Olimpíada Brasileira de Física
Prova Ensino Fundamental - 8^o e 9^o anos - Nível I
Primeira Fase - 2020

Instituto de Física
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Gabarito elaborado pela equipe do projeto de extensão *Elaboração de Material de Preparação para a Olimpíada Brasileira de Física (OBF)*, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IF-UFRJ).

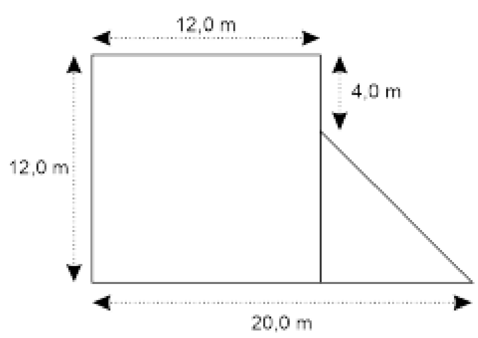
Equipe

Hariom Nunes Choudhury, João Octavio Oliveira Cony, Lucas Bianchi Marcianesi
Maria Clara Vicente Coelho, Maria Luisa Chaves Lino, Sidney Natzuka Junior
Georgeana Arruda Limeira, Nathan Machado Vasconcelos, Lucca Teixeira Martins

Revisão

Prof. Marcos G. Menezes   Prof. Rodrigo B. Capaz

1. Uma empresa mandou passar uma tinta especial na laje de seu galpão para evitar infiltração de água. A laje tem o formato e as dimensões mostradas na figura, e foram utilizados 700 litros de tinta. Considerando que a camada de tinta em toda a superfície é uniforme, a sua espessura, em milímetros, é aproximadamente



a) 4
b) 6
c) 40
d) 50
e) 60

Resolução

Para obtermos a espessura da camada de tinta sobre a superfície da laje, precisamos da área da laje e do volume de tinta utilizado, já que o volume de um prisma qualquer pode ser calculado pelo produto entre a área da base e a altura, no caso a espessura de tinta.

Calculemos a área da laje, dividindo-a em um quadrado de lado $l = 12{,}0$ m e em um triângulo de altura $h = 12{,}0 - 4{,}0 = 8{,}0$ m e base $b = 20{,}0 - 12{,}0 = 8{,}0$ m. A área do quadrado A_q é igual a:

$$A_q = l^2 = (12{,}0 \text{ m})^2 = 144{,}0 \text{ m}^2 \tag{1}$$

Já a área do triângulo A_t é igual a:

$$A_t = \frac{b \times h}{2} = \frac{8{,}0 \text{ m} \times 8{,}0 \text{ m}}{2} = 32{,}0 \text{ m}^2 \tag{2}$$

A área total da laje A_l será, então, igual a:

$$A_l = A_q + A_t = 144{,}0 \text{ m}^2 + 32{,}0 \text{ m}^2 = 176{,}0 \text{ m}^2 \tag{3}$$

Sabendo que 1 $L = 1$ dm$^3 = 0{,}001$ m^3, podemos converter o volume de tinta V de litros para metros cúbicos:

$$V = 700 \text{ litros} = 700 \times 0{,}001 \text{ m}^3 = 0{,}7 \text{ m}^3 \tag{4}$$

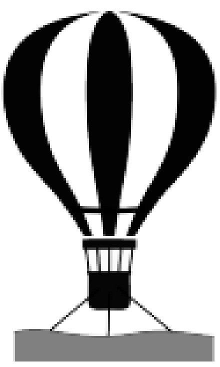
Finalmente, para calcular a espessura de tinta t sobre a superfície da laje, utilizamos a fórmula geral do volume V de um prisma qualquer com área da base igual a A_l. Assim:

$$V = A_l \times t$$
$$t = \frac{V}{A_l} = \frac{0{,}7\ \text{m}^3}{176{,}0\ \text{m}^2} \approx 0{,}004\ \text{m} = 4\ \text{mm} \tag{5}$$

Resposta: Alternativa (A)

■

2. Um balão de ar quente está preso ao chão através de um conjunto de cordas. A massa do balão vazio (sem ar) é 800,0 kg e a massa do ar quente no balão é 2400 kg. Se as cordas forem soltas, o balão iniciará um movimento de subida vertical com aceleração de 0,2 m/s^2.

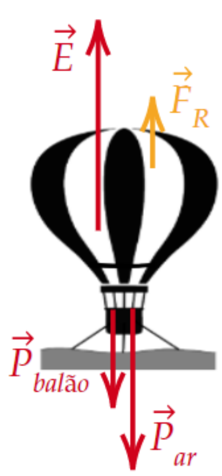


Para que ele permaneça em repouso, sem a necessidade de cordas, deve-se adicionar a ele um peso (lastro), em N, igual a:

a) 160
b) 480
c) 640
d) 1600
e) 3680

Resolução

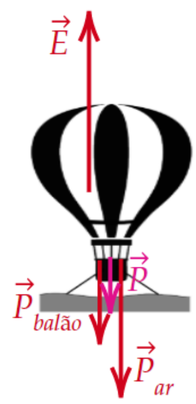
Na situação inicial (sem lastro), as forças que atuam sobre o balão são o empuxo $\mathbf{E}$ exercido sobre a massa de ar quente e as forças peso da massa de ar quente e do balão, $\mathbf{P_{ar}}$ e $\mathbf{P_{balão}}$, respectivamente. O diagrama de forças correspondente é mostrado na figura abaixo.



Utilizamos a 2ª lei de Newton para relacionar a força resultante $\mathbf{F_R}$ sobre balão com a aceleração de módulo $a = 0{,}2$ m/s^2 e sentido para cima. Tomando um eixo vertical apontando para cima e levando em conta os sentidos das forças indicados na figura, podemos escrever:

$$\mathbf{F_R} = m\mathbf{a}$$
$$\mathbf{E} + \mathbf{P_{ar}} + \mathbf{P_{balão}} = (m_{ar} + m_{balão})\mathbf{a}$$
$$E - m_{ar}\ g - m_{balão}\ g = (m_{ar} + m_{balão})\ a$$
$$E = (m_{ar} + m_{balão})(a + g)$$
$$E = [(2400 + 800)\ \mathrm{kg}][(0{,}2 + 10)\ \mathrm{m/s^2}]$$
$$E = 32640\ \mathrm{N} \tag{6}$$

Note que o empuxo deve ser o mesmo nas duas situações (com e sem lastro), já que o peso de ar deslocado é o mesmo. Na segunda situação (com lastro), além das forças já mencionadas, teremos ainda a força peso **P** do lastro, como mostra a figura abaixo.



Como o sistema está em equilíbrio nessa situação, a força resultante deve ser nula. Assim, podemos escrever:

$$\mathbf{E} + \mathbf{P_{ar}} + \mathbf{P_{balão}} + \mathbf{P} = \mathbf{0}$$
$$E - m_{ar}\ g - m_{balão}\ g - P = 0$$
$$P = E - (m_{ar} + m_{balão})g$$
$$P = (32640 - 32000)\ \mathrm{N}$$
$$P = 640\ \mathrm{N} \tag{7}$$

OBS: Note ainda que o peso do lastro deve ter o mesmo módulo que a força resultante que atua sobre o balão na primeira situação.

Resposta: Alternativa (C)

■

3. Três atletas amadores A, B e C planejam estratégias diferentes para disputar uma prova de 36 km de extensão:

- O atleta A planeja fazer a primeira metade do percurso com uma velocidade média de 9 km/h e a segunda metade do percurso com uma velocidade média de 15 km/h.
- O atleta B planeja fazer toda a prova com ritmo praticamente constante e velocidade média igual a 12 km/h.
- O atleta C planeja percorrer o primeiro terço do percurso com uma velocidade média de 9 km/h, o segundo terço com uma velocidade média de 15 km/h e o terço final com uma velocidade média de 12 km/h.

Caso os planejamentos sejam executados, então

a) B e C chegam juntos e antes do A.
b) Os três atletas chegam juntos ao final da prova.
c) A chega primeiro, C em segundo e B em terceiro.
d) C chega primeiro, B em segundo e A em terceiro.
e) B chega primeiro, C em segundo e A em terceiro.

Resolução

Devemos calcular o tempo gasto por cada atleta para percorrer os 36 km. De acordo com a definição de velocidade média v, o tempo Δt para percorrer uma distância ΔS pode ser calculado como:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \rightarrow \quad \Delta t = \frac{\Delta S}{v} \tag{8}$$

Para o atleta A, considerando os dois trechos percorridos com velocidades médias diferentes, obtemos:

$$\begin{aligned}
\Delta t_a &= \frac{\Delta S_{a1}}{v_{a1}} + \frac{\Delta S_{a2}}{v_{a2}} \\
\Delta t_a &= \frac{18 \text{ km}}{9 \text{ km/h}} + \frac{18 \text{ km}}{15 \text{ km/h}} \\
\Delta t_a &= 2 \text{ h} + 1{,}2 \text{ h} = 3{,}2 \text{ h}
\end{aligned} \tag{9}$$

Para o atleta B, que percorreu o trajeto inteiro com a velocidade média informada, obtemos:

$$\begin{aligned}
\Delta t_b &= \frac{\Delta S_b}{v_b} \\
\Delta t_b &= \frac{36 \text{ km}}{12 \text{ km/h}} \\
\Delta t_b &= 3{,}0 \text{ h}
\end{aligned} \tag{10}$$

E, para o atleta C, considerando os três trechos percorridos com velocidades médias diferentes, obtemos:

$$\begin{aligned}
\Delta t_c &= \frac{\Delta S_{c1}}{v_{c1}} + \frac{\Delta S_{c2}}{v_{c2}} + \frac{\Delta S_{c3}}{v_{c3}} \\
\Delta t_c &= \frac{12 \text{ km}}{9 \text{ km/h}} + \frac{12 \text{ km}}{15 \text{ km/h}} + \frac{12 \text{ km}}{12 \text{ km/h}} \\
\Delta t_c &\approx 1{,}3 \text{ h} + 0{,}8 \text{ h} + 1 \text{ h} = 3{,}1 \text{ h}
\end{aligned} \tag{11}$$

Portanto, o atleta B completará primeiro a prova, seguido pelos atletas C e A.

Resposta: Alternativa (E)

■

4. Um farmacêutico percebeu que a escala de seu termômetro de mercúrio estava ilegível. Tendo que medir a temperatura de uma infusão e não contando com outro instrumento de medida, ele faz o seguinte procedimento: mergulhou o termômetro no gelo fundente e mediu a altura da coluna de mercúrio; em seguida, mergulhou o termômetro na água em ebulição, medindo novamente a altura da coluna; calculou a diferença entre as medidas, encontrando o valor de 12 cm; naturalmente, ao mergulhar o termômetro na infusão, mediu uma diferença de 4,0 cm abaixo da altura alcançada quando ele foi inserido na água em ebulição. Ele determinou, então, que a temperatura da infusão, em ^{o}C, era aproximadamente

a) 15
b) 30
c) 33
d) 40
e) 67

Resolução

Sabemos que a diferença de altura da coluna de mercúrio do termômetro medida no gelo fundente em relação à água em ebulição é igual a 12 cm. Também temos o conhecimento de que a temperatura da água em ebulição T_e é, sob pressão atmosférica de 1 atm, igual a 100 ^{o}C, enquanto que a temperatura de fusão do gelo é de 0 ^{o}C. Para calcularmos a temperatura de infusão, como temos a diferença de altura da coluna de mercúrio do termômetro medida na infusão em relação à água em ebulição, podemos realizar uma simples regra de 3 para sabermos a diferença de temperatura ΔT da infusão em relação à água em ebulição:

$$\begin{aligned}
\frac{(100-0)\ ^o\text{C}}{\Delta T} &= \frac{12 \text{ cm}}{4{,}0 \text{ cm}} \\
\Delta T &= \frac{400\ ^o\text{C}}{12} \approx 33{,}3\ ^o\text{C}
\end{aligned} \tag{12}$$

O enunciado nos afirma que a altura da coluna de mercúrio na infusão é 4,0 cm **menor** que a altura na água em ebulição. Assim a temperatura da infusão deverá ser menor que a temperatura da água em ebulição por ΔT. Portanto, podemos calcular a temperatura da infusão T_i como:

$$\begin{aligned} T_i &= T_e - \Delta T \\ T_i &= (100 - 33{,}3)\ ^o\mathrm{C} \\ T_i &= 66{,}7\ ^o\mathrm{C} \approx 67\ ^o\mathrm{C} \end{aligned} \tag{13}$$

Resposta: Alternativa (E)

■

5. Uma garrafa possui volume interno igual a 0,80 litro e volume externo igual a 1,0 litro. O material de que é feita possui densidade igual a 0,50 g/cm^3. Quando está completamente cheia com um certo líquido, apresenta uma densidade igual a 1,46 g/cm^3. A densidade deste liquido é, em g/cm^3, igual a:

a) 1,95
b) 1,70
c) 1,35
d) 1,20
e) 0,96

Resolução

Primeiramente, é conveniente transformar os volumes interno V_i e externo V_e da garrafa de litro para cm^3, já que as densidades estão em g/cm^3. Sabendo que 1 L = 1 dm^3 = 10^3 cm^3, obtemos:

$$V_i = 0{,}80 \text{ litro} = 0{,}8\ \times 10^3 \text{ cm}^3 = 800 \text{ cm}^3 \tag{14}$$

$$V_e = 1{,}0 \text{ litro} = 1{,}0\ \times 10^3 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 \tag{15}$$

Sabemos ainda que a densidade ρ de um objeto em termos de sua massa m e volume V é dada por:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{16}$$

Utilizando essa expressão e escrevendo a massa total m_t do sistema garrafa-líquido como a soma da massa da garrafa m_g e do líquido m_l, obtemos:

$$\begin{aligned} m_t &= m_g + m_l \\ \rho_t V_t &= \rho_g V_g + \rho_l V_l \\ \rho_t V_e &= \rho_g (V_e - V_i) + \rho_l V_i \end{aligned} \tag{17}$$

onde ρ_g, ρ_l e ρ_t são as densidades do material da garrafa, do líquido e do sistema garrafa-líquido, respectivamente, e $V_g = V_e - V_i$ é o volume ocupado pelo material da garrafa.

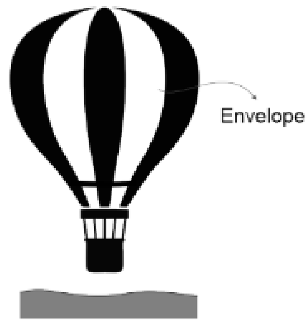
Observe que o queremos calcular é a densidade do líquido ρ_l. Podemos isolá-lo na equação acima, já que conhecemos os demais parâmetros. Com isso, obtemos:

$$\begin{aligned} \rho_l &= \frac{\rho_t V_e - \rho_g (V_e - V_i)}{V_i} \\ \rho_l &= \frac{1{,}46 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3 - 0{,}50 \text{ g/cm}^3 \times (1000 - 800) \text{ cm}^3}{800 \text{ cm}^3} \\ \rho_l &= \frac{1460 \text{ g} - 100 \text{ g}}{800 \text{ cm}^3} = \frac{1360 \text{ g}}{800 \text{ cm}^3} = 1{,}70 \text{ g/cm}^3 \end{aligned} \tag{18}$$

Resposta: Alternativa (B)

■

6. Nas condições atmosféricas típicas (com uma temperatura a 20 ^{o}C), um balão de ar quente aquecido a 99 ^{o}C precisa de 3,91 m^3 de volume de envelope para levantar 1 kg. A quantidade de impulsão necessária não depende apenas da temperatura do ar no interior do envelope, mas também da temperatura externa, da altitude acima da linha do mar e da umidade do ar no exterior. Experimentalmente, para a faixa de altitude típica de voo, verifica-se uma variação linear na qual, para cada 1000 metros de altitude, o balão perde 3% do seu poder de impulsão.



De acordo com o texto, para que um balão mantenha seu impulso a 1500 m de altura igual ao que tinha no solo, seu volume de envelope por kg de massa suspensa deve ter um acréscimo, em m^3, de

a) 0,018
b) 0,184
c) 3,18
d) 13,1
e) 18,0

Resolução

Se para 1000 metros de altitude há uma perda de 3% no poder de impulsão, podemos calcular, através de uma regra de 3 simples (já que a variação é linear), a perda do poder de impulsão i_{1500} a 1500 m de altitude:

$$\begin{aligned} \frac{1000\ \text{m}}{1500\ \text{m}} &= \frac{3\%}{i_{1500}} \\ i_{1500} &= \frac{4500\%}{1000} \\ i_{1500} &= 4{,}5\% = 0{,}045 \end{aligned} \tag{19}$$

Sabemos que o impulso do balão deve estar relacionado ao empuxo exercido sobre a massa de ar quente, que por sua vez está relacionado ao volume do envelope por kg de massa que será suspensa. Assim, se chamarmos de E_0 o módulo do empuxo na situação original, o módulo E na altitude indicada para um mesmo volume de envelope V_0 será:

$$\begin{aligned} E &= (1 - i_{1500})E_0 \\ E &= (1 - 0{,}045)E_0 \\ E &= 0{,}955E_0 \end{aligned} \tag{20}$$

Agora, como E_0 é proporcional a V_0, para que recuperemos o empuxo original na altitude indicada, o volume do envelope deve ser alterado para:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{0{,}955} \times V_0 \\ V &= \frac{1}{0{,}955} \times 3{,}91\ \text{m}^3 \\ V &= 4{,}094\ \text{m}^3 \end{aligned} \tag{21}$$

para cada quilo de massa suspensa.

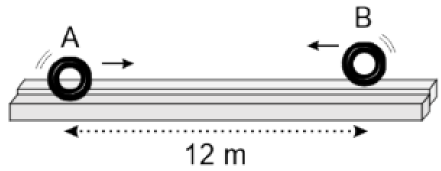
Portanto, o acréscimo ΔV no volume de envelope do balão por kg de massa suspensa deve ser igual a:

$$\begin{aligned} \Delta V &= V - V_0 \\ \Delta V &= (4{,}094\ - 3{,}910)\ \text{m}^3 \\ \Delta V &= 0{,}184\ \text{m}^3 \end{aligned} \tag{22}$$

Resposta: Alternativa (B)

■

7. A figura representa dois corpos A e B movendo-se um no sentido do outro, em pistas paralelas, com velocidades iguais de módulo 4,0 m/s. Quando um está a 12 m do outro, A adquire uma aceleração constante de 4,0 m/s^2 para a esquerda e B adquire uma aceleração de 2,0 m/s^2 também para a esquerda. (Todas as grandezas medidas em relação à pista.)



Considerando como zero o instante no qual se iniciaram as acelerações, os corpos irão se encontrar

a) no instante t = 1,5 s.
b) no instante t = 2,0 s.
c) no instante t = 3,0 s.
d) nos instantes t = 2,0 s e t = 3,0 s.
e) nos instantes t = 2,0 s e t = 6,0 s.

Resolução

A equação horária do espaço para um corpo com aceleração constante é dada por:

$$s(t) = s_0 + v_0 t + a\frac{t^2}{2} \tag{23}$$

onde s_0 e v_0 são a posição e velocidade do corpo no instante inicial ($t = 0$) e a é a sua aceleração.

Vamos escolher a posição inicial do corpo A s_{0A} como a origem de um sistema de coordenadas com eixo horizontal apontando para a direita (ou seja, velocidades e acelerações serão positivas se apontarem para a direita e negativas se apontarem para a esquerda). Em todas as equações horárias apresentadas a seguir, as posições são dadas em metros e, os tempos, em segundos.

Para encontrarmos o(s) instante(s) t no(s) qual(is) os corpos A e B irão se encontrar, devemos escrever a equação horária do espaço para cada um deles e igualá-las. Levando em conta os dados informados, obtemos, para o corpo A:

$$s_A(t) = s_{0A} + v_{0A}t + a_A\frac{t^2}{2}$$

$$s_A(t) = 0 + 4{,}0t - 4{,}0\ \frac{t^2}{2} = 4{,}0t - 2{,}0t^2 \tag{24}$$

e, para o corpo B:

$$s_B(t) = s_{0B} + v_{0B}t + a_B\frac{t^2}{2}$$

$$s_B(t) = 12 - 4{,}0t - 2{,}0\ \frac{t^2}{2} = 12 - 4{,}0t - 1{,}0t^2 \tag{25}$$

Igualando as equações (24) e (25), encontramos:

$$s_A(t) = s_B(t)$$

$$4{,}0t - 2{,}0t^2 = 12 - 4{,}0t - 1{,}0t^2$$

$$-1{,}0t^2 + 8{,}0t - 12 = 0 \tag{26}$$

Resolvendo a equação de segundo grau acima, utilizando a fórmula de Bhaskara, obtemos:

$$t = \frac{-8{,}0 \pm \sqrt{64{,}0 - 48{,}0}}{-2{,}0}$$

$$t = \frac{-8{,}0 \pm \sqrt{16{,}0}}{-2{,}0} = \frac{-8{,}0 \pm 4{,}0}{-2{,}0}$$

$$t_1 = 2{,}0 \text{ s}\ ;\ \mathrm{t}_2 = 6{,}0 \text{ s} \tag{27}$$

Portanto, os corpos se encontram nos instantes $t_1 = 2{,}0$ s e $t_2 = 6{,}0$ s,

Para entender porque A e B se encontram em dois instantes distintos, podemos calcular a posição de encontro desses corpos nesses dois instantes. Utilizando a equação horária de A $s_A(t)$, temos:

$$s_A(2{,}0) = 4{,}0 \times 2{,}0 - 2{,}0 \times 4{,}0 = 8{,}0 - 8{,}0 = 0 \text{ m} \tag{28}$$

$$s_A(6{,}0) = 4{,}0 \times 6{,}0 - 2{,}0 \times 36{,}0 = 24{,}0 - 72{,}0 = -48{,}0 \text{ m} \tag{29}$$

Note que o corpo A se move inicialmente para a direita, mas é freiado até entrar em repouso no instante $t = 1{,}0$ s. A seguir, ele é acelerado para a esquerda e retorna a origem no instante $t = 2$, s, quando se encontra com B pela primeira vez (que se move sempre para a esquerda). Como A tem aceleração de módulo maior que a de B, ele deve alcançar B novamente em um instante posterior e em uma posição à esquerda da origem, como calculamos acima.

Resposta: Alternativa (E)

■

8. Um estudante analisa uma situação hipotética na qual os planos de translação da Lua em torno da Terra e da Terra em torno do Sol seriam coincidentes e concluiu que nesta condição:

I. A fase da Lua Cheia coincidiria com o eclipse lunar.
II. Seria possível ver, da Terra, todas as faces da Lua.
III. Não haveria eclipses solares.

É (são) corretas a(s) conclusões:

a) I
b) II
c) I e II
d) I e III
e) II e III

Resolução

I. Tanto na fase de Lua Cheia quanto no eclipse lunar, a Terra deve estar posicionada entre o Sol e a Lua. Se os planos de órbita da Lua e da Terra forem paralelos, toda vez que fosse Lua Cheia, ocorreria um eclipse lunar. Assim, a conclusão I está correta.

II. Sempre vemos, da Terra, a mesma face da Lua pois o período de rotação da Lua em torno de si própria coincide com o período de rotação dela em torno da Terra, independentemente da orientação do plano da órbita. Essa afirmativa está, então, incorreta.

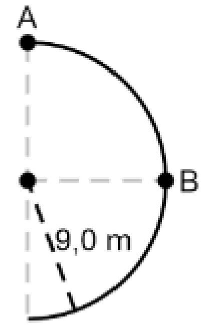
III. Eclipses solares ocorrem quando a Lua encontra-se entre o Sol e a Terra, com a Lua projetando sua sombra sob a Terra. Isso ocorreria em toda Lua Nova, caso os planos de órbita da Lua e da Terra fossem paralelos. Portanto, a afirmativa III é incorreta.

Dessa forma, apenas a afirmativa I é correta.

Resposta: Alternativa (A)

■

9. Uma partícula, partindo do repouso do ponto A, descreve o arco de circunferência mostrado na figura. Ao atingir o ponto B 2,0 s depois, sua velocidade é de 6,0 m/s. Considerando que a variação do módulo da velocidade no tempo é constante, qual o módulo do vetor aceleração da partícula, em m/s^2, quando ela passa pelo ponto B?



a) 1,0
b) 3,0
c) 4,0
d) 5,0
e) 7,0

Resolução

Primeiro, vamos calcular a aceleração centrípeta a_c da partícula ao passar pelo ponto B. Utilizando o módulo de sua velocidade $v = 6{,}0$ m/s neste ponto e o raio da trajetória $r = 9{,}0$ m, obtemos:

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(6{,}0 \text{ m/s})^2}{9{,}0 \text{ m}} = 4{,}0 \text{ m/s}^2 \tag{30}$$

Além disso, como o problema nos informa que a variação do módulo da velocidade da partícula no tempo é constante, sua aceleração tangencial a_t será constante e pode ser calculada a partir da variação do módulo da velocidade entre os pontos A e B:

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(6{,}0 - 0{,}0) \text{ m/s}}{2{,}0 \text{ s}}$$

$$a_t = 3{,}0 \text{ m/s}^2 \tag{31}$$

Finalmente, podemos calcular o módulo do vetor aceleração **a** da partícula. Para isso, lembre que os vetores $\mathbf{a_c}$ e $\mathbf{a_t}$ são perpendiculares entre si, de forma que o módulo da aceleração resultante pode ser calculado a partir do teorema de Pitágoras:

$$|\mathbf{a}| = \sqrt{(a_c)^2 + (a_t)^2}$$

$$|\mathbf{a}| = \sqrt{(4{,}0 \text{ m/s}^2)^2 + (3{,}0 \text{ m/s}^2)^2}$$

$$|\mathbf{a}| = \sqrt{16{,}0 \text{ (m/s}^2)^2 + 9{,}0 \text{ (m/s}^2)^2}$$

$$|\mathbf{a}| = \sqrt{25{,}0 \text{ (m/s}^2)^2}$$

$$|\mathbf{a}| = 5{,}0 \text{ m/s}^2 \tag{32}$$

Resposta: Alternativa (D)

■

10. Um estudante mediu os valores da velocidade instantânea V de um carro em determinados instantes t e organizou seus registros na tabela abaixo. Considerando constante a aceleração do carro desde o instante $t = 0$, o valor da velocidade média desenvolvida pelo carro no intervalo de zero a 10 s, em m/s, foi de

t(s)	V (m/s)
2,0	24
4,0	20
6,0	16
8,0	12
10,0	8,0

a) 40
b) 20
c) 18
d) 16
e) 14

Resolução

Calculemos, de início, a aceleração instantânea a do carro no intervalo de zero a 10 s. Essa aceleração coincide com o valor médio já que o enunciado nos afirma que ela é constante. Assim, tomando por exemplo os instantes $t = 2{,}0$ e $t = 10{,}0$ s, obtemos:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{(8{,}0 - 24) \text{ m/s}}{(10{,}0 - 2{,}0) \text{ s}} = \frac{-16 \text{ m/s}}{8{,}0 \text{ s}} = -2{,}0 \text{ m/s}^2 \tag{33}$$

onde o sinal negativo indica que a aceleração aponta em sentido contrário ao da velocidade durante o movimento (freiamento).

Escrevendo a equação horária da velocidade do carro, obtemos:

$$v(t) = v_0 + a(t - t_0)$$

$$v(t) = 24 - 2{,}0(t - 2{,}0)$$

$$v(t) = 24 - 2{,}0t + 4{,}0$$

$$v(t) = 28 - 2{,}0t \tag{34}$$

onde tomamos como instante de referência $t_0 = 2{,}0$ s.

Utilizando a equação acima, podemos calcular a velocidade do carro para o instante $t = 0$:

$$v(0) = 28 \text{ m/s} \tag{35}$$

A velocidade $v(t)$ do carro para $t = 10{,}0$ s é dada na tabela do enunciado ($v(10{,}0) = 8{,}0$ m/s). Assim, para calcularmos o valor da velocidade média v_m desenvolvida pelo carro no intervalo de zero a 10 s, basta realizarmos uma média aritmética entre $v(0)$ e $v(10)$, já que a velocidade varia linearmente com o tempo:

$$v_m = \frac{v(0) + v(10{,}0)}{2} = \frac{(28 + 8{,}0) \text{ m/s}}{2} = \frac{36 \text{ m/s}}{2} = 18 \text{ m/s} \tag{36}$$

Resposta: Alternativa (C)

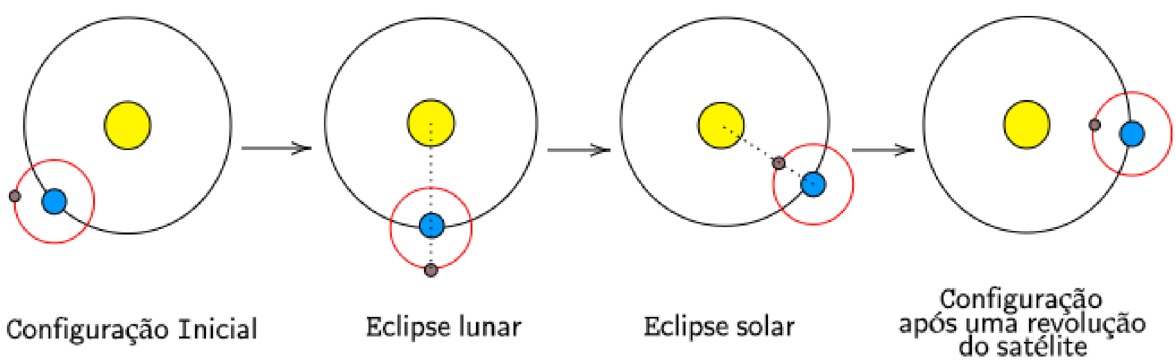
■

11. Um sistema planetário tem um planeta que descreve uma órbita circular em torno da estrela central em um período de 400 dias. Por sua vez, este planeta possui um satélite natural, semelhante à Lua, que apresenta uma órbita circular em torno do planeta com um período igual a 100 dias. Considerando coincidentes os planos das órbitas, o número total de eclipses observadas no planeta no intervalo de 400 dias é igual a

a) 1
b) 2
c) 4
d) 8
e) 16

Resolução

Independentemente da configuração inicial e dos sentidos da translação do planeta e do satélite, a cada revolução do satélite acontecem dois eclipses: um solar e outro lunar. Podemos ver isso no exemplo abaixo, onde que saímos de uma configuração inicial arbitrária e consideramos ambas as órbitas no sentido anti-horário:

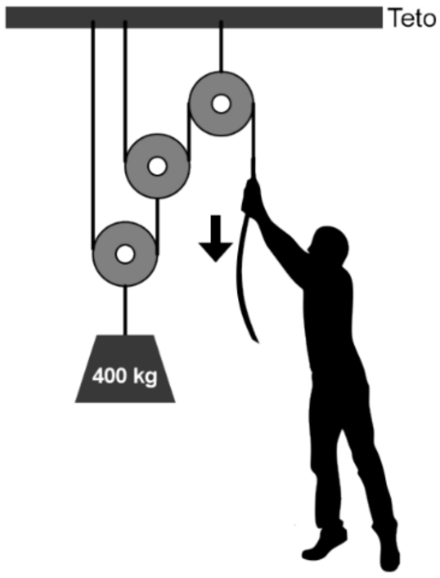


Em 400 dias o satélite consegue realizar exatamente 4 revoluções. Como a cada revolução do satélite acontecem dois eclipses, ao passar dos 400 dias teremos 8 eclipses no total.

RESPOSTA: Alternativa (D)

■

12. Para elevar uma massa de 400kg, um trabalhador usa o sistema de roldanas mostrado na figura. O peso das roldanas e das cordas é desprezível.

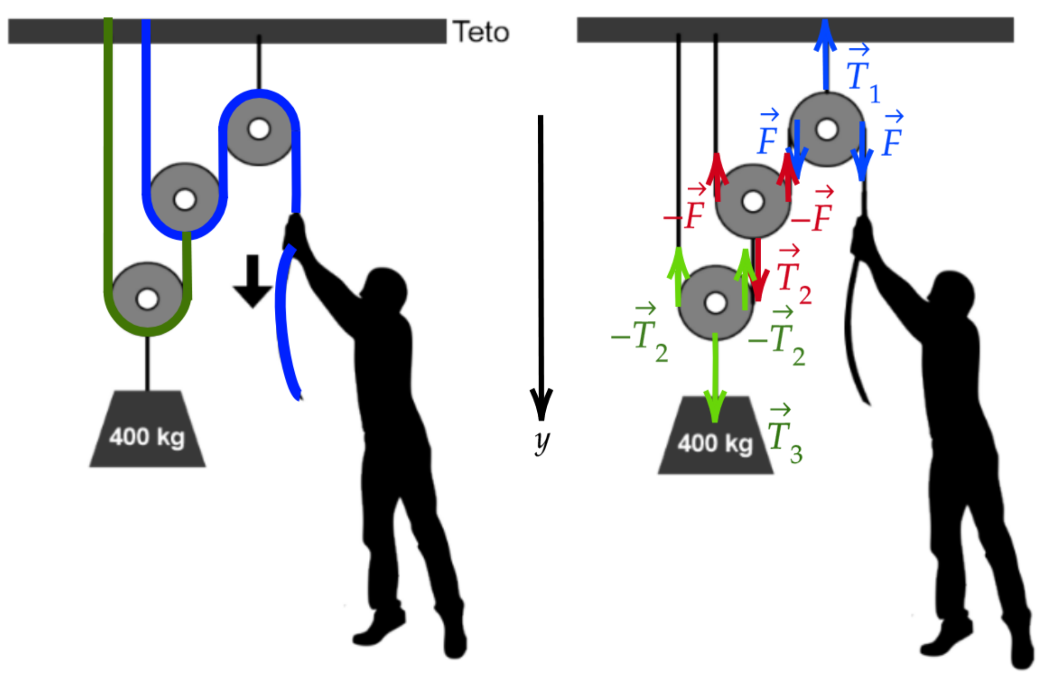


Estando o conjunto em equilíbrio na posição mostrada, a força total que o teto nele exerce, em N, é igual a

a) 5000
b) 4000
c) 1000
d) 500
e) 400

Resolução

Observe a figura abaixo. No lado esquerdo, destacamos em cores diferentes dois pedaços diferentes de corda. É útil identificá-los pois sabemos que em uma corda ideal a tensão tem módulo constante. Com isso, podemos representar as forças que atuam sobre cada roldana como mostrado no lado direito. Note ainda que $\vec{\boldsymbol{F}}$ corresponde à força aplicada pelo trabalhador e T_1, T_2 e T_3 correspondem aos módulos das tensões nos demais pedaços de corda.



Como as roldanas estão em equilíbrio, sabemos pela primeira lei de Newton que a soma vetorial das forças atuando sobre cada uma delas deve ser nula. Assim, adotando o eixo vertical indicado na figura, podemos escrever:

$$\begin{aligned} 2F - T_1 &= 0 \\ T_2 - 2F &= 0 \\ T_3 - 2T_2 &= 0 \end{aligned} \tag{37}$$

Resolvendo essas equações, obtemos os módulos das tensões em termos de F: $T_1 = T_2 = 2F$ e $T_3 = 2T_2 = 4F$.

A força resultante que o sistema exerce sobre o teto é dada pela soma vetorial das forças que cada trecho de corda ligado ao teto exercem sobre ele. Pela figura, vemos que o módulo desta força é dado por:

$$F_t = T_2 + F + T_1 = 2F + F + 2F = 5F \tag{38}$$

Pela terceira lei de Newton, a força de sustentação $\vec{\boldsymbol{F}}_s$ que o teto exerce sobre o sistema tem módulo igual e sentido oposto à $\vec{\boldsymbol{F}}_t$, então:

$$F_s = F_t = 5F \tag{39}$$

Resta apenas determinar F em termos dos parâmetros do problema. Para isso, note que atuam sobre a massa suspensa as forças $-\vec{\boldsymbol{T}}_3$ e o peso $\vec{\boldsymbol{P}}$. Aplicando mais uma vez a primeira lei de Newton, obtemos:

$$\begin{aligned} P - T_3 &= 0 \\ T_3 = P &= (400\ \text{kg}) \times (10\ \text{m/s}^2) = 4000\ \text{N} \end{aligned} \tag{40}$$

Finalmente, como $T_3 = 4F$, obtemos $F = T_3/4 = 1000$ N e $F_s = 5F = 5000$ N.

RESPOSTA: Alternativa (A)

■

13. De acordo com as leis de Kepler, os planetas, inclusive a Terra, descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa uma posição em um dos focos da elipse. Se a Terra descrevesse uma órbita circular em cujo centro estivesse o Sol, qual seria a principal mudança observável?

    a) Os eclipses seriam mais frequentes.
    b) As estações do ano deixariam de existir.
    c) A duração do dia seria maior que 24 horas.
    d) A temperatura média da Terra seria muito maior.
    e) O valor da velocidade de translação da Terra seria constante.

Resolução

a) **Falsa.** A frequência dos eclipses não depende diretamente do formato da órbita da Terra. Depende apenas dos períodos de revolução da Terra em torno do Sol e da Lua em torno da Terra, que não seriam fortemente alterados com a mudança.

b) **Falsa.** As estações do ano decorrem da inclinação do eixo de rotação da Terra com relação ao plano de sua órbita de translação em torno do Sol. Como esta inclinação não é alterada com a mudança proposta para a órbita, elas continuariam existindo.

c) **Falsa.** Um dia é definido como o período de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo. Este período não é alterado pela mudança proposta para a órbita, portanto o dia continuaria tendo a mesma duração.

d) **Falsa.** Como a órbita real da Terra já é muito próxima de uma órbita circular, não esperamos que a mudança proposta levasse a mudanças apreciáveis na sua temperatura média.

e) **Verdadeira.** De fato, como a única força atuando no planeta é de origem gravitacional e aponta sempre para o centro da órbita circular, podemos utilizar a segunda lei de Newton tomando como resultante centrípeta a força gravitacional:

$$\begin{aligned} \frac{GmM}{R^2} &= \frac{mv^2}{R} \\ v &= \sqrt{\frac{GM}{R}} \end{aligned} \tag{41}$$

onde m é a massa da Terra, M é a massa do Sol, R é a distância entre eles e G é a constante gravitacional. Para uma órbita circular, R é constante e a velocidade tem módulo constante. No caso de uma órbita elíptica, R varia e consequentemente v também varia.

RESPOSTA: Alternativa (E)

■

14. Um jornal informou que foi descoberta uma estrela com a mesmas características do Sol e que, orbitando ao seu redor, existe um planeta rochoso que pode abrigar vida. Sabendo que esse planeta está a uma distância média da estrela 4 vezes maior que a distância média entre a Terra e o Sol, quanto tempo, em anos terrestres, ele leva para completar uma volta em torno da estrela?

a) 2
b) 4
c) 6
d) 8
e) 16

Resolução

Sendo $T_0 = 1$ ano o período de uma revolução da Terra em torno do Sol e r_0 a distância média entre eles neste movimento, podemos estabelecer uma relação entre esses valores aplicando a terceira lei de Kepler:

$$T_0^2 = kr_0^3$$
$$T_0 = \sqrt{kr_0^3} \tag{42}$$

onde a constante de proporcionalidade k é chamada de constante de Kepler e depende somente das propriedades da estrela, neste caso, o Sol.

Agora apliquemos a mesma relação para o período e distância média do planeta rochoso T_r e r_r, respectivamente. A constante de proporcionalidade que relacionará essas duas grandezas só será a mesma usada em (42) porque que as duas estrelas têm as mesma características, em particular a mesma massa. Com isso:

$$T_r = \sqrt{kr_r^3} \tag{43}$$

Porém, sabemos que $r_r = 4r_0$, então:

$$\begin{aligned} T_r &= \sqrt{k(4r_0)^3} \\ &= \sqrt{k64r_0^3} \\ &= 8\sqrt{kr_0^3} \\ &= 8T_0 \end{aligned} \tag{44}$$

Sabemos que T_0 é um ano, portanto:

$$T_r = 8 \text{ anos} \tag{45}$$

RESPOSTA: Alternativa (D)

■

15. Duas esferas de aço, partindo de alturas diferentes, uma a 20,0 m e a outra a 16,0 m do solo, devem atingi-lo ao mesmo tempo. A que está a 20,0 m é solta a partir do repouso. Considerando desprezível a resistência do ar, esta situação será possível se a outra for arremessada com uma velocidade de

a) 2,0 m/s vertical para baixo.
b) 2,0 m/s vertical para cima.
c) 1,0 m/s vertical para baixo.
d) 1,0 m/s vertical para cima.
e) a situação proposta não é possível.

Resolução

Sendo A e B as esferas abandonadas a $h_a = 20{,}0$ m e $h_b = 16{,}0$ m, respectivamente, é evidente que B deve ser arremessada para cima, pois ela está mais próxima do chão. Se ela fosse solta também do repouso ou fosse arremessada para baixo, ela chegaria ao solo antes de A.

Adotando um sistema de referência com o eixo Y apontando para cima e com origem no solo, podemos escrever as equações horárias de cada esfera, considerando o instante inicial $t_0 = 0$:

$$y_A(t) = h_a - \frac{1}{2}gt^2 = 20 - 5t^2 \tag{46}$$

$$y_B(t) = h_b + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 = 16 + v_0 t - 5t^2 \tag{47}$$

Nestas equações, t é dado em s, y em m e v_0 deve ser calculado em m/s. Sendo t_A e t_B os tempos decorridos até A e B chegarem ao solo, respectivamente, sabemos que:

$$y_A(t_A) = 20 - 5t_A^2 = 0 \tag{48}$$

$$y_B(t_B) = 16 + v_0 t_B - 5{t_B}^2 = 0 \tag{49}$$

Temos duas equações do segundo grau, cujas soluções são:

$$t_A = \pm\ 2\ \text{s} \tag{50}$$

$$t_B = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 320}}{10} \tag{51}$$

Podemos descartar as soluções que envolvem o sinal de menos, pois apesar de fazerem sentido matemático, elas não apresentam sentido físico, dado que o tempo de queda deve ser posterior ao de lançamento ($t = 0$).

Como queremos que o tempo de queda das esferas seja o mesmo, basta igualarmos as soluções válidas de (50) e (51):

$$\frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 320}}{10} = 2$$

$$v_0^2 + 320 = (20 - v_0)^2$$

$$v_0^2 + 320 = 400 - 40v_0 + v_0^2$$

$$v_0 = 2\ \text{m/s} \tag{52}$$

Note que o valor calculado para v_0 é positivo. De acordo com a nossa escolha de eixo Y, isto representa um lançamento para cima, em acordo com a nossa expectativa inicial.

RESPOSTA: Alternativa (B)

■

16. Um dos focos da astronomia é o estudo dos sistemas binários, sistemas onde uma estrela orbita em torno de outra. Um destes sistemas é o HD 142527. Para compreender melhor como tais sistemas se formam e evoluem, os astrônomos se valeram do Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) para fazer uma nova e detalhada observação do disco protoplanetário em torno do sistema HD 142527, um sistema binário a cerca de 450 anos-luz da Terra em um aglomerado estelar jovem, conhecido como Associação Escorpião-Centauro. O sistema HD 142527 consiste de uma estrela principal com um pouco mais que o dobro da massa do Sol e uma pequena companheira com apenas cerca de um terço da massa do Sol. Elas estão separadas mais ou menos pela distância entre o Sol e Saturno. (Disponível em https://www.blogs.unicamp.br/chivononpo/2016/02/13/formacao-de-planetas-em-sistemas-estelares-binarios/, adaptado)

Durante um debate sobre o texto são feitas três armações:

I. Qualquer sonda lançada da Terra irá levar 450 anos para alcançar o HD 142527.

II. Um evento, ocorrido no HD 142527 e observado aqui da Terra hoje, aconteceu há 450 anos atrás.

III. As trajetórias de eventuais planetas desse sistema são elipses na qual cada estrela do binário ocupa um dos focos.

É (são) correta(s) a(s) armativa(s):

a) I

b) II

c) III

d) I e II

e) II e III

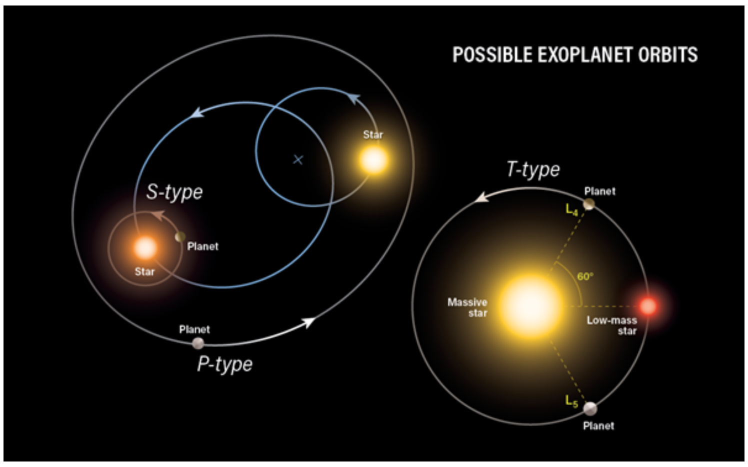
Resolução:

Vamos avaliar cuidadosamente cada proposição:

I. *Falso.* O sistema em questão está a 450 anos-luz da Terra. Por definição, sabemos que 1 ano-luz corresponde à distância que a luz percorre em um ano no vácuo, com velocidade $c = 3 \times 10^8$m/s. Assim, se uma sonda levar 450 anos para percorrer a distância entre a Terra e o sistema HD 142527, sua velocidade média de percurso foi c. Entretanto, não há sonda composta de massa que possa alcançar tal velocidade, de modo que esta alternativa está incorreta;

II. *Verdadeiro.* Um raio luminoso no vácuo leva 450 anos para realizar um deslocamento de 450 anos-luz. Assim, um evento de HD 142527 visto hoje na Terra teria ocorrido há 450 anos atrás. Logo, esta alternativa é verdadeira;

III. *Falso.* O movimento de um planeta em um sistema composto por um binário de estrelas se trata de um problema de três corpos, de forma que sua órbita não é tão trivial quanto a alternativa sugere. Na realidade, são três as possibilidades, como pode-se ver na imagem abaixo: as órbitas do tipo-p, onde o planeta orbita as duas estrelas, por fora do binário; as tipo-s, onde o planeta orbita apenas uma das duas estrelas, e, por fim, o tipo-t, que ocorre somente quando há uma grande diferença de massa entre as estrelas e a menor orbita a maior. Neste caso, o planeta compartilharia esta órbita, ocupando sempre um ponto de Lagrange em relação às estrelas.



As possíveis órbitas para um planeta em um sistema estelar binário. Disponível em: https://astronomy.com/magazine/ask-astro/2020/01/can-solar-systems-exist-in-a-binary-star-system.

Visto que apenas a proposição II está correta, a resposta certa é a B.

RESPOSTA: Alternativa (B)

■

17. As pessoas em algumas regiões do Brasil têm, no mês de outubro de 2020, enfrentado dias muito quentes. Em função disto, é frequente, nos meios de comunicação, ouvirmos as palavras calor, temperatura e sensação térmica em diferentes contextos. A sensação térmica, ou temperatura aparente, é a forma como os nossos corpos percebem a temperatura do ar. Esta temperatura é afetada por características ambientais que modicam a taxa com a qual nossos corpos transferem calor para o ambiente. Em uma discussão de sala de aula sobre esse assunto, três armativas foram feitas:

I. As três grandezas calor, temperatura e sensação térmica são medidas na mesma unidade.

II. A transpiração, através da evaporação do suor, é uma das formas pelas quais o corpo humano cede calor para o ambiente.

III. Locais onde a umidade relativa do ar é maior podem produzir uma sensação térmica de temperatura mais elevada mesmo em temperaturas ambientes mais amenas.

É (são) correta(s) a(s) afirmativa(s):

a) apenas I

b) apenas II

c) apenas III

d) II e III

e) I e III

Resolução:

Vamos avaliar cuidadosamente cada proposição:

I. *Falso.* Estamos lidando com três grandezas distintas neste caso: calor, temperatura e sensação térmica. A primeira delas, o calor, representa a troca de energia térmica entre corpos e, portanto, é medido, no SI, em Joules (J). Já a temperatura representa o nível de agitação das moléculas em determinado material, sendo medido em Kelvin (K). Além de Kelvin, existem outras unidades usuais para temperatura fora do SI, como graus Celsius (°C) e graus Fahrenheit (F). Por fim, a sensação térmica indica a temperatura que o corpo humano sente em determinado ambiente, considerando fatores como temperatura ambiente, umidade, altitude, entre outros, sendo, assim como a temperatura, medida em Kelvin (K). Como podemos ver, as três grandezas não são medidas na mesma unidade, de modo que a proposição é incorreta;

II. *Verdadeiro.* Para que o suor secretado pelas glândulas sudoríparas dos seres humanos seja evaporado, é necessário certa quantidade de energia. Tal energia é cedida justamente na forma de calor pelo corpo humano, através do contato da pele com o suor. Assim, a evaporação do suor é um processo que retira energia em forma de calor do corpo humano e a cede ao ambiente. Logo, a proposição está correta;

III. *Verdadeiro.* A presença de mais vapor d'água no ar, ou seja, uma umidade relativa do ar maior, implica em uma evaporação do suor mais lenta, visto que já há mais vapor d'água no ambiente. Assim, o corpo humano tende a transpirar mais de modo a aumentar a taxa de evaporação, o que aumenta a sensação térmica. Desta forma, a proposição é correta;

Como as proposições II e III estão corretas, a resposta certa é a D.

RESPOSTA: Alternativa (D)

■

18. Uma telha de concreto produz energia elétrica a partir de células fotovoltaicas, sem necessidade de painéis solares adicionais. Essa é a tecnologia que recebeu aval e registro do INMETRO e chegará ao Brasil por meio da Eternit. A telha BIG-F10 é a primeira no país deste tipo. A capacidade de produção média mensal de uma única telha é de 1,15 Kilo-watts hora por mês (kWh/mês). O consumo médio residencial de energia elétrica no Brasil é de 152,2 kWh/mês. Cada telha de concreto da Eternit Solar produz energia a uma taxa 9,16 J/s, é retangular e tem as seguintes dimensões 365 mm 475 mm. (texto modicado a partir: https://opetroleo.com.br/empresa-brasileira-eternit-autorizada-a-vender-telha-para-geracao-de-energia-solar)

Para suprir a demanda de uma residência cujo consumo é igual ao valor médio do consumo residencial brasileiro, qual a área aproximada do telhado, em m^2, que deve ser coberta com essa telha?

a) 780

b) 450

c) 220

d) 133

e) 23

Resolução:

Para sabermos a área a ser ocupada por telhas fotovoltaicas, precisamos antes ter ciência da quantidade de telhas a serem instaladas. Podemos obter este número dividindo o consumo total da residência pela produção de cada telha, de modo que seu resultado nos indique quantas telhas produzem o total de energia consumido nesta residência. De acordo com o enunciado, o consumo mensal da residência é de 152,2 kWh/mês e cada telha produz 1,15 kWh/mês. Assim, podemos escrever:

$$N_{telhas} = \frac{152{,}2 \text{ kWh/mês}}{1{,}15 \text{ kWh/mês}} = 132{,}3 \text{ telhas} . \tag{53}$$

Ou seja, para cobrir a demanda de energia de uma residência de consumo médio, precisa-se de 133 telhas.

Como as dimensões da telhas são de 365 mm × 475 mm, a área total a ser coberta é:

$$\begin{aligned} A &= 133 \times (365 \times 10^{-3} \text{ m}) \times (475 \times 10^{-3} \text{ m}) \\ &= 133 \times 365 \times 475 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\ A &= 23{,}0 \text{ m}^2 \end{aligned} \tag{54}$$

Como a área total a ser ocupada pelas telhas é aproximadamente 23 m^2, a resposta correta é a letra E.

RESPOSTA: Alternativa (E)

■

19. Durante um curso de tiro, um policial recebe a informação de que uma determinada arma de fogo dispara projéteis, de massa 50 g, a 1200 m/s. Buscando avaliar a energia de saída dos projéteis, ele determinou que, para ter a mesma energia, um tijolo de massa 2 kg deveria ser elevado a uma altura, em m, igual a

a) 1,8 × 10^3

b) 7,2 × 10^3

c) 3,6 × 10^4

d) 1,8 × 10^4

e) 7,2 × 10^4

Resolução:

Vamos começar calculando a energia cinética de uma bala disparada pela arma:

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{(50 \times 10^{-3}\ \text{kg}) \times (1200\ \text{m/s})^2}{2} = 36000\ \text{J}\ . \tag{55}$$

Queremos então saber qual a elevação por uma altura h que gera uma variação de energia potencial gravitacional em um tijolo de massa 2 kg igual a 36000J:

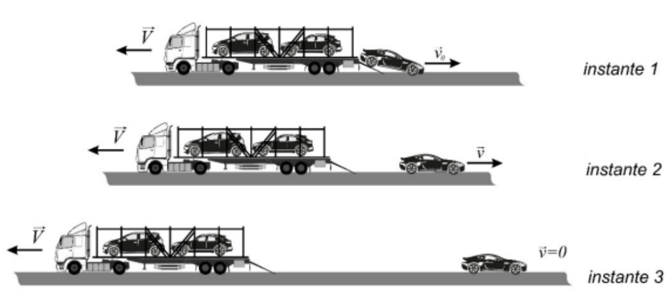
$$\begin{aligned} \Delta U &= Mgh \\ h &= \frac{\Delta U}{Mg} \\ h &= \frac{36000\text{J}}{2\ \text{kg} \times 10\ \text{m/s}^2} = 1800\ \text{m} = 1{,}8 \times 10^3\ \text{m} \end{aligned} \tag{56}$$

Visto que a altura a qual o tijolo deve ser elevado é de $1,8 \times 10^3$m, a resposta correta é a letra A.

RESPOSTA: Alternativa (A)

■

20. Durante uma cena de um filme de ação, o ator desce com seu automóvel de um caminhão cegonha em movimento. Três segundos após tocar o solo, ele para completamente seu carro. A velocidade do caminhão era constante e igual a 48 km/h. A aceleração do automóvel a partir do instante em que ele toca o solo era de -4,0 m/s^2.



A velocidade do automóvel em relação ao caminhão no instante em que ele toca o solo era, em km/h, aproximadamente igual a

a) 5

b) 12

c) 43

d) 60

e) 91

Resolução:

Antes de mais nada, devemos adotar um sistema de coordenadas. Como se trata se uma situação unidimensional, isto é, o carro só se move para a direita ou para a esquerda, basta definirmos um eixo horizontal que, por conveniência, aponta para a direita. Assim, a velocidade do caminhão neste sistema de coordenadas é igual a -48 km/h.

Considerando que a velocidade do carro é nula no instante $t = 3$ s e que a sua aceleração a partir do instante em que o carro toca o chão é $a = -4{,}0$ m/s^2, basta utilizarmos a equação horária da velocidade para um movimento de aceleração constante:

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at \\ 0 &= v_0 - 4{,}0\ \text{m/s}^2 \times 3\ \text{s} \\ v_0 &= 12\ \text{m/s}\ . \end{aligned} \tag{57}$$

Convertendo este resultado para km/h, encontramos:

$$V_0 = 12 \text{ m/s} = 12 \times \frac{3600}{1000} \text{ km/h} \approx 43 \text{ km/h} . \quad (58)$$

Finalmente, a velocidade do automóvel com relação ao caminhão é dada pela diferença entre suas velocidades medidas com relação ao solo, levando em conta os seus sentidos. Fazendo este cálculo, obtemos:

$$V_{rel} = V_{carro} - V_{caminhão} = 43 \text{ km/h} - (-48 \text{ km/h}) = 91 \text{ km/h} . \quad (59)$$

Como a velocidade relativa entre o caminhão e o carro é de 91km/h, a resposta correta é a letra E.

RESPOSTA: Alternativa (E)

■