

# Resolução da Lista de Gravitação

## Resposta da questão 1:

[C]

Como a luz solar percorre o sentido leste-oeste, as cidades de Berlim e Seattle irão presenciar o pôr do Sol, nesta ordem. Porém, o amanhecer em primeiro lugar será obtido mais ao extremo direito do mapa, isto é, em Sydney, depois em Moscou, Berlim e Seattle. Portanto, a alternativa [C] é a resposta.

## Resposta da questão 2:

a) A razão das velocidades é dada por:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{GM/R_1}}{\sqrt{GM/R_2}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{R_2}}{\sqrt{R_1}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{(6500 + 500) \text{ km}}}{\sqrt{42000 \text{ km}}}$$

$$\therefore \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{6}} = \frac{\sqrt{6}}{6}$$

b) O valor do período  $T_2$  dos satélites SkySats, em horas será:

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} \Rightarrow \frac{24^2}{42000^3} = \frac{T_2^2}{7000^3} \therefore T_2 = \sqrt{\frac{24^2 \cdot 7000^3}{42000^3}}$$

$$\therefore T_2 = 1,63 \text{ h}$$

## Resposta da questão 3:

[D]

Análise das alternativas falsas:

[A] Falsa. A força resultante é o peso do satélite ou a força de atração gravitacional.

[B] Falsa. Mesmo que reduzida, existe gravidade nesta altitude em relação à Terra.

[C] Falsa. É a velocidade orbital que mantém o satélite na posição geostacionária, que é calculada para que o período do movimento circular seja de 24 h.

[E] Falsa. O peso é reduzido por conta da redução da aceleração da gravidade de acordo com Newton, mas não é zero.

## Resposta da questão 4:

[A]

A força exercida pelos dois planetas sobre o ponto P são iguais em módulo, portanto:  $F_{13} = F_{23}$

Usando a lei da Gravitação de Newton:

$$F_{13} = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_3}{(D/3)^2} \text{ e } F_{23} = \frac{G \cdot m_2 \cdot m_3}{(2D/3)^2}$$

Igualando e simplificando:

$$\frac{\cancel{G} \cdot m_1 \cdot \cancel{m_3}}{(D/3)^2} = \frac{\cancel{G} \cdot m_2 \cdot \cancel{m_3}}{(2D/3)^2} \Rightarrow \frac{m_1}{D^2/9} = \frac{m_2}{4D^2/9} \therefore \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{4}$$

## Resposta da questão 5:

02 + 16 = 18.

[01] Falsa. Não há como definir usando apenas a foto como comparativo de um pulo na Terra e em Marte, mas pela diferença de aceleração da gravidade, o personagem poderia executar um pulo cerca de 2,5 vezes maior em Marte quando relacionado com a Terra.

Usando a Força gravitacional de Newton como a força resultante centrípeta, temos:

$$\frac{GMm}{R^2} = mg \Rightarrow g = \frac{GM}{R^2}$$

Fazendo a razão para as acelerações da gravidade em ambos planetas:

$$\frac{g_T}{g_M} = \frac{\cancel{GM}_T}{R_T^2} \Rightarrow \frac{g_T}{g_M} = \frac{M_T}{R_T^2} \Rightarrow \frac{g_T}{g_M} = \frac{M_T}{\left(\frac{R_T}{2}\right)^2} \Rightarrow$$

$$\frac{g_T}{g_M} = \frac{\cancel{M}_T}{0,1 \cancel{M}_T} \therefore \frac{g_T}{g_M} = 2,5$$

[02] Verdadeira. Isolando a aceleração de Marte da razão anterior:  $g_M = 0,4 g_T$

[04] Falsa. A equação do alcance horizontal seria idêntica à da Terra:  $x = x_0 + v_{0x} \cdot t$

[08] Falsa. O ano de Marte, ou seja, seu período de translação em torno do Sol é maior que o da Terra porque o mesmo depende do raio médio da órbita que é maior que o raio médio da Terra, de acordo com a 3ª lei de Kepler.

[16] Verdadeira. Para o lançamento oblíquo em um terreno plano, o alcance máximo é dado por:  $x_{\text{máx}} = v_0 \cdot \cos \theta_0 \cdot 2 t_{\text{sub}}$

Sendo o tempo de subida:

$$t_{\text{sub}} = \frac{v_0 \cdot \text{sen } \theta_0}{g_M}$$

Juntando as duas equações anteriores e utilizando uma identidade trigonométrica, finalmente chegamos a:

$$x_{\text{máx}} = v_0 \cdot \cos \theta_0 \cdot 2 \frac{v_0 \cdot \text{sen } \theta_0}{g_M} \Rightarrow$$

$$x_{\text{máx}} = \frac{v_0^2 \cdot 2 \text{sen } \theta_0 \cos \theta_0}{g_M} \Rightarrow$$

$$x_{\text{máx}} = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen } 2\theta_0}{0,4 g_T}$$

$$\therefore x_{\text{máx}} = 2,5 \left( \frac{v_0^2 \cdot \text{sen } 2\theta_0}{g_T} \right)$$

[32] Falsa. A aceleração da gravidade não depende da atmosfera do planeta e sim do inverso do quadrado da distância do ponto até o centro do planeta.

**Resposta da questão 6:**

[B]

A força de atração gravitacional entre os corpos é igual a resultante centrípeta. Portanto:

$$F_g = F_{cp}$$

$$\frac{G \cdot M \cdot M}{D^2} = M \cdot \omega^2 \cdot R$$

$$\frac{GM^2}{D^2} = M \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot \frac{D}{2}$$

$$\frac{GM^2}{D^2} = \frac{4\pi^2 MD}{2T^2}$$

$$\therefore GMT^2 = 2\pi^2 D^3$$

No MCU, a velocidade linear dos corpos é tangencial à trajetória, com módulo constante, mas com direção variável no tempo. A velocidade angular é constante e a energia cinética se conserva.

**Resposta da questão 7:**

[A]

Análise das alternativas:

[A] Verdadeira.

[B] Falsa: A balança mede massa em quilogramas. Quilograma-força é uma unidade de força.

[C] Falsa: É a massa do gato que é a mesma em qualquer planeta.

[D] Falsa: As balanças medem massa.

[E] Falsa: Neste caso o peso seria menor pelo fato da gravidade ser menor, mas não alteraria a massa do Garfield.

**Resposta da questão 8:**

$$04 + 16 + 64 = 84.$$

[01] Falsa. A velocidade linear varia com o raio, portanto é a velocidade angular da estação e da superfície da Terra que seriam iguais.

[02] Falsa. A atração gravitacional na estação espacial seria equivalente a 0,04g, portanto ainda teríamos a sensação de imponderabilidade, mas com a gravidade reduzida.

[04] Verdadeira. A velocidade angular seria a mesma, pois o local da terra onde o cabo estivesse ancorado faria uma volta completa na sua rotação no mesmo tempo da estação espacial.

[08] Falsa. À medida que o carro subisse no cabo da Terra rumo à estação, mesmo que com velocidade de subida constante, a velocidade final seria a soma vetorial com a velocidade linear que aumenta com a altura. Com isso, a velocidade resultante também aumentaria.

[16] Verdadeira. Como as velocidades angulares da estação espacial e da superfície da Terra são iguais, os períodos e frequências de rotação de ambos serão iguais entre si.

[32] Falsa. A força responsável em manter a estação em órbita é a força centrípeta devido ao peso.

[64] Verdadeira. Considerando o raio da Terra de aproximadamente 6400m, então a altura da estação equivale, em raios da Terra, a:

$$h(R_T) = \frac{96000}{6400} = 15 R_T$$

Como o peso equivale a força gravitacional:

$$P = F_g \Rightarrow mg = \frac{GMm}{d^2} \Rightarrow g = \frac{GM}{(R_T + 15R_T)^2}$$

$$g = \frac{GM}{(16R_T)^2} \Rightarrow g = \frac{GM}{256(R_T)^2}$$

$$\therefore g_{est.} = \frac{g_{sup.}}{256} \approx 0,04 g_{sup.}$$

Logo, a aceleração da gravidade sentida na estação espacial seria aproximadamente de 4% da aceleração da gravidade da superfície da Terra.

**Resposta da questão 9:**

a) Dados:

$$M_P = 1 \times 10^{22} \text{ kg}; M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg}; d_T = 30 \text{ UA}; d_P = 0,15 \text{ UA}.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{gT} = G \frac{M_T m}{d_T^2} \\ F_{gP} = G \frac{M_P m}{d_P^2} \end{array} \right\} \div \Rightarrow \frac{F_{gT}}{F_{gP}} = \frac{\cancel{G} M_T \cancel{m}}{d_T^2} \times \frac{d_P^2}{\cancel{G} M_P \cancel{m}}$$

$$= \frac{6 \times 10^{24} \times (0,15)^2}{1 \times 10^{22} \times 30^2} \Rightarrow \boxed{\frac{F_{gT}}{F_{gP}} = 1,5 \times 10^{-2}.}$$

b) Dados:

$$M_P = 1 \times 10^{22} \text{ kg}; G = 6 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2;$$

$$r_P = 1 \times 10^{-4} \text{ UA} = 1 \times 10^{-4} \times 1,5 \times 10^8 \text{ km} = 1,5 \times 10^7 \text{ m}.$$

Nesse caso, a força gravitacional age como resultante centrípeta:

$$F_{Rcent} = F_g \Rightarrow \frac{mv^2}{r_P} = \frac{GM_P m}{r_P^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_P}{r_P}} =$$

$$\sqrt{\frac{6 \times 10^{-11} \times 1 \times 10^{22}}{1,5 \times 10^7}} = \sqrt{4 \times 10^4} \Rightarrow \boxed{v = 200 \text{ m/s}.}$$

**Resposta da questão 10:**

[D]

O periélio é a região da órbita mais próxima da estrela sendo o local onde a força gravitacional é maior, portanto o planeta acelera do afélio (ponto mais afastado da estrela) ao periélio.

**Resposta da questão 11:**

[B]

**Verdadeira.** Fazendo a razão entre as forças gravitacionais colocando os dados em função da Terra, temos:

$$\frac{F_P}{F_T} = \frac{\frac{2M_T}{(0,5R_T)^2}}{\frac{M_T}{(R_T)^2}} \Rightarrow \frac{F_P}{F_T} = 8$$

**Verdadeira.** Fazendo a razão entre as forças gravitacionais dos planetas e suas estrelas usando a referência da Terra:

$$\frac{F_{PE}}{F_{TS}} = \frac{\frac{2M_S \cdot 2M_T}{(3R)^2}}{\frac{M_S \cdot M_T}{(R)^2}} \Rightarrow \frac{F_{PE}}{F_{TS}} = \frac{4}{9}$$

**Falsa.** Na primeira afirmativa já calculamos esta razão.

**Verdadeira.** A velocidade orbital quando aproximada a uma trajetória circular nos fornece a seguinte expressão:

$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}$ , onde  $G$  é a constante de gravitação universal,  $M$  é a massa da estrela,  $R$  é a distância entre os centros de massa e  $v$  é a velocidade orbital.

Logo, fazendo a razão entre as velocidades orbitais da Terra e do planeta P, temos:

$$\frac{v_P}{v_T} = \sqrt{\frac{2M_S / 3R}{M_S / R}} \therefore \frac{v_P}{v_T} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

**Falsa.** Na segunda afirmativa foi determinado.

**Resposta da questão 12:**

[D]

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Na superfície: } g_T = \frac{GM}{R_T^2} \\ \text{Na espaçonave: } g = \frac{GM}{(R_T + h)^2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{g}{g_T} = \frac{GM}{(R_T + h)^2} \times \frac{R_T^2}{GM}$$

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