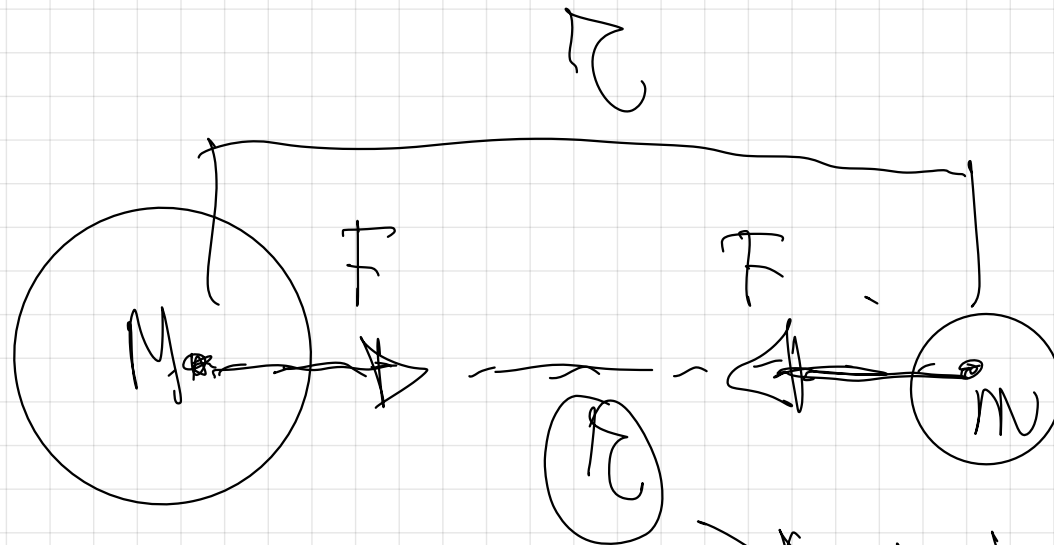


TEMA 1

CAMPO GRAVITATORIO.

Ley de la
Gravitación
Universal.



distancia
centro - centro.

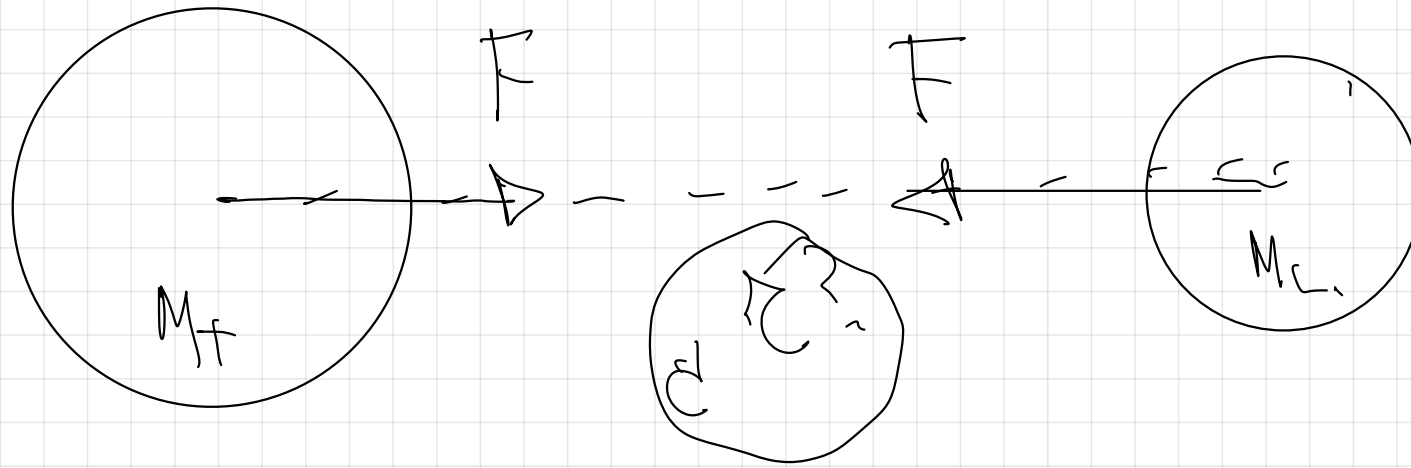
$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$\begin{array}{l}
 F \Rightarrow N \text{ en S.I.} \\
 M_y M \Rightarrow Kg \text{ en S.I.} \\
 r \Rightarrow m \text{ en S.I.}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 \boxed{F = \boxed{G} \frac{M \cdot m}{r^2}}
 \end{array}
 \right.$$

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{Kg^2} \quad \boxed{G} = \frac{F \cdot r^2}{M \cdot m}$$

$$\boxed{G = 6.67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot Kg^{-2}}$$

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= $6,67 \cdot 10^{-11}$ N· m² · Kg⁻²



ley de la gravitación universal.

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

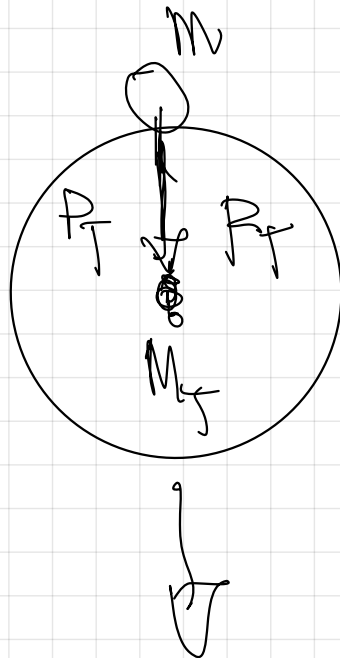
$$F \cdot r^2 = G \cdot M_T \cdot M_L$$

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

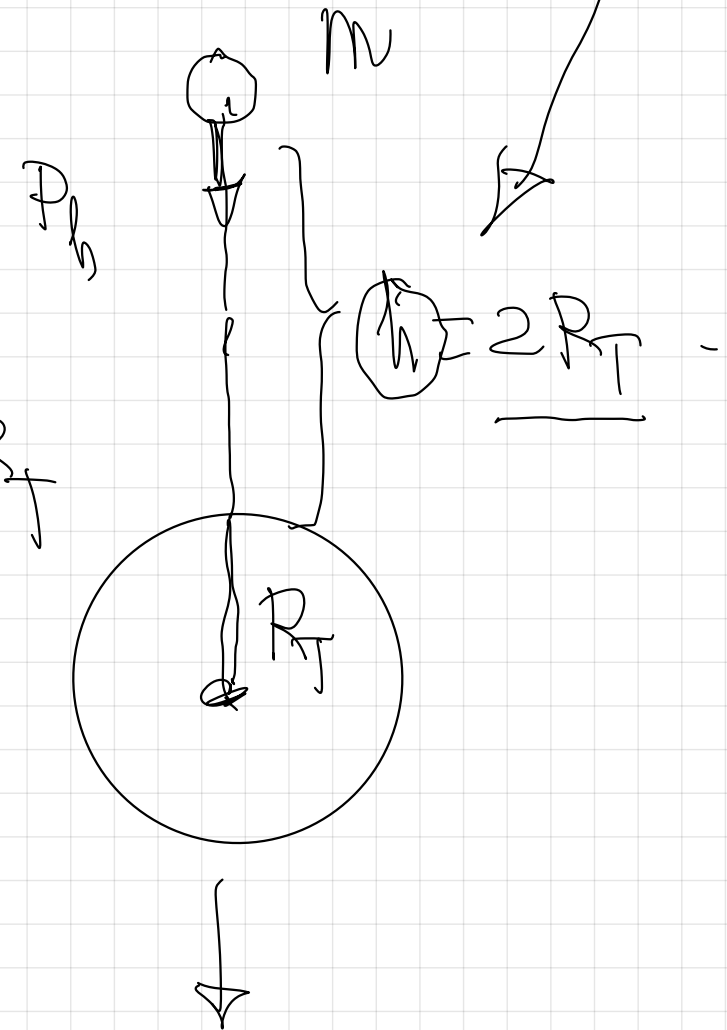
$$r = 3.9 \cdot 10^8 \text{ m}$$

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 de la situación.



$$r = R_T + 2R_T$$
$$r = 3R_T$$



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

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

$$P_h = G \cdot \frac{M_T \cdot M}{9R_T^2}$$

Relaciono ambas expresiones
dividiéndolas.

$$\frac{P_h}{P_T} = \frac{\cancel{G} \cdot \cancel{\frac{N \cdot m}{R_T^2}}}{\cancel{G} \cdot \cancel{\frac{N \cdot m}{R_T^2}}}$$

$$\left[\frac{P_h}{P_T} = \frac{1}{q} \right]$$

El peso a la
altura del la
corona punto

que en la superficie terrestre.

$$\left[P_h = \frac{1}{q} P_T \right]$$

$$\frac{P_T}{P_h} = \frac{\cancel{G} \cdot \cancel{H} \cdot \cancel{M}}{\cancel{R_T^2}} \cdot \frac{\cancel{G} \cdot \cancel{H} \cdot \cancel{M}}{\cancel{q R_T^2}}$$

$$\frac{P_T}{P_h} = \frac{1}{1/q}$$

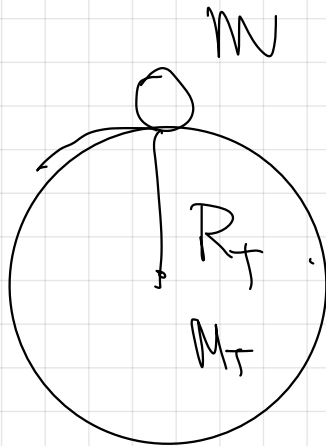
$$\frac{P_T}{P_h} = q$$

$$\boxed{P_T = q P_h}$$

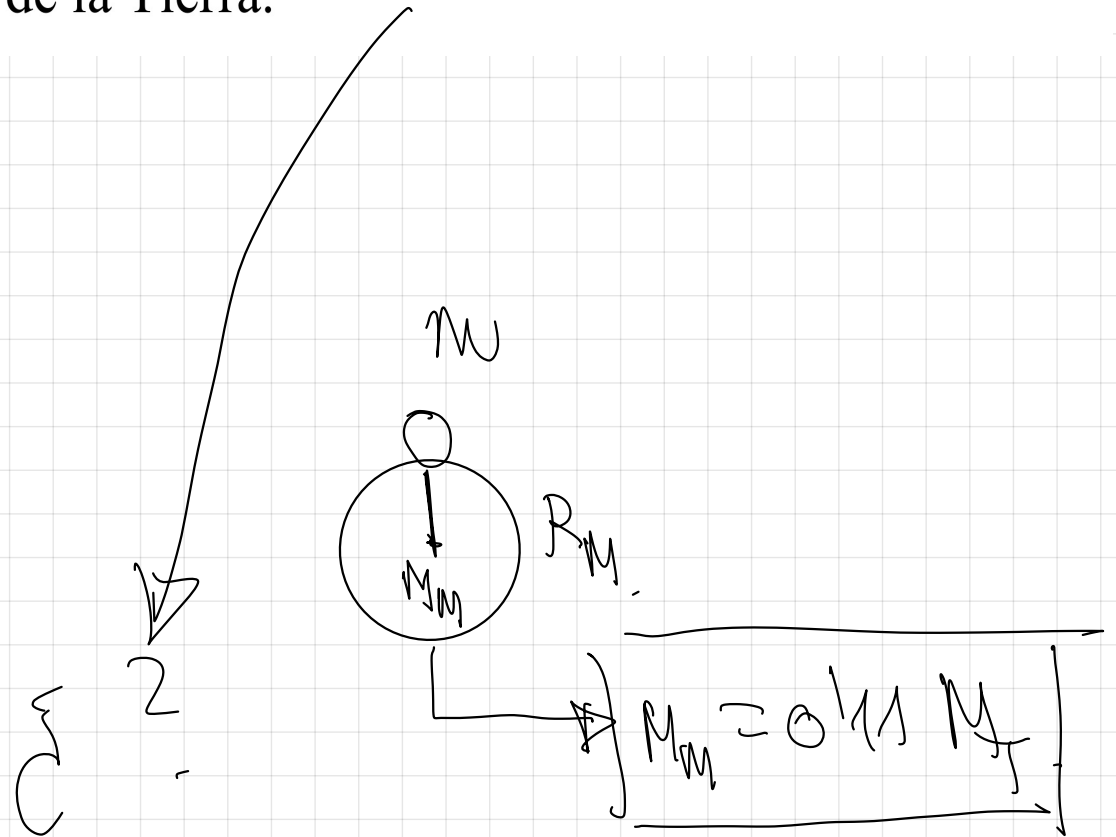
El peso de la
 Tímbra es q
 veces superior
 que a esa altura.

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.



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



$$P_M = G \cdot \frac{0,11 M_T \cdot m}{R_M^2}$$

$$\frac{P_M}{P_T}$$

$$\cancel{G} \cdot \frac{\cancel{0.11} \cancel{M_T} \cancel{M}}{R_T^2} \cdot \frac{\cancel{M_T} \cancel{M}}{R_T^2}$$

$$\frac{P_M}{P_T} = \cancel{0.11} \cdot \frac{\frac{1}{R_M^2}}{\frac{1}{R_T^2}}$$

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

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

$$\frac{R_T^2}{R_M^2}$$

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

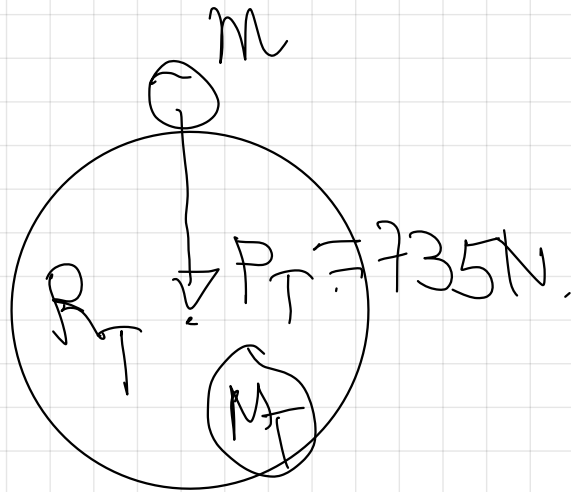
$$P_M \approx 0.11 \cdot \frac{(6.37 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{(3.44 \cdot 10^8 \text{ m})^2} \cdot 200 \text{ N}.$$

$$P_M \approx 75.43 \text{ N}.$$

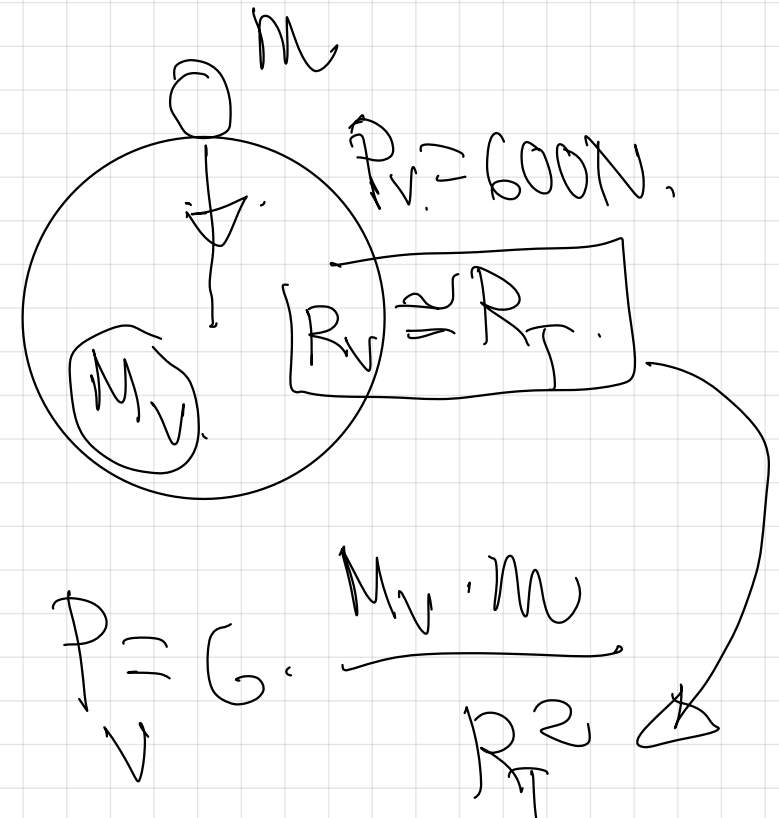
5.- Un astronauta, cuyo peso en la Tierra es de 735 N, aterriza en el planeta Venus y al medir su peso observa que éste es de 600 N. Teniendo en cuenta que el diámetro de Venus es el mismo que el de la Tierra:

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



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



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

$$\frac{P_I}{P_V} = \frac{\cancel{G} \cdot \cancel{M_T} \cdot \cancel{M}}{\cancel{R_T^2}} \Rightarrow \frac{P_I}{P_V} = \frac{M_T}{M_V}$$

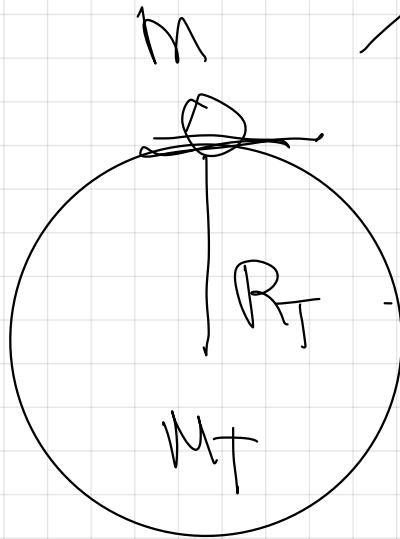
$$\frac{M_T}{M_V} = \frac{P_I}{P_V} \Rightarrow \frac{M_T}{M_V} = \frac{735 \cancel{N}}{600 \cancel{N}}$$

$$M_T = 1.225 M_V$$

$$1 = 1.225 \frac{M_V}{M_T} \Rightarrow \frac{1}{1.225} = \frac{M_V}{M_T}$$

$$M_v = 0.82 M_T$$

page 2.



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

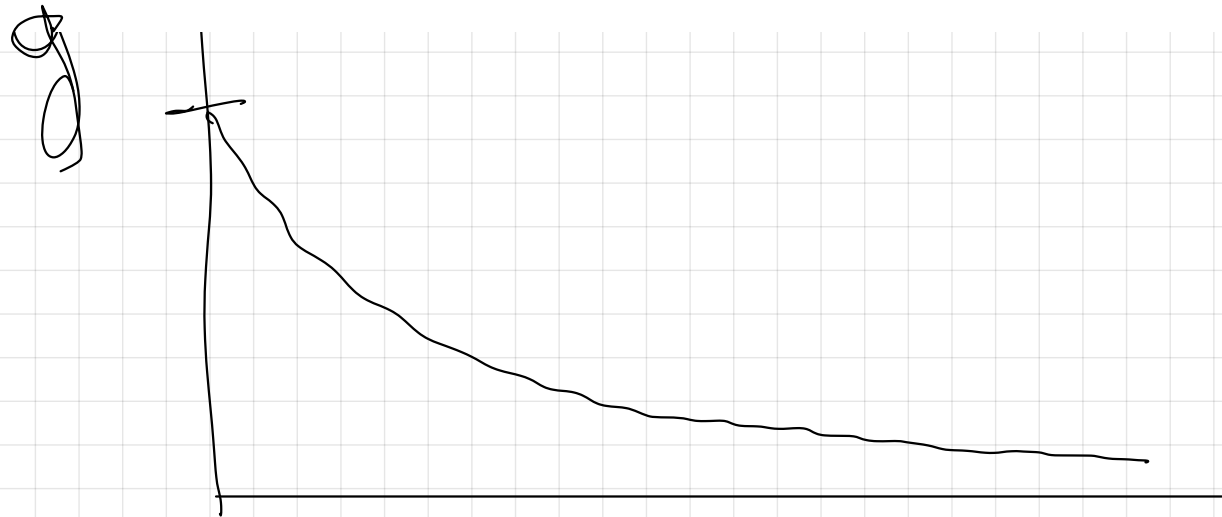
$$P_T = M \cdot g_T$$

$$g_T = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = 667 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24}}{(6.4 \cdot 10^6)^2}$$

$$g_T = g^T g^M / s^2$$

$$g = G \cdot \frac{M_T}{R_T} = g^T g^M / s^2$$

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



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

La gravedad es menor
y solo podría ser /

masa en el ∞ .

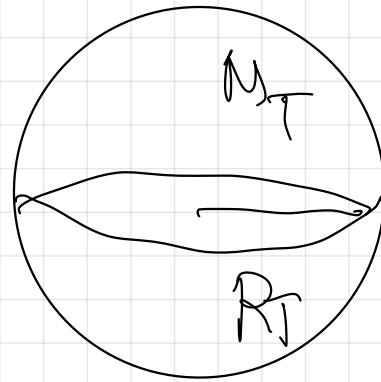
$$\rho = \frac{M}{V}$$

d

$$\rho = \frac{M_T}{V_T}$$

=

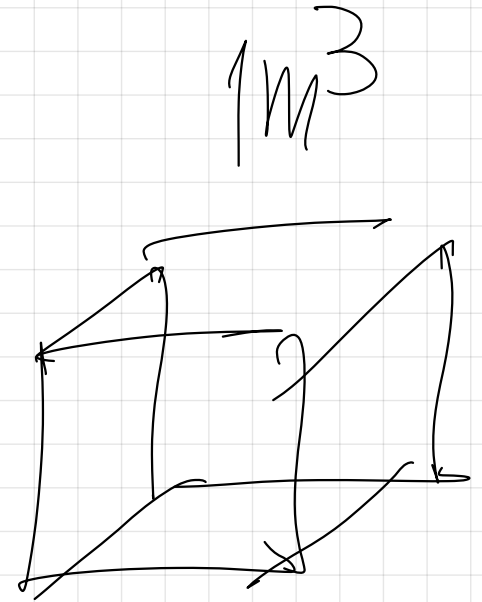
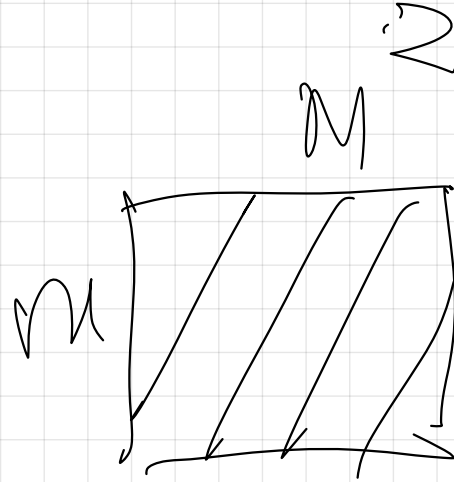
$$\frac{M_T}{\frac{4}{3}\pi R_T^3}$$



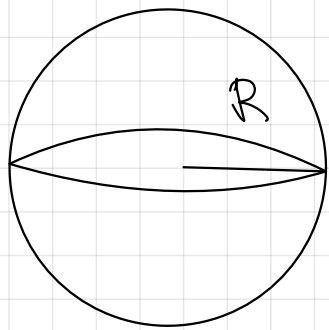
ESFERA.

$$V_{esfera} = \frac{4}{3}\pi R_T^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

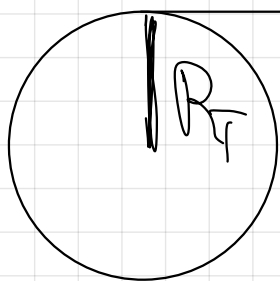


6.- Calcular la densidad media de la Tierra a partir de los siguientes datos:
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $R_T = 6370 \text{ Km}$, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$



$$\rho_T = \frac{M_T}{V_T} = \frac{\frac{g_T \cdot R_T^2}{G}}{\frac{4}{3} \pi R_T^3} = \frac{g_T \cdot R_T^2}{G \cdot \frac{4}{3} \pi R_T^3}$$

La M_T la escribimos
 en función de los
 datos conocidos



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

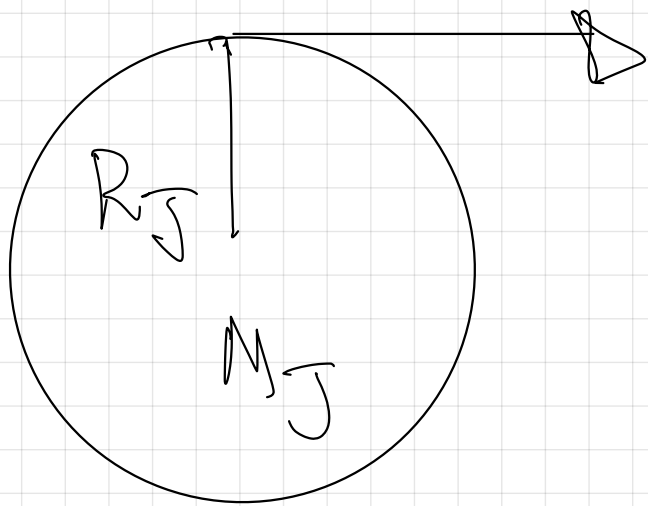
$$R_T = 6370 \text{ Km} = 637 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$p_T = \frac{g_T}{G \cdot \frac{4}{3} \pi R_T^3} = \frac{9.8 \text{ m/s}^2}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 6.37 \cdot 10^6}$$

$$p_T = 5.5 \cdot 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

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

- ¿Cuál es la aceleración de la gravedad en la superficie de Júpiter?
- ¿Pesará un cuerpo lo mismo en Júpiter que en la Tierra?. Razónese



$$g_J = G \cdot \frac{M_J}{R_J^2}$$

En función de los datos conocidos,

$$p_J = \frac{M_J}{V_J} \Rightarrow$$

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

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

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

$$g_J = G \cdot \rho_J \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot R_J \quad R_J = 0.718 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$g_J = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 1.34 \cdot 10^3 \cdot \frac{4}{3} \pi (0.718 \cdot 10^8)$$

$$g_J = 26.88 \text{ m/s}^2$$

b) No, ya que en la Tierra la gravedad es menor.

$$P = m \cdot g$$

$$g_J > g_T$$

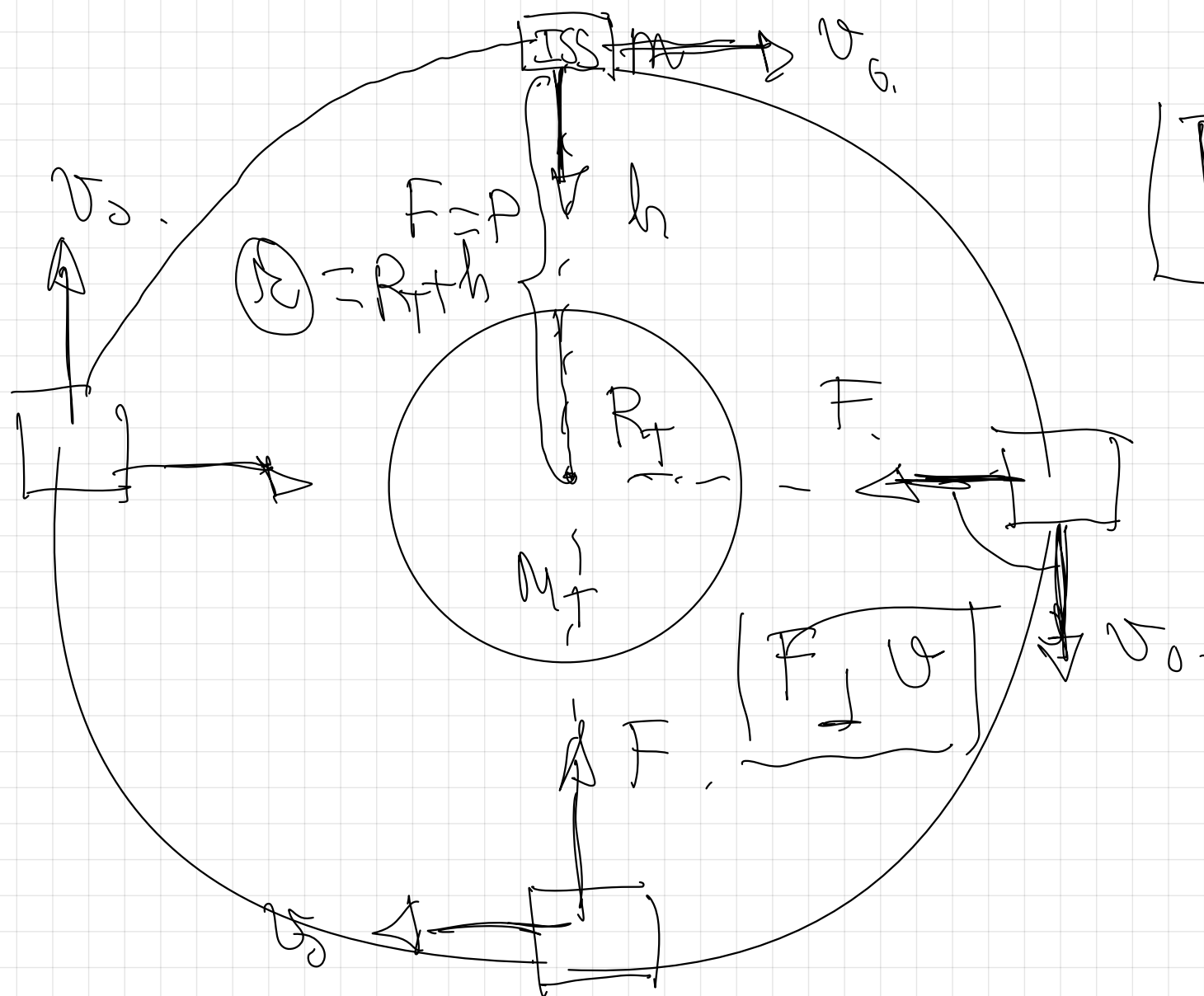
$$P_J > P_T$$

TEMA 2

pag 13.

APLICACIONES DE LA GRAVITACIÓN AL MOVIMIENTO DE SATÉLITES, PLANETAS Y GALAXIAS

1.º Velocidad orbital de un satélite.



ley de la gravitación universal

2ª ley de Newton

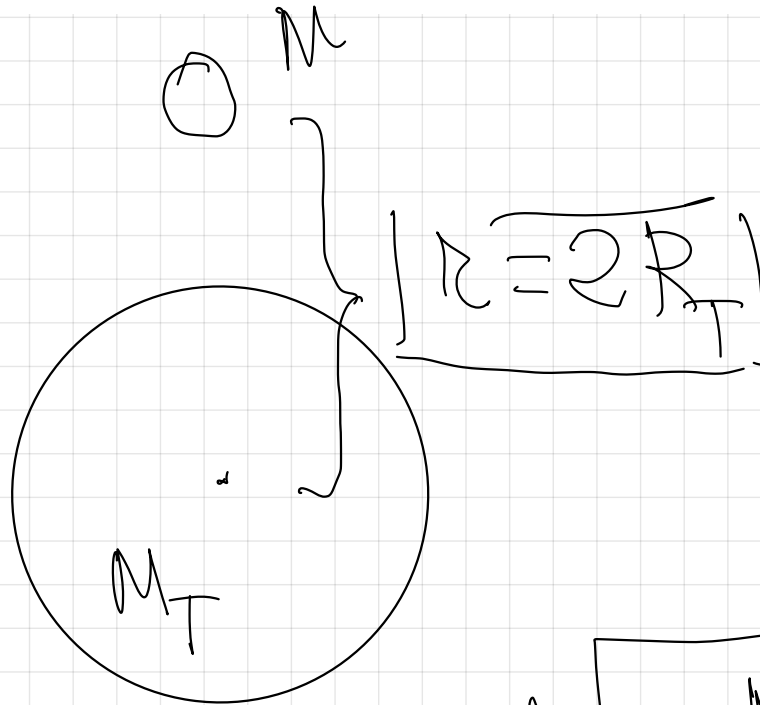
$$\begin{array}{ccc}
 \downarrow & & \downarrow \\
 F_{\text{gravitations}} & = & F_{\text{normal}} \\
 G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} & = & m \cdot \boxed{a_n}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 G \cdot \frac{M_T \cdot \cancel{m}}{r^2} & = & \cancel{m} \cdot \boxed{\frac{v_0^2}{\cancel{r}}} \\
 \hline
 \boxed{v_{\text{orbital}} = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{r}}} & & \leftarrow \boxed{\frac{v_0^2}{r}}
 \end{array}$$

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?

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

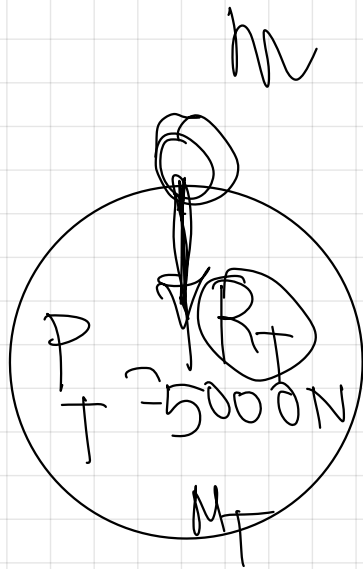


$$F_g = F_n$$
$$G \cdot \frac{M_T \cdot M}{r^2} = M \cdot \frac{v_o^2}{r}$$

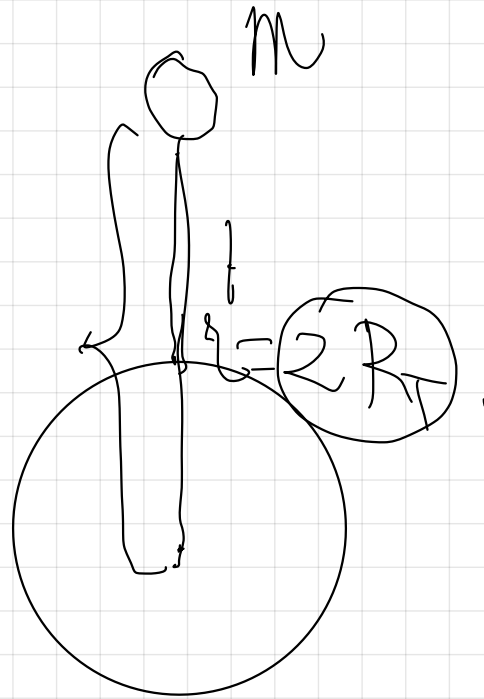
$$v_o = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{r}} = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{2R_T}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{2 \cdot (6.4 \cdot 10^6)}} = 5591.57 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b)



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



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

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

$$\frac{P_{2R_T}}{P_T} = \frac{G \cdot \frac{M_T \cdot M}{4R_T^2}}{G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T^2}}$$

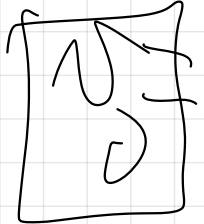
$$\frac{P_{2R_T}}{P_T} = \frac{1}{4}$$

$$P_{2R_T} = \frac{1}{4} P_T$$

$$P_{2R_T} = \frac{1}{4} 5000 \text{ N} = 1250 \text{ N}$$

c) Ver Teoría de la Órbita.

d)



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

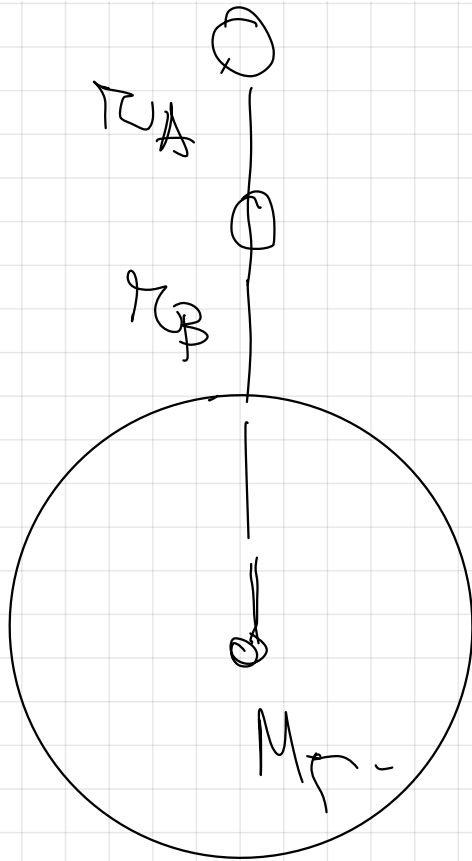
$\Rightarrow$

El satélite de
órbita doble
obtiene con la
misma velocidad
(no influye la m)

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

a) Indicar cuál de los dos satélites tiene mayor velocidad orbital.

b) Si la Tierra aumentase su masa al cuádruple manteniendo su radio, ¿Cómo se vería afectada la velocidad orbital de ambos satélites?.

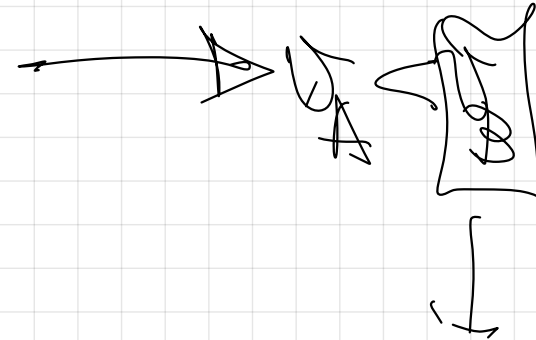


$$r_A > r_B$$

Reducción de la velocidad

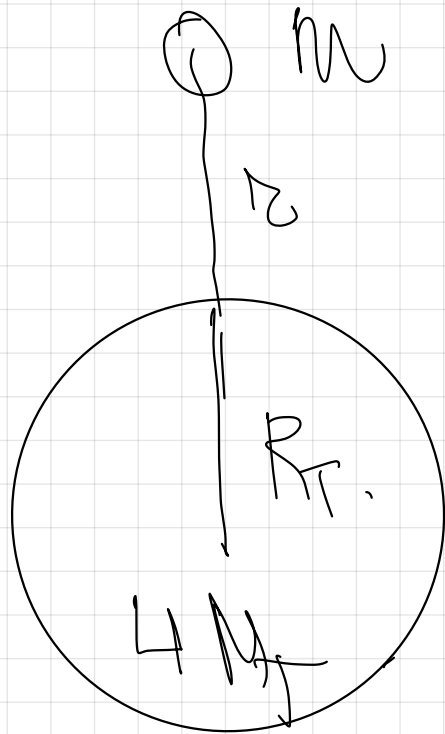
$$v = \sqrt{G \cdot \frac{M}{r}}$$

$$r_A > r_B$$



B tiene mayor velocidad orbital

g)



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

$$v' = \sqrt{G \cdot \frac{4M_T}{r}}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{\sqrt{G \cdot \frac{4M_T}{r}}}{\sqrt{G \cdot \frac{M_T}{r}}}$$

$$\frac{v'}{v} = \sqrt{4}$$

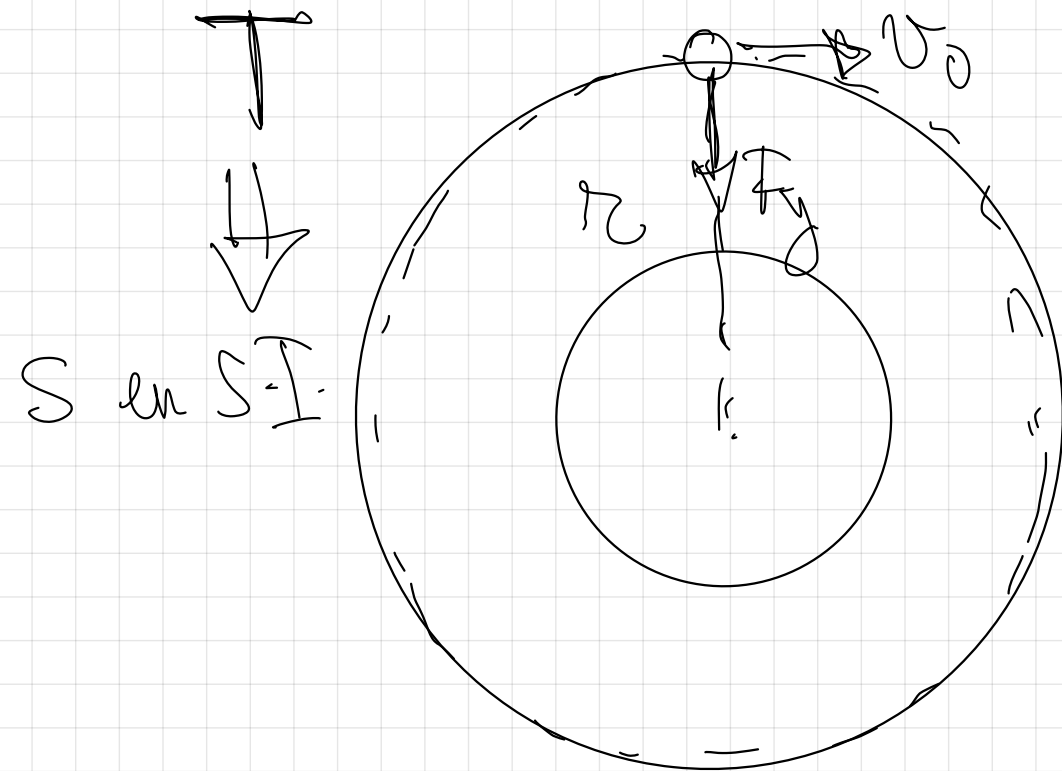
$$v' = 2v$$

La velocidad de ambos satélites
se duplicaría.

pag 14 del libro.

El satélite describe
un M.C.V.

v cte en módulo.



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

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

$$v = \omega \cdot r$$

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

a) Calcular la masa del Sol.

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

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

$$T = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$r = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

Condición de orbitación

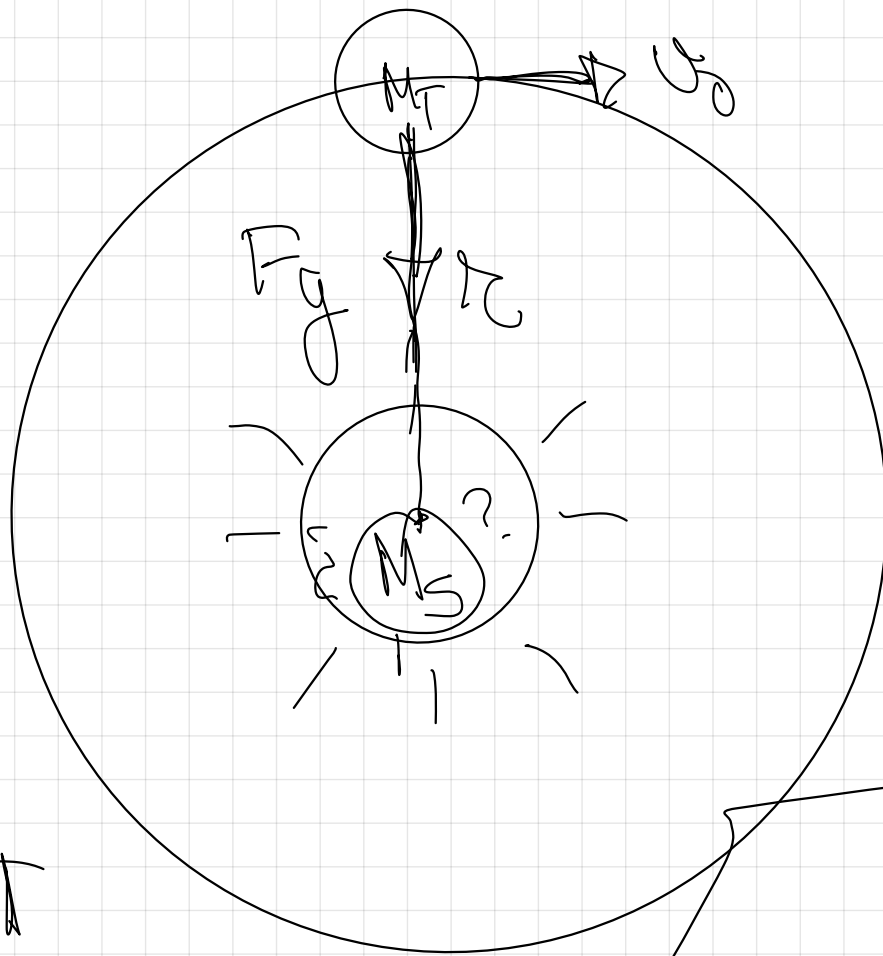
$$F_g = F_n$$

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

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

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

~~$\frac{1}{T}$~~ ?



$$v_o = \frac{s}{t}$$

$$v_o = \frac{2\pi r}{T}$$

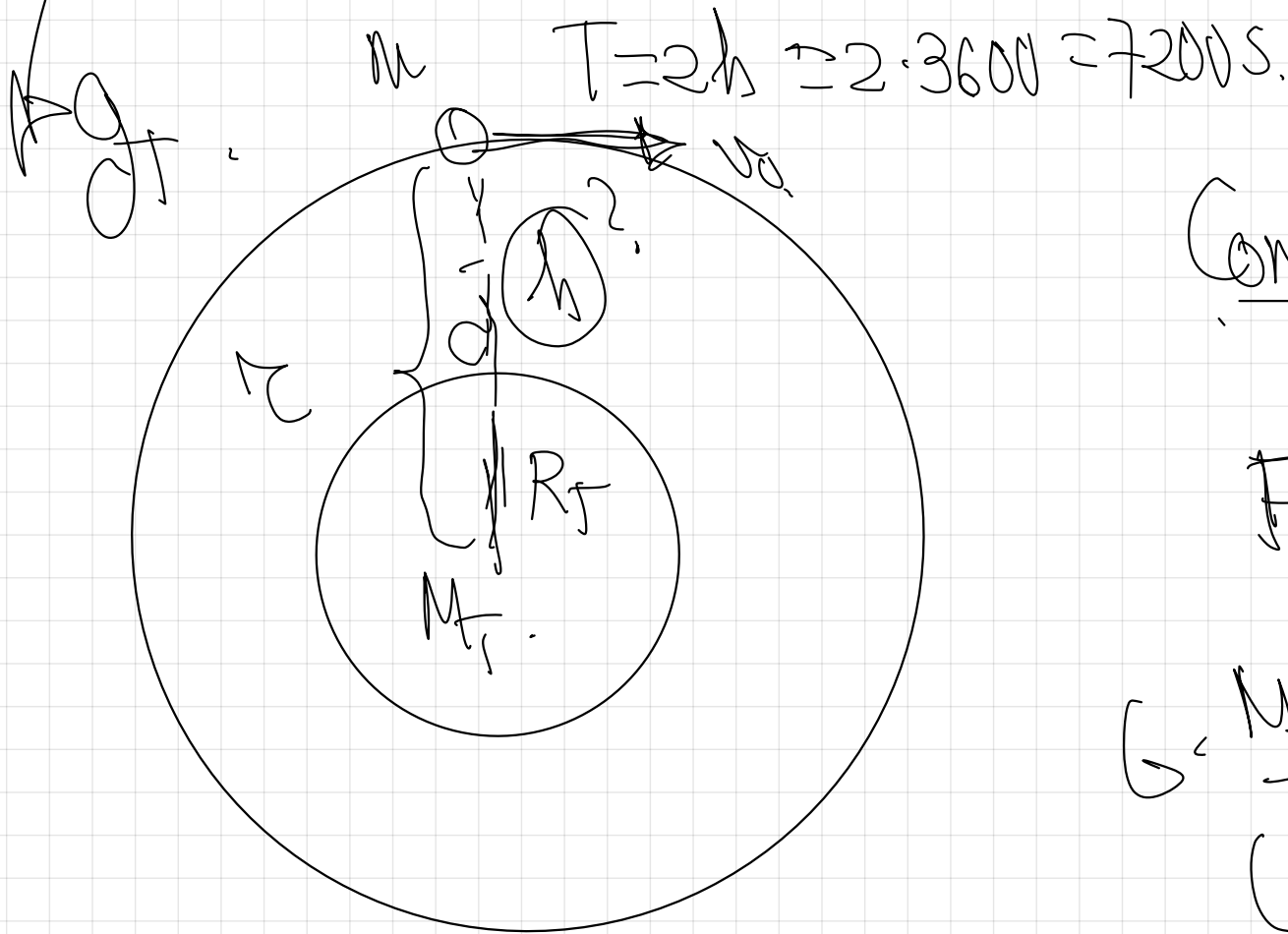
$$G \frac{M_s}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

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

$$M_s = \frac{4\pi^2 r^3}{G \cdot T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot (15 \cdot 10^{11})^3}{667 \cdot 10^{11} \cdot (315 \cdot 10^7)^2} = 201 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

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?

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



Condición de orbitación:

$$F_g = F_n.$$

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

$$v_0 = \frac{2\pi(R_T + h)}{T}$$

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

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

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

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

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

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

$\rightarrow R_T$

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

$\rightarrow R_T$

$$g_T \rightarrow \frac{G M_T}{R_T^2}$$

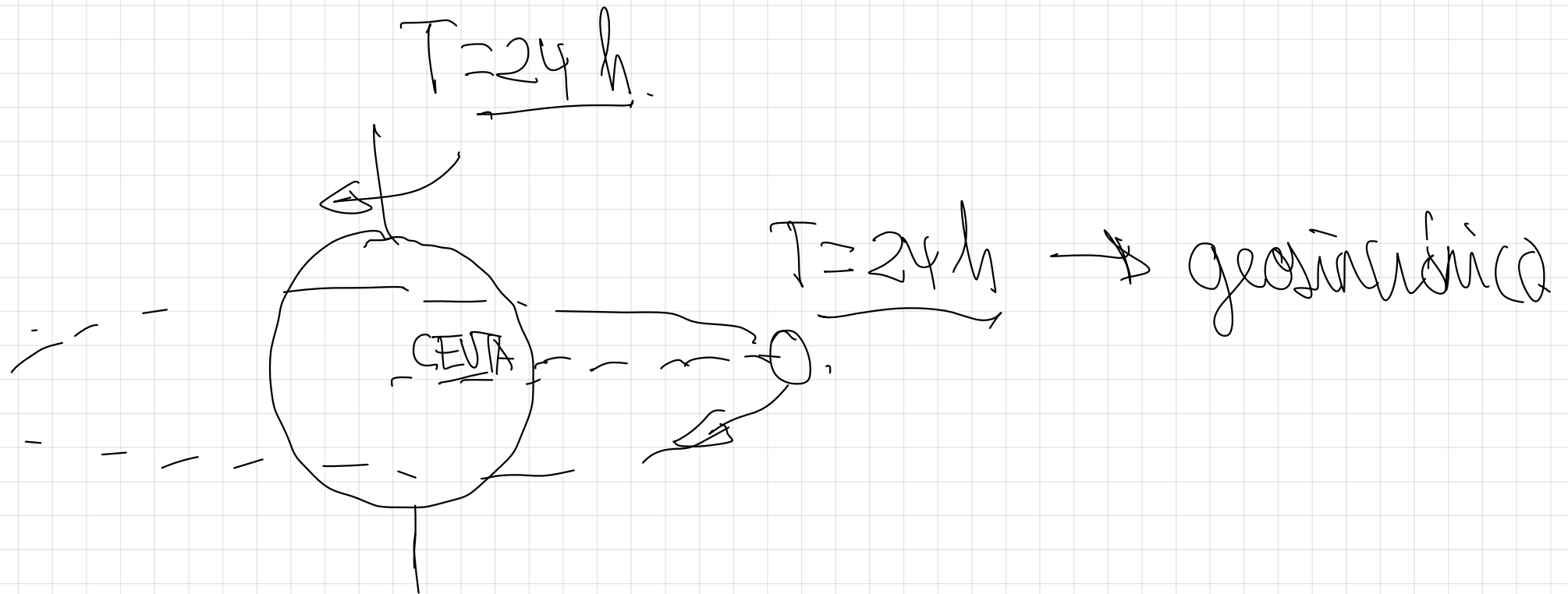
ESTE PRODUCTO
 $G \cdot M_T$ lo podemos
 sustituir así.

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

$$h = \sqrt[3]{\frac{98 (64 \cdot 10^6)^2 \cdot (720)^2}{4\pi^2}} = 64 \cdot 10^6 = 1'68 \cdot 10^6 \text{ m}$$

de altura sobre
la superficie
terrestre.

Satélite geostacionario.



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

a) Calcular su velocidad angular

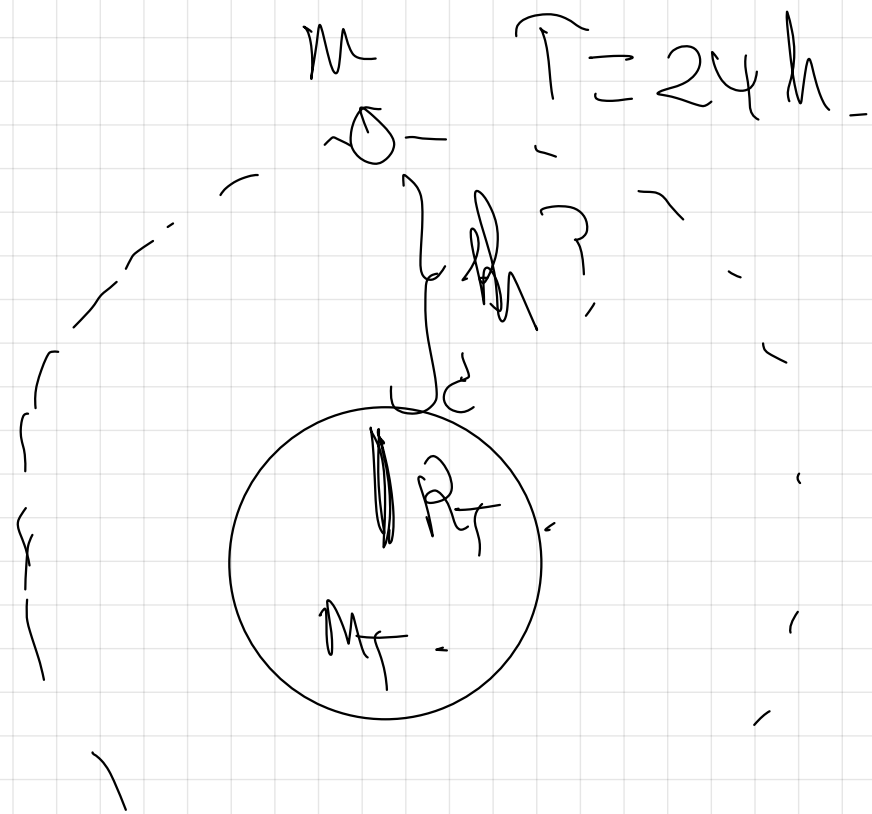
b) Calcular la altura a la que se encuentra sobre la superficie terrestre

c) Calcular su aceleración normal

d) Explicar porqué el satélite no cae sobre la Tierra

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

$$a) \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24 \cdot 3600} = 7,27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



$$\left| v_0 = \frac{2\pi R}{T} \right| = \frac{2\pi(R_T + h)}{T}$$

Condición de orbitación

$$F_g = F_n \quad \uparrow a_n$$

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

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

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

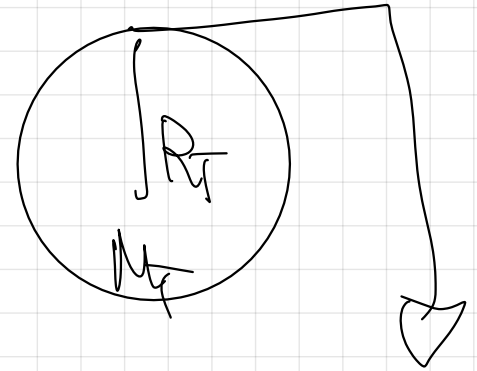
$$G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)} = \left(\frac{2\pi(R_T + h)}{T} \right)^2$$

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

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

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

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



$$h = \sqrt[3]{\frac{g_T \cdot R_T^2 \cdot r^3}{4 \pi^2}} - R_T$$

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

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

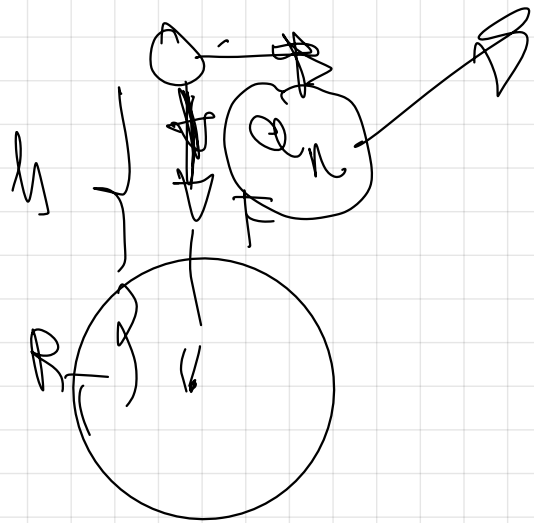
$$h = \sqrt[3]{\frac{918 \cdot (6.4 \cdot 10^6)^2 (24 \cdot 3600)^2}{4\pi^2} - 6.4 \cdot 10^6}$$

$$h = 3.6 \cdot 10^7 \text{ m} \rightarrow \text{altura sobre la superficie terrestre}$$

$$c) \quad a_n = \frac{v_0^2}{r} = \frac{\left(\frac{2\pi(R_T + h)}{T} \right)^2}{(R_T + h)} = \frac{4\pi^2(R_T + h)}{T^2 \cdot (R_T + h)}$$

$$a_n = \frac{4\pi^2(R_T + h)}{T^2} = 0.22 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned}
 a_n &= \frac{v_0^2}{r} = \frac{(\omega \cdot r)^2}{r} = \frac{\omega^2 \cdot \cancel{r^2}}{\cancel{r}^2} = \\
 &= \omega^2 (R + h) = (7.27 \cdot 10^{-5})^2 (6.4 \cdot 10^6 + 3.6 \cdot 10^7) \\
 &= \boxed{0.22 \text{ m/s}^2}
 \end{aligned}$$



Coincidencia de la aceleración
de la gravedad con la
altura.

$$g_h = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6 + 3,6 \cdot 10^7)^2}$$

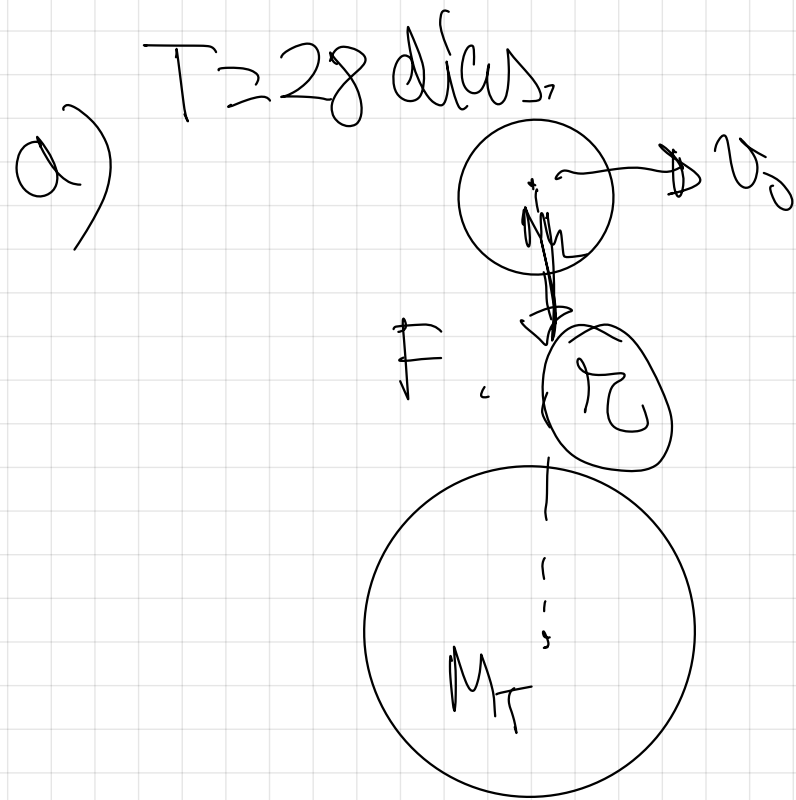
$$= 0,22 \text{ m/s}^2$$

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.

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 $3,4 \cdot 10^8 \text{ m}$.

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



Condición de órbita.

$$F_g = F_n$$

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

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

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

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

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot (28 \cdot 24 \cdot 3600)^2}{4\pi^2}}$$

$$\Rightarrow 3.9 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$T = 28 \text{ ~~days~~ } \frac{24 \cdot 3600 \text{ s}}{1 \text{ ~~day~~}}$$

Inicio. Repaso 1º BACH

Energía potencial

Es la energía que posee un cuerpo en función de su posición (en un campo de fuerzas conservativas)

$$E_p = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \text{J es el S.I.}$$

$$\begin{array}{ccc} \Downarrow & \Downarrow & \\ \text{Kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} & & \end{array}$$



$$N \cdot m = J.$$

$$W = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

$$W = N \cdot m = J.$$

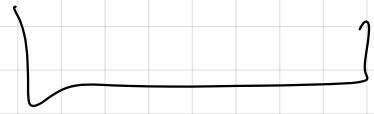
Energía Cinética.

Energía que posee un cuerpo en función de su velocidad.

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot \overbrace{v^2} \quad J \text{ en S.I.}$$

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

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



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

$$\underline{E_{\text{tot}}}$$

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

Principio de conservación de la Em.

En ausencia de rozamiento, sin pérdidas energéticas.

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

$$m = 1 \text{ kg}$$
$$v_0 = 0$$

$$E_{ph} = m \cdot g \cdot h$$

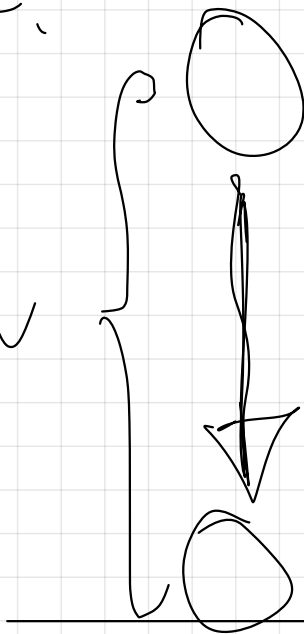
$$E_c = \frac{1}{2} m v_0^2$$

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

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

$$h = 5 \text{ m}$$

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



$$E_{p_{\text{suelo}}} = m \cdot g \cdot h = 0$$

$$E_{c_{\text{suelo}}} = 50 \text{ J}$$

$$\Delta E_m = 0.$$

$$(E_{p_{\text{zuelo}}} + E_{c_{\text{zuelo}}}) \Rightarrow (E_{ph} - E_{ch}) = 0.$$

$$E_{mh} = E_{m_{\text{zuelo}}}.$$

$$E_{ph} + E_{ch} = E_{p_{\text{zuelo}}} + E_{c_{\text{zuelo}}}$$

1^o BACH

2º BACH.

○ meteorito

miles de
Km.

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

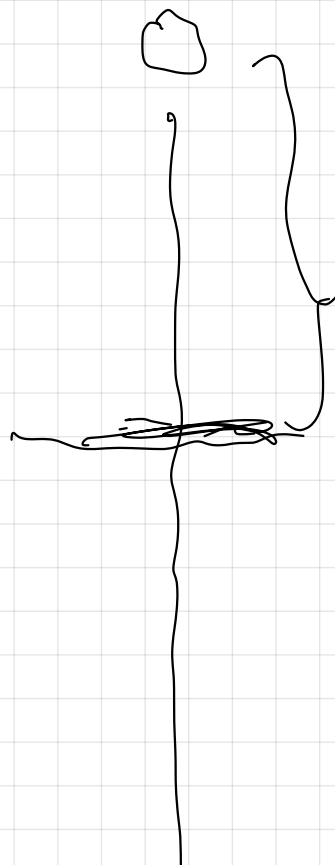
~~$\rightarrow \frac{1}{2} m v^2$~~

○ Tierra.

BILBAO,
Km = 500

MADRID
Km = 0

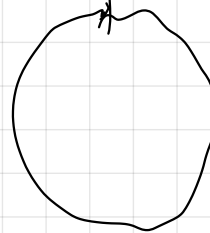
MÁLAGA
Km = -500



BILBAO,
Km 0



MADRID
Km = -500



MÁLAGA
Km = -1000



∞

$$E_p = 0$$

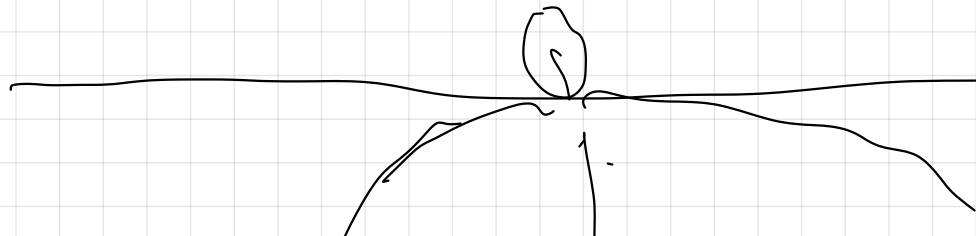
$$E_p = 0$$

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

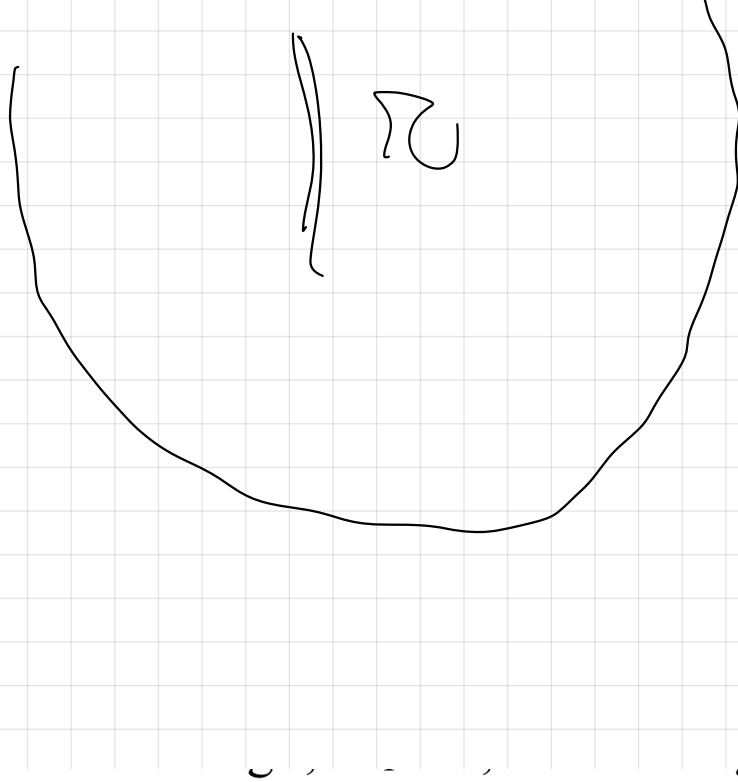
distancia
entre
centros

$E_p = 0$ en la
sup. terrestre

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



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



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?

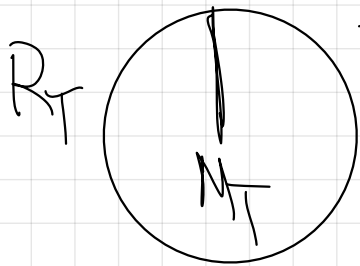
c) ¿Dependerá esa velocidad de la trayectoria seguida?, ¿y del origen de energía potencial tomado?. Razonar las respuestas.

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

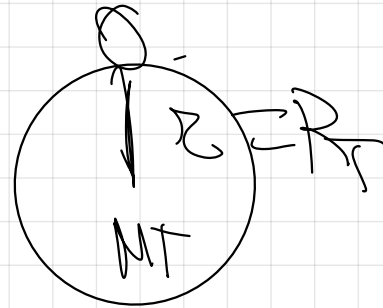
m $E_{ch} = 0$
 $E_{ph} = -G \frac{M_T \cdot m}{(6R_T + R_T)}$

~~Condition de
Orbitale~~

$h = 6R_T$
 p



$R = 7R_T$



$E_c = \frac{1}{2} M \cdot v_T^2$

$q)$
 $p = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R^2} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(6R_T + R_T)^2} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{49R_T^2}$

$= 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \cdot 1000}{49 \cdot (6.4 \cdot 10^6)^2} = 200 \text{ N}$

b)

Principio de conservación de la Em

$$E_{mh} = E_{mT}$$

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

$$= G \cdot \frac{M_f \cdot m}{(6R_f + R_A)} + 0 = -G \cdot \frac{M_f \cdot m}{R_f} + \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$\cancel{m} \cdot \left(2G \cdot \frac{\cancel{M_T}}{7R_T} \right) = \cancel{m} \cdot \left(1G \frac{M_T}{R_T} + \frac{1}{2} v^2 \right)$$

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

$$\sqrt{2 \cdot \left[\frac{6}{7} \cdot G \cdot \frac{M_T}{R_T} \right]} = v$$

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

$$\frac{1}{2} v_T^2 = \frac{7 (6 N_T)}{7 R_T} = \frac{6 N_T}{7 R_T}$$

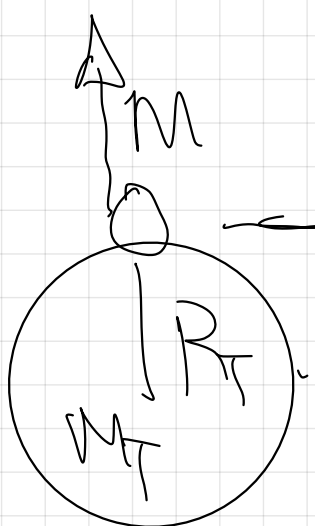
$$\frac{1}{2} v_T^2 = \frac{6 N_T}{7 R_T}$$

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

Pag 15 2. Velocidad de escape de un cuerpo.

$\infty - \odot - E_{p\infty} = 0 \quad \checkmark, \quad E_{c\infty} = 0.$

v_e



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

$E_{c_T} = \frac{1}{2} m \cdot [v_e^2]$?

$$E_{pT} + E_{CT} = E_{p\infty} + E_{\text{kin}}.$$

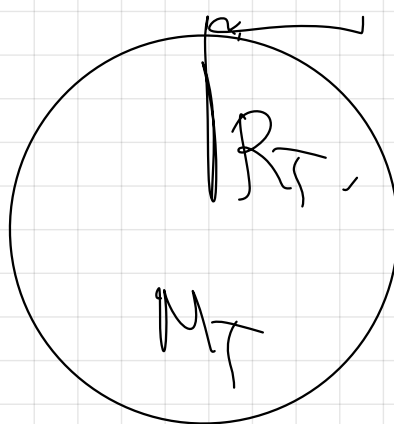
$$-G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T} + \frac{1}{2} M \cdot v_e^2 = 0 + 0$$

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

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 667 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{64 \cdot 10^6}}$$

$$= 11.200 \text{ M/s} = 11.2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

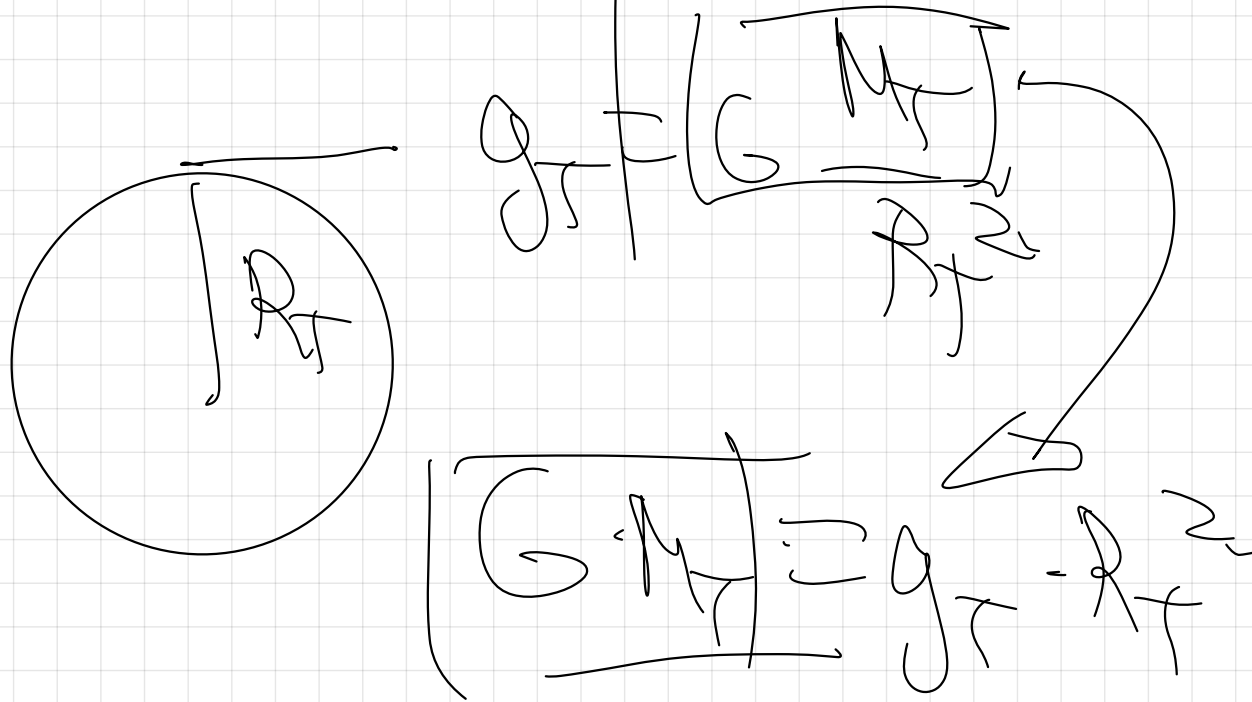
$$v_e = \sqrt{\frac{2G \cdot M_f}{R_T}}$$

$$v_e = 11200 \text{ M/s}$$


A diagram of a planet represented by a circle. A vertical line segment from the center to the top edge is labeled R_T . The center of the circle is labeled M_T .

$$v_e = 300.000 \text{ km/s}$$

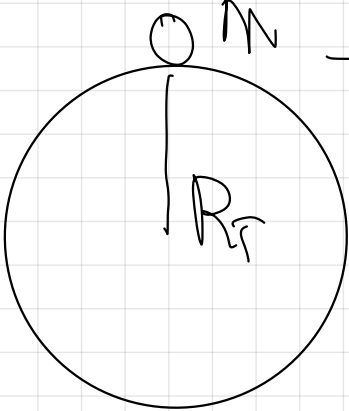
$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM_H}{R_H}} = \sqrt{\frac{2g_T R_H}{R_H}} = \sqrt{2g_T}$$



31.- Calcular la velocidad de escape de un cuerpo situado en la superficie terrestre

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

$$\infty \rightarrow E_{p\infty} = 0, \quad E_{c\infty} = 0.$$



A diagram of Earth represented as a circle with radius R_T . A point mass m is shown on the surface. An arrow points from the surface point to the infinity symbol in the equation above.

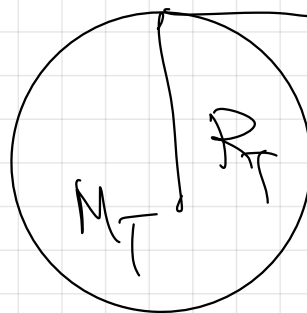
$$E_{p_T} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T}, \quad E_{c_T} = \frac{1}{2} m v_e^2$$

$$E_{p_T} + E_{c_T} = E_{p\infty} + E_{c\infty}$$

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

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

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}} = \sqrt{\frac{2g_T R_T \cancel{R_T}}{\cancel{R_T}}} \Rightarrow \boxed{v_e = \sqrt{2g_T R_T}}$$


 $g_T = \frac{GM_T}{R_T^2}$
 $\Rightarrow \boxed{GM_T = g_T R_T^2}$

$$v_e = \sqrt{2gR_1} = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot (6.4 \cdot 10^6)} = 11.200 \text{ m/s}$$

112 · 10⁴ m/s.

$$\boxed{112 \text{ km/s.}}$$

$$|v_e| = \sqrt{\frac{2GM}{R_1}}$$

$$c = \sqrt{\frac{2GM}{R_{an}}} ?$$

$$\underline{c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.}}$$

$$C^2 = \left(\sqrt{\frac{2GM}{R_{an}}} \right)^2$$

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

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 $2,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

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

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

∞ - - - - v_{escape}

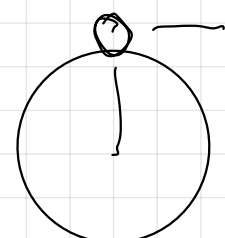


Diagram showing an astronaut (mass $m = 100 \text{ Kg}$) on the surface of a sphere (radius R_a).

$$R_a = \frac{2,4 \text{ Km}}{2} = 1,2 \text{ Km} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ m}$$

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

$$E_{pa} + E_{ca} = E_{p\infty} + E_{c\infty},$$

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

$$\frac{1}{2} m v_e^2 = G \frac{M_a - m}{R_a}$$

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

$\rho_a \Rightarrow \frac{M_a}{V_a} \Rightarrow$
 $M_a = \rho_a \cdot V_a$
 $M_a = \rho_a \cdot \frac{4}{3} \pi R_a^3$

$$v_e = \sqrt{2 \cdot G \cdot \rho_a \cdot \frac{4}{3} \pi R_a^2} = \sqrt{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 2.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot (1.3)^2}$$

a) $v_e = 1.33 \text{ m/s.}$

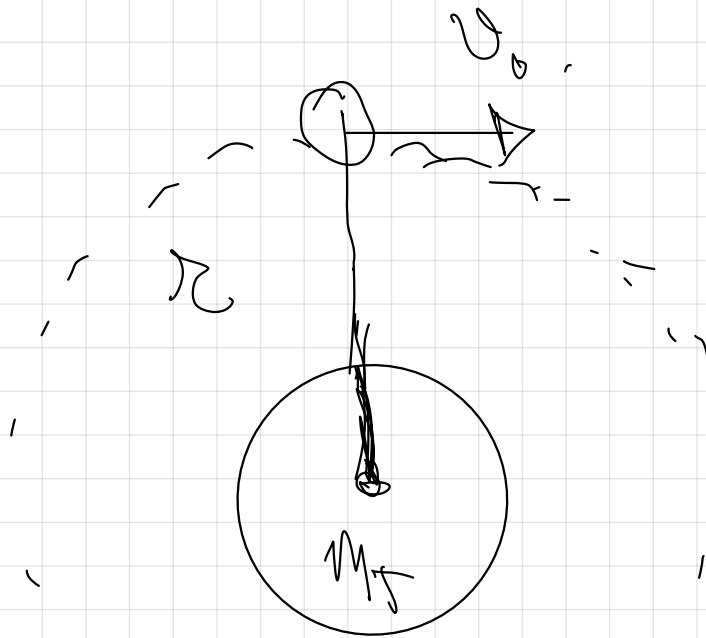
b) velocidad de escape.

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

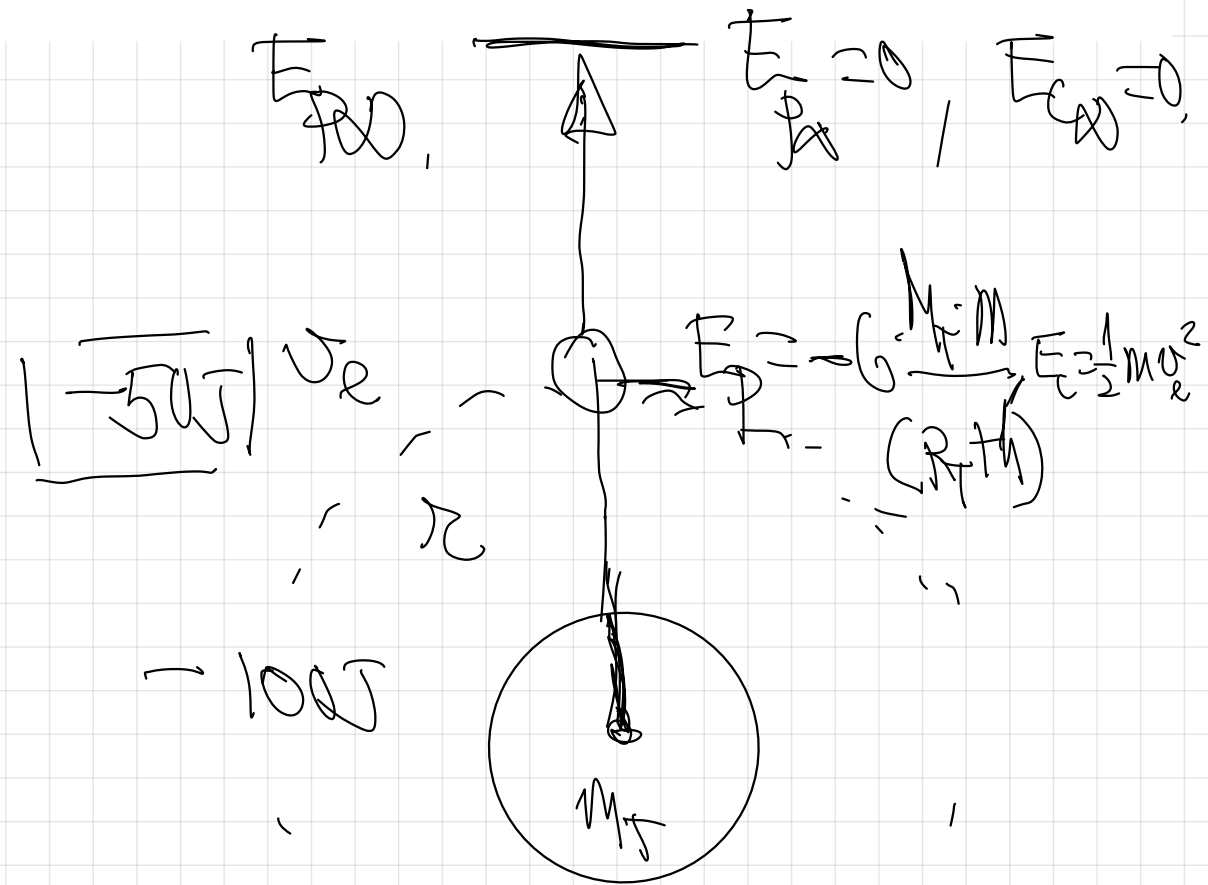
↳ es indiferente porque la masa del astronauta no influye en su velocidad

de escape,

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.



Condición de orbitación



Conservación de la energía,

$$F_g = F_a.$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R^2} = M \cdot \frac{v_{\text{orbital}}^2}{R}$$

$$v_{\text{orbital}} = \sqrt{G \frac{M_T}{R}}$$

$$v_{\text{orbital}} = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)}}$$

$$E_p + E_k = E_{p0} + E_{k\infty}$$

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

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

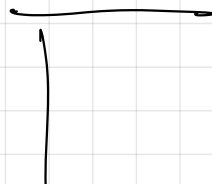
$$v_e = \sqrt{\frac{2 G M_T}{(R_T + h)}}$$

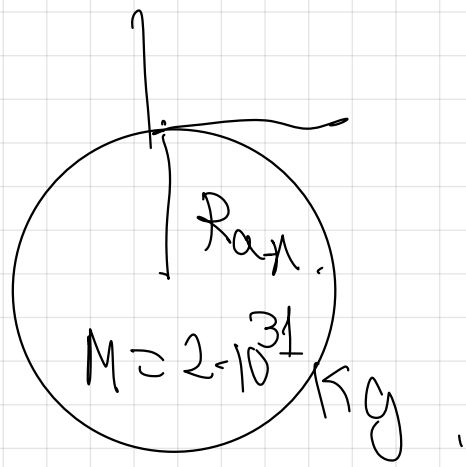
Divide ambas expresiones

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{\sqrt{\frac{2GM}{R_2 + h}}}{\sqrt{\frac{GM}{R_1 + h}}} \Rightarrow \boxed{v_2 = \sqrt{2} v_0}$$

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 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$





Deducción de la velocidad de escape.

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.} \quad \swarrow \quad v_{e \text{ an}} = \sqrt{\frac{2G \cdot M_{an}}{R_{an}}}$$

$$C = \sqrt{\frac{2 \cdot G M_{an}}{R_{an}}}$$

$$C^2 = \frac{2G M_{an}}{R_{an}}$$

$$R_{an} = \frac{2G M_{an}}{C^2} \Rightarrow \frac{2 \cdot 667 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{31}}{(3 \cdot 10^8)^2}$$

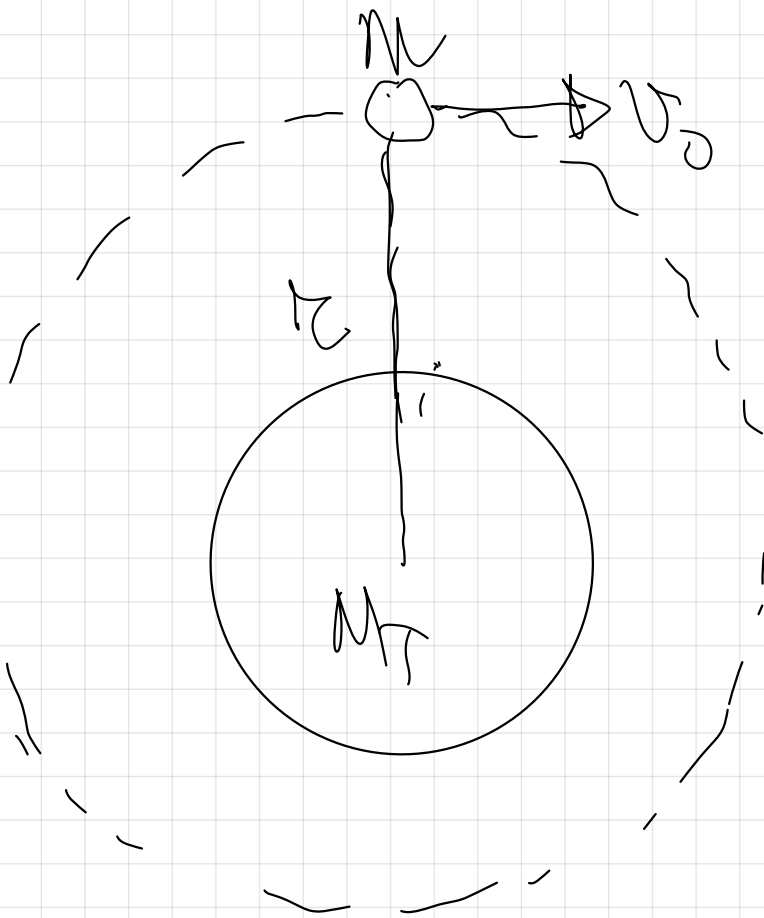
$$R_{an} = 2.97 \cdot 10^4 \text{ m}$$

$$\rho_{an} = \frac{M_{a.n}}{V_{a.n}} = \frac{M_{a.n}}{\frac{4}{3} \pi R_{an}^3} = \frac{2 \cdot 10^{31} \text{ kg}}{\frac{4}{3} \pi (2.97 \cdot 10^4)^3 \text{ m}^3}$$

$$\rho_a = 1.82 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

2.- ENERGÍA ORBITAL DE UN SATÉLITE

Es la E_m del satélite cuando se haya orbitando



$$E_{\text{orbital}} = E_p + E_c$$

$$E_{\text{orbital}} = -G \frac{M_T \cdot m}{r} + \frac{1}{2} m [v_0]^2$$

Condición de orbitación

$$F_g = F_r$$

$$G \frac{M_T \cdot m}{r^2} = m \frac{v_{\text{orbital}}^2}{r}$$

$$v_{\text{orbital}} = \sqrt{G \frac{M_T}{r}}$$

$$E_{\text{orbital}} = -G \frac{M_T \cdot m}{r} + \frac{1}{2} m \left(\sqrt{G \frac{M_T}{r}} \right)^2$$



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

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

$$E_m = G \cdot M_T \cdot m \left(\frac{1}{2r} - \frac{1}{r} \right)$$

$$E_m = G \cdot M_T \cdot m \left(\frac{1}{2r} - \frac{2}{2r} \right)$$

$$E_m = G \cdot M_T \cdot m \left(-\frac{1}{2r} \right)$$

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

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

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

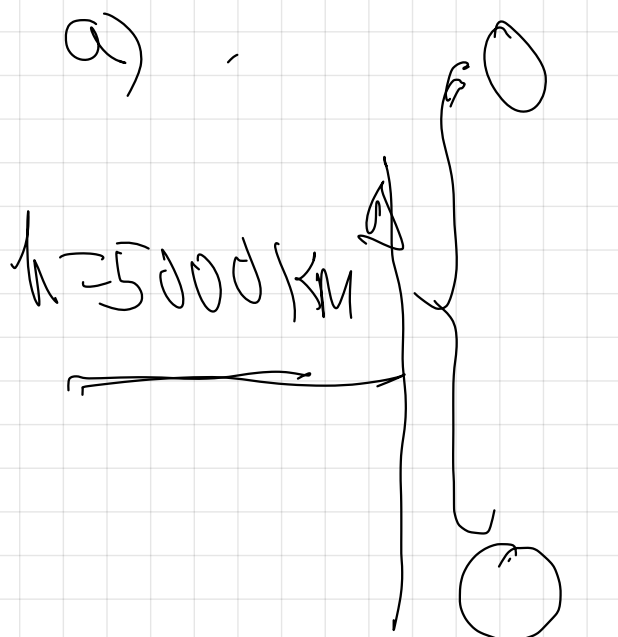
a) Explicar las transformaciones energéticas que tienen lugar y calcular el trabajo mínimo necesario o energía cinética que habrá que suministrarle.

b) Si quisiéramos elevar a este cuerpo de manera que permaneciese orbitando a dicha altura. ¿Qué trabajo o energía cinética hubiese sido preciso suministrarle?

c) Explicar cómo variarán las energías potencial, cinética y mecánica mientras el cuerpo permanece orbitando

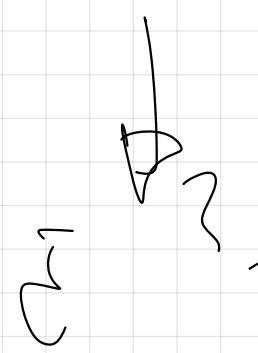
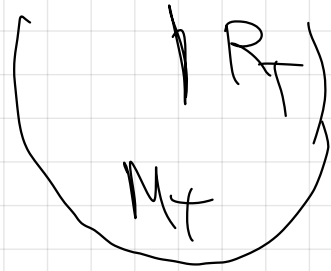
d) ¿Cuánto valdrá el trabajo que realiza la fuerza gravitatoria sobre el cuerpo orbitando durante un semiperíodo?

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

a)  *¡OJO! Solo elevar, se queda quieto en esa altura.*

$$E_{ph} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)} \quad / \quad E_{ch} = 0 \quad \text{J}$$

$E_{pT} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T} \quad / \quad \text{E}_G = \frac{1}{2} M \cdot v^2$

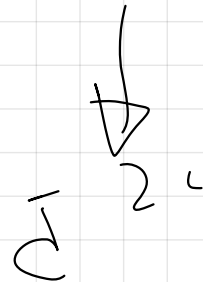


Conservación de la $E_m \Rightarrow$

" "

$$E_{Pf} + E_{Gf} = E_{Pi} + E_{Ch}$$

$$G \frac{M_T \cdot M}{R_T} + E_{Gf} = G \frac{M_T \cdot M}{(R_T + h)} + 0,$$



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

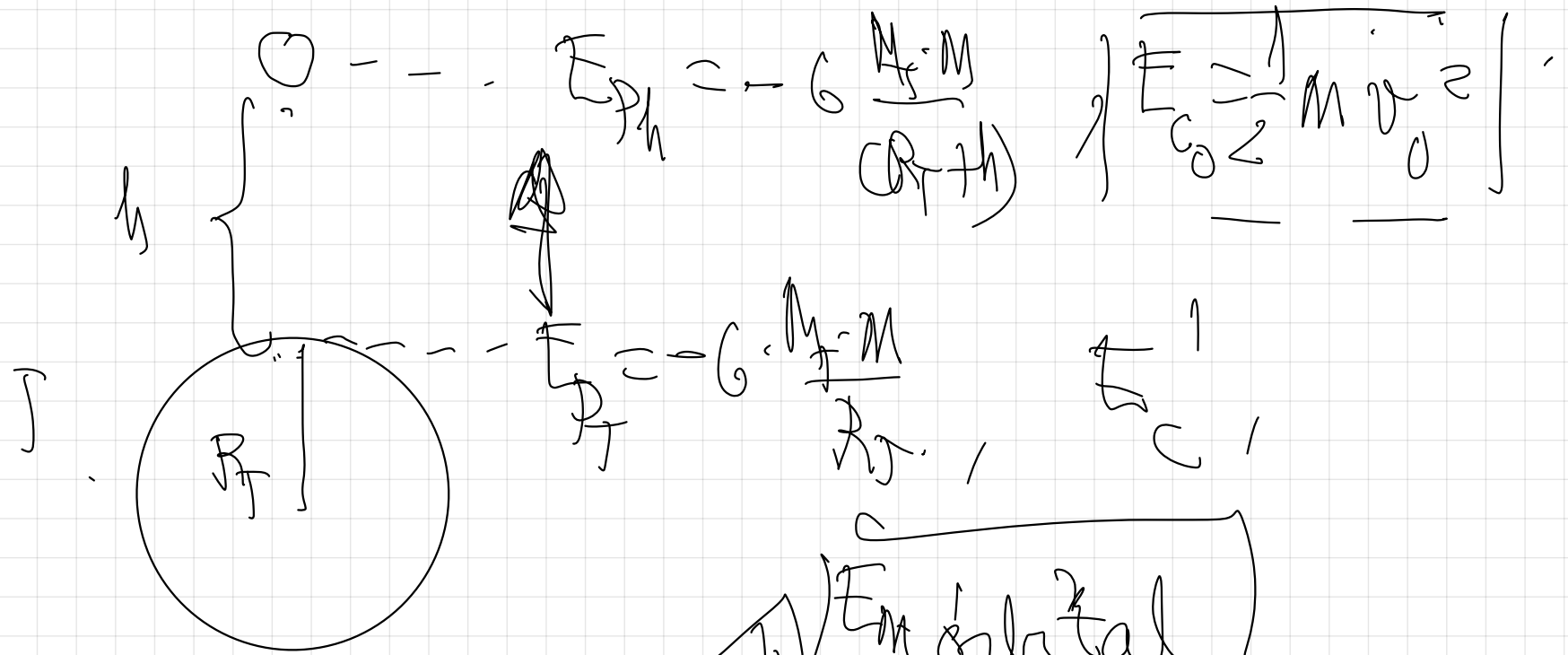
$$E_{CT} = G \cdot M_T \cdot m \left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{(R_T + h)} \right)$$

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

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

En el ascenso gana E_p
y toda la E_c que se
le suministró la
pierde, coincidiendo
el valor con la
ganancia de E_p .

(La suma de los dos permanece
cte conservándose la E_m)



$$E_{ph} + E_c = E_{orbital}$$

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

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

$$E_c^1 = G M_T m \left(\frac{1}{R_T} - \frac{1}{2(R_T + h)} \right)$$

$$E_{cf}^1 = 9.04 \cdot 10^9 \text{ J}$$



La E_c suministrada ha de ser mayor que en el caso anterior. (debe orbitar)

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

a) Explicar las transformaciones energéticas que tienen lugar y calcular el trabajo mínimo necesario o energía cinética que habrá que suministrarle.

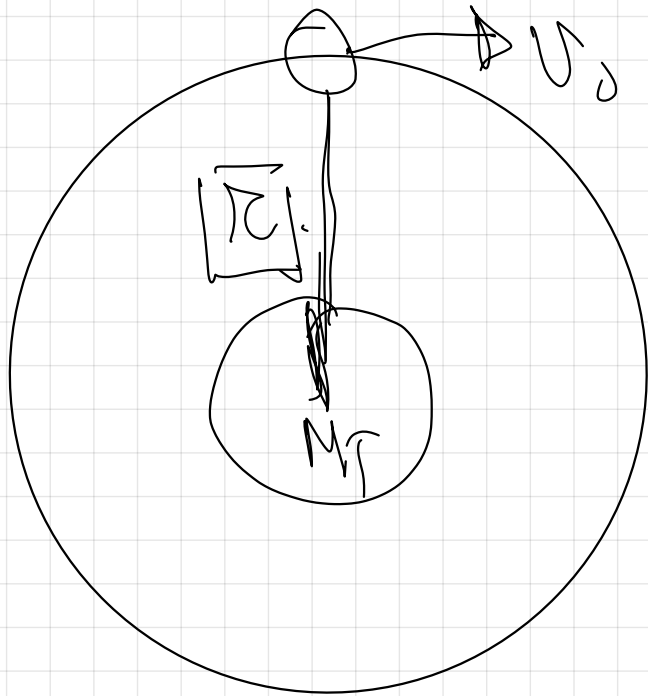
b) Si quisiéramos elevar a este cuerpo de manera que permaneciese orbitando a dicha altura. ¿Qué trabajo o energía cinética hubiese sido preciso suministrarle?

c) Explicar cómo variarán las energías potencial, cinética y mecánica mientras el cuerpo permanece orbitando

d) ¿Cuánto valdrá el trabajo que realiza la fuerza gravitatoria sobre el cuerpo orbitando durante un semiperíodo?

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

Mientras orbita.



$$E_p = -G \frac{M_T M}{r} = \text{cte.}$$

órbita. $\rightarrow$ cte

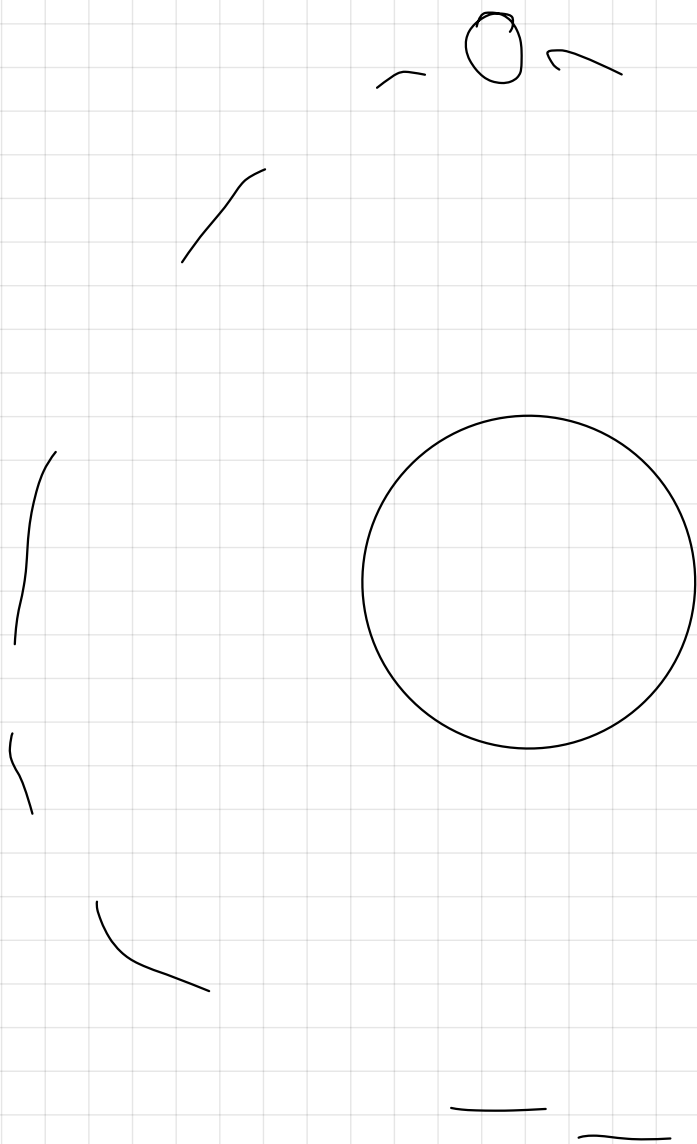
$$E_{\text{órbita}} = \frac{1}{2} M [v_0^2] = \text{cte.}$$

$\rightarrow$ cte.

$$E_m = E_{\text{p órbita}} + E_{\text{órbita}} = \text{cte.}$$

$\Downarrow$ cte $\Downarrow$ cte

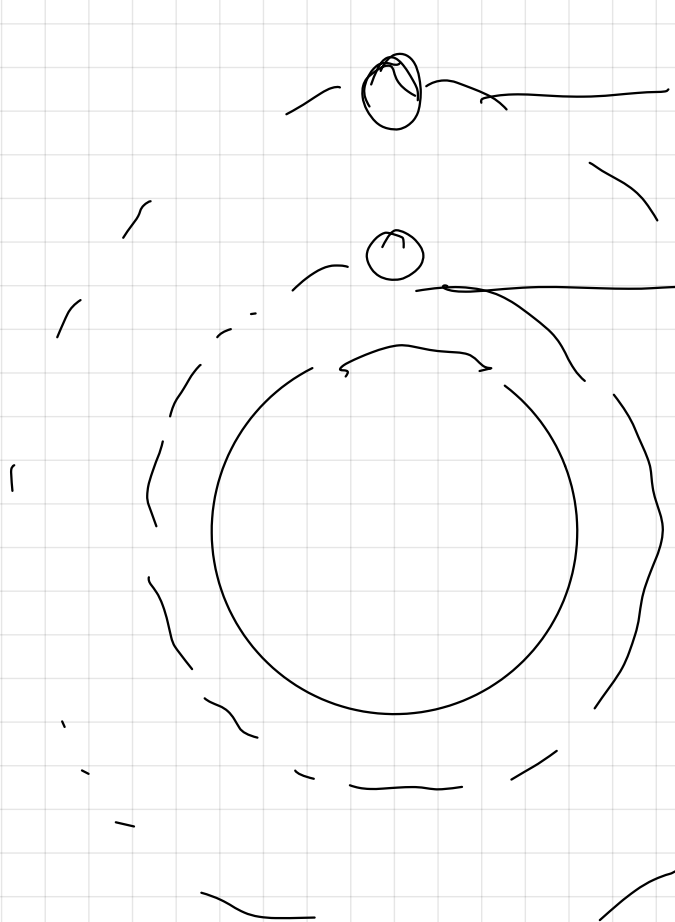
$$E_m = -G \frac{M_T M}{2r} = \text{cte.}$$



Em orbital.

E_{ph} , E_{ch}

E_A , $E_{\text{satelização}}$

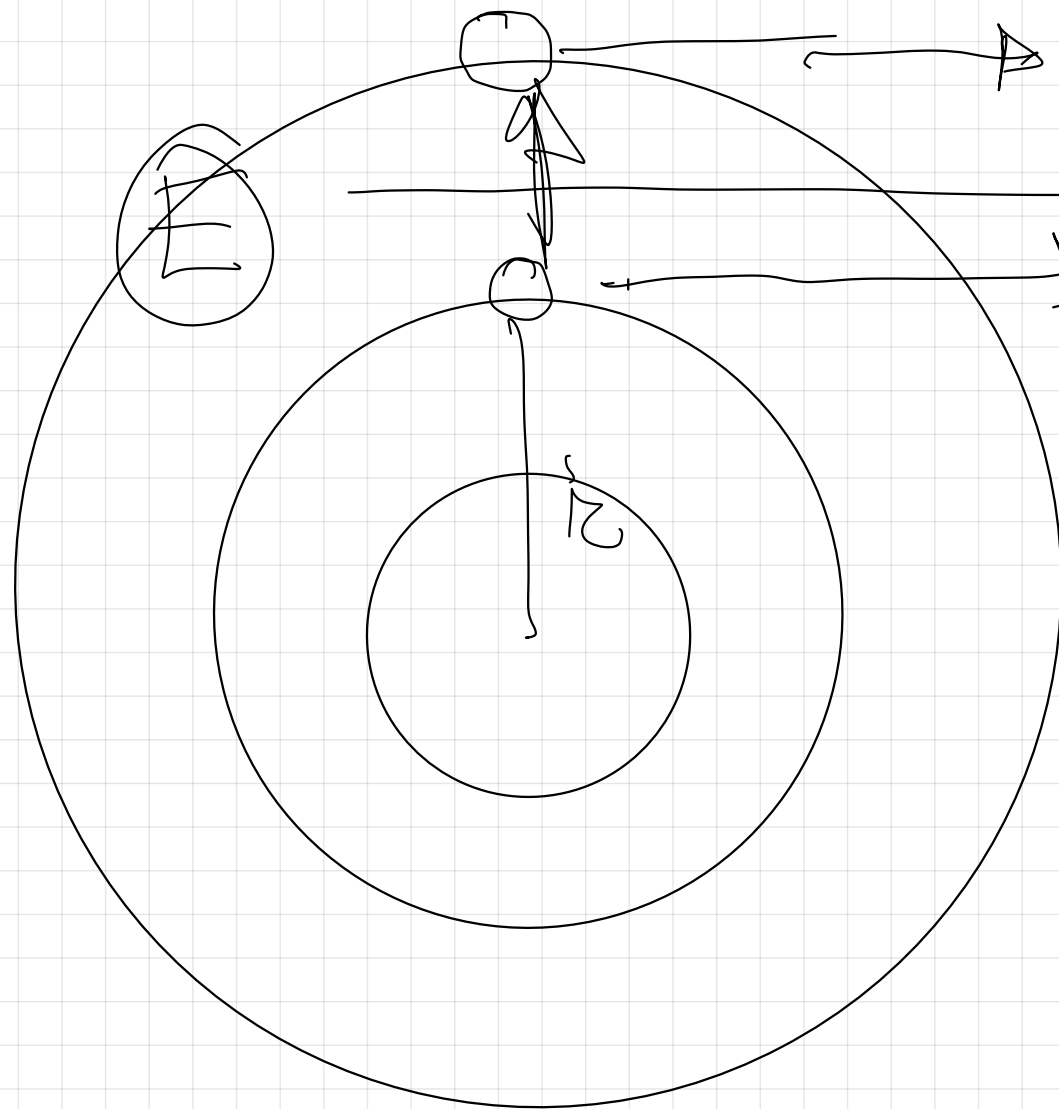


$$E_M = -G \frac{M_1 M_2}{2r}$$

$$E_M = -G \frac{M_1 M_2}{2r}$$

has negative.

disinjury
Q E_M



$$E_M = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2r} \rightarrow \text{MAXOS}$$

$$E_m = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2R} \rightarrow \text{MINOR}$$

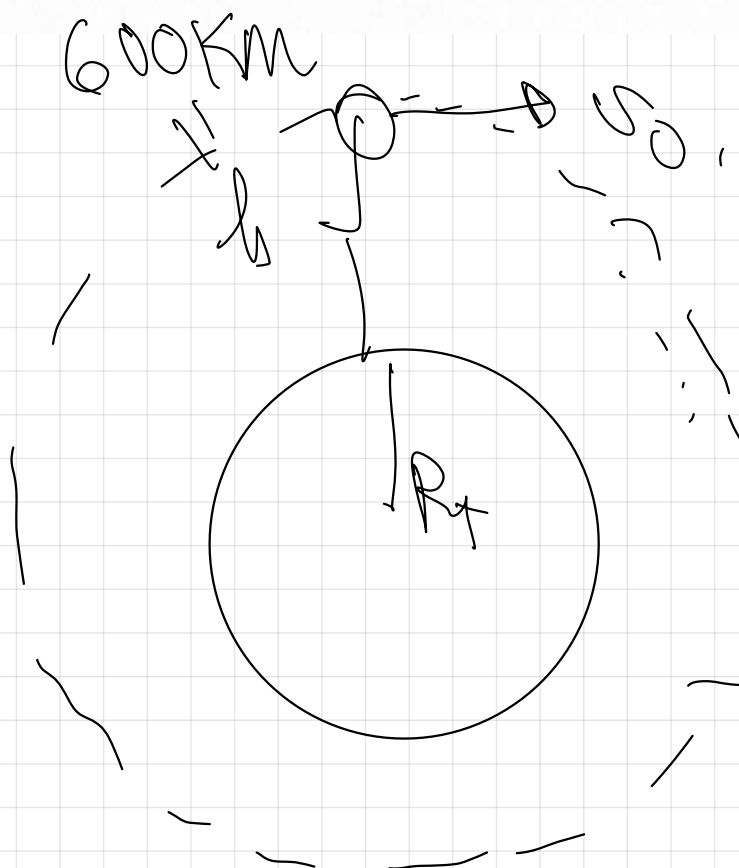
183

(09-R) El telescopio espacial Hubble se encuentra orbitando en torno a la Tierra a una altura de 600 km.

a) Determine razonadamente su velocidad orbital y el tiempo que tarda en completar una vuelta.

b) Si la masa del Hubble es de 11.000 kg, calcule la fuerza con la que la Tierra lo atrae y compárela con el peso que tendría en la superficie terrestre.

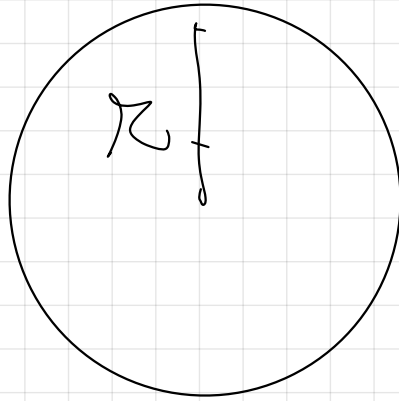
$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} ; R_t = 6400 \text{ km} ; M_t = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$



Deducción v_o

$$v_o = \sqrt{G \frac{M_t}{(R_t + h)}}$$

$$v = \frac{s}{t} = \dots$$



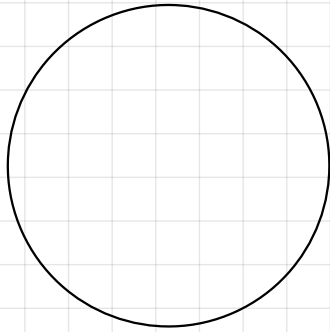
$$L = 2\pi r$$

$$v = \frac{2\pi(R+h)}{T}$$

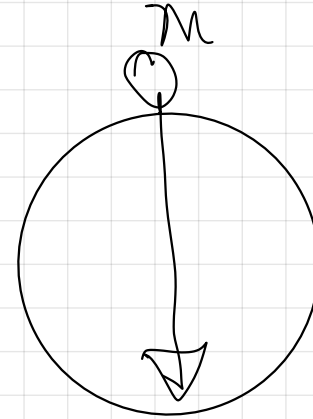


$$T = \frac{2\pi(R+h)}{v}$$

$$\begin{array}{c} \textcircled{\downarrow} \\ \textcircled{H} \end{array} \Rightarrow G, \frac{M_5 = 0}{(R_T + H)^2}$$



$$\begin{array}{c} \textcircled{\downarrow} \\ \textcircled{F} \end{array} \Rightarrow G, \frac{M_5 = M}{R_T^2}$$



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. *Energía que es*

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

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

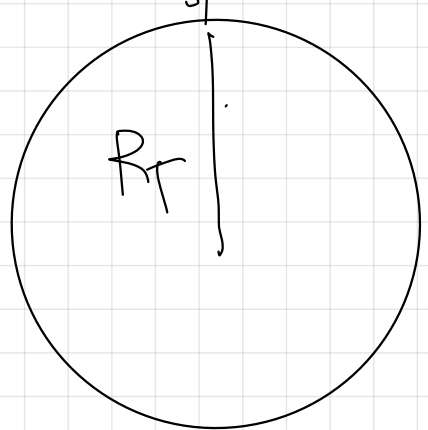


Diagram showing Earth with radius R_T and a satellite at height $h = 500 \text{ Km}$ from the surface. The satellite is in a circular orbit with velocity v .

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

$$= 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 100}{(6370 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^5)} = -58,10 \text{ J}$$

$500 \text{ Km} = 5 \cdot 10^5 \text{ m}$

$$E_c = \frac{1}{2} M v_0^2 = \frac{1}{2} m \left(\sqrt{G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)}} \right)^2 \rightarrow \text{ORBITA CIRCULAR.}$$

(INCISO)

$$\left. \begin{aligned} E_c &= \frac{1}{2} G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)} \\ E_p &= - G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)} \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} E_c &= \frac{1}{2} \left[G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)} \right] \\ |E_p| &= \left[G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)} \right] \end{aligned} \right\}$$

ORBITA CIRCULAR.

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

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

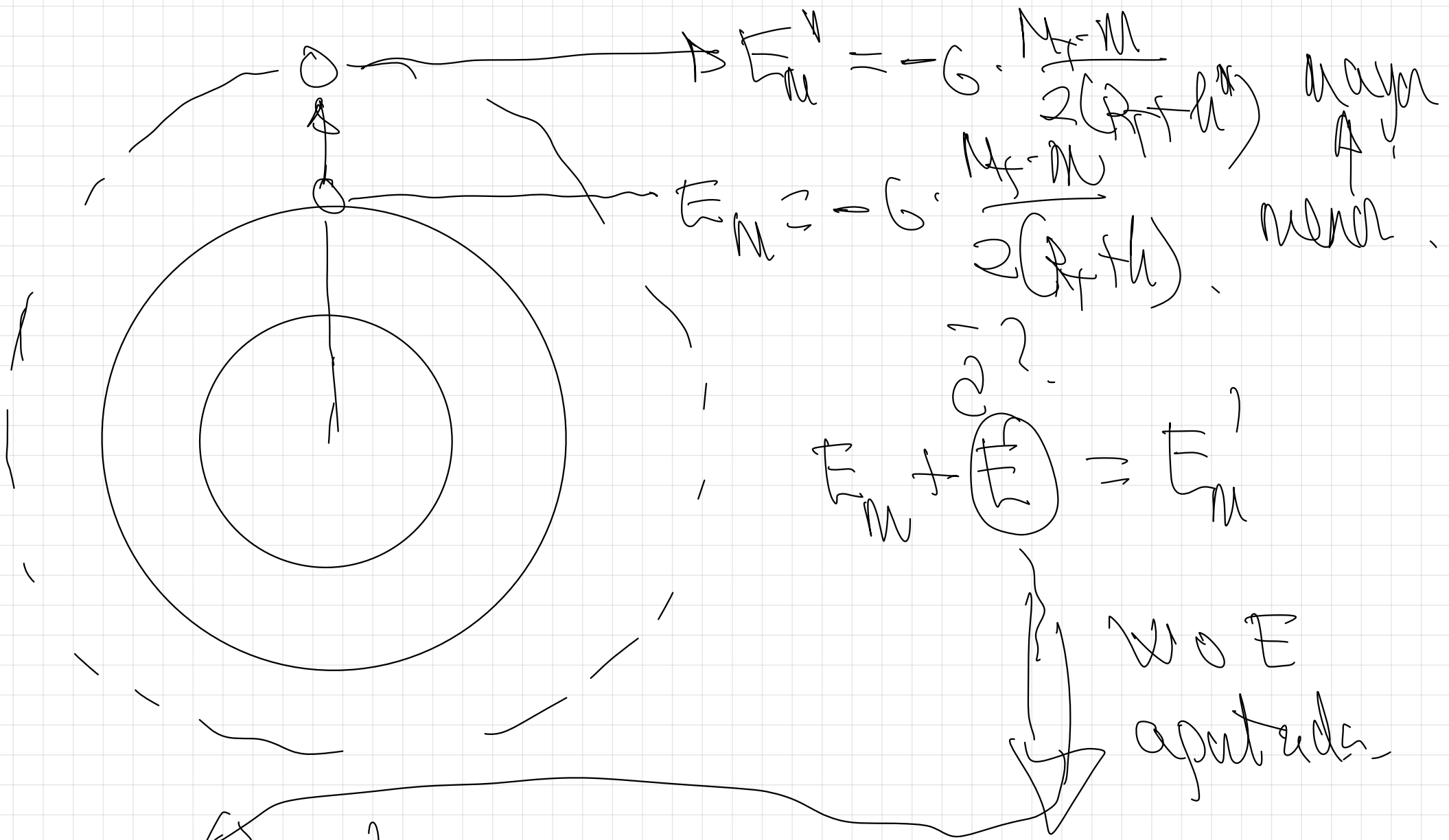
$$E_c = \frac{1}{2} 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5.98 \cdot 10^{24} \cdot 200}{(6.37 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^5)} = \boxed{2.9 \cdot 10^9 \text{ J}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} |E_p| = \frac{1}{2} 5.8 \cdot 10^9 = \boxed{2.9 \cdot 10^9 \text{ J}}$$

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

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


 ORBITA CIRCOLARE



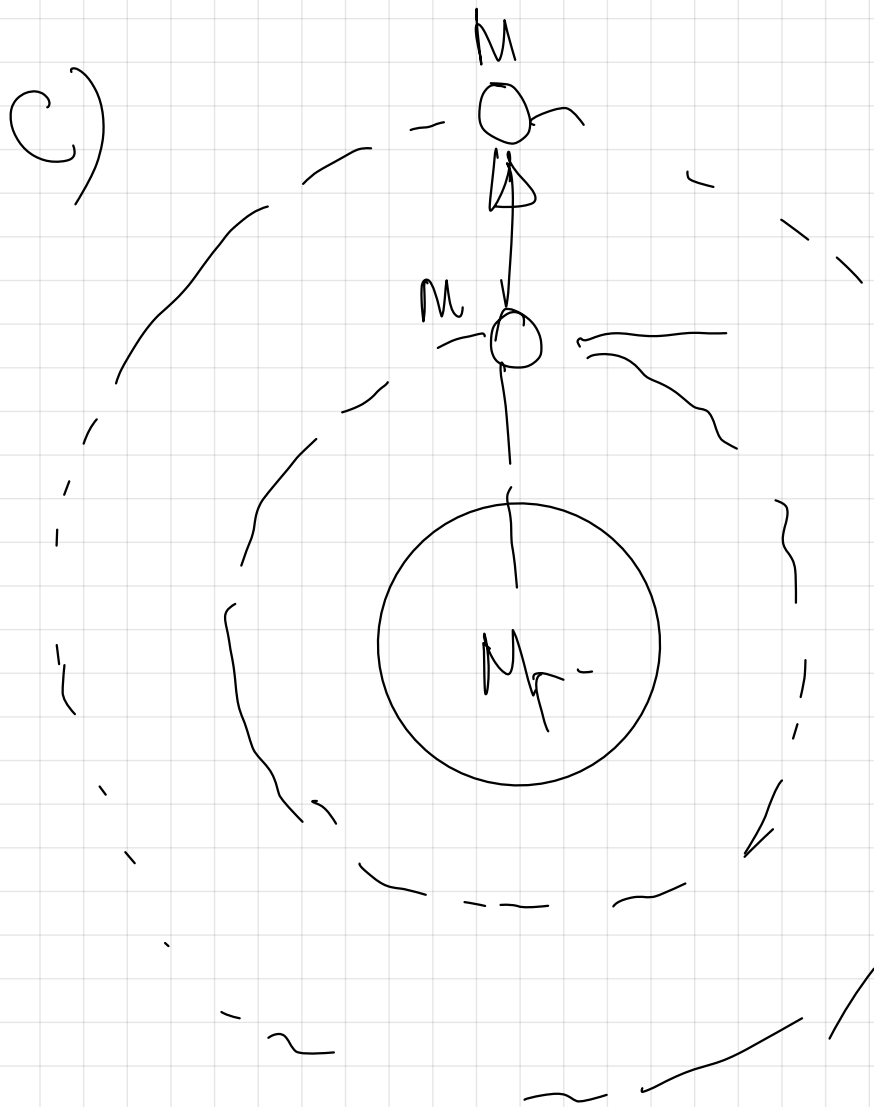
$$E = E_n' - E_n$$

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

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

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

$$E_{\text{ext}} = 413 \cdot 10^8 \text{ J}$$



$E_p, E_c, E_m.$

$$\downarrow E_m = -G \frac{M_T \cdot m}{2r} \uparrow$$

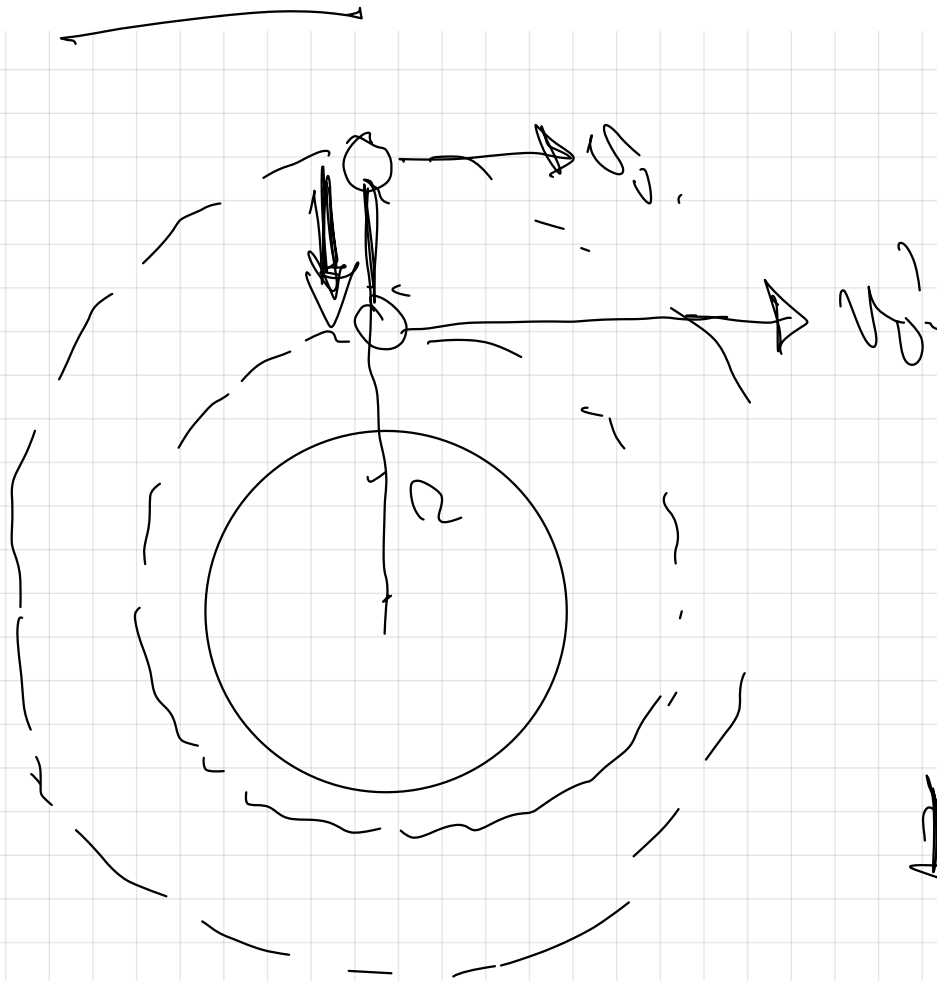
$$\downarrow E_p = -G \frac{M_T \cdot M}{2r} \uparrow$$

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

$$\downarrow v_0 = \sqrt{G \frac{M_T}{2r}} \uparrow$$

$$g=10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}, R_T=6400 \text{ Km}$$

- 40.- Un satélite se encuentra orbitando a una altura determinada sobre la superficie terrestre. Si quisiésemos que este satélite pasase a estar orbitando a otra altura con una velocidad orbital ~~mayor~~, explique si el satélite estará más cerca o más lejos de la Tierra, e indicar las variaciones que experimentarían la energía potencial, la energía cinética y la energía mecánica del satélite.



$$E_m = -G \frac{M_T \cdot m}{2R}$$

$$E_p = -G \frac{M_T \cdot m}{R}$$

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

pag 18.

6.- RELACIÓN ENTRE ENERGÍA Y MOVIMIENTO ORBITAL.



$$E_m > 0$$

$$E_m = 0$$

$$E_m < 0$$

$$E_m < 0$$

$$E_m < 0$$

NO ESCAPA.

HÍPERBOLA

$$E_c > |E_p| \text{ ESCAPA}$$

PARÁBOLA

$$E_c = |E_p| \text{ ESCAPA}$$

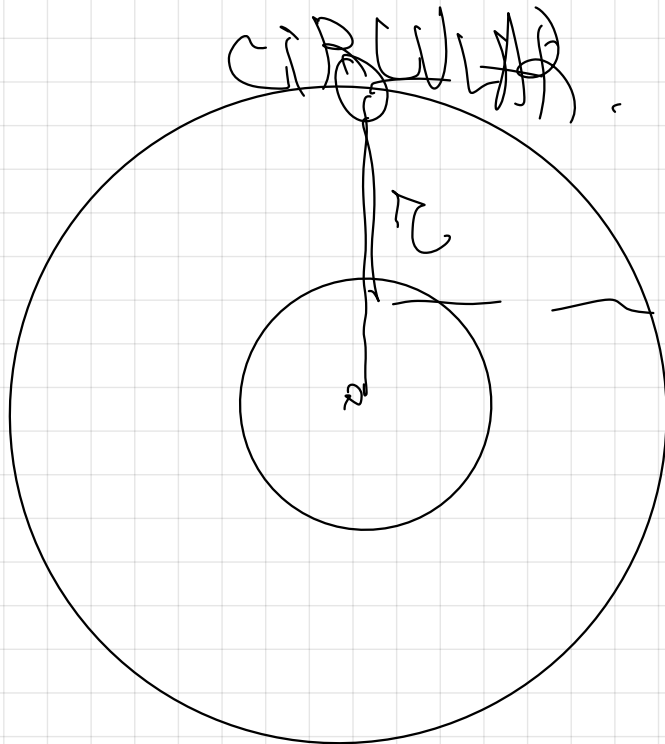
ELÍPTICA

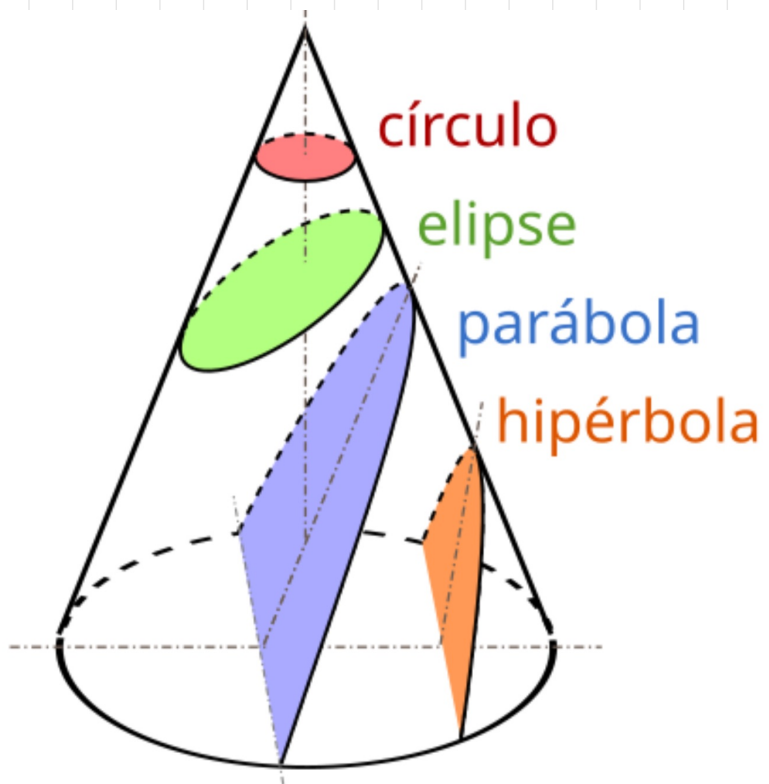
$$\frac{1}{2}|E_p| < E_c < |E_p|$$

CIRCULAR

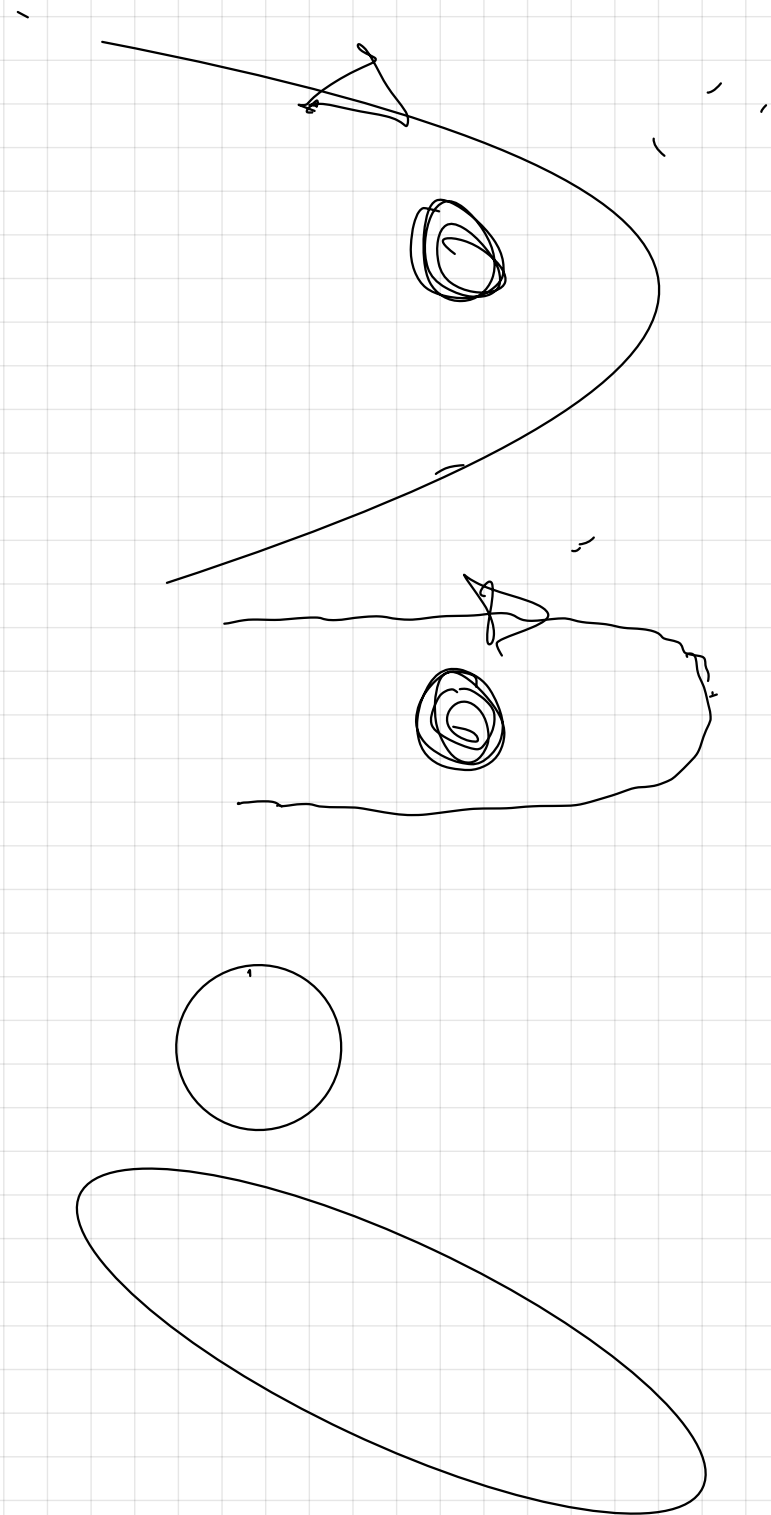
$$E_c = \frac{1}{2} |E_p| \text{ NO ESCAPA}$$

$$E_c < \frac{1}{2} |E_p| \text{ COLAPSA}$$





Perspectiva de las secciones cónicas



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.

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

$$E_c = \frac{1}{2} m v_o^2 = \frac{1}{2} m \left(\sqrt{G \frac{M_T}{R_T}} \right)^2 = \frac{1}{2} G \frac{M_T \cdot m}{R_T}$$

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

$$\frac{E_c}{E_p} = \frac{\frac{1}{2} G \frac{M_T \cdot m}{R_T}}{- G \frac{M_T \cdot m}{R_T}}$$

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

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

Relación entre la Energía y el
movimiento orbital,

∞ - - - - -

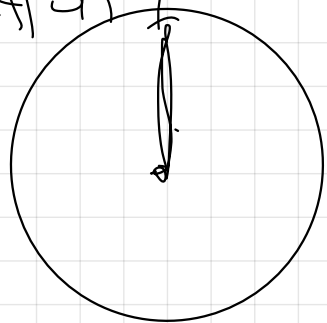
$E_M > 0$ ESCAPA,
HIPÉRBOLA.

$E_M = 0$ - - - - -
ESCAPA, PARÁBOLA.

$E_M < 0$ NO ESCAPA
ELIPSE

$E_M < 0$ - - - - -
ÓRBITA CIRCULAR.

$E_M < 0$ COLAPSA



0

0

$$E_C > E_M$$

$$E_C = |E_P|$$

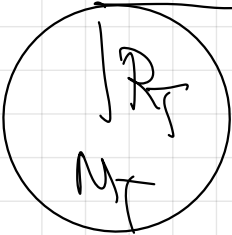
$$\frac{1}{2}|E_P| < E_C < |E_P|$$

$$E_C = \frac{1}{2}|E_P|$$

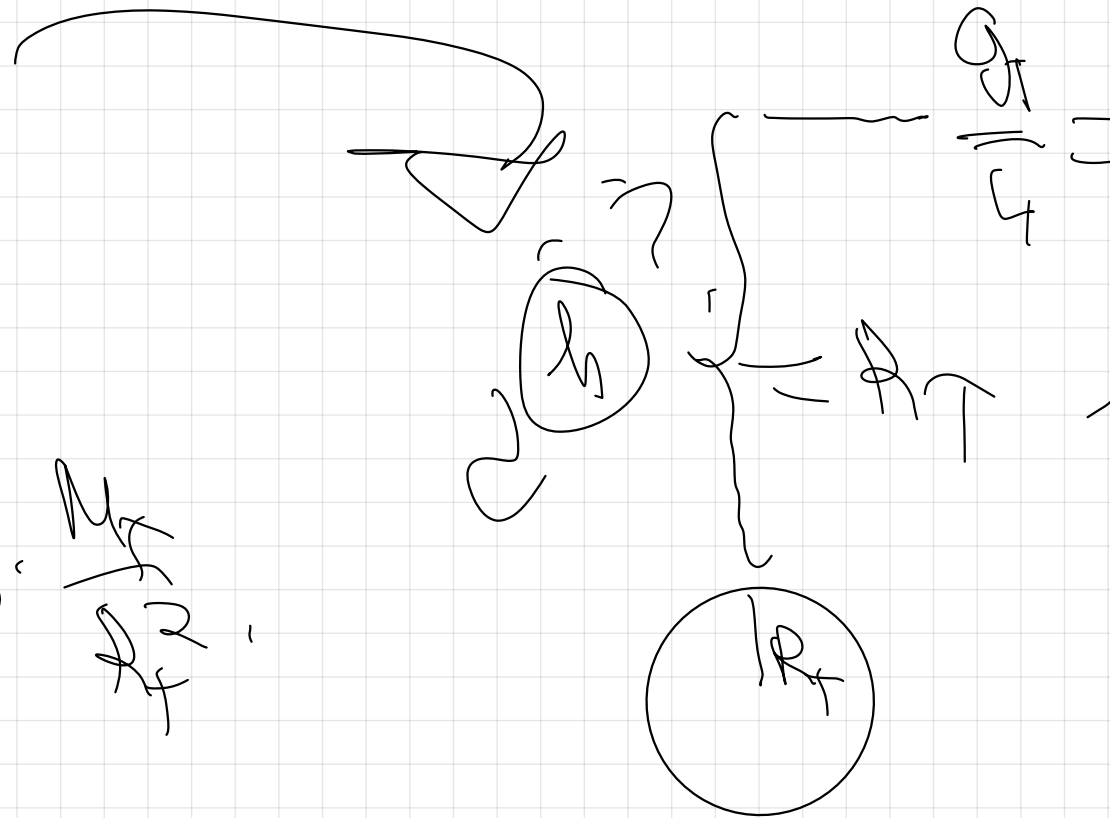
$$E_C < \frac{1}{2}|E_P|$$

¿ A que altura sobre la superficie terrestre se reduce la gravedad a la cuarta parte?

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



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



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

$$\frac{g_T}{4}$$

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

$$\sqrt{\frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}}$$

$$G = \frac{\cancel{R_T}}{R_T^2}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{R_T}{(R_T + h)}$$

$$R_T + h = 2 R_T$$

$$h = \frac{2 R_T - R_T}{[h = R_T]}$$

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)

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{|E_p|}{m}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^8}{100}} = 2236 \text{ m/s}$$

b)

$$E_c = \frac{1}{2} m (2v_0)^2 = \frac{1}{2} m 4v_0^2 = 2 m v_0^2 =$$
$$= 2 \cdot 100 \cdot (2236)^2 = [919 \cdot 10^8 \text{ J}]$$

$$E_c = 9 \cdot 9 \cdot 10^8 \text{ J}$$

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

$$E_m = E_p + E_c > 0 \Rightarrow$$

$$|E_c| > |E_p|$$



Existența unei suprafețe
hiperbolice (altă)

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) $|E_p| = E_c \Rightarrow$ Falsa $E_m = 0 \Rightarrow$ Escape, órbita parabólica.

b) $E_m > 0 \Rightarrow$ Falsa $E_m > 0$ Escape, hipérbolica.

c) $|E_p| = 2E_c \Rightarrow$ Verdoppeln, 2
doppelt.

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

d) Falsch.

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot \left[v_0^2 \right]$$

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) $E_m = 0 \Rightarrow E_m < 0$

b) $E_m = -G \frac{M_T \cdot M}{2r}$

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

$$E_m = 0 \rightarrow \cancel{G \cdot \cancel{E_c \cdot M}} \\ \cancel{2\cancel{K}} \\ \hline \cancel{G \cdot \cancel{E_c \cdot M}} \\ \cancel{2\cancel{K}} -$$

$$E_m = -E_c$$

Verdadero.

$$E_m = E_c$$

c)

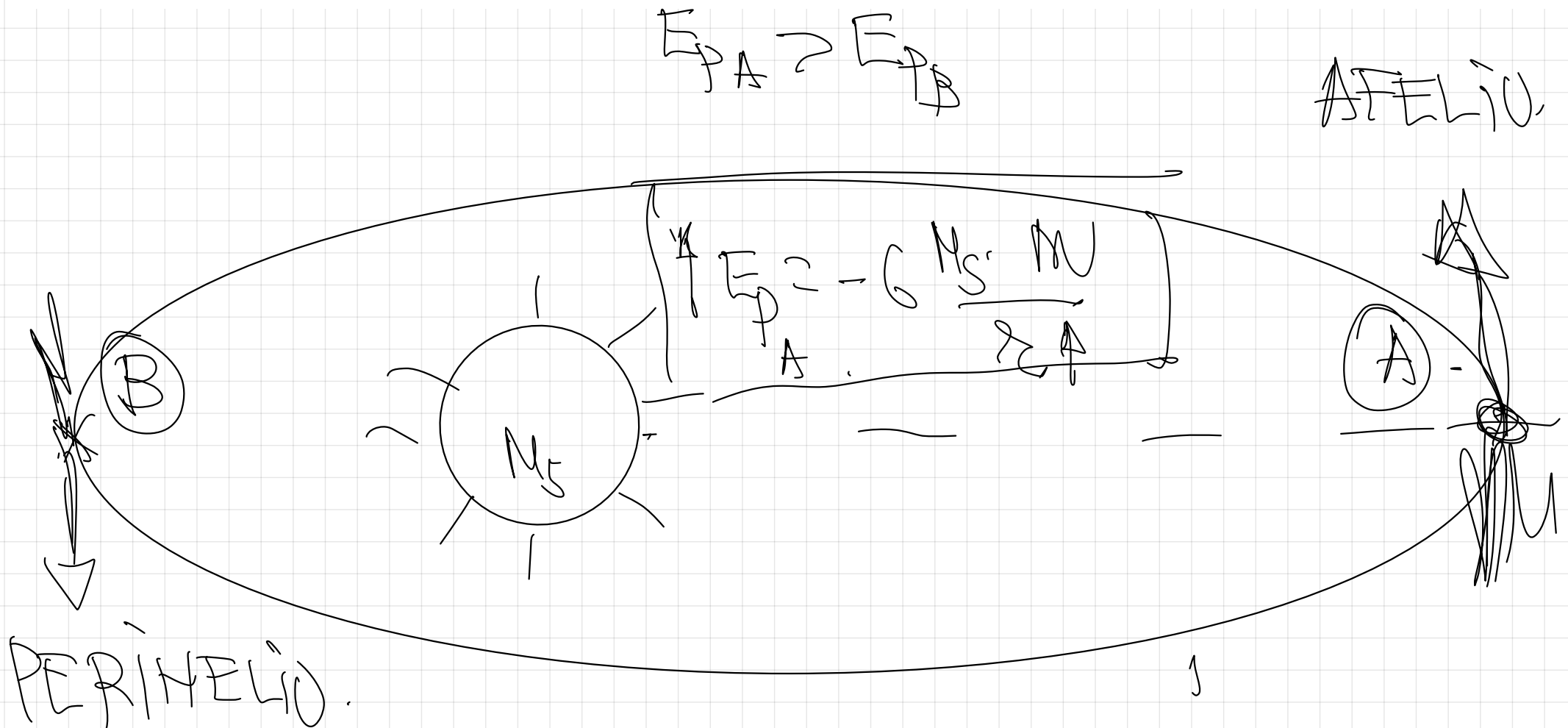
$$E_f \rightarrow E_c = 0$$

~~Orbita circular.~~

$$E_c = -2 E_p \\ E_c = 2 |E_p|$$

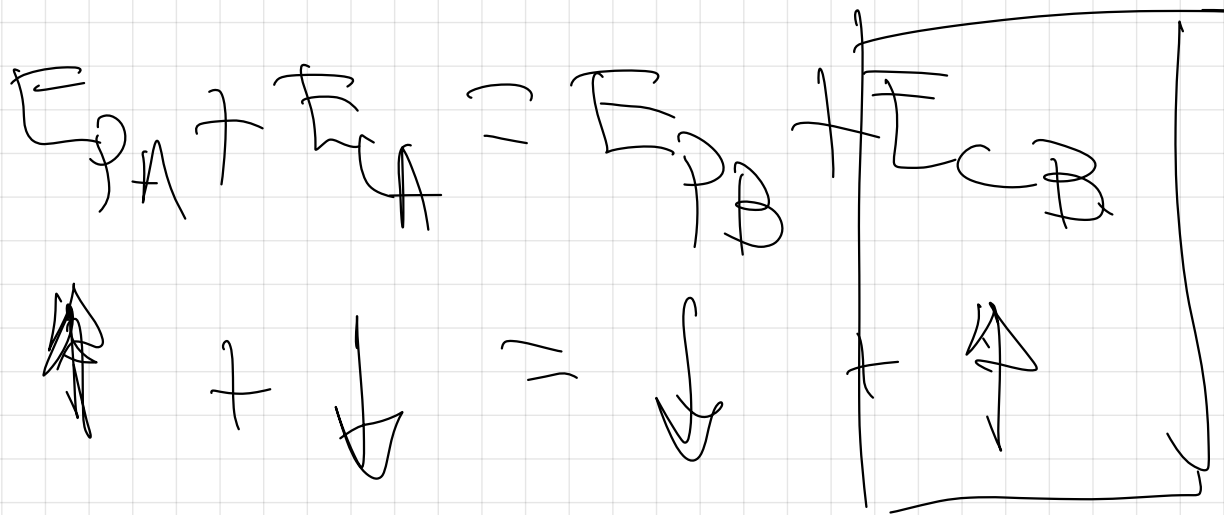
> **44.**- Sean A y B dos puntos de la órbita elíptica de un cometa alrededor del Sol, estando A más alejado del Sol que B.

- ¿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



$E_m = cte \Rightarrow$ solo azione la
F gravitativa.

$$E_m = cte.$$

$$E_{pA} + E_{cA} = E_{pB} + E_{cB}$$


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

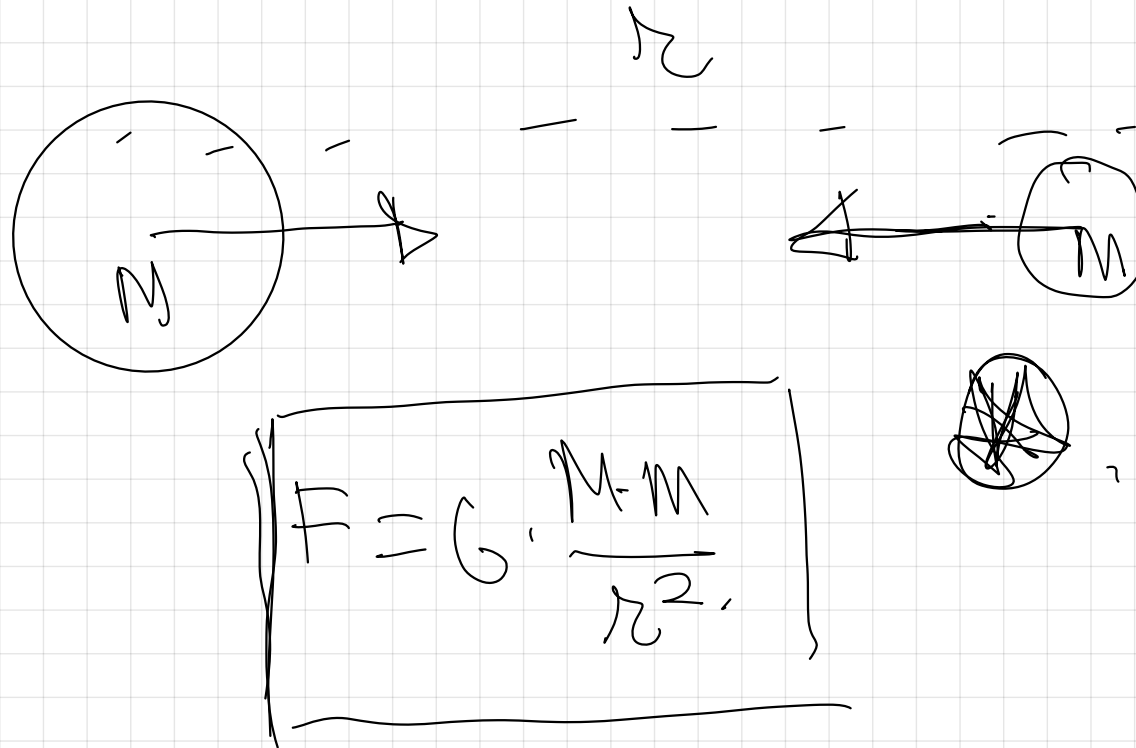
$$|v_B > v_A|$$

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

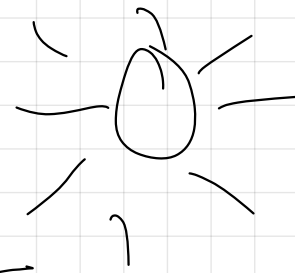
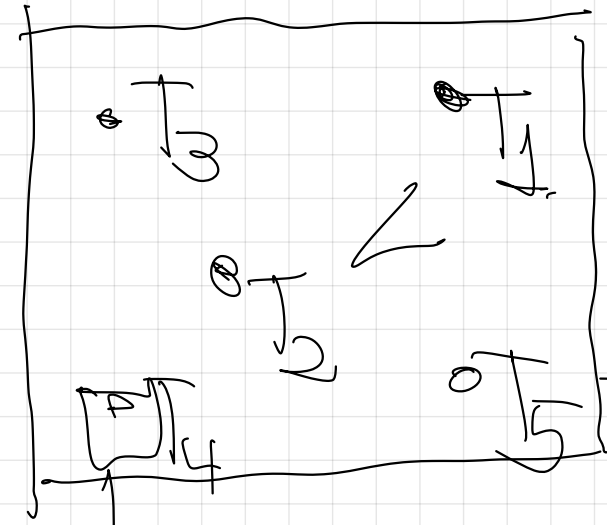
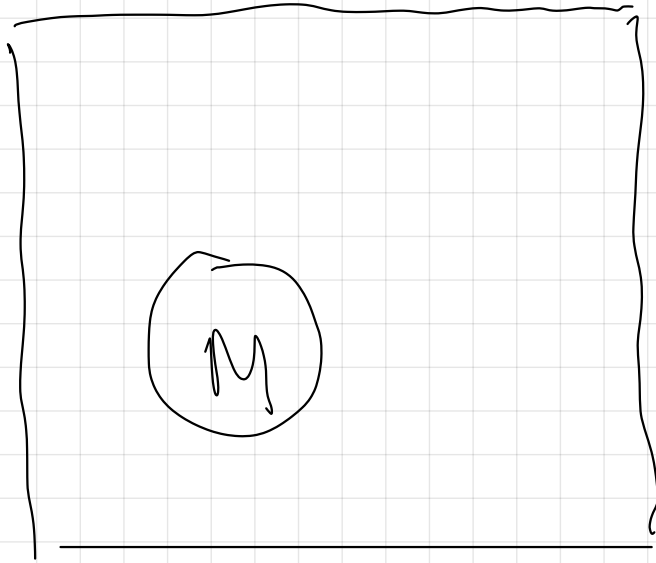
$$a_A \geq a_B$$

pag 2.

2.- INTERACCIONES A DISTANCIA: CONCEPTO DE CAMPO

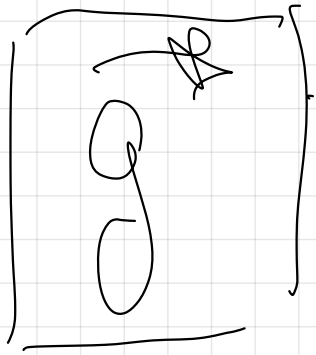


Concepto de Campo.



Única palca.

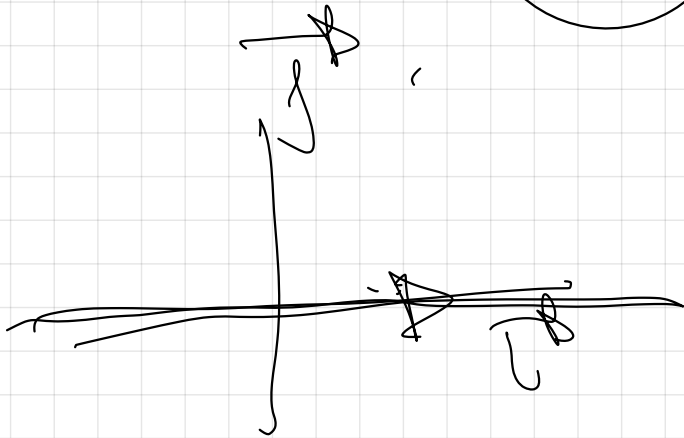
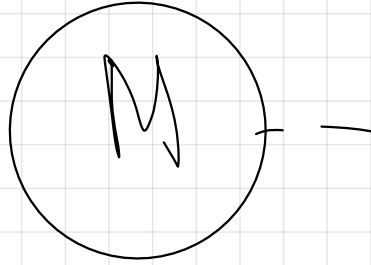
Campo Escalar.



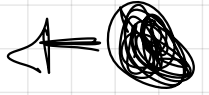
$$\downarrow g = 6 \cdot \frac{N}{2^2}$$

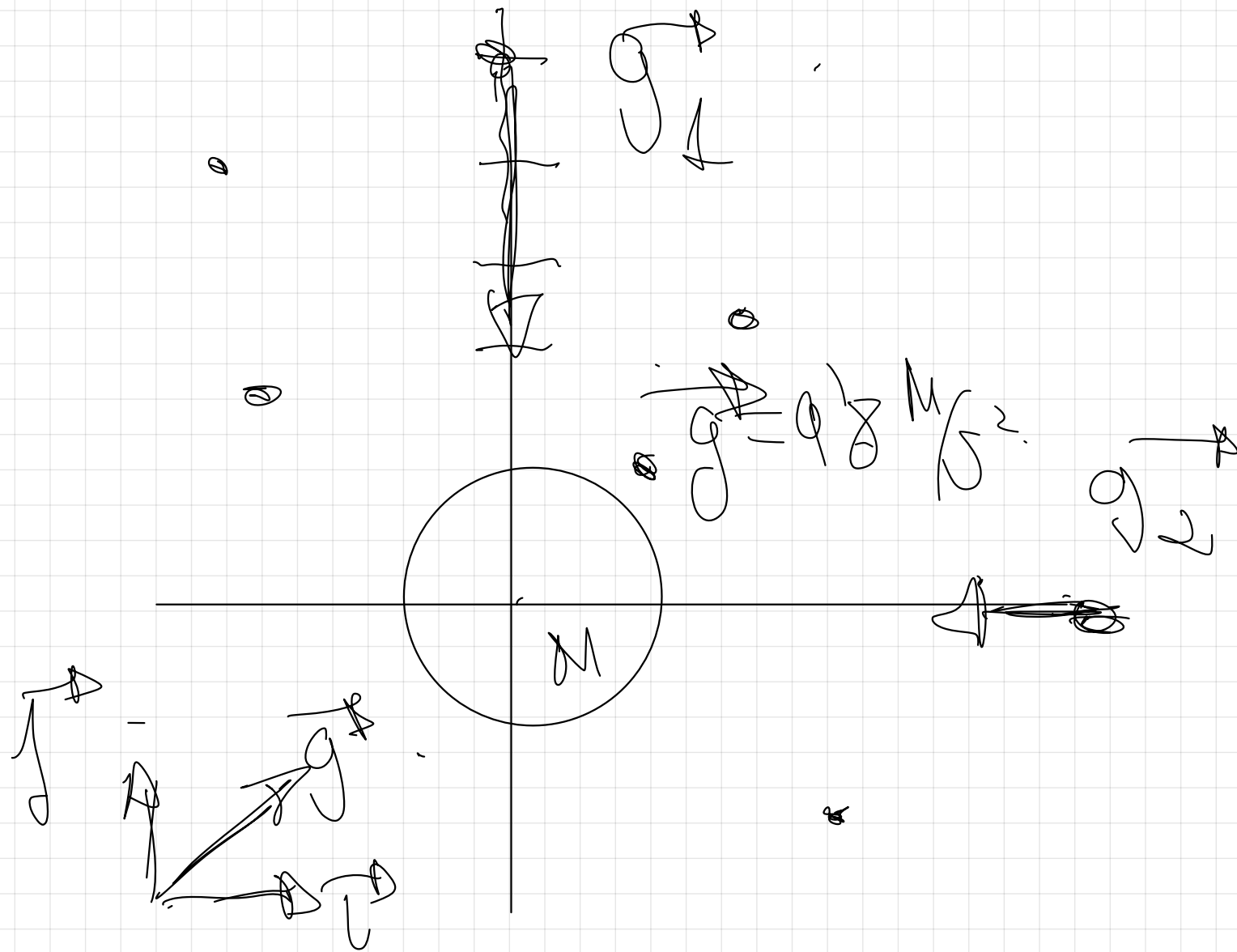
r =

$$g_1 = -4 \sqrt{\left(\frac{N}{5^2}\right)}$$

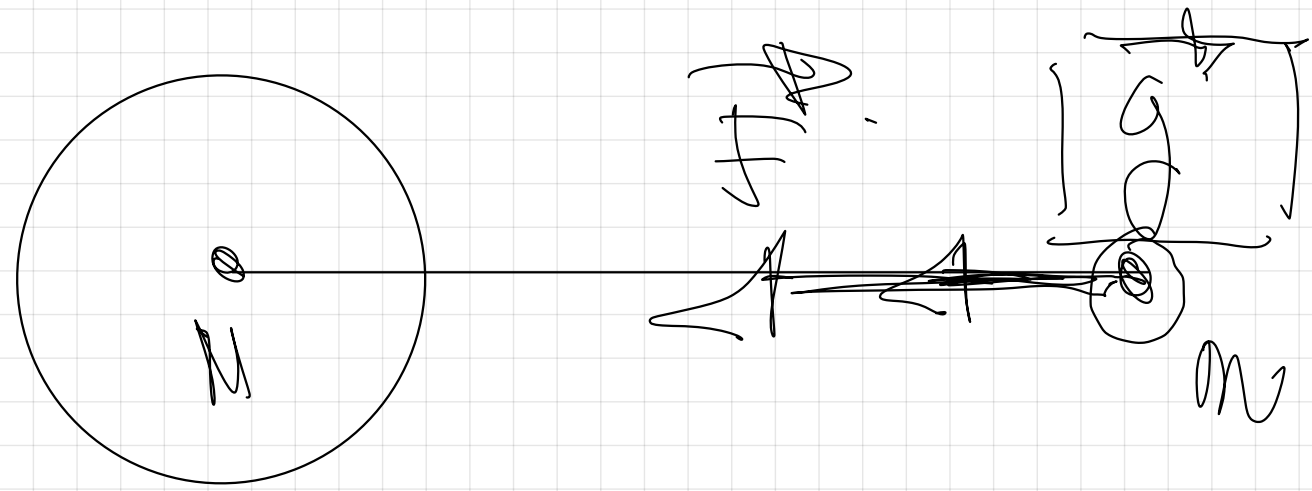


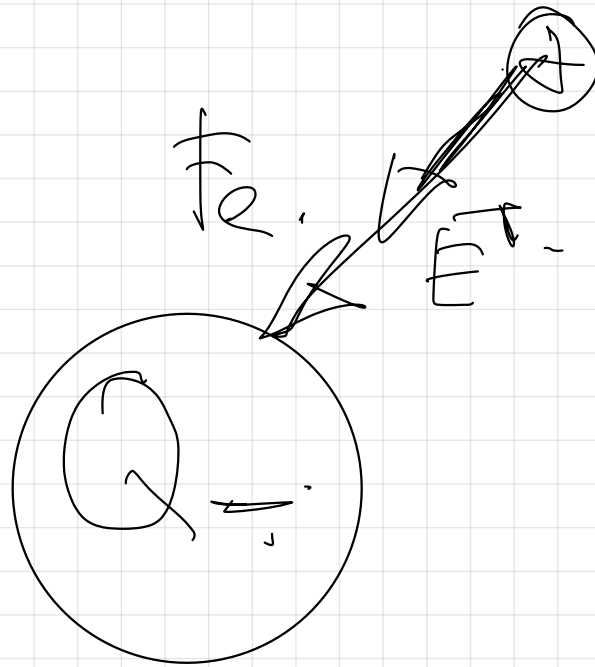
$$g_2 = 2 \sqrt{\left(\frac{N}{5^2}\right)}$$

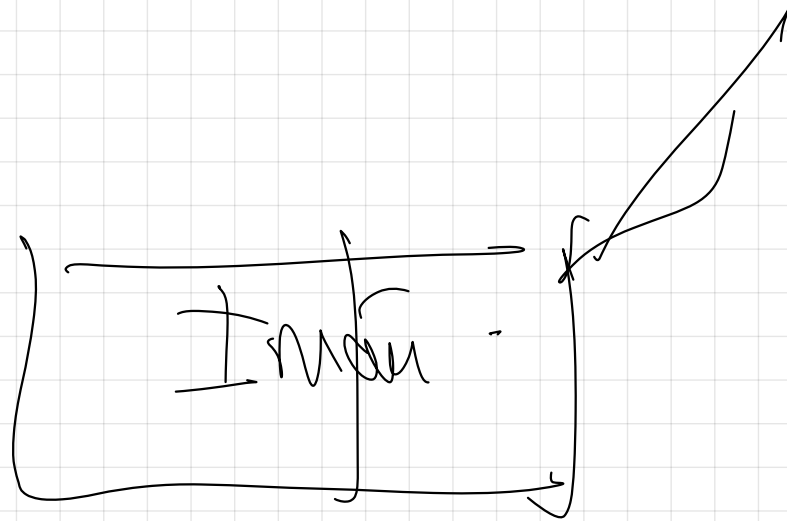


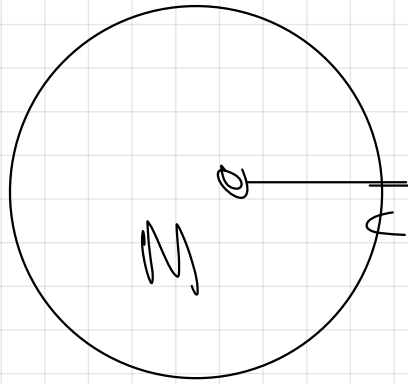


$$\vec{g} = +3\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 \quad (1/5^2)$$









$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \quad (10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

$$F = m \cdot g$$

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

$$g = \frac{F}{m} \Rightarrow \left[\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right]$$

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

$$\frac{N}{Kg} = \frac{Kg \cdot \frac{M}{s^2}}{Kg}$$

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?

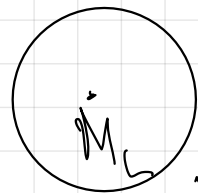
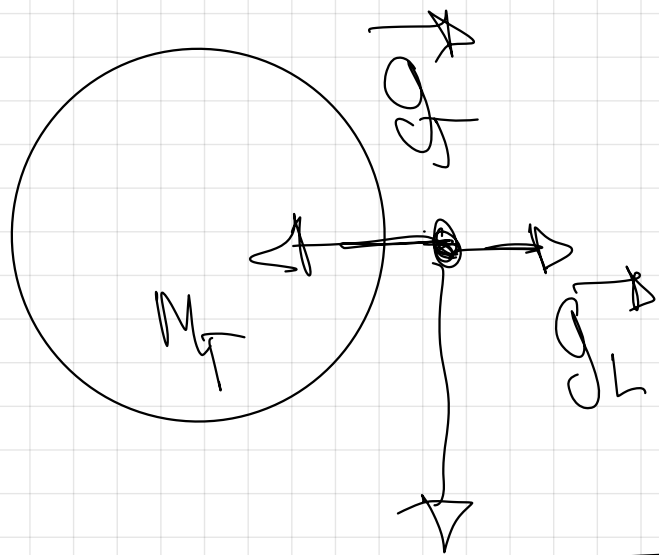
Cuerpo de mayor masa M .

$$g = \frac{F}{M} = \frac{G \cdot \frac{M_T \cdot M}{R_T^2}}{M} = \left[G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} \right] = [9.8 \frac{m}{s^2}]$$

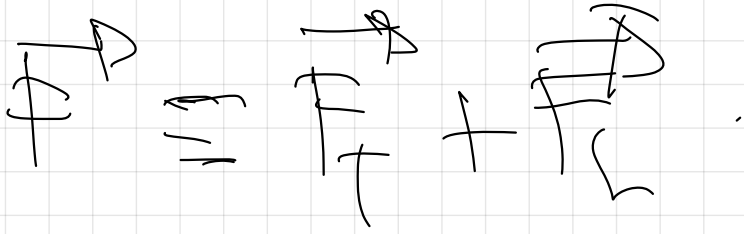
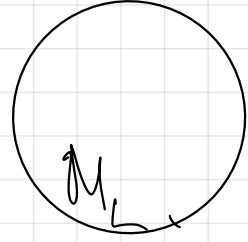
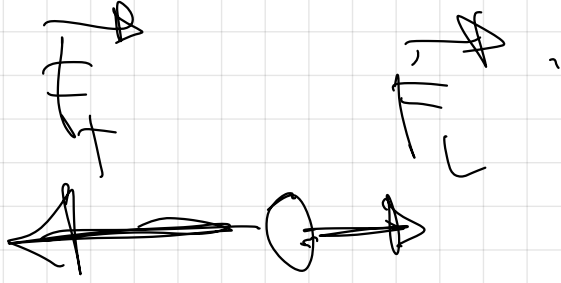
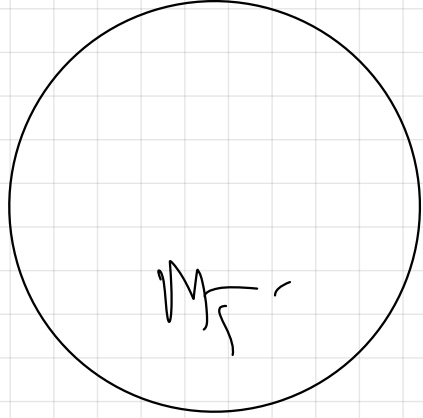
Cuerpo de menor masa m .

$$g \stackrel{!!}{=} \frac{F^0}{m} = \frac{G \cdot \cancel{M_T} \cdot \cancel{m}}{\cancel{R_T^2} \cdot \cancel{m}} = \left| \frac{G \cdot M_T}{R_T^2} \right| = \left| a' g^M \sqrt{2} \right|$$

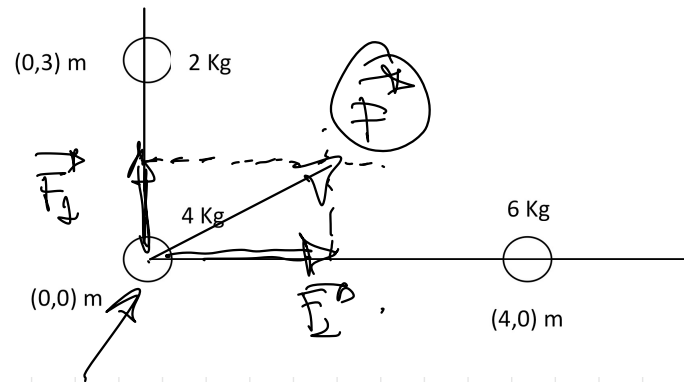
5. - Princípio da superposição.



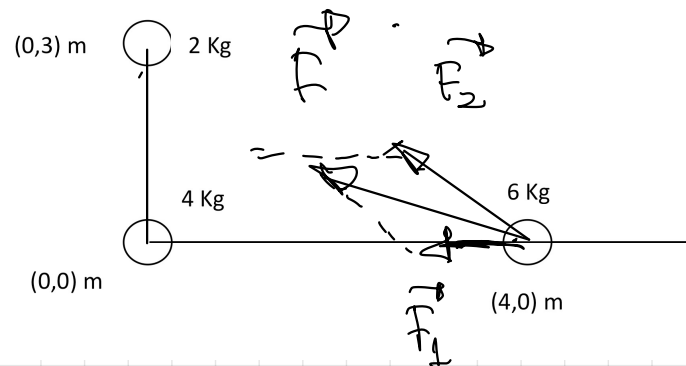
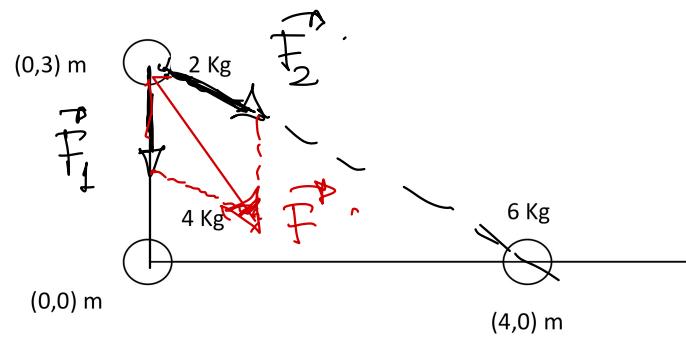
$$g = g + g_L$$



Exercício 11.



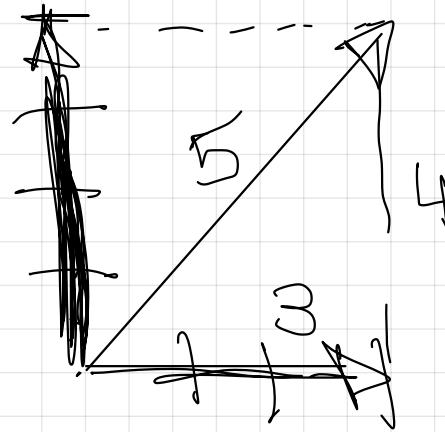
$$\vec{F} = \vec{F}_j + \vec{F}_h$$



$$\boxed{F = F_1 + F_2}$$

líneas de campo.

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

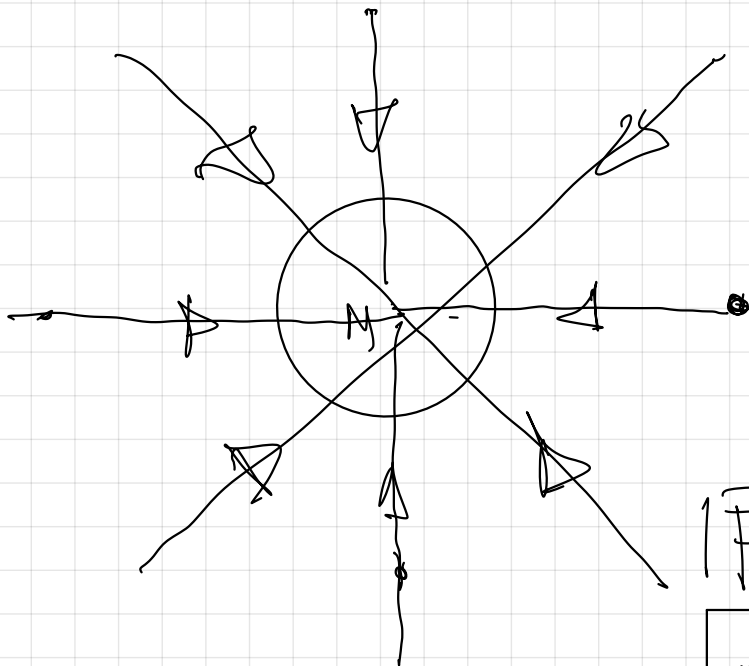


$$\vec{F}_1 = +3\vec{i}$$

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

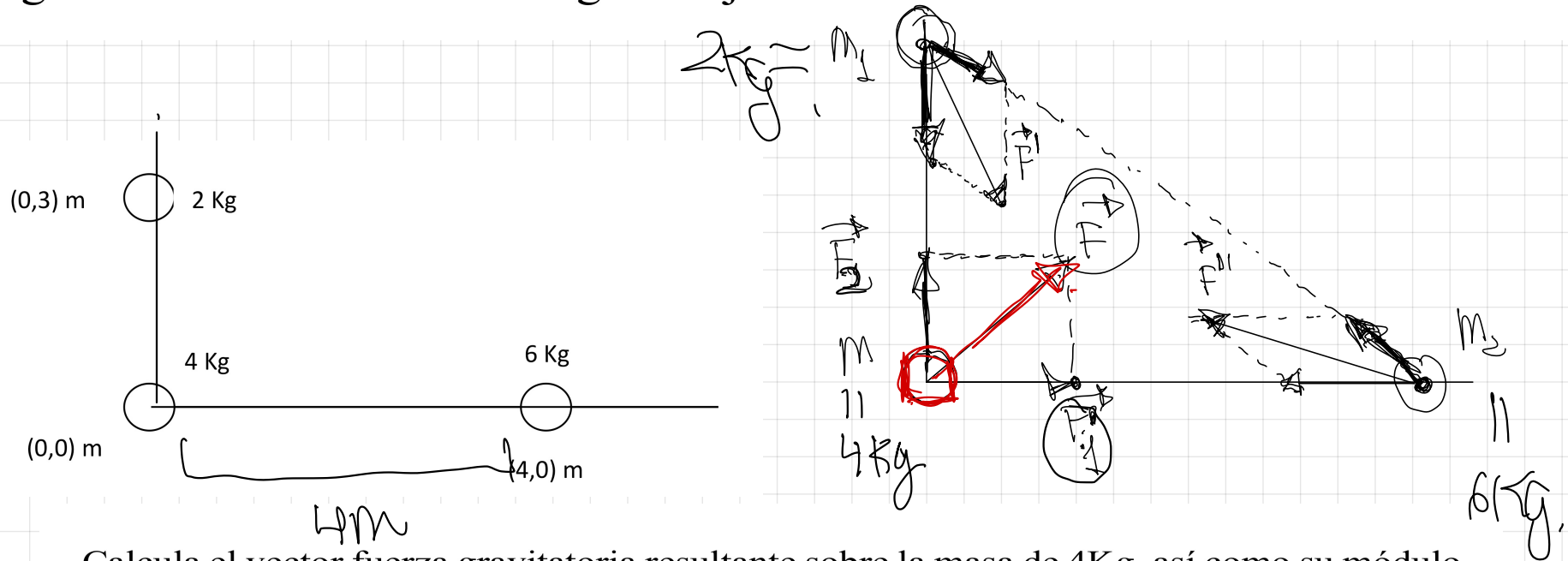
$$\vec{F} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5.$$



www.fisicacuriosa.es

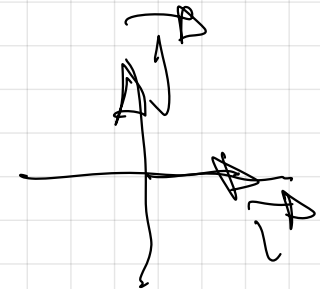
11. Tres esferas uniformes de masas 2 Kg, 4 Kg y 6 Kg se sitúan en los vértices de un triángulo como se indica en la figura adjunta



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

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

$|F_1| \Rightarrow$ ley de la gravitación universal -
Cálculo primero el módulo.



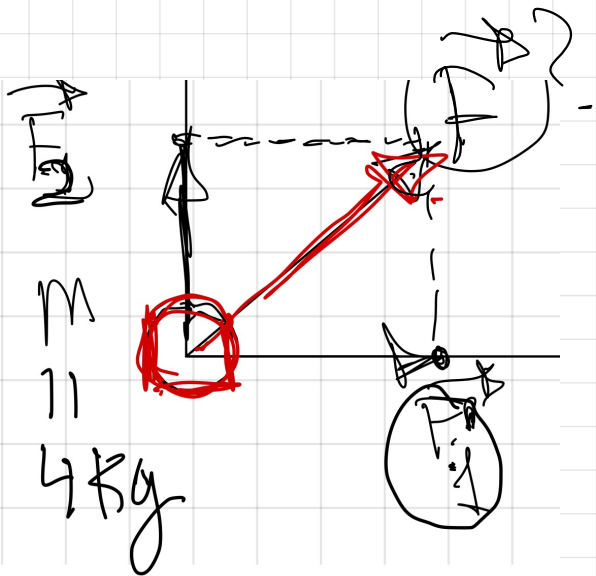
$$|F_1| = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{4 \cdot 6}{4^2} = 10^{-10} \text{ N}$$

Después pongo dirección y sentido.

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

$$|\vec{F}_2| = G \cdot \frac{m \cdot M_1}{r^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{4 \cdot 2}{2^2} = 5.193 \cdot 10^{-11} \text{ N.}$$

$$\vec{F}_2 = +5.193 \cdot 10^{-11} \vec{j} \text{ (N)}$$



Principio de superposición.

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

$$\vec{F} = 10^{-10} \vec{e} + 5.193 \cdot 10^{-11} \vec{j} \text{ (N)}$$

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

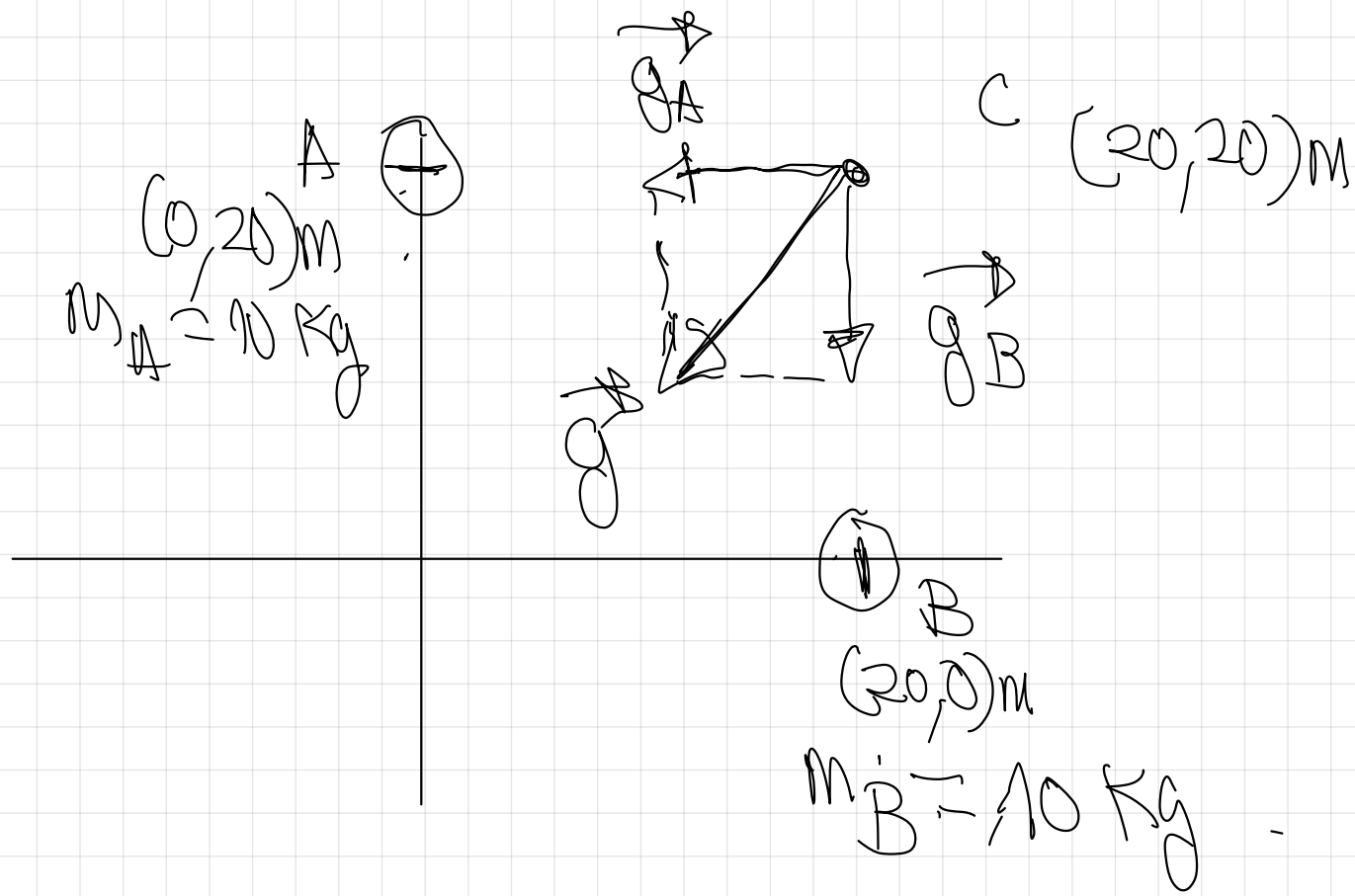
①

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.

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



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

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

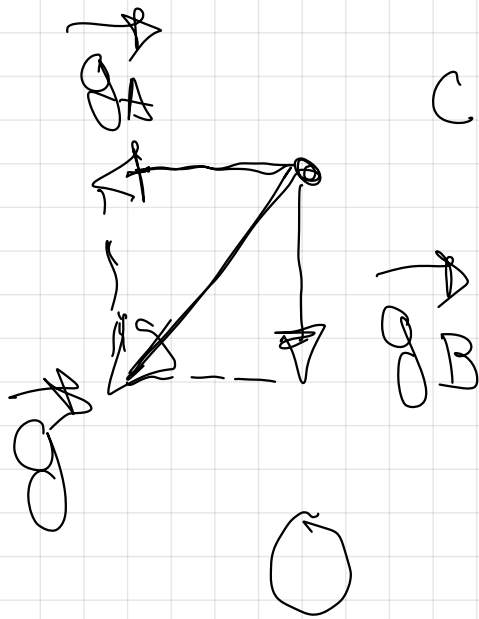
Primer el
resultado $\Rightarrow g_A = G \cdot \frac{m_A}{r_A^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10}{20^2} = 1.7 \cdot 10^{-12} \frac{\text{N}}{\text{s}^2}$

$\vec{g}_A = -1.7 \cdot 10^{-12} \vec{e}_x \left(\frac{\text{N}}{\text{s}^2} \right)$

$$g_B = G \cdot \frac{m_B}{r_B^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10}{20^2} = 1.7 \cdot 10^{-12} \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$\vec{g}_B = -1.7 \cdot 10^{-12} \vec{e}_y \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right)$$

Prinzip der Superposition:

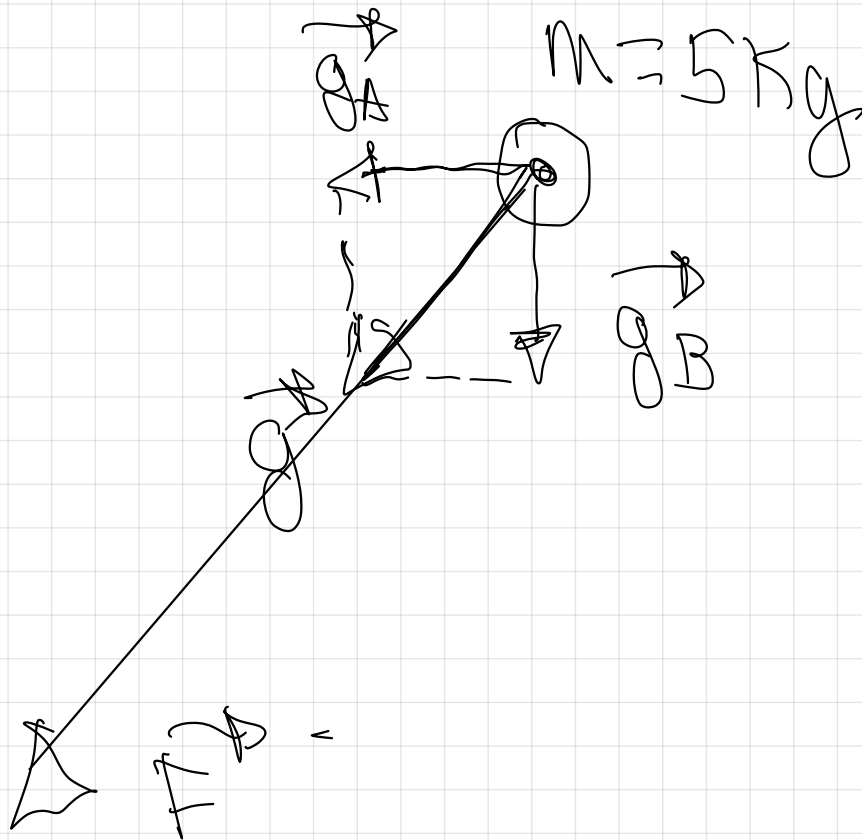


$$\vec{g} = \vec{g}_A + \vec{g}_B$$

$$\vec{g} = -1.7 \cdot 10^{-12} \vec{e}_y - 1.7 \cdot 10^{-12} \vec{e}_y \left(\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right)$$

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

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



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

$$\vec{F} = 5 \cdot \left(-1.7 \cdot 10^{-12} \vec{e}_x - 1.7 \cdot 10^{-12} \vec{e}_y \right)$$

oder auch

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

$$\vec{F} = 5 \cdot \left(-1.7 \cdot 10^{-12} \vec{e}_x - 1.7 \cdot 10^{-12} \vec{e}_y \right) (\text{N})$$

$$\vec{F} = -8.5 \cdot 10^{-12} \vec{e}_x - 8.5 \cdot 10^{-12} \vec{e}_y (\text{N})$$

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

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

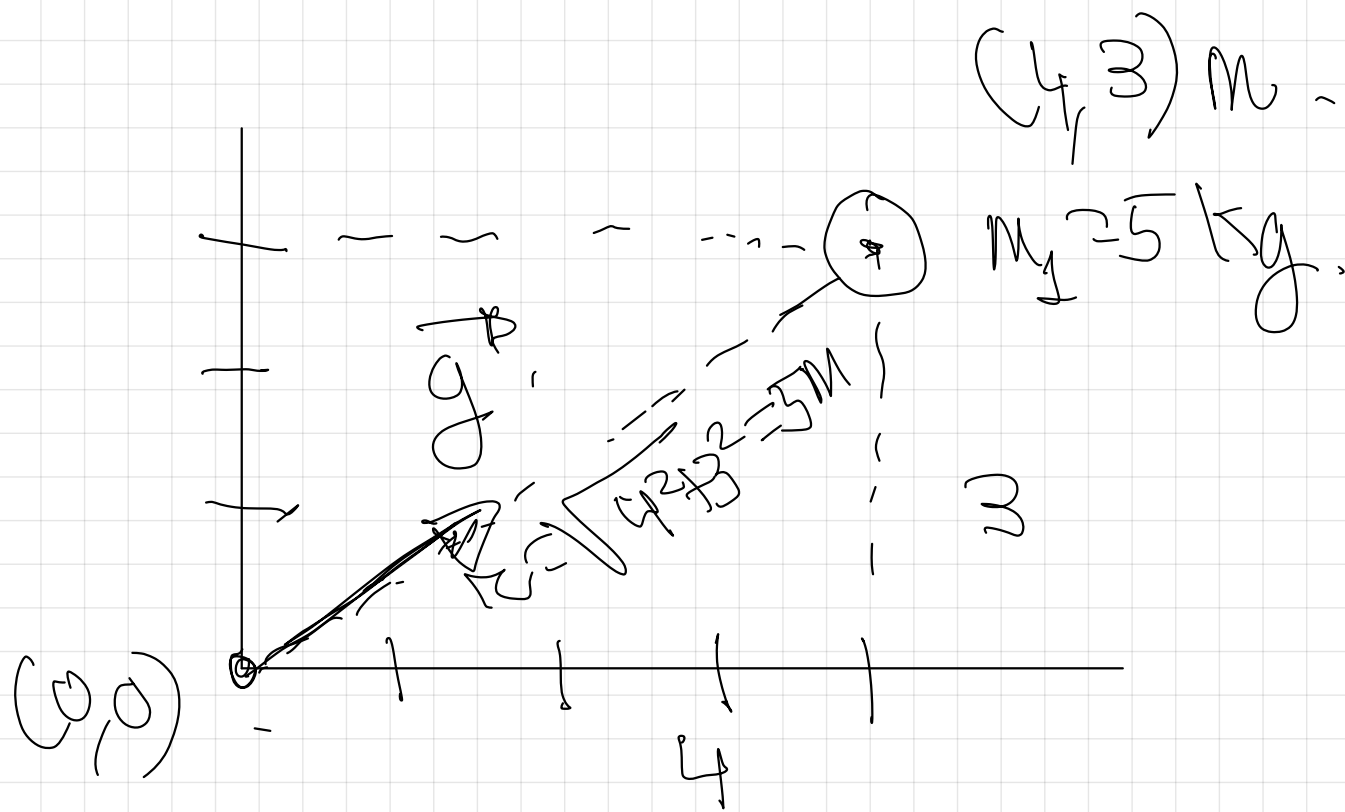
$$|\vec{F}| = m \cdot |\vec{g}|$$

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

②

Una masa puntual $m_1 = 5 \text{ kg}$ está en el punto $(4, 3) \text{ m}$. Determina el valor del campo gravitatorio creado por la masa m_1 en el origen de coordenadas.

$G = 667 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

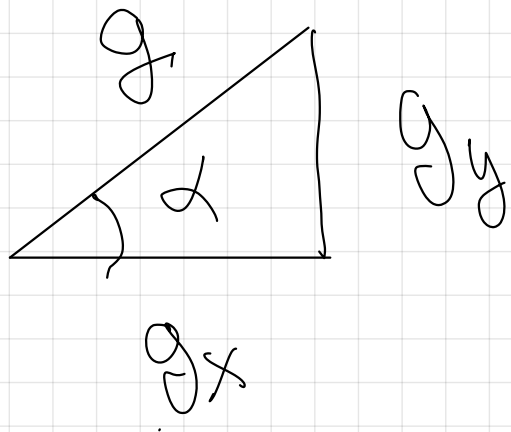
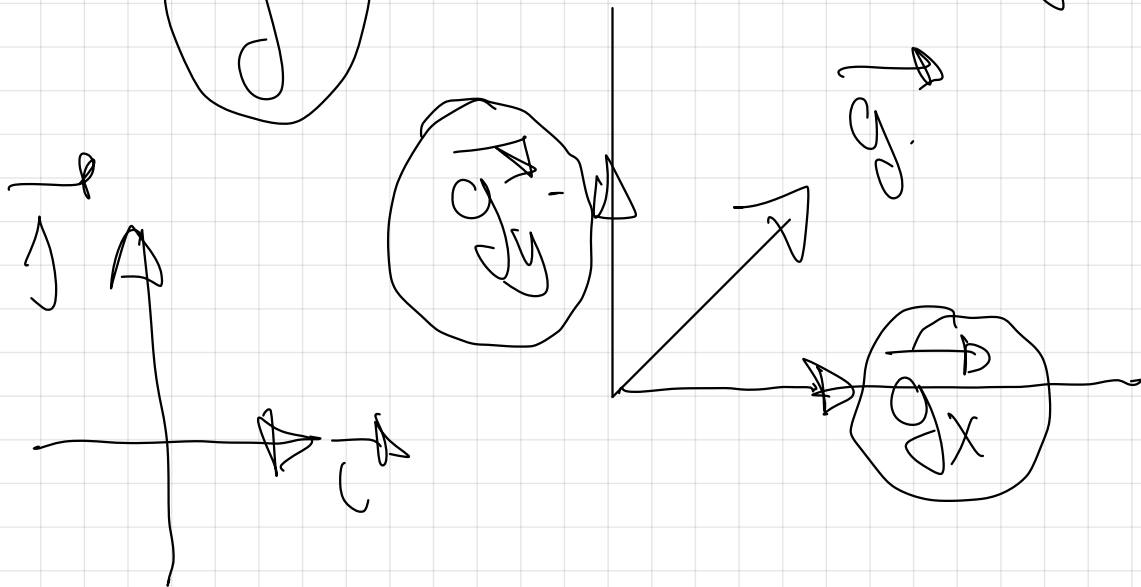


$$|g| = G \cdot \frac{M_1}{r^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5}{5^2} = 1.33 \cdot 10^{-11} \text{ N/s}^2$$

$$g = 1.33 \cdot 10^{-11} \text{ N/s}^2$$

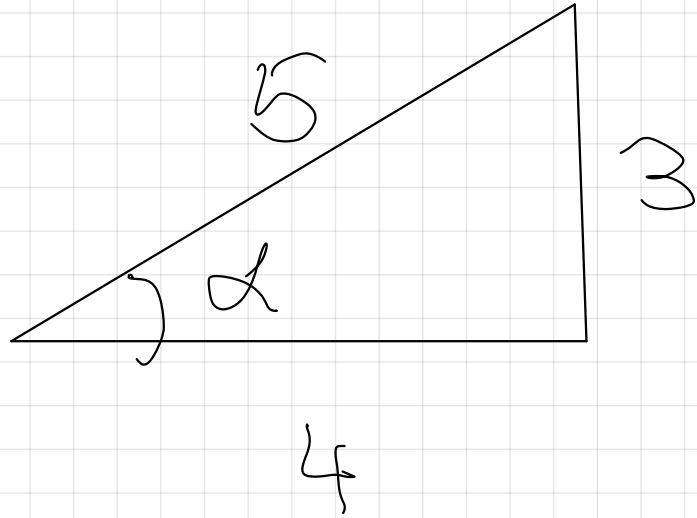
$$\sin \alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{cateto contiguo}}{\text{hipotenusa}}$$



$$\sin \alpha = \frac{g_y}{g}$$

$$\cos \alpha = \frac{g_x}{g}$$



$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\boxed{\alpha = \arcsin \frac{3}{5} = 36.9^\circ}$$

$$\sin \alpha = \frac{g_y}{g} \Rightarrow g_y = g \cdot \sin \alpha = 1.33 \cdot 10^{11} \sin 36.9^\circ$$

$$g_y = 7.98 \cdot 10^{12} \text{ m/s}^2$$

$$g_y = + 7.98 \cdot 10^{12} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{g_x}{g} \Rightarrow g_x = g \cdot \cos \alpha = 1.33 \cdot 10^{-11} \cdot \cos 36.9^\circ$$

$$g_x = 1.064 \cdot 10^{-11} \text{ N/S}^2. \quad \vec{g}_x = +1.064 \cdot 10^{-11} \vec{e}_x \left(\frac{\text{N}}{\text{S}^2} \right)$$

$$\vec{g} = 1.064 \cdot 10^{-11} \vec{e}_x + 7.98 \cdot 10^{-12} \vec{e}_y \left(\frac{\text{N}}{\text{S}^2} \right)$$

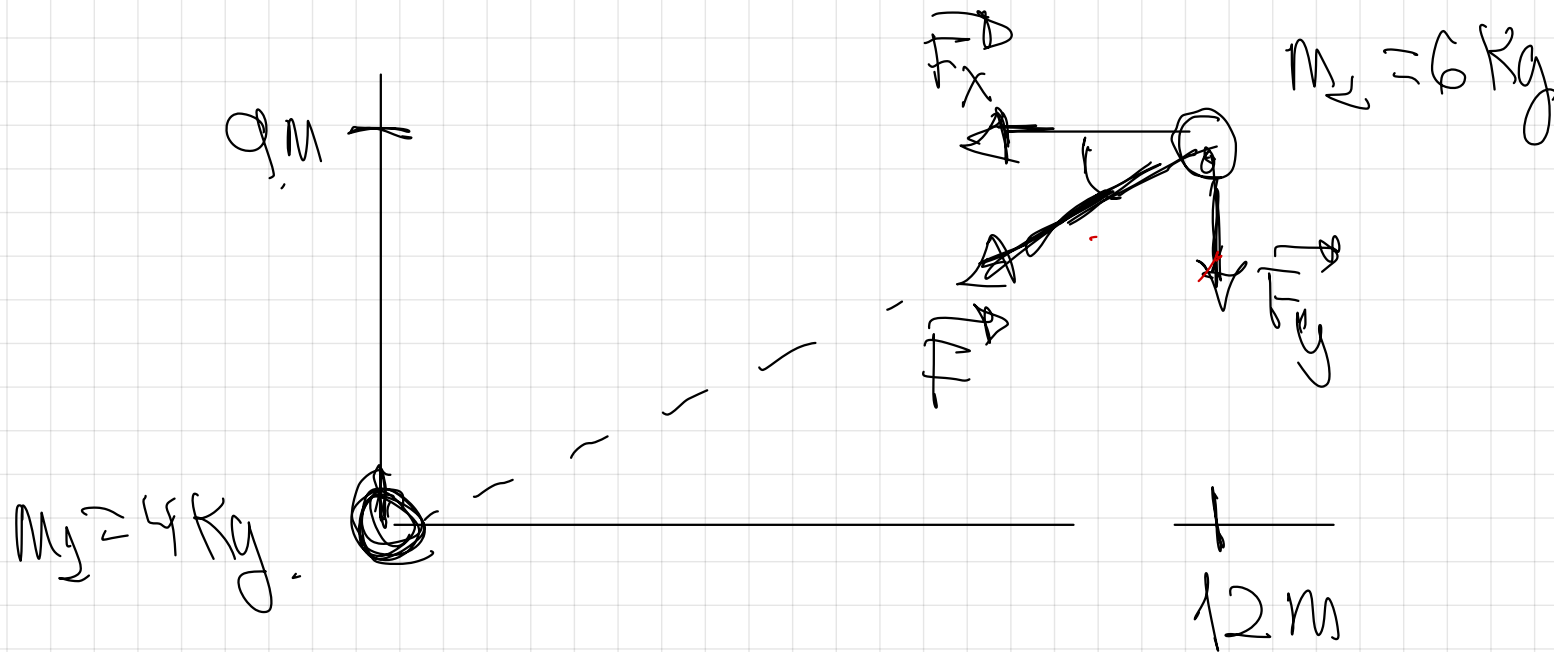
Publicação.

③ Una masa puntual $m_1 = 4 \text{ Kg}$ está situada en el origen de coordenadas y otra masa puntual $m_2 = 6 \text{ Kg}$ está situada en el punto $(12, 9) \text{ m}$.

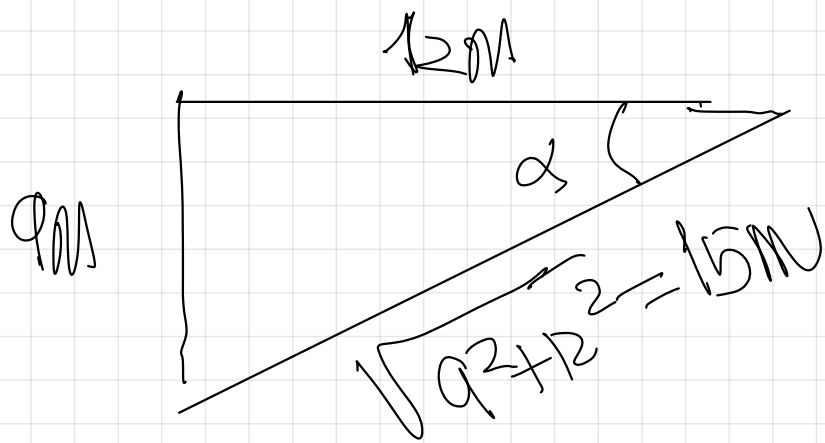
a) Calcula el vector Fuerza que aparece sobre la masa m_2 y ~~halla~~ halla su módulo.

b) Calcula el vector Fuerza que aparece sobre la masa m_1 y halla su módulo.

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{ Kg}^{-2}$$



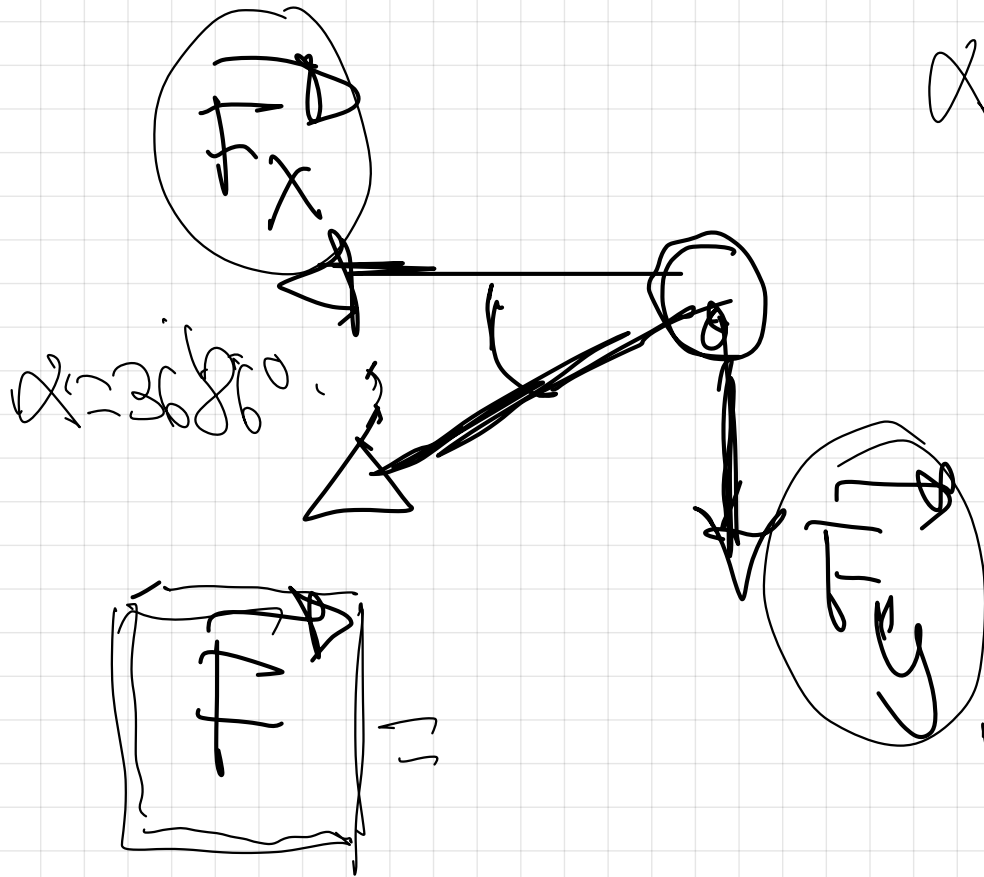
$$\cos \alpha = \frac{12}{15}$$



$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto op}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{9}{15}$$

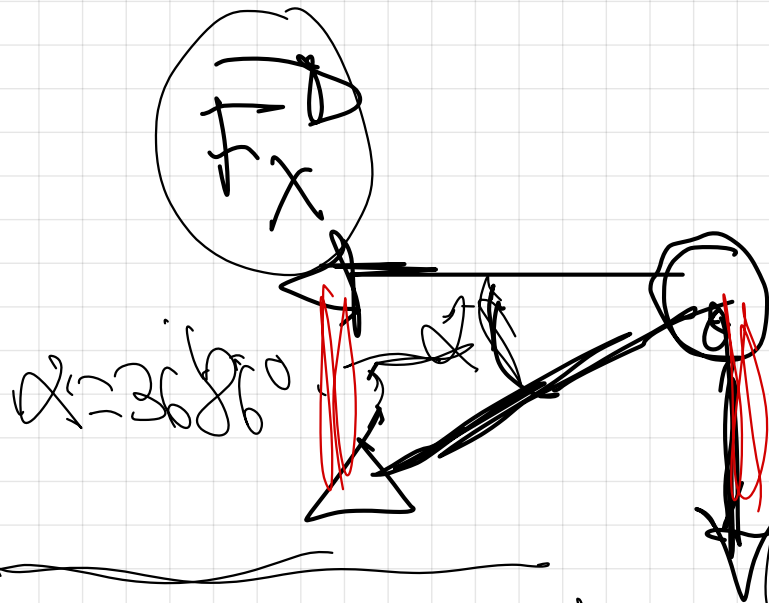
$$\alpha = \arcsen \frac{9}{15} = 36.86^\circ$$



ley de la gravitación
Universal.

$$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}$$

$$|\vec{F}| = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6.4}{152} = 2.11 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$



Wartość oporu?
 $\sin 36.86^\circ = \frac{F_y}{F}$
 F_y
 hipotenuza

$$F = 2.11 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

$$F_y = F \cdot \sin 36.86^\circ = 2.11 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{9}{15} = 4.26 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

$$\vec{F}_y = -4,26 \cdot 10^{-12} \vec{j} \text{ (N)}$$

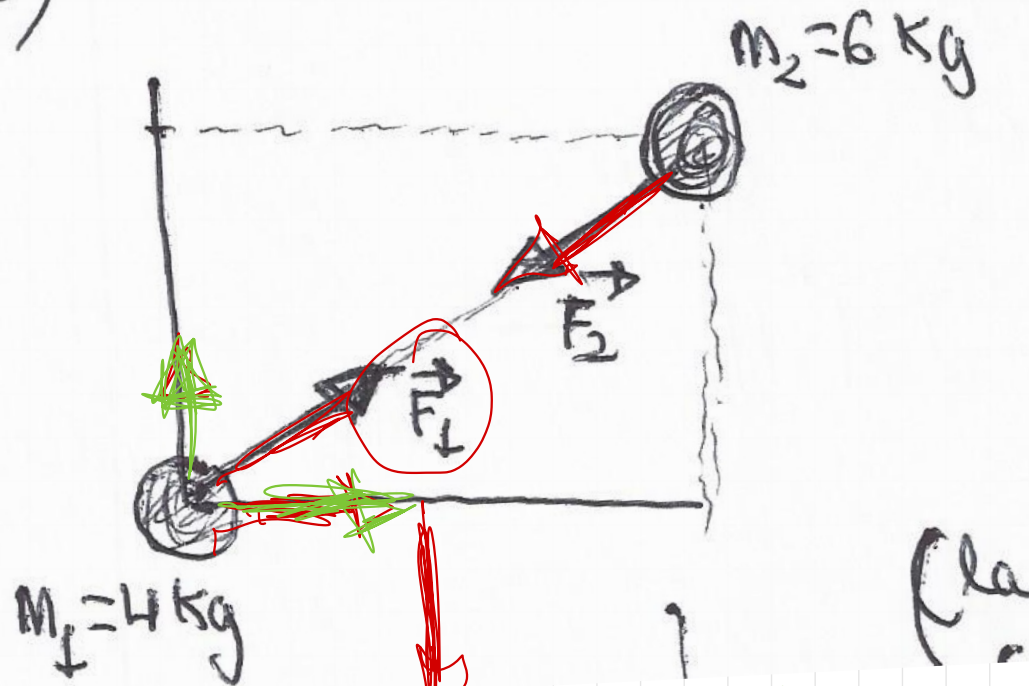
$$\cos 36,86^\circ = \frac{\textcircled{F_x}}{F} \rightarrow \text{cateto contiguo}$$

$$F_x = F \cdot \cos 36,86^\circ = 7,11 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{12}{15} = 5,68 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

$$\vec{F}_x = -5,68 \cdot 10^{-12} \vec{i} \text{ (N)}$$

$$\vec{F}_2 = -5,68 \cdot 10^{-12} \vec{i} \Rightarrow 4,26 \cdot 10^{-12} \vec{j} \text{ (N)}$$

b)

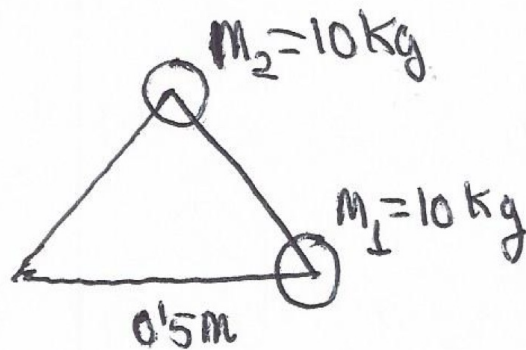


$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$\vec{F}_1 = \left[568 \cdot 10^{-12} \vec{e}_x \right] + \left[4126 \cdot 10^{-12} \vec{e}_y \right] \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}_1| = 711 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

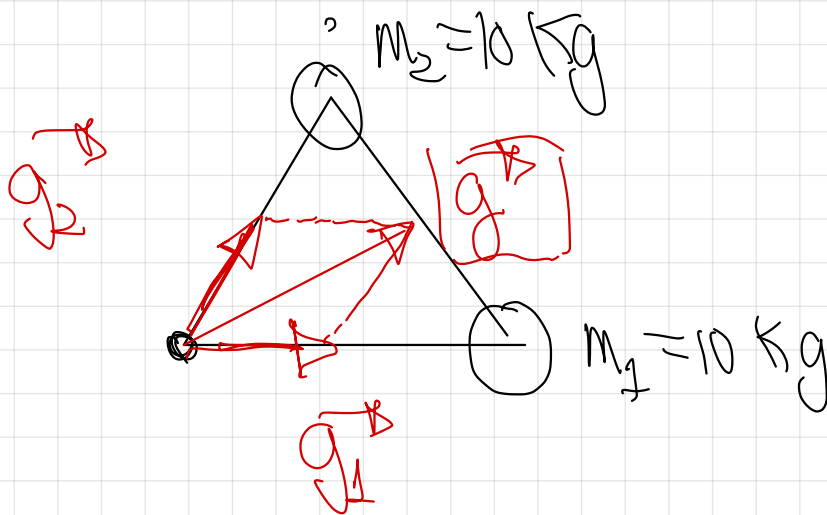
④ Dos cuerpos de 10 kg de masa se encuentran en dos de los vértices del triángulo equilátero de la figura, que posee 0'5 m de lado.



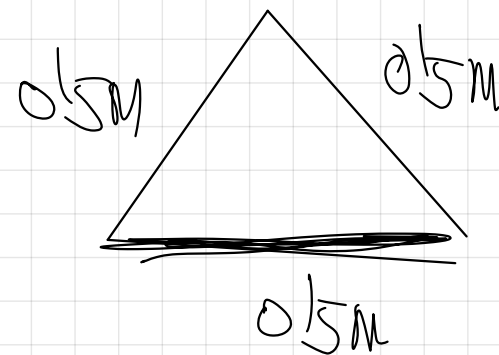
a) Calcula el campo gravitatorio que estas dos masas generan en el tercer vértice del triángulo
 $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.



Principio de superposición

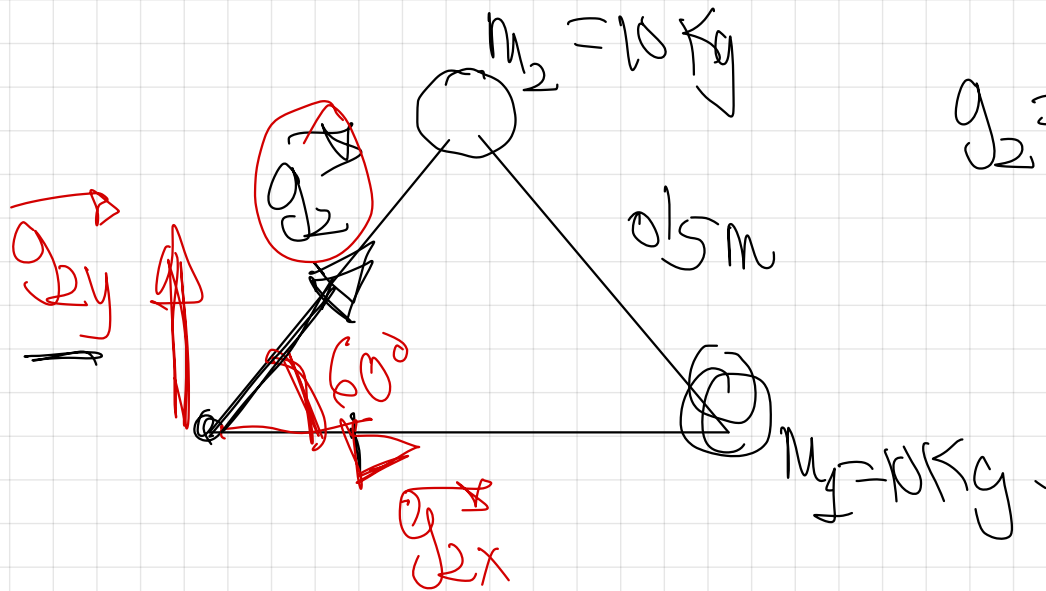
$$\vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2$$


$$g_1 = G \cdot \frac{m_1}{r^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10}{(0.5)^2}$$



$$g_1 = 2167 \cdot 10^{-9} \text{ N/s}^2$$

$$\vec{g}_1 = +2167 \cdot 10^{-9} \hat{e}_x \text{ (N/s}^2\text{)}$$



$$g_2 = G \cdot \frac{m_2}{r^2} = 2167 \cdot 10^{-9} \text{ N/s}^2$$

$$\sin 60^\circ = \frac{g_{2y}}{g_2} \Rightarrow |g_{2y}| = g_2 \cdot \sin 60^\circ = 2167 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$|g_{2y}| = 2131 \cdot 10^{-9} \text{ N/s}^2 \quad \vec{g}_2 = +2131 \cdot 10^{-9} \hat{e}_y \text{ (N/s}^2\text{)}$$

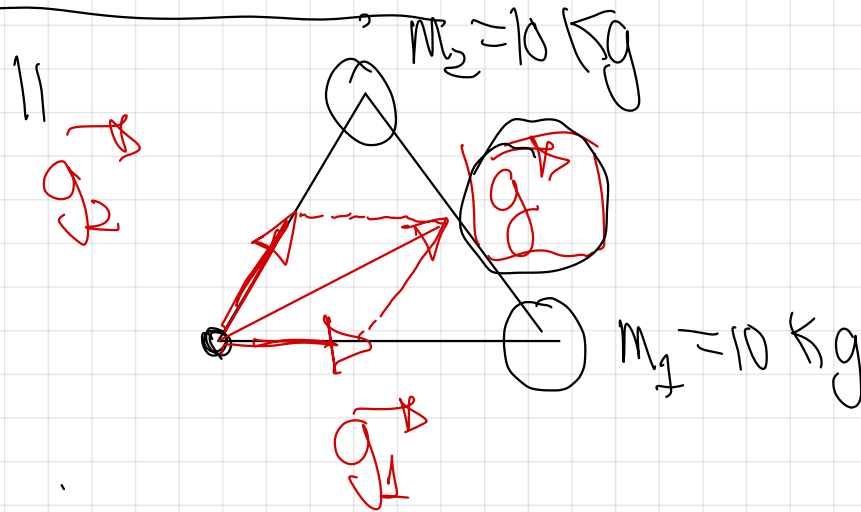
$$\cos 60^\circ = \frac{g_{2x}}{g_2} \Rightarrow |g_{2x}| = g_2 \cdot \cos 60^\circ = 2167 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1}{2}$$

$$|\vec{g}_2| = 1135 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \quad \vec{g}_2 = +1135 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{g}_2 = +1135 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} + 2131 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$+1135 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} + 2131 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

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



$$= +2167 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2}$$

$$\vec{g} = +2167 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} + 1135 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} + 2131 \cdot 10^{-9} \frac{m}{s^2} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

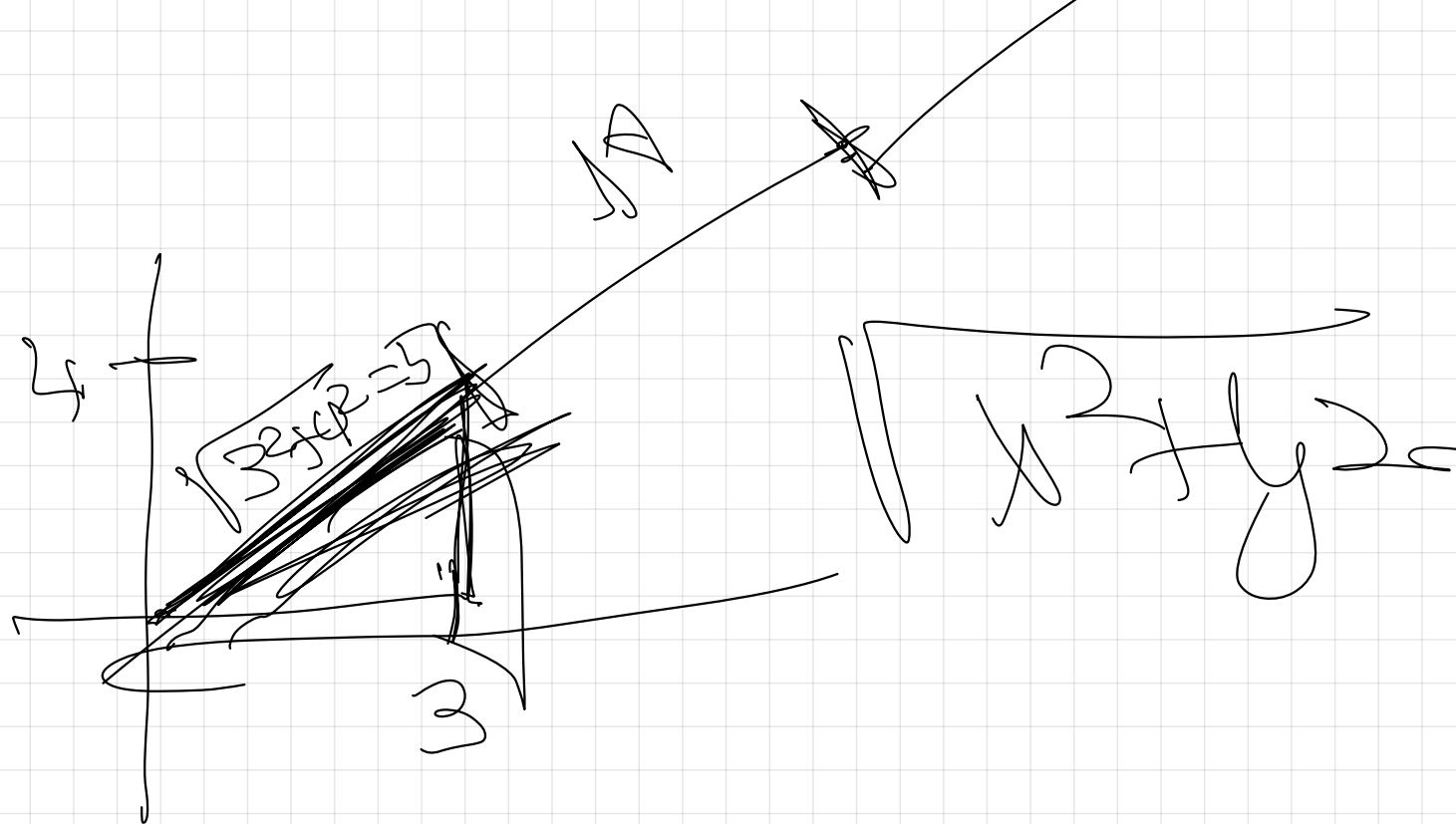
$$g = g_1 + g_2 = 4.67 \cdot 10^{-9} \hat{i} + 2.31 \cdot 10^{-9} \hat{j}$$

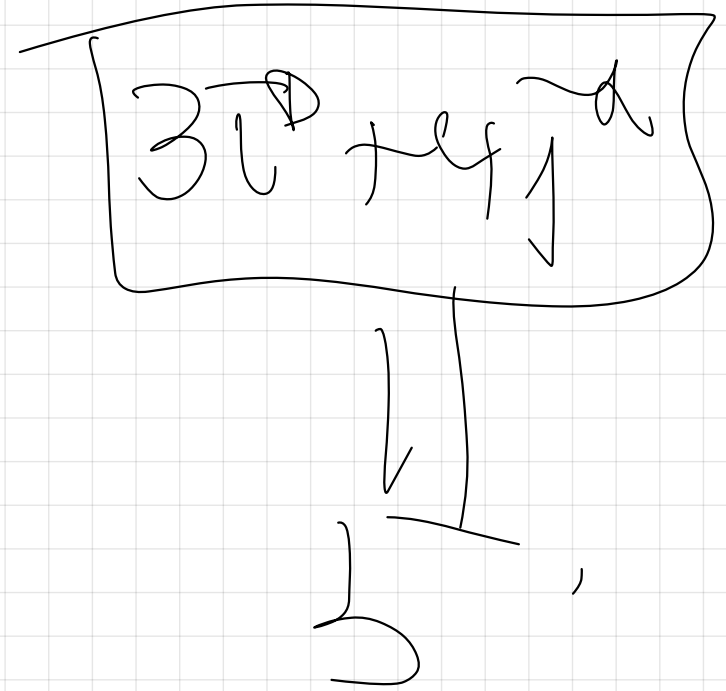
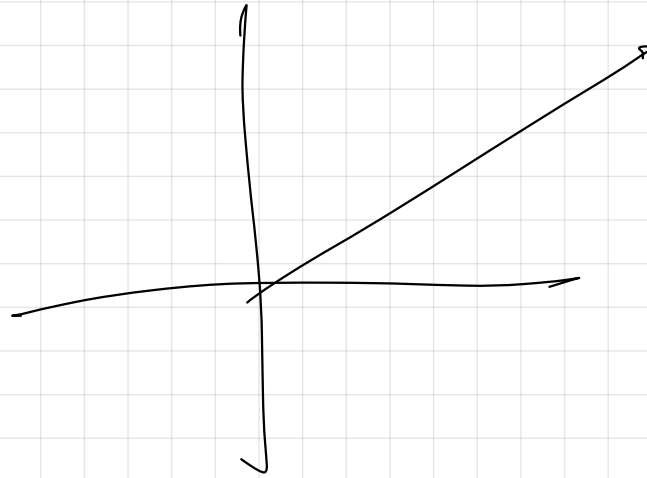
$$\boxed{\vec{g} = 4.01 \cdot 10^{-9} \hat{i} + 2.31 \cdot 10^{-9} \hat{j} \text{ (M/s}^2\text{)}}$$

Para calcular el $\downarrow$ módulo de $\vec{g}$ y saber el valor del campo gravitatorio

$$\boxed{|\vec{g}| = g = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(4.01 \cdot 10^{-9})^2 + (2.31 \cdot 10^{-9})^2} = 4.62 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}^2}$$

Handwritten signature



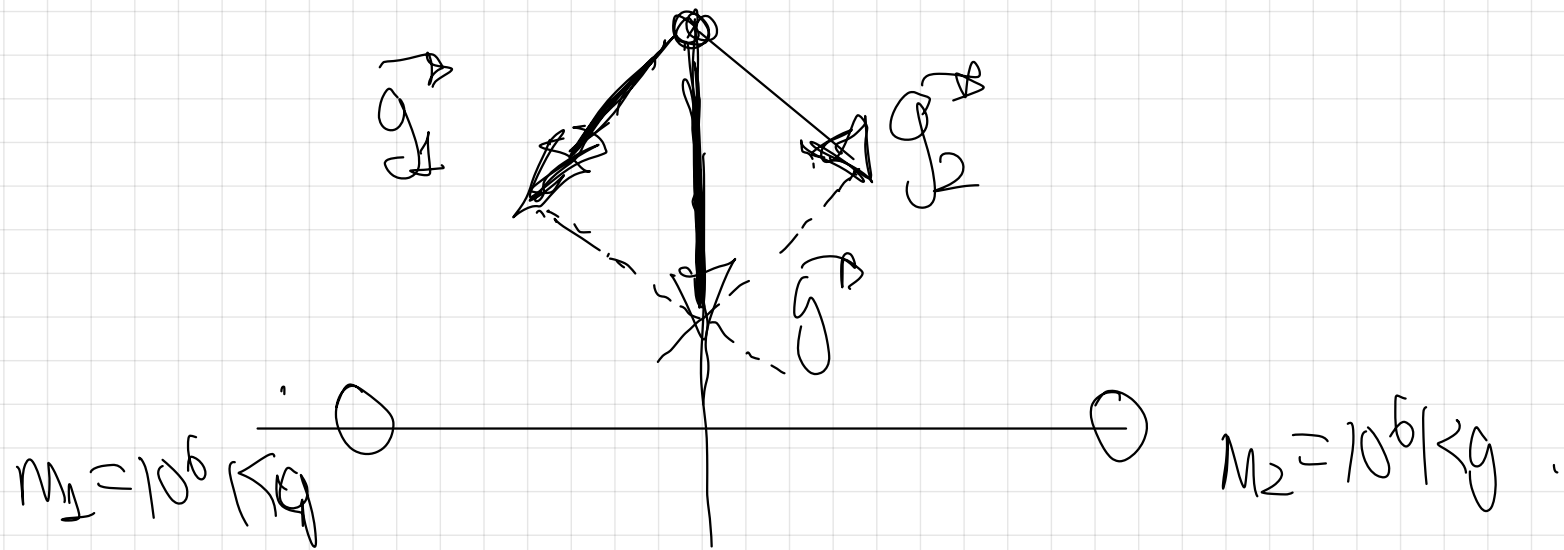


-

⑤ Dos masas puntuales de 10^6 kg cada una, se encuentran en los puntos $(-100, 0) \text{ m}$ y $(100, 0) \text{ m}$ respectivamente.

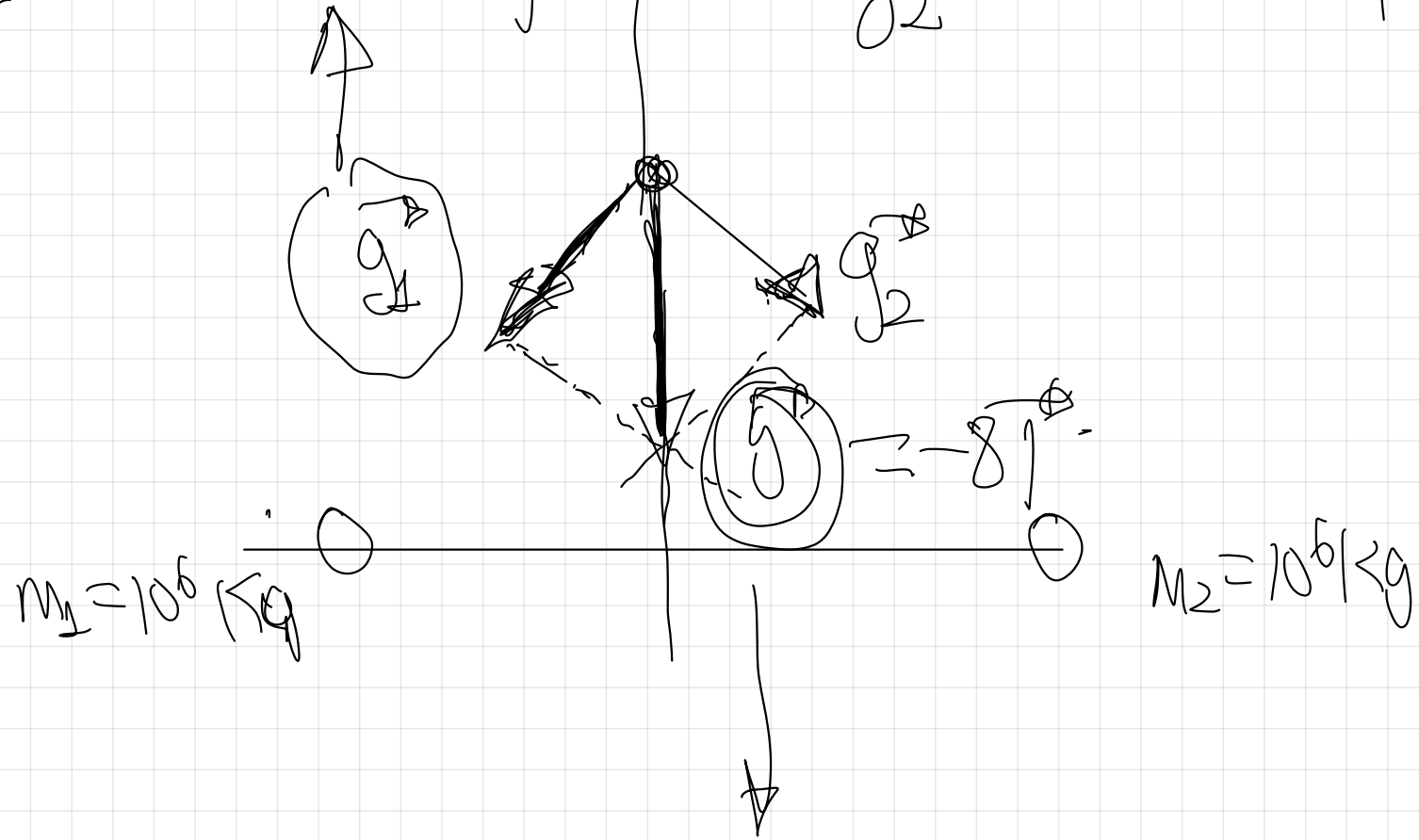
a) Calcula el campo gravitatorio ($\vec{g}$) en el punto $(0, 100) \text{ m}$ y su módulo

b) Si en el punto $(0, 100) \text{ m}$ situásemos una masa de 10 kg , hallar la fuerza (vector y módulo) que experimentaría dicha masa. $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

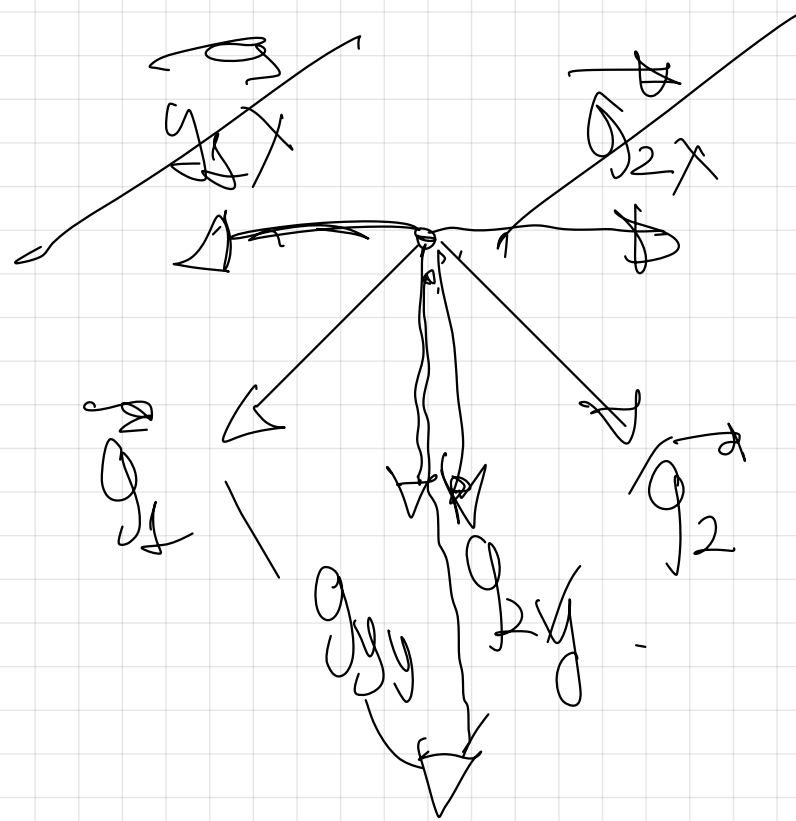


$$\vec{g}_1 = -2\vec{i} - 4\vec{j}$$

$$\vec{g}_2 = 2\vec{i} - 4\vec{j}$$



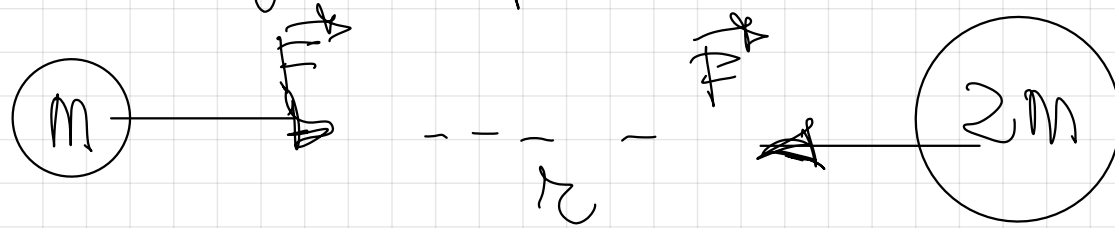
$$\vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2 = -2\vec{i} - 4\vec{j} + 2\vec{i} - 4\vec{j} = -8\vec{j}$$



~~TEORÍA~~ (VER PREGUNTA DEL LIBRO)

- 55 (a) Explique las características del campo gravitatorio creado por una masa puntual
- b) Dos partículas de masas m y $2m$ están separadas una cierta distancia. Explique qué fuerza actúa sobre cada una de ellas y cuál es la aceleración de dichas partículas

ley de gravitación universal.



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

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

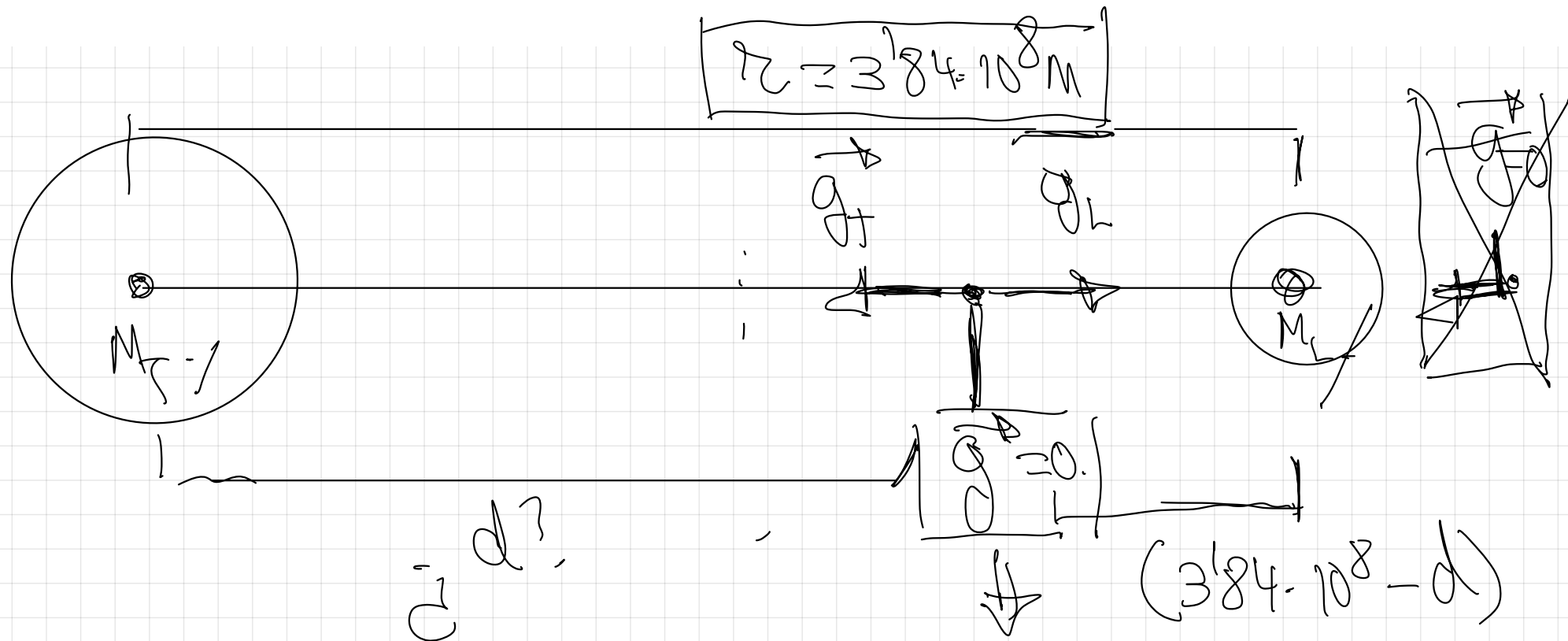
$$g = \frac{F}{m} = \frac{G \cdot \frac{2m^2}{r^2}}{m} = G \cdot \frac{2m}{r^2}$$

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

Aquí la aceleración tiene
un mayor valor.

56. ¿A qué distancia del centro de la Tierra se compensaría el campo gravitatorio terrestre con el Lunar?

$M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$, $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$. Distancia Tierra-Luna (centro a centro) es de $3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$



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

$$|g_T| = |g_L|$$

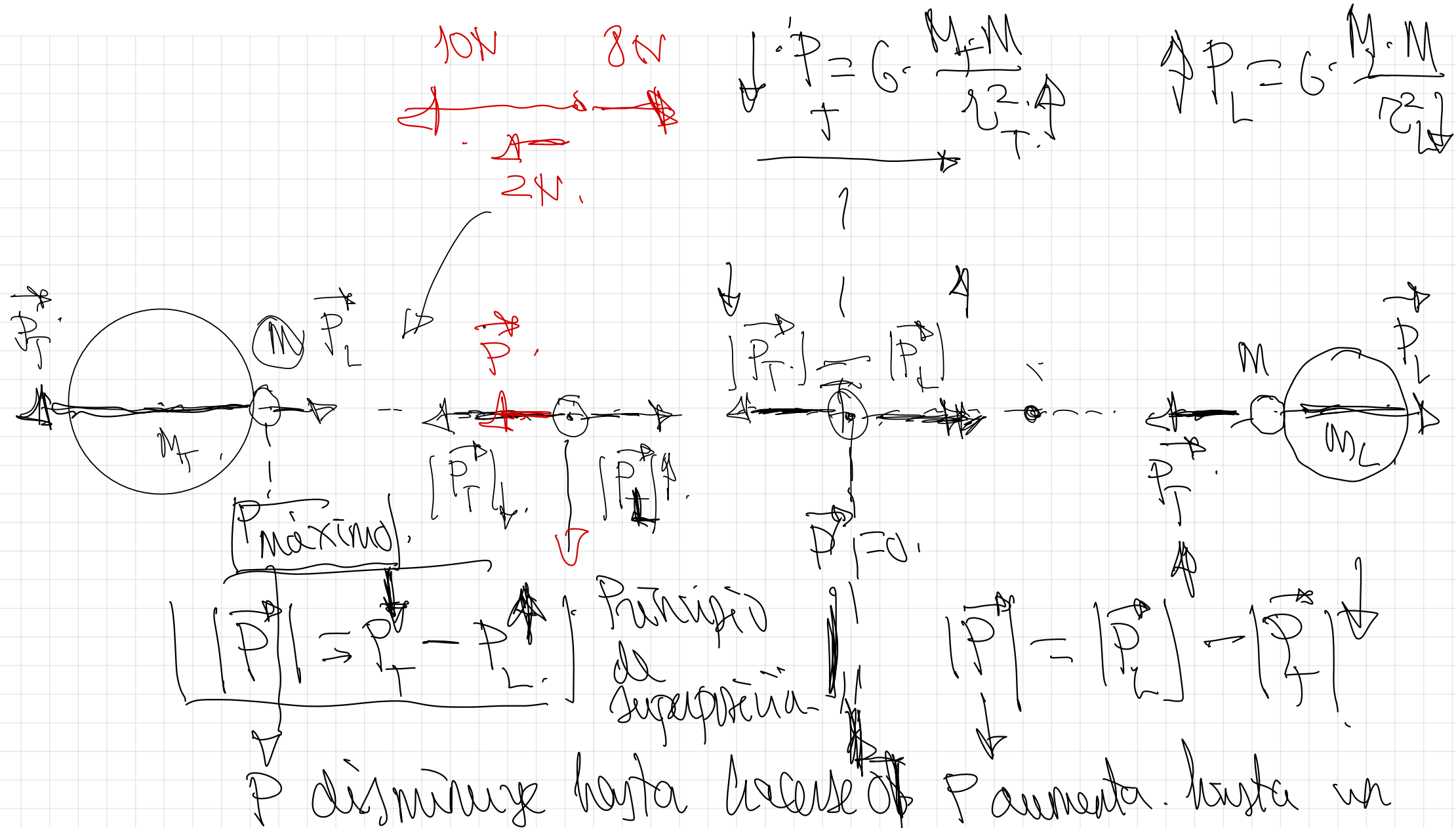
$$G \cdot \frac{M_T}{d^2} = G \cdot \frac{M_L}{(384 \cdot 10^8 - d)^2}$$

$$\sqrt{\frac{M_T}{d^2}} = \sqrt{\frac{M_L}{(384 \cdot 10^8 - d)^2}}$$

$$\frac{5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{d} = \frac{7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(384 \cdot 10^8 - d)}$$

$$d = 346 \cdot 10^8 \text{ m}$$

23- Describir cualitativamente el cambio de peso que sufre una nave espacial de masa m en un viaje de la Tierra a la Luna. Suponer que la Tierra y la Luna se encuentran en reposo y que la nave se mueve según la dirección que une sus centros.



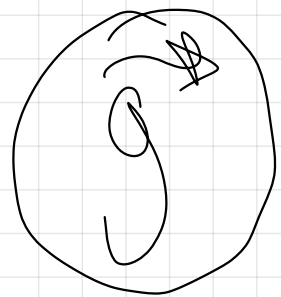
valor que no alcanza
el valor máximo.

Ver resolución detallada
en el libro

4.- CAMPO GRAVITATORIO CREADO POR UNA MASA PUNTUAL

→
Pag 4 del libro.

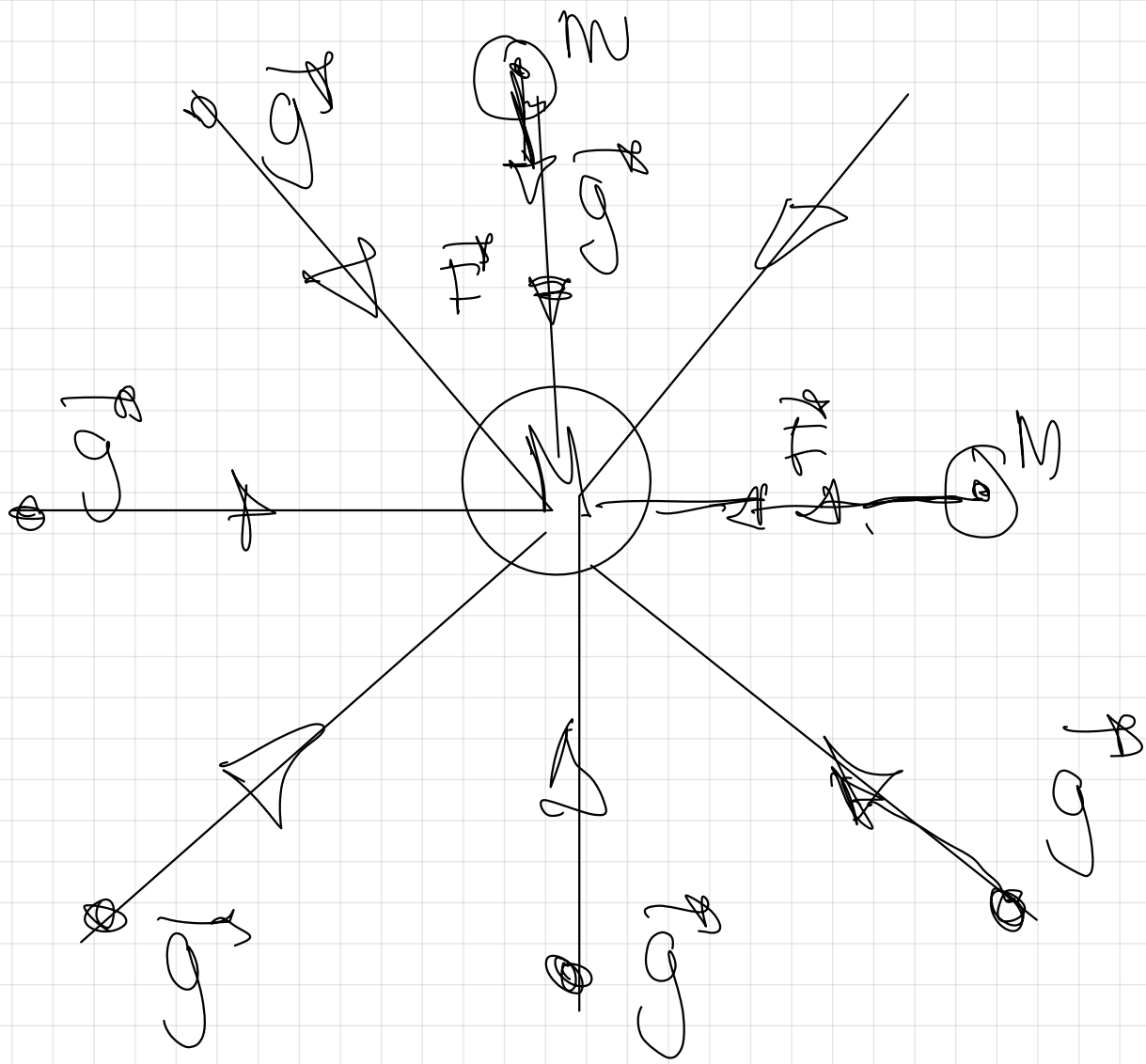
Las líneas de campo gravitatorio son las hipotéticas trayectorias que seguiría una masa m en reposo abandonada en dicho campo.

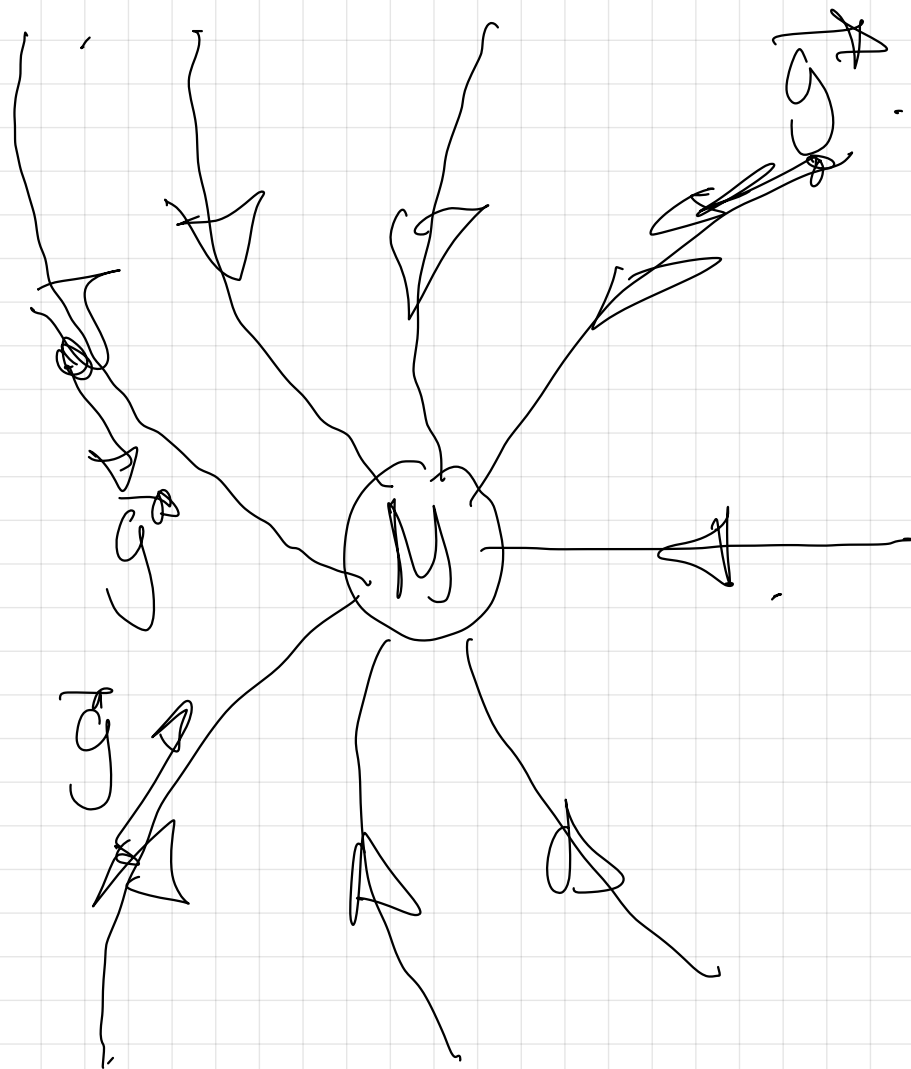
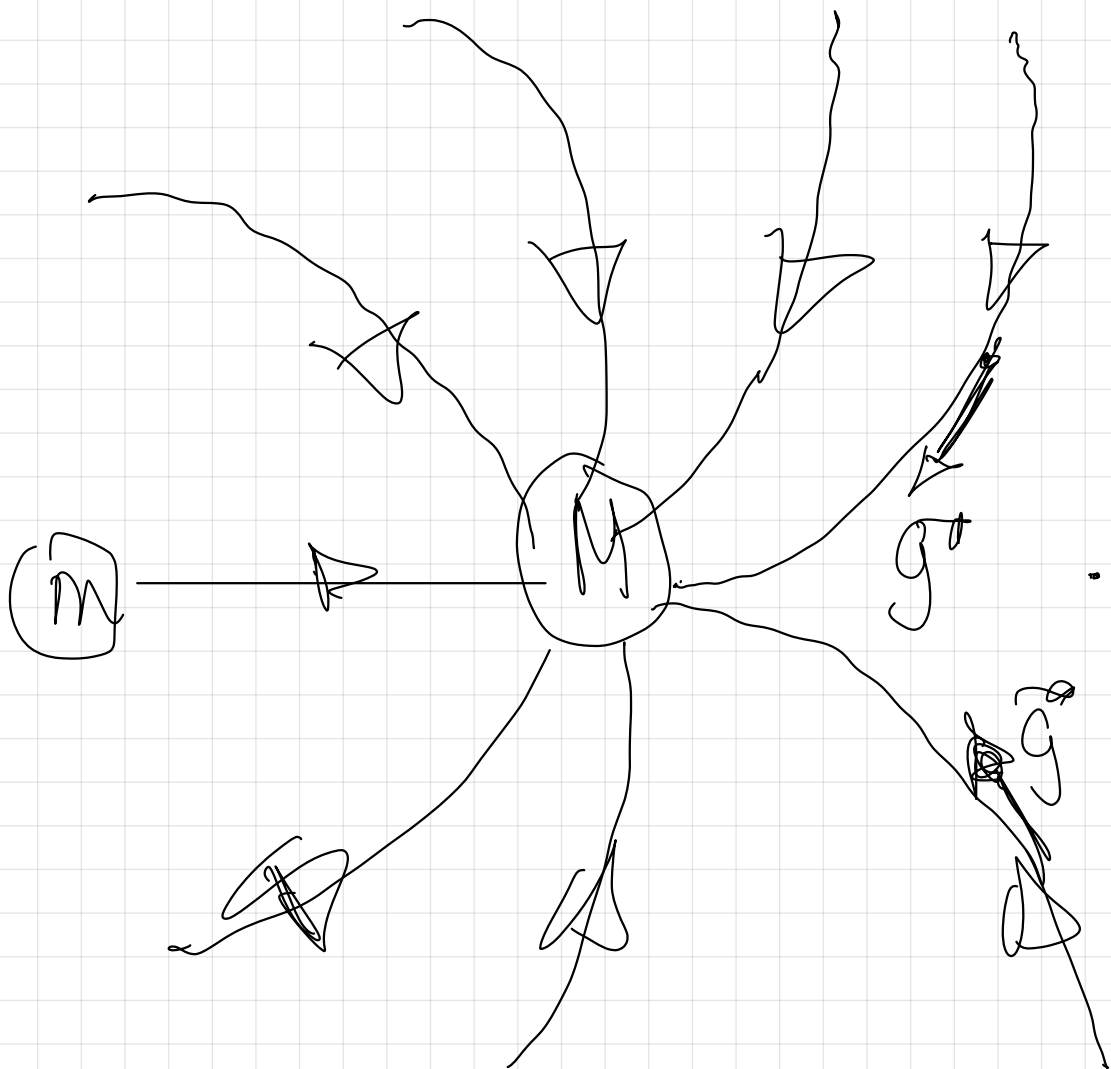


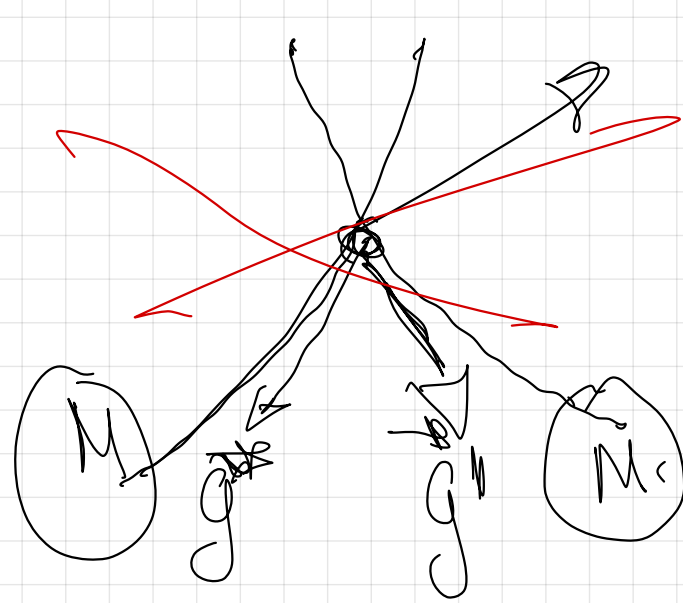
módulo. $|\vec{g}| = G \cdot \frac{M}{r^2}$

dirección $\Rightarrow$ tangente en cada pto a las líneas de campo

sentido $\Rightarrow$ atractivo hacia la masa que lo crea.



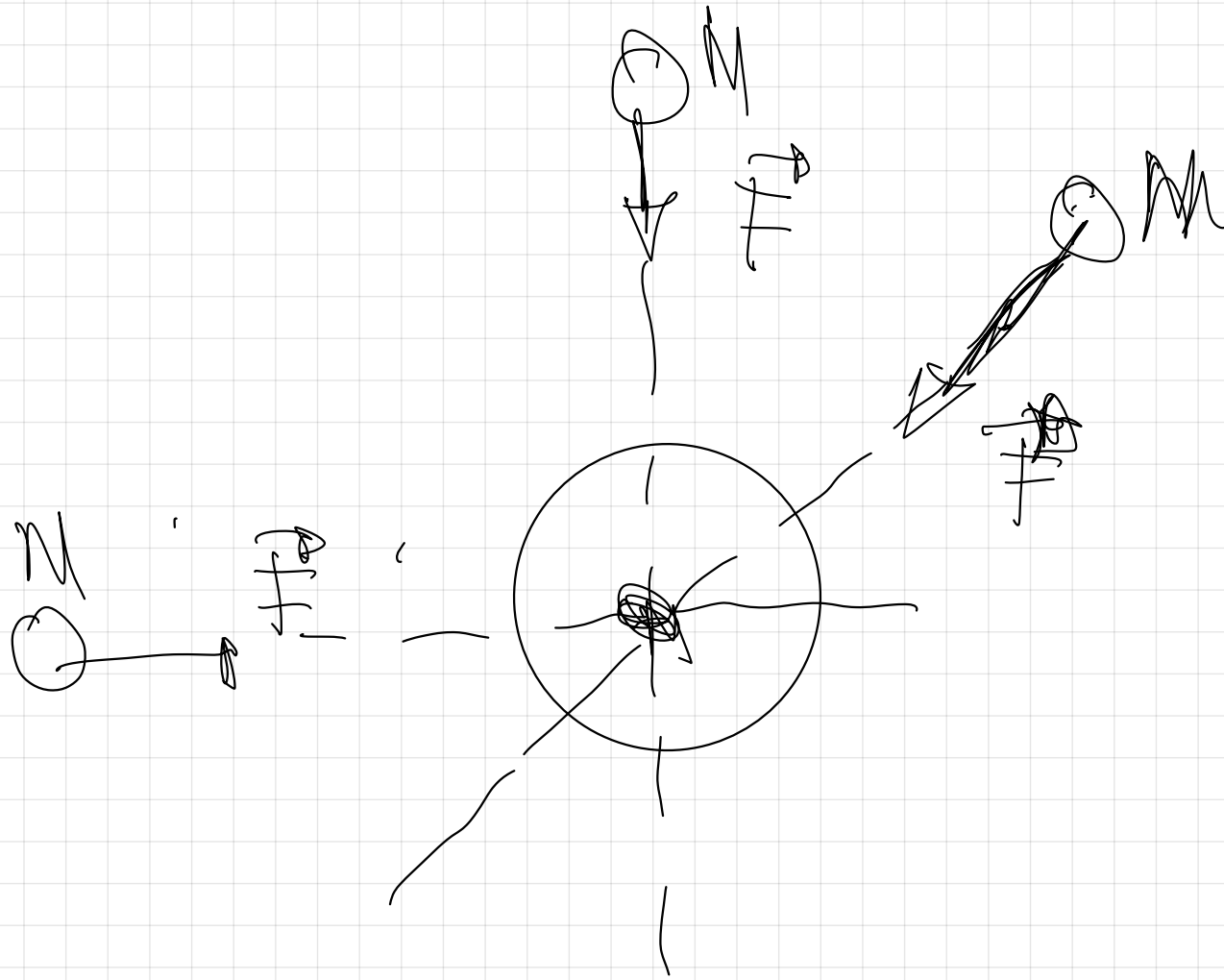




Por el propio concepto
de campo no
pueden existir
dos valores de

g en el el
mismo punto
luego 2 líneas de campo
nunca se pueden cortar.

Fuerza central.



F_g es una
fuerza

