^2.$$

$$m_B = 10 \text{ kg}$$

$$(0, 20) \text{ m}$$



N_2
11

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g} = 5 \text{ kg} \cdot \left(-1.66 \cdot 10^{-12} \hat{i} - 1.66 \cdot 10^{-12} \hat{j} \right) \text{ N}$$

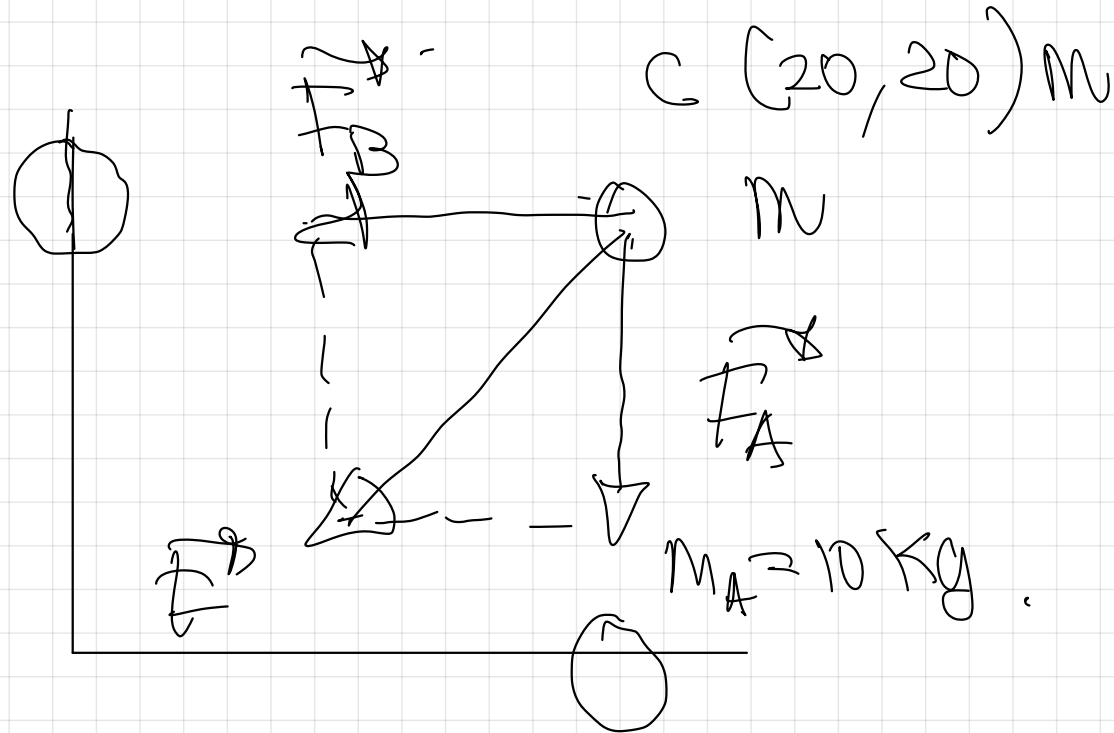
$$\vec{F} = -8.3 \cdot 10^{-12} \hat{i} - 8.3 \cdot 10^{-12} \hat{j} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-83 \cdot 10^{-12})^2 + (-813 \cdot 10^{-12})^2}$$

$$|\vec{F}| = 117 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

$$|\vec{F}| = m \cdot |\vec{g}| = 5 \text{ kg} \cdot 2134 \cdot 10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

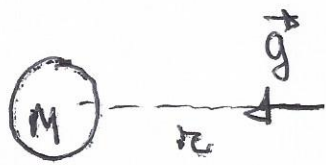
$$|\vec{F}| = 117 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

$$m_B = 10 \text{ kg}$$
$$(0, 2\pi) \text{ m}$$

$$F = F_A + F_B \quad (20 \text{ 0}) \text{ m.}$$

EJERCICIOS CÁLCULO DE MAGNITUDES VECTORIALES CAMPO GRAVITATORIO.

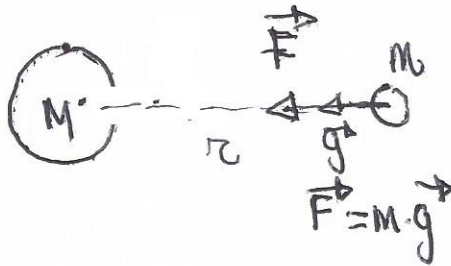
1

$$|\vec{g}| = g = G \cdot \frac{M}{r^2}$$



$\vec{g} \Rightarrow$ campo gravitatorio o intensidad del campo gravitatorio en un punto creado por la Masa M

$$|\vec{F}| = F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$



$\vec{F} \Rightarrow$ Fuerza gravitatoria experimentada por la masa m situada en dicho punto.

EJERCICIOS

①

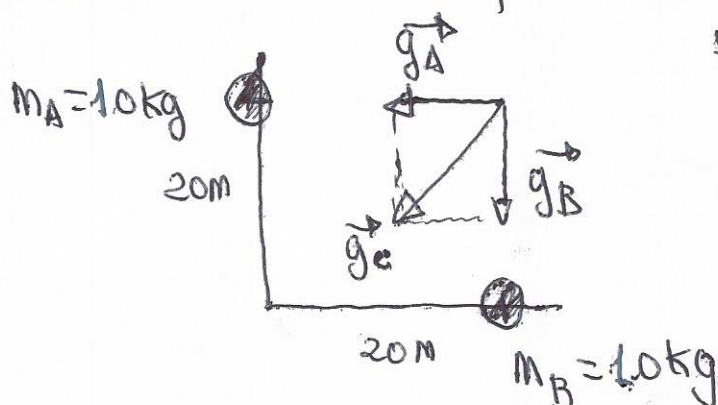
En dos puntos A y B de coordenadas $(20, 0)m$ y $(0, 20)m$ se sitúan dos masas puntuales de 10 kg cada una.

a) Dibuja y calcula el vector campo gravitatorio producido por cada una de estas dos masas y el total en el punto C $(20, 20)m$

b) Halla la Fuerza sobre una masa puntual de 5 kg situada en el punto C.

$$G = 6.7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

Primero realizamos un esquema de la situación.



Principio de superposición.

$$\vec{g}_C = \vec{g}_A + \vec{g}_B$$

a)

$$|\vec{g}_A| = G \cdot \frac{M_A}{r^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10}{20^2} = 1.7 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}^2$$

$$\vec{g}_A = -1.7 \cdot 10^{-12} \vec{i} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$|\vec{g}_B| = G \cdot \frac{M_B}{r^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10}{20^2} = 1.7 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}^2$$

$$\vec{g}_B = -1.7 \cdot 10^{-12} \vec{j} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

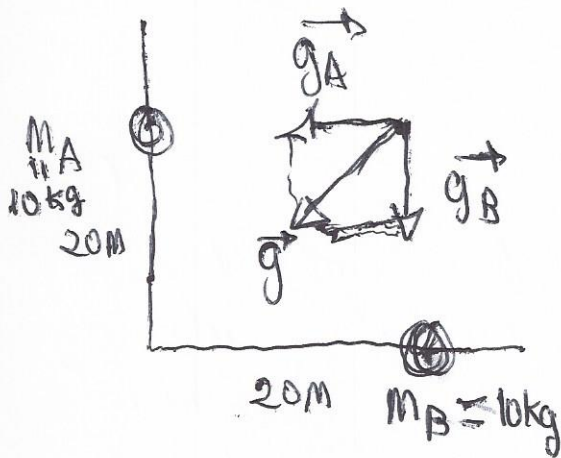
$$\vec{g} = \vec{g}_A + \vec{g}_B$$

$$\vec{g} = -1.7 \cdot 10^{-12} \vec{i} - 1.7 \cdot 10^{-12} \vec{j} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

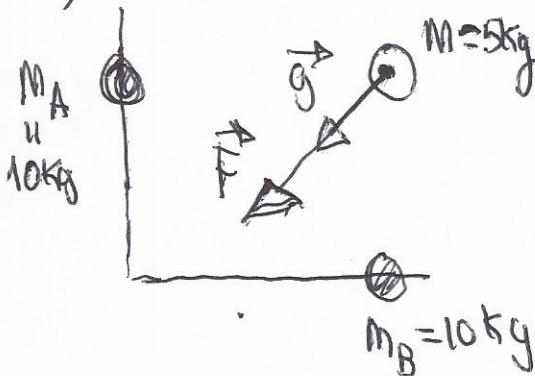
$$|\vec{g}| = g = \sqrt{x^2 + y^2} \text{ (Módulo)}$$

$$|\vec{g}| = \sqrt{(-1.7 \cdot 10^{-12})^2 + (-1.7 \cdot 10^{-12})^2}$$

$$|\vec{g}| = 2.4 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}^2$$



b)



La forma mas corta de hacerlo una vez salida $\vec{g}$.

$$\vec{F} = M \cdot \vec{g}$$

$$\vec{F} = 5 \cdot (-1.7 \cdot 10^{-12} \vec{i} - 1.7 \cdot 10^{-12} \vec{j}) \text{ (N)}$$

$$\vec{F} = -8.5 \cdot 10^{-12} \vec{i} - 8.5 \cdot 10^{-12} \vec{j} \text{ (N)}$$

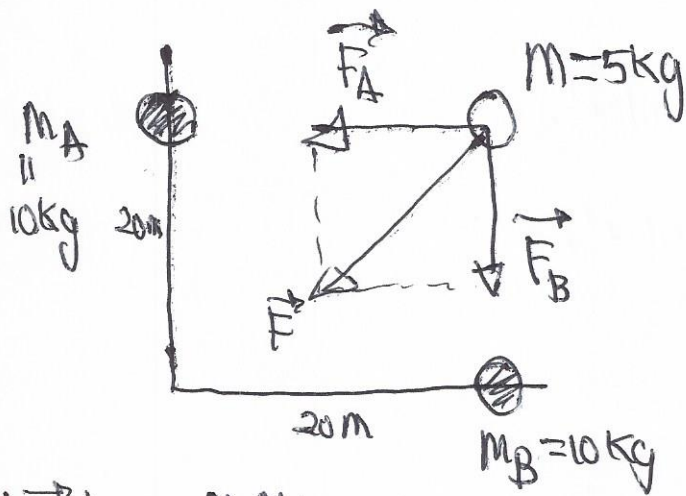
$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-8.5 \cdot 10^{-12})^2 + (-8.5 \cdot 10^{-12})^2}$$

$$|\vec{F}| = 1.2 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

Otra forma de hallar el módulo de la Fuerza

$$|\vec{F}| = M \cdot |\vec{g}| = 5 \cdot 2.4 \cdot 10^{-12} = 1.2 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

- ① b) Otra manera de hacerlo si no hubiésemos sabido el valor de g .



Principio de superposición
 $\vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$

$$|\vec{F}_A| = G \cdot \frac{M \cdot m_A}{r^2} \quad \left(\text{Ley de la gravitación universal} \right)$$

$$|\vec{F}_A| = 6.7 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10 \cdot 5}{20^2}$$

$$|\vec{F}_A| = 8.5 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

$$\vec{F}_A = -8.5 \cdot 10^{-12} \hat{i} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}_B| = G \cdot \frac{M \cdot m_B}{r^2}$$

$$|\vec{F}_B| = 6.7 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5 \cdot 10}{20^2}$$

$$|\vec{F}_B| = 8.5 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

$$\vec{F}_B = -8.5 \cdot 10^{-12} \hat{j} \text{ (N)}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$$

Principio de Superposición

$$\vec{F} = -8.5 \cdot 10^{-12} \hat{i} - 8.5 \cdot 10^{-12} \hat{j} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-8.5 \cdot 10^{-12})^2 + (-8.5 \cdot 10^{-12})^2}$$

$$|\vec{F}| = 12 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

