KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Lei da Gravitação Universal e campo gravitacional

- Caderno 2 / Dinâmica newtoniana / Capítulo 11

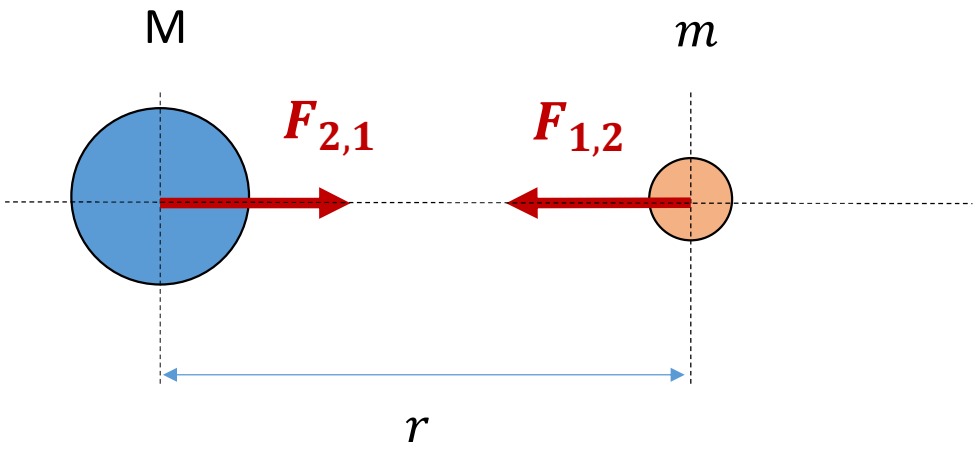
Apresentação e demais documentos: **fisicasp.com.br**

Professor Caio

1. Lei de Newton da Gravitação Universal

Força gravitacional

Matéria atrai matéria na razão direta do produto das massas e na razão inversa do quadrado da distância.



$$F_{1,2} = F_{2,1}$$

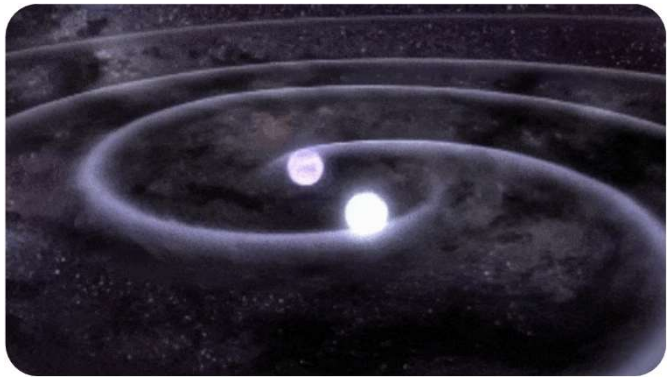
$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

- F : Força de atração - SI: N
- M e m: massas dos corpos - SI: kg
- r ou d: distância entre os centros de massa dos corpos – SI: m
- G: constante da gravitação universal - SI: $6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg²

Lei de Newton da Gravitação Universal

Força gravitacional

Matéria atrai matéria na razão direta do produto das massas e na razão inversa do quadrado da distância.



$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

Lei de Newton da Gravitação Universal

Exemplo:

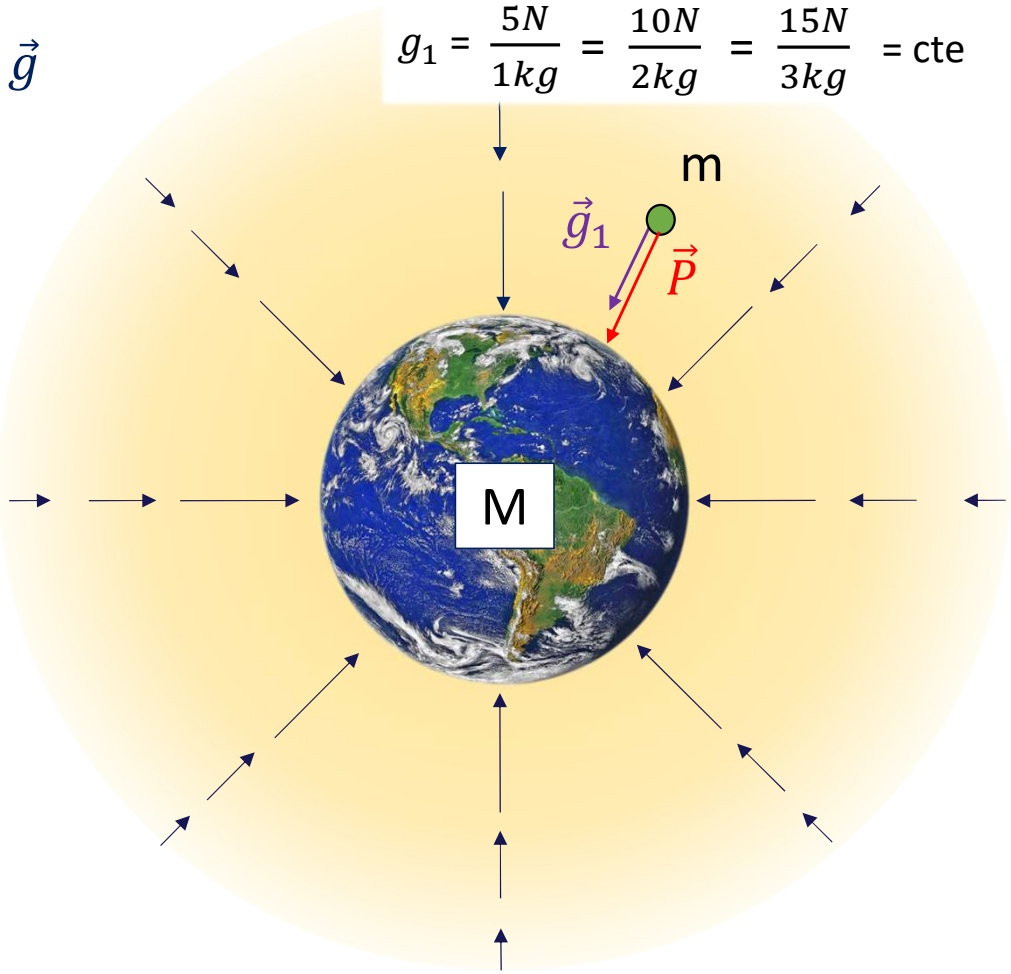
Calcule a força de atração gravitacional entre duas pessoas de massa 100 kg cada e distantes 2 m entre si.

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

$$F_g = 6 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{100.100}{2^2}$$

$$F_g = 1{,}5 \cdot 10^{-7} \text{N}$$

2. Campo gravitacional



...

Campo gravitacional

- É um perturbação causada pela massa de um astro
- Indica uma possibilidade de força gravitacional / peso

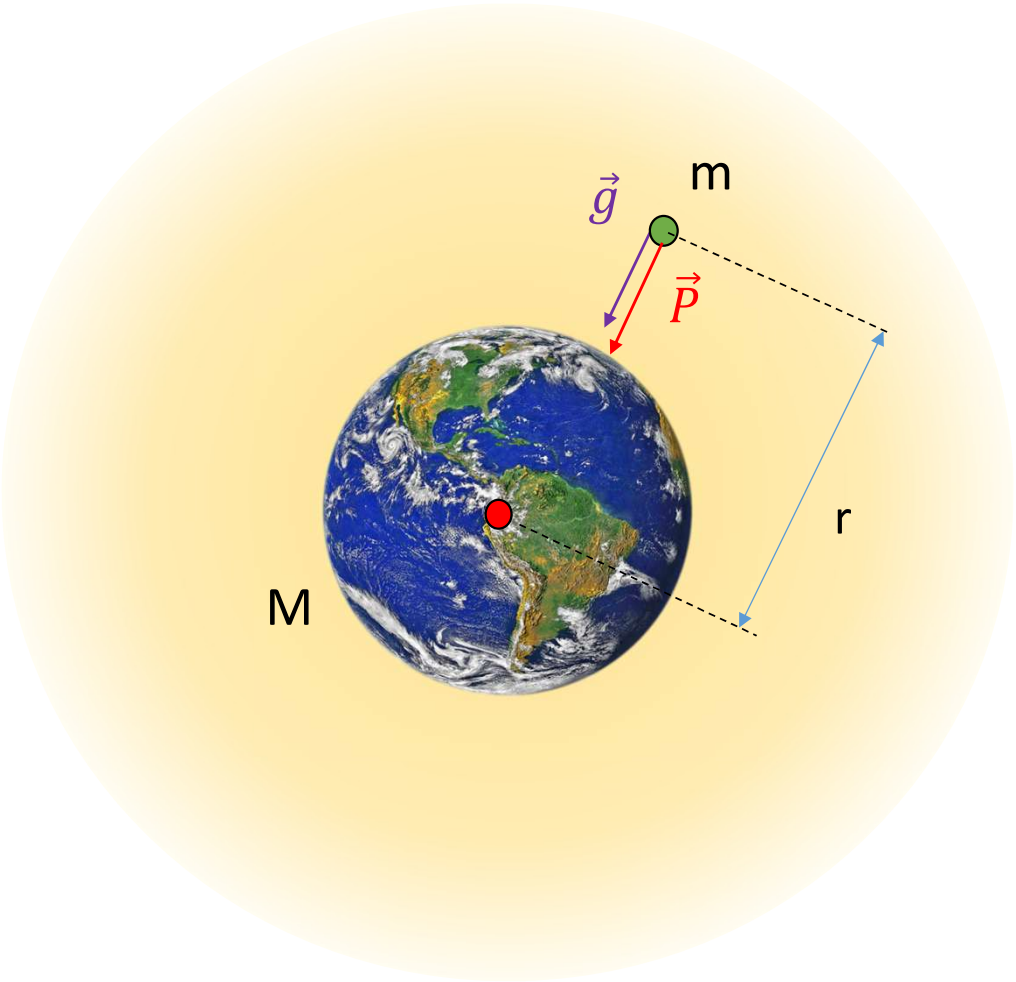
SI

$$\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m} \Rightarrow \frac{N}{kg} \qquad 1\,\frac{N}{kg} = 1\,\frac{m}{s^2}$$

$$\boxed{\vec{P} = m \,.\, \vec{g}}$$

SI: N kg $\frac{N}{kg}$

2. Campo gravitacional



$$\underbrace{P = m.\,g \qquad F_g = G\,.\,\frac{Mm}{r^2}}$$

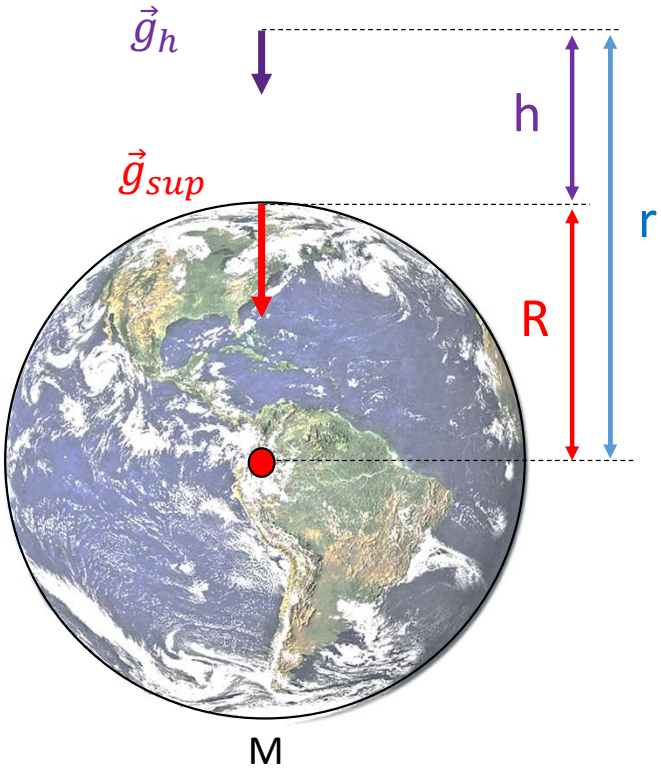
$$P = F_g$$

$$\cancel{m}.g = G\,.\,\frac{M\cancel{m}}{r^2}$$

$$\boxed{g = \frac{GM}{r^2}}$$

...

2. Campo gravitacional



$$g = \frac{GM}{r^2}$$

- g : intensidade - SI: m/s² ou N/kg
- M : massa do astro - SI: kg
- r ou d: distância em relação ao centro de massa do corpo – SI: m
- G: constante da gravitação universal - SI: $6{,}67.10^{-11}$ N.m²/kg²

Na superfície

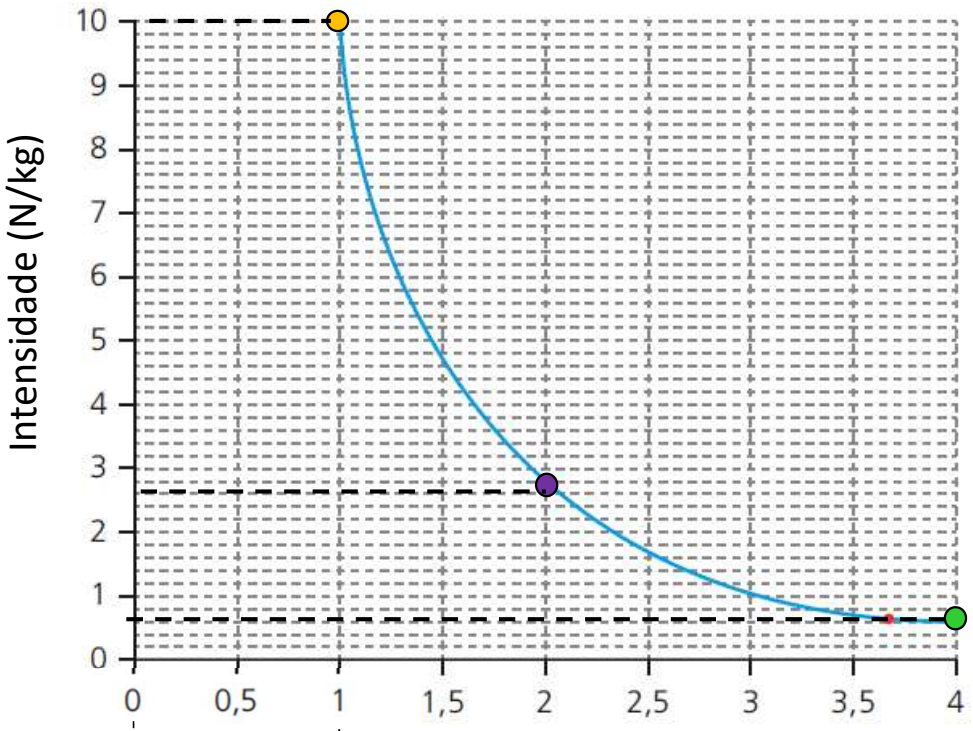
$$g_{sup} = \frac{GM}{R^2}$$

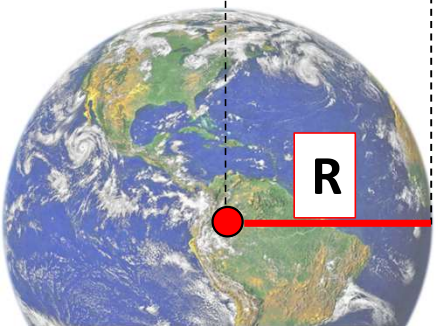
Para uma altura h

$$g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

...

3. Campo gravitacional terrestre - gráfico





Distância em relação ao centro
(raios terrestres)

Superfície e pontos externos

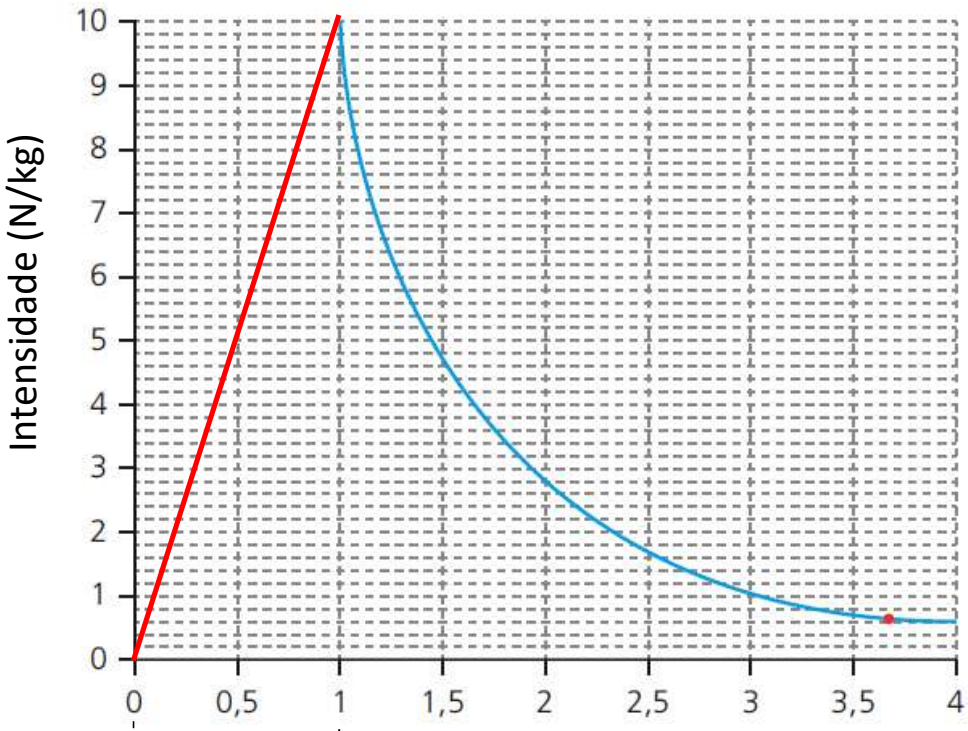
$$g = \frac{GM}{r^2}$$

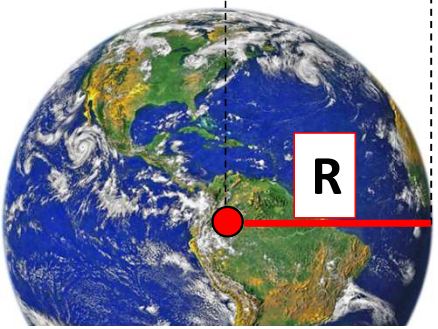
r = R → $g_{sup} = 10\,\frac{N}{kg}$

r = 2R → $g = 2{,}5\,\frac{N}{kg}$

r = 4R → $g = 0{,}625\,\frac{N}{kg}$

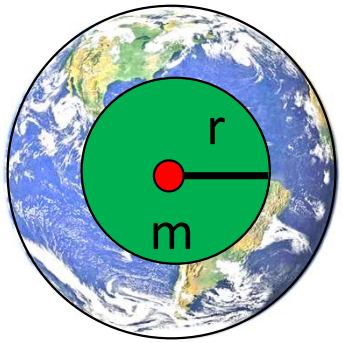
Campo gravitacional terrestre - gráfico





Pontos internos

$$\boxed{g = \underbrace{\frac{4}{3}.G\pi d}_{cte} r} \Rightarrow \uparrow g = cte\ .\ r\uparrow$$

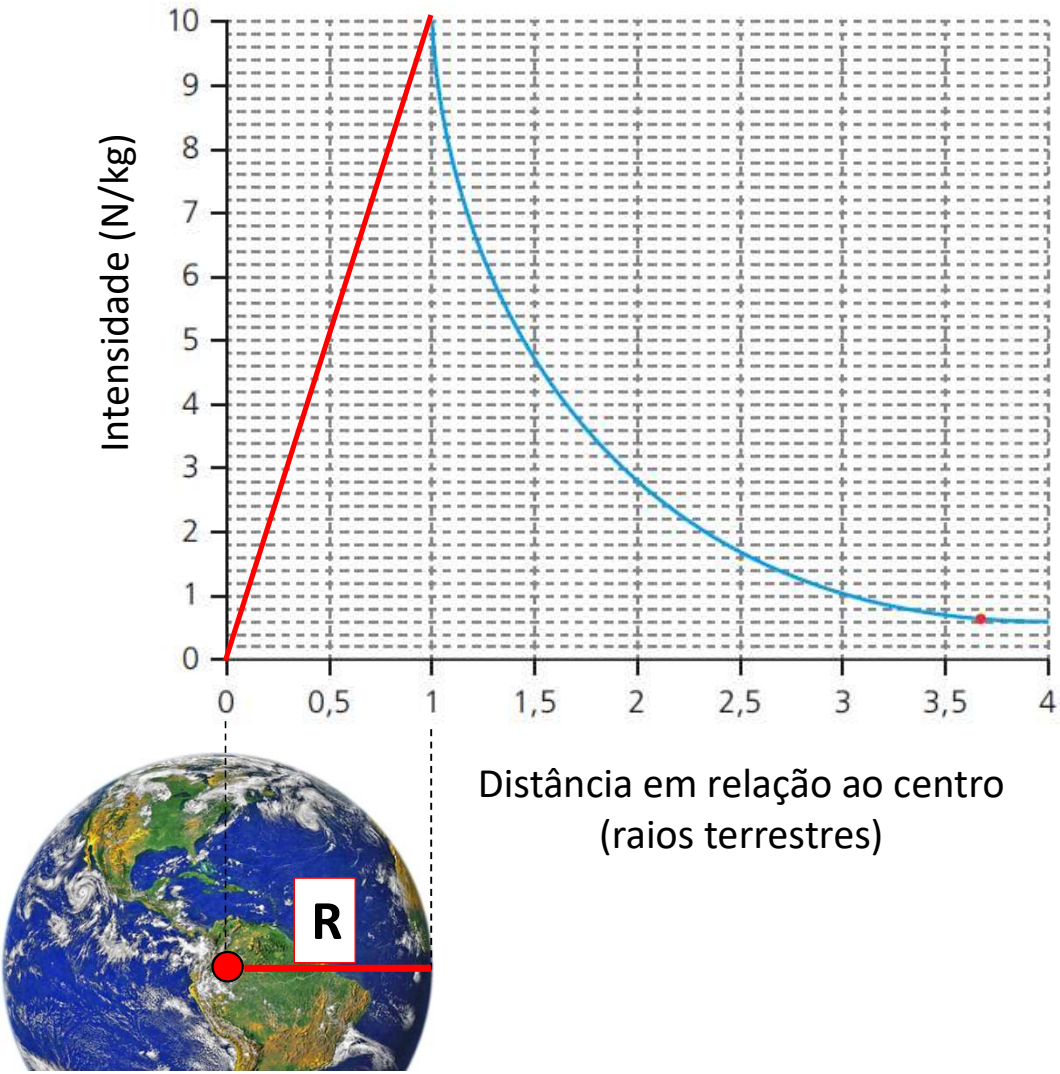


$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d.V \Rightarrow m = d.\frac{4}{3}\pi r^3$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

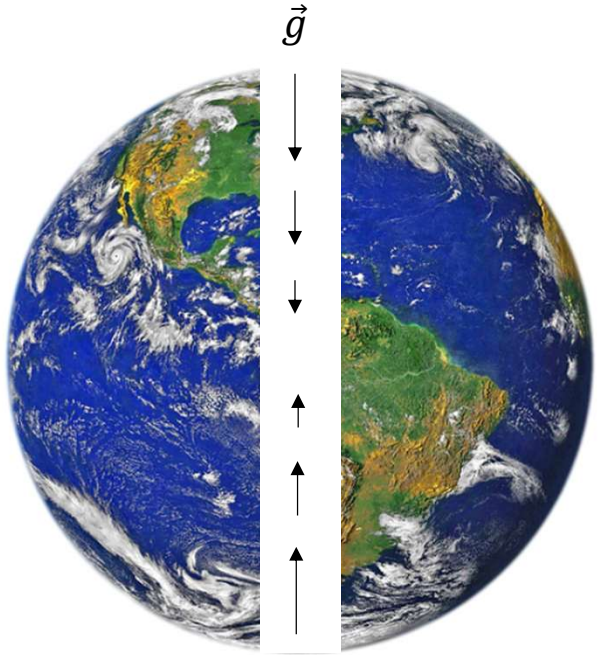
$$g' = G.\frac{m}{r^2} = G.\frac{1}{\cancel{r^2}}.\frac{d4\pi r^{\cancel{3}}}{3} = \frac{4}{3}.G\pi dr$$

Campo gravitacional terrestre - gráfico



Pontos internos

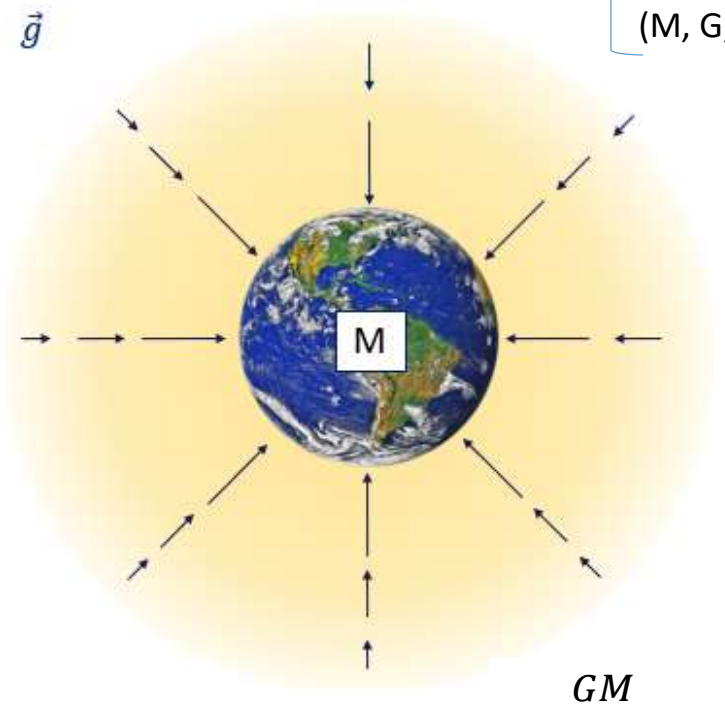
$$\boxed{g = \underbrace{\frac{4}{3}.G\pi d}_{cte} r} \Rightarrow \uparrow g = cte\ .\ r\uparrow$$



Comparação

Distante da superfície

- Órbitas
- Regiões no espaço
- Se o enunciado fornecer (M, G, r ou g)

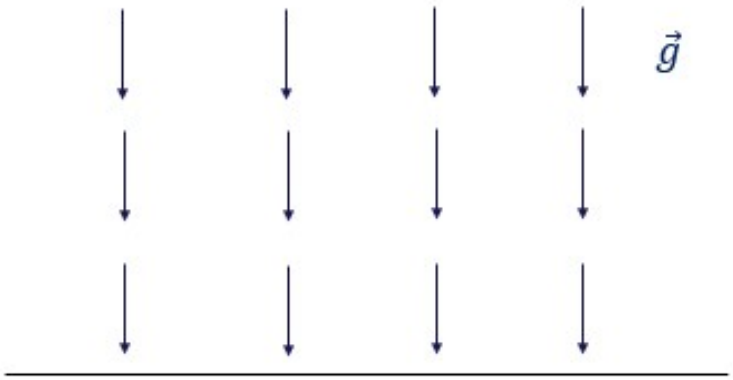


$\vec{g}$ variável

- Intensidade: $g = \frac{GM}{r^2}$
- Direção: radial
- Sentido: para o centro

Nas proximidades da superfície

- Dinâmica
- Lançamentos



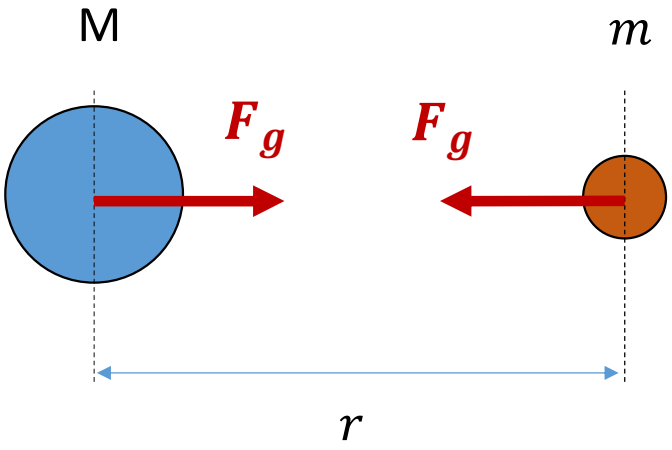
Campo gravitacional uniforme

$\vec{g}$ constante

- Intensidade: $g \cong 10\ m/s^2$ (Terra)
- Direção: vertical
- Sentido: para baixo

Energia potencial gravitacional

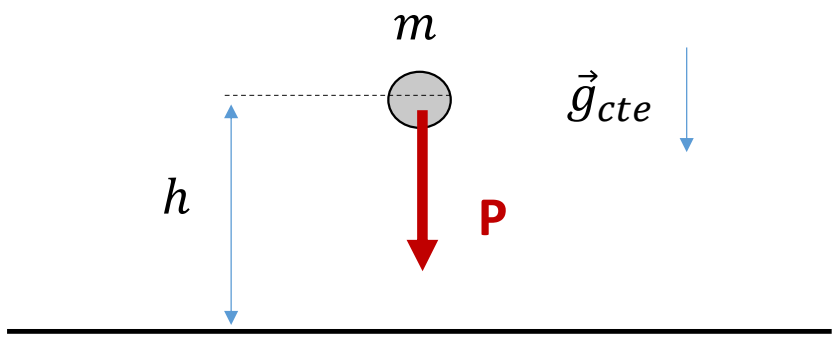
Para grandes distâncias



$$E_p = -\frac{GMm}{r}$$

$r \to \infty \qquad E_p \to 0$

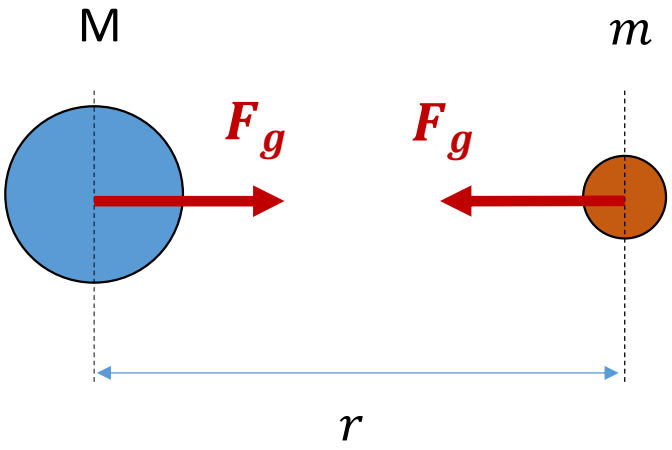
Para movimentos próximos à superfície de um astro



$$E_p = mgh$$

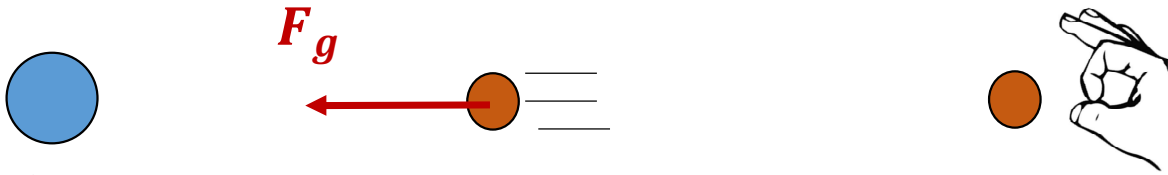
Conservação da energia mecânica

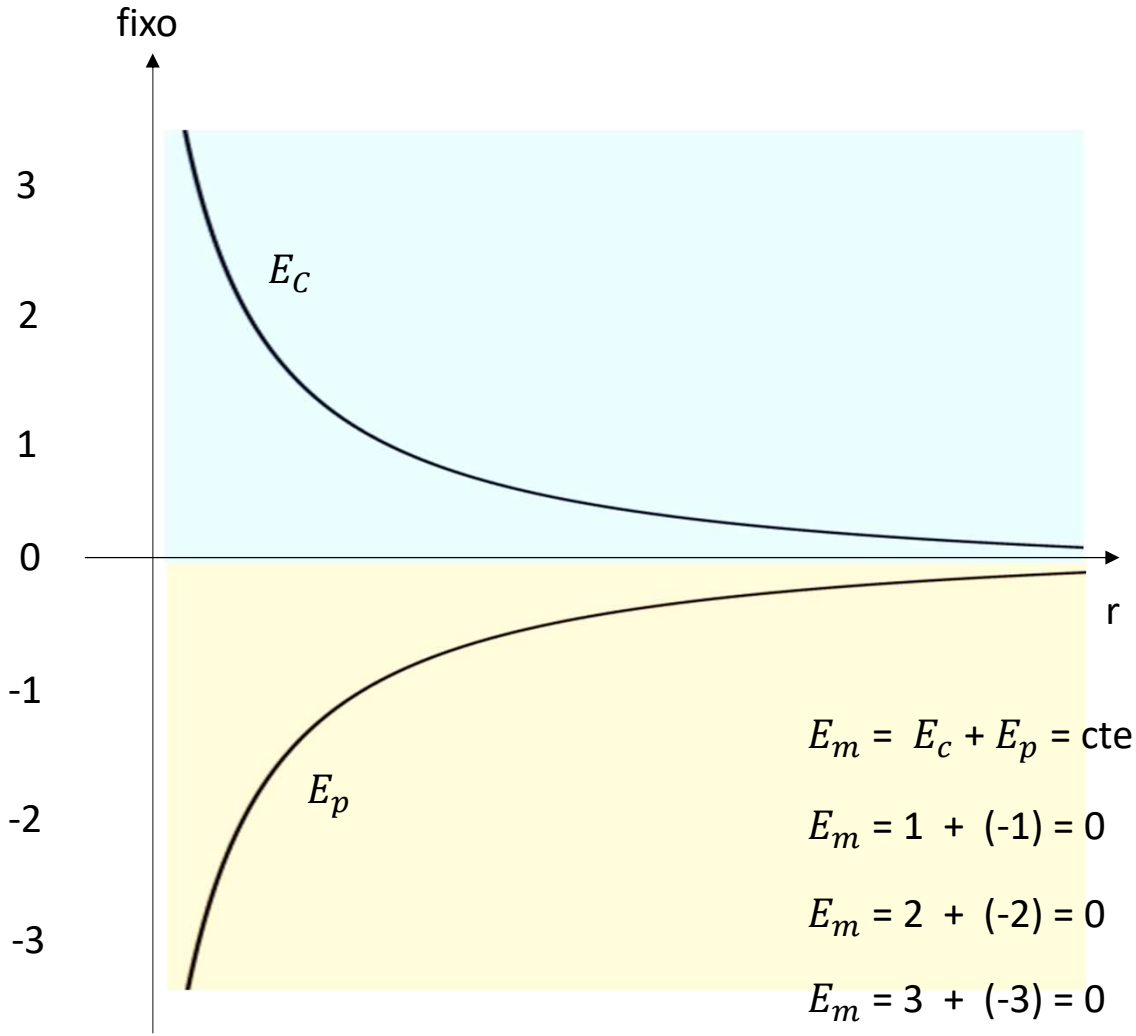
Para grandes distâncias



$$E_p = -\frac{GMm}{r}$$

$r \to \infty \qquad E_p \to 0$





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

$E_m = 1 + (-1) = 0$

$E_m = 2 + (-2) = 0$

$E_m = 3 + (-3) = 0$

Exercícios

1. (Unesp-SP - Adaptada) A imagem mostra o exoplaneta 2M1207b em órbita ao redor de sua estrela 2M1207 na constelação de Centauro, distantes 40 UA um do outro. Esse é o primeiro exoplaneta do qual se obteve uma imagem direta. Em comparação com objetos do sistema solar, sabe-se que esse exoplaneta tem uma massa correspondente a 5 vezes a massa do planeta Júpiter e que sua estrela tem massa igual a 0,025 vezes a massa do Sol.

Considere os seguintes dados:

- Massa do Sol: $2 \cdot 10^{30}$ kg
- Massa de Júpiter: $2 \cdot 10^{27}$ kg
- 1 UA = $1{,}5 \cdot 10^{11}$ m
- G = constante universal da gravitação = $6 \cdot 10^{-11}$ N · m²/kg²

Calcule a intensidade da força de atração gravitacional entre o exoplaneta 2M1207b e sua estrela.

Resposta: $8{,}3 \cdot 10^{20} N$

2. (UFRGS-RS) Em 23 de julho de 2015, a NASA, agência espacial americana, divulgou informações sobre a existência de um exoplaneta (planeta que orbita uma estrela que não seja o Sol) com características semelhantes às da Terra. O planeta foi denominado Kepler 452-b. Sua massa foi estimada em cerca de 5 vezes a massa da Terra e seu raio em torno de 1,6 vez o raio da Terra. Considerando g o módulo do campo gravitacional na superfície da Terra, o módulo do campo gravitacional na superfície do planeta Kepler 452-b deve ser aproximadamente igual a

a) g/2 b) g c) 2g. d) 3g. e) 5g.

Resposta: C

3. (Fuvest-SP) A Estação Espacial Internacional orbita a Terra em uma altitude h. A aceleração da gravidade terrestre dentro dessa espaçonave é:

Note e adote:

- g_T é a aceleração da gravidade na superfície da Terra.
- R_T é o raio da Terra.

a) nula.

b) $g_T\left(\frac{h}{R_T}\right)^2$

c) $g_T\left(\frac{R_T - h}{R_T}\right)^2$

d) $g_T\left(\frac{R_T}{R_T + h}\right)^2$

e) $g_T\left(\frac{R_T - h}{R_T + h}\right)^2$

Resposta: d