

1. Cientistas descobrem planeta parecido com a Terra que orbita estrela vizinha do Sol, nomeado de Próxima B. O planeta é pequeno, rochoso e pode ter água líquida. Ele orbita ao redor da Próxima Centauri, que fica a uma distância de 4,2 anos-luz do Sistema Solar. Os dados permitiram concluir que Próxima B tem uma massa de, aproximadamente, 1,3 vezes a da Terra e orbita em torno da Próxima Centauri a cada 11,2 dias terrestres a uma distância média de 7,5 milhões de km dessa estrela, que equivale a cerca de 5% da distância entre a Terra e o Sol.

Considerando-se a massa da Terra igual a  $6,0 \cdot 10^{24}$  kg, a constante de gravitação universal  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ ,  $\pi = 3$ , as informações do texto e os conhecimentos de Física, pode-se inferir que:

- As leis de Kepler não têm validade para descrever o movimento do planeta Próxima B em torno da estrela Próxima Centauri, tomando essa estrela como referencial.
- A ordem de grandeza da massa da estrela Próxima Centauri é maior do que  $10^{29}$  kg.
- A ordem de grandeza da velocidade orbital do planeta Próxima B é igual a  $10^3$  m/s.
- A ordem de grandeza da distância entre a Próxima Centauri e o sistema solar é igual a  $10^{12}$  km.
- O módulo da força de interação gravitacional entre a estrela Próxima Centauri e o planeta Próxima B é da ordem de  $10^{17}$  N.

2. A figura abaixo representa dois planetas, de massas  $m_1$  e  $m_2$ , cujos centros estão separados por uma distância  $D$ , muito maior que os raios dos planetas.



Sabendo que é nula a força gravitacional sobre uma terceira massa colocada no ponto  $P$ , a uma distância  $D/3$  de  $m_1$ , a razão  $m_1/m_2$  entre as massas dos planetas é:

- $1/4$ .
- $1/3$ .
- $1/2$ .
- $2/3$ .
- $3/2$ .

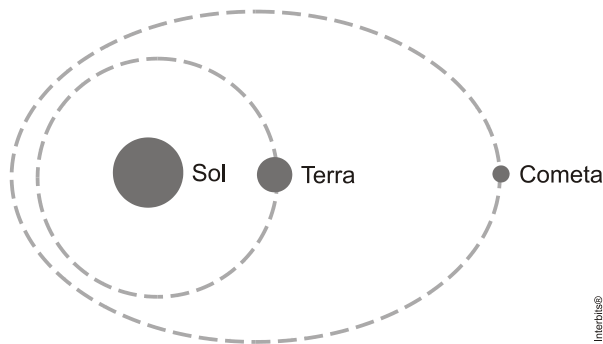
3. Um satélite geoestacionário é um satélite que se move em uma órbita circular acima do Equador da Terra seguindo o movimento de rotação do planeta em uma altitude de 35.786 km. Nesta órbita, o satélite parece parado em relação a um observador na Terra. Satélites de comunicação, como os de TV por assinatura, são geralmente colocados nestas órbitas geoestacionárias. Assim, as antenas colocadas nas casas dos consumidores podem ser apontadas diretamente para o satélite para receber o sinal.

Sobre um satélite geoestacionário pode-se inferir que:

- a força resultante sobre ele é nula, pois a força centrípeta é igual à força centrífuga.
- como no espaço não existe gravidade, ele permanece em repouso em relação a um ponto fixo na superfície Terra.
- o satélite somente permanece em repouso em relação à Terra se mantiver acionados jatos propulsores no sentido oposto ao movimento de queda.
- a força de atração gravitacional da Terra é a responsável por ele estar em repouso em relação a um ponto fixo na superfície da Terra.
- por estar fora da atmosfera terrestre, seu peso é nulo.

4. Os avanços nas técnicas observacionais têm permitido aos astrônomos rastrear um número crescente de objetos celestes que orbitam o Sol. A figura mostra, em escala arbitrária, as

órbitas da Terra e de um cometa (os tamanhos dos corpos não estão em escala). Com base na figura, analise as afirmações:



I. Dada a grande diferença entre as massas do Sol e do cometa, a atração gravitacional exercida pelo cometa sobre o Sol é muito menor que a atração exercida pelo Sol sobre o cometas.

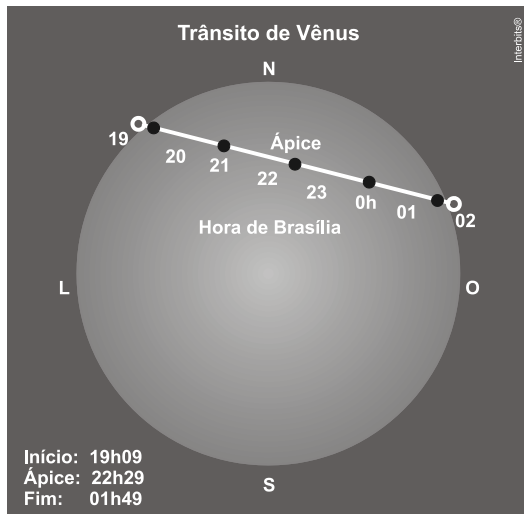
II. O módulo da velocidade do cometa é constante em todos os pontos da órbita.

III. O período de translação do cometa é maior que um ano terrestre.

Está(ão) correta(s):

- a) apenas I.
- b) apenas III.
- c) apenas I e II.
- d) apenas II e III.
- e) I, II e III.

5. No dia 5 de junho de 2012, pôde-se observar, de determinadas regiões da Terra, o fenômeno celeste chamado trânsito de Vênus, cuja próxima ocorrência se dará em 2117.



(www.apolo11.com. Adaptado.)

Tal fenômeno só é possível porque as órbitas de Vênus e da Terra, em torno do Sol, são aproximadamente coplanares, e porque o raio médio da órbita de Vênus é menor que o da Terra. Portanto, quando comparado com a Terra, Vênus tem:

- a) o mesmo período de rotação em torno do Sol.
- b) menor período de rotação em torno do Sol.
- c) menor velocidade angular média na rotação em torno do Sol.
- d) menor velocidade escalar média na rotação em torno do Sol.
- e) menor frequência de rotação em torno do Sol.

6. Neste ano, comemoram-se os 400 anos das primeiras descobertas astronômicas com a utilização de um telescópio, realizadas pelo cientista italiano Galileu Galilei. Além de revelar ao

mundo que a Lua tem montanhas e crateras e que o Sol possui manchas, ele também foi o primeiro a apontar um telescópio para o planeta Júpiter e observar os seus quatro maiores satélites, posteriormente denominados de Io, Europa, Ganimedes e Calisto.

| Satélite  | Raio orbital ( $10^5$ km) | Massa ( $10^{22}$ kg) |
|-----------|---------------------------|-----------------------|
| Io        | 4                         | 9                     |
| Europa    | 6                         | 5                     |
| Ganimedes | 10                        | 15                    |
| Calisto   | 20                        | 11                    |

Supondo que as órbitas desses satélites ao redor de Júpiter sejam circulares, e com base nas informações da tabela acima, assinale a alternativa correta. (Os valores da tabela foram arredondados por conveniência)

- A força de atração entre Júpiter e Ganimedes é maior do que entre Júpiter e Io.
- Quanto maior a massa de um satélite, maior será o seu período orbital.
- A circunferência descrita pelo satélite Calisto é quatro vezes maior que a circunferência descrita pelo satélite Europa.
- A maior velocidade angular é a do satélite Calisto, por possuir maior período orbital.
- O período orbital de Europa é aproximadamente o dobro do período orbital de Io.

7.

**Garfield**

**Jim Davis**



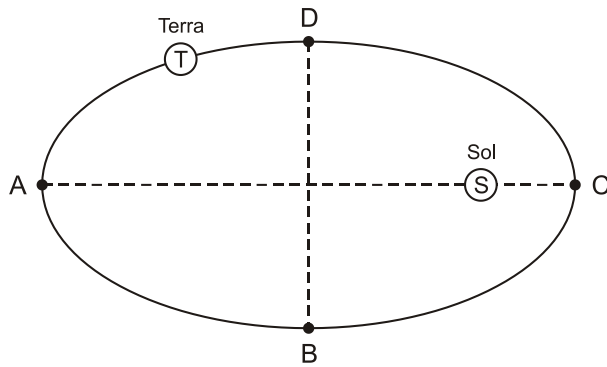
Folha de São Paulo, 1994

| Planetas | Massa (kg)            | Razão<br>( $m_{\text{planeta}}/m_{\text{Terra}}$ ) |
|----------|-----------------------|--|
| Mercúrio | $3,30 \times 10^{23}$ | 0,05   |
| Terra    | $5,97 \times 10^{24}$ | 1,00   |
| Marte    | $6,42 \times 10^{23}$ | 0,11   |
| Júpiter  | $1,90 \times 10^{27}$ | 330,00   |
| Saturno  | $5,69 \times 10^{26}$ | 95,31  |

Com base no quadro acima, e sabendo que a força gravitacional está relacionada com a massa dos corpos, qual das alternativas abaixo seria a melhor opção para o Garfield?

- Júpiter, pois a razão entre sua massa e a massa da Terra é de 330,00.
- Terra, pois a razão entre sua massa e a massa da Terra é de 1,00.
- Marte, pois a razão entre sua massa e a massa da Terra é de 0,11.
- Mercúrio, pois a razão entre sua massa e a massa da Terra é de 0,05.
- Saturno, pois a razão entre sua massa e a massa da Terra é de 95,31.

8. Sobre a trajetória elíptica realizada pela Terra em torno do Sol, conforme ilustração acima, é correto afirmar que:



- a) a força pela qual a Terra atrai o Sol tem o mesmo módulo da força pela qual o Sol atrai a Terra.
- b) o sistema mostrado na figura representa o modelo geocêntrico.
- c) o período de evolução da Terra em torno do Sol é de aproximadamente 24 horas.
- d) a velocidade de órbita da Terra no ponto A é maior do que no ponto C.
- e) a velocidade de órbita do planeta Terra independe da sua posição em relação ao Sol.

9. Desde os idos de 1930, observações astronômicas indicam a existência da chamada matéria escura. Tal matéria não emite luz, mas a sua presença é inferida pela influência gravitacional que ela exerce sobre o movimento de estrelas no interior de galáxias. Suponha que, numa galáxia, possa ser removida sua matéria escura de massa específica  $\tilde{n} > 0$ , que se encontra uniformemente distribuída. Suponha também que no centro dessa galáxia haja um buraco negro de massa  $M$ , em volta do qual uma estrela de massa  $m$  descreve uma órbita circular. Considerando órbitas de mesmo raio na presença e na ausência de matéria escura, a respeito da força gravitacional resultante  $\vec{F}$  exercida sobre a estrela e seu efeito sobre o movimento desta, pode-se afirmar que:

- a)  $\vec{F}$  é atrativa e a velocidade orbital de  $m$  não se altera na presença da matéria escura.
- b)  $\vec{F}$  é atrativa e a velocidade orbital de  $m$  é menor na presença da matéria escura.
- c)  $\vec{F}$  é atrativa e a velocidade orbital de  $m$  é maior na presença da matéria escura.
- d)  $\vec{F}$  é repulsiva e a velocidade orbital de  $m$  é maior na presença da matéria escura.
- e)  $\vec{F}$  é repulsiva e a velocidade orbital de  $m$  é menor na presença da matéria escura.

10. Considere um satélite artificial que tenha o período de revolução igual ao período de rotação da Terra (satélite geossíncrono). Pode-se concluir que um objeto de massa  $m$  dentro de um satélite desse tipo:

- a) Fica sem peso, pois flutua dentro do satélite se ficar solto.
- b) Apresenta uma aceleração centrípeta que tem o mesmo módulo da aceleração gravitacional do satélite.
- c) Não sente nenhuma aceleração da gravidade, pois flutua dentro do satélite se ficar solto.
- d) Fica sem peso porque dentro do satélite não há atmosfera.
- e) Não apresenta força agindo sobre ele, uma vez que o satélite está estacionário em relação à Terra.

Gabarito:

Resposta da questão 1:  
[B]

Nota 1 – O verbo orbitar já significa girar ao redor de .... Portanto: " Ele orbita ao redor da Próxima Centauri, ..." é um pleonasma. O correto é: "Ele orbita a Próxima Centauri, ...".

Calculando a massa da estrela Próxima Centauri.

Dados relevantes:

Período orbital:  $T = 11,2 \text{ dias} = 9,7 \times 10^5 \text{ s}$ ;

Raio orbital:  $r = 7,5 \times 10^6 \text{ km} = 7,5 \times 10^9 \text{ m}$ ;

Constante de gravitação:  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ ;

$\pi = 3$ .

Considerando circular a órbita do planeta, a sua aceleração é centrípeta tem intensidade igual à intensidade do campo gravitacional na órbita.

$$a_{cp} = g \Rightarrow \frac{v^2}{r} = \frac{GM}{r^2} \Rightarrow \left( \frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{GM}{r} \Rightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2} \text{ (3ª Lei de Kepler)} \Rightarrow$$

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4 \times 3^2 \times (7,5 \times 10^9)^3}{6,7 \times 10^{-11} \times (9,7 \times 10^5)^2} = \frac{1,5 \times 10^{31}}{63} \Rightarrow M = 2,4 \times 10^{29} \text{ kg.}$$

Usando as regras para ordem de grandeza:

$$M = 10^{29} \text{ kg.}$$

Nota 2 – A alternativa [B] diz: A ordem de grandeza da massa da estrela Próxima Centauri é maior do que  $10^{29} \text{ kg}$ . A palavra maior deve ser trocada por igual, ou então: A massa da estrela Próxima Centauri é maior que  $10^{29} \text{ kg}$ .

Resposta da questão 2:  
[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 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 geoestacionária, 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:  
[B]

[I] INCORRETA. Pelo Princípio da Ação-Reação, essas forças têm a mesma intensidade.

[II] INCORRETA. De acordo com a 2ª Lei de Kepler, se a trajetória do cometa é elíptica, seu movimento é acelerado quando ele se aproxima do Sol e, retardado, quando se afasta.

[III] CORRETA. A 3ª Lei de Kepler garante que corpos mais afastados do Sol têm maior período de translação.

Resposta da questão 5:  
[B]

– Sendo  $r$  o raio médio da órbita e  $T$  o período de translação do planeta, analisando a 3ª Lei de Kepler:

$\frac{T_{\text{Vênus}}^2}{r_{\text{Vênus}}^3} = \frac{T_{\text{Terra}}^2}{r_{\text{Terra}}^3}$ . Sendo o raio médio da órbita de Vênus menor que o da Terra, o período de

translação de Vênus é menor que o da Terra, logo a frequência é maior.

– a velocidade angular é:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ . Como Vênus tem menor período, sua velocidade angular é maior.

– Para analisar a velocidade linear ( $v$ ), aproximando as órbitas para circulares, a força gravitacional age como resultante centrípeta. Sendo  $m$  a massa do planeta e  $M$  a massa do Sol:

$$R_{\text{Cent}} = F_{\text{Grav}} \Rightarrow \frac{m v^2}{r} = \frac{G M m}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G M}{r}}$$

Sendo o raio médio da órbita de Vênus menor que o da Terra, Vênus tem maior velocidade linear que a Terra.

Resposta da questão 6:  
[E]

Analisando cada uma das opções:

a) Falsa. De acordo com a Lei de Newton da Gravitação, as forças gravitacionais trocadas entre duas massas  $M$  e  $m$ , distantes  $r$  entre si, é:

$$F = G \frac{M m}{r^2}, \text{ sendo } G \text{ a constante de gravitação universal.}$$

Aplicando essa expressão para as duas situações propostas, temos:

$$F_{JG} = G \frac{M_J m_G}{r_G^2} \text{ e } F_{JI} = G \frac{M_J m_I}{r_I^2}. \text{ Fazendo a razão entre essas forças:}$$

$$\frac{F_{JG}}{F_{JI}} = \frac{m_G}{m_I} \times \frac{r_I^2}{r_G^2} = \frac{15}{10^2} \times \frac{4^2}{9} = \frac{15 \times 16}{900} = \frac{4}{15} \Rightarrow F_{JG} = 0,27 F_{JI}.$$

b) Falsa. Pela terceira lei de Kepler (lei dos períodos), o período orbital ( $T$ ) só depende do raio ( $r$ ) da órbita:  $T^2 = k r^3$ ; independe da massa do satélite.

c) Falsa. Basta comparar os valores mostrados na tabela.

d) Falsa. A velocidade angular ( $\omega$ ) é inversamente proporcional ao período:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ .

e) Verdadeira. Pela lei dos períodos:

$$\left(\frac{T_E}{T_I}\right)^2 = \left(\frac{r_E}{r_I}\right)^3. \text{ Substituindo os valores dados na tabela:}$$

$$\left(\frac{T_E}{T_I}\right)^2 = \left(\frac{6}{4}\right)^3 = \left(\frac{3}{2}\right)^3 \Rightarrow \frac{T_E}{T_I} = \sqrt{3,375} \Rightarrow T_E = 1,84 T_I \Rightarrow$$

$$T_E \cong 2 T_I$$

Resposta da questão 7:  
[D]

Como afirma Garfield no último quadro, o peso de um corpo depende da gravidade local. A expressão para o cálculo da intensidade do campo gravitacional ( $g_P$ ) na superfície de um planeta (P) de massa  $m_P$  e raio  $R_P$  é obtida da lei de Newton da gravitação:

$$g_P = G \frac{m_P}{R_P^2}, \text{ sendo } G \text{ a constante de gravitação universal}$$

Comparando com a gravidade na superfície terrestre ( $g_T$ ):

$$\frac{g_P}{g_T} = \frac{\frac{Gm_P}{R_P^2}}{\frac{Gm_T}{R_T^2}} \Rightarrow \frac{g_P}{g_T} = \frac{m_P}{m_T} \times \left(\frac{R_T}{R_P}\right)^2.$$

A tabela dada fornece apenas as razões entre as massas dos planetas e a Terra, e as massas dos planetas (dados desnecessários), não fornecendo os raios dos planetas, tornando impossível qualquer conclusão. Pode ter havido algum equívoco do autor da questão ao montar essa tabela, colocando na 2ª coluna as massas dos planetas em vez de seus raios. A questão tornar-se-ia bastante interessante, se a tabela fornecesse a razão entre as massas dos planetas e a razão entre os respectivos raios.

Apenas para ilustrar, a razão dada na tabela para as massas de Mercúrio e da Terra é 0,05, enquanto que a razão entre os campos gravitacionais é 0,25.

Resposta da questão 8:  
[A]

Pelo princípio da ação-reação (3ª lei da Newton) o módulo da força de atração do Sol sobre a Terra é igual ao módulo da força de atração da Terra sobre o Sol.

Resposta da questão 9:  
[C]

Pela lei da gravitação de Newton  $\rightarrow F = G.mM/d^2$

O que importa é a massa entre a estrela e o buraco negro.

A força será atrativa e com mais massa entre a estrela e o buraco negro (devido a presença de matéria escura) a força será maior. Como esta força será também a resultante centrípeta  $\rightarrow GM/d^2 = mv^2/d \rightarrow GM/d = v^2$ . A velocidade será maior com a presença de mais massa.

Resposta da questão 10:  
[B]

Resolução

O objeto solto bem como o próprio satélite está sujeito à força gravitacional terrestre e logo ambos têm peso.

Admitindo que o movimento do satélite e do corpo são circulares e uniformes, a aceleração centrípeta será a aceleração gravitacional.

A alternativa c é estranha quando coloca que o corpo deverá “sentir” aceleração. A despeito da frase antropomórfica para um corpo qualquer, se uma pessoa estiver solta dentro da nave ela não experimenta sensação de peso. Insisto que o corpo possui peso dentro do satélite e isto não tem relação com a atmosfera.