



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

Adolpho Fonseca Lisboa Pousa João Octavio Oliveira Cony Lucas Bianchi Marcianesi
Maria Luisa Chaves Lino Sidney Natzuka Junior Vitoria Tavares da Silva

Revisão

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

1. Preocupado com a falta de água na cidade, o dono de um hotel com 500 apartamentos, tem um consumo médio por apartamento de aproximadamente 170 litros por dia. Para não faltar água nos apartamentos, ele deverá ter um acúmulo mínimo diário, em metros cúbicos de:

- a) 85,0
- b) 850,0
- c) 29,0
- d) 170,0
- e) 100,0

Resolução

Para calcularmos o gasto diário total de água no hotel, é necessário multiplicarmos a quantidade que cada apartamento gasta pelo número total de apartamentos:

$$\frac{170 \text{ L}}{\text{apartamento}} \cdot 500 \cdot \text{apartamentos} = 85000 \text{ L} \Rightarrow \text{Gasto total} = 85 \times 10^3 \text{ L} \quad (1)$$

Agora, devemos mudar a unidade de litros (L) para metros cúbicos (m^3). Para isso, devemos lembrar que:

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = (10^{-1} \text{ m})^3 = 10^{-3} \text{ m}^3 \quad (2)$$

Assim:

$$\text{Gasto total} = 85 \times 10^3 \text{ L} = 85 \times 10^3 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 85 \text{ m}^3 \quad (3)$$

RESPOSTA: alternativa a)



2. Seu João é um escultor antigo e funcionário de uma prefeitura. Em um dos trabalhos artísticos que ele costuma fazer, utilizou-se de um material homogêneo de massa 1,0 kg e construiu um cubo maciço de lado L. Ao ver aquela pequena obra de arte e pensando em sua exposição na praça, o prefeito o estimulou a construir outro cubo com o mesmo material em uma escala maior, no qual o lado desse novo cubo fosse dez vezes maior. Nesse caso, a alternativa que apresenta a massa desse novo cubo, em kg, vale:

- a) 10000,0
- b) 100,0
- c) 1000,0
- d) 10,0
- e) 1,0

Resolução

Conhecemos a massa e o tamanho do primeiro cubo:

$$m_0 = 1 \text{ kg} \quad \text{e} \quad \text{lado} = L \quad (4)$$

Como sabemos, a densidade de um meio homogêneo pode ser obtida a partir da seguinte expressão:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}. \quad (5)$$

Como $V_0 = L^3$, a densidade ρ_0 do primeiro cubo vale:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{L^3}. \quad (6)$$

Agora, para o novo cubo, o lado é 10 vezes maior:

$$\text{lado} = 10 L. \quad (7)$$

Assim, o novo volume será:

$$V = (10 L)^3, \quad (8)$$

e a nova densidade será:

$$\rho = \frac{m}{L^3 10^3} \quad (9)$$

Como os blocos são homogêneos e feitos do mesmo material, suas densidades serão as mesmas. Então, igualando as equações 6 e 9, obtemos:

$$\frac{m_0}{L^3} = \frac{m}{L^3 10^3} \Rightarrow m_0 \cancel{L^3} 10^3 = m \cancel{L^3} \quad (10)$$

Portanto: $m = 10^3 m_0 = 10^3 \text{ kg}$.

RESPOSTA: alternativa c)

■

3. O próximo texto servirá nos enunciados das questões 3 e 4.

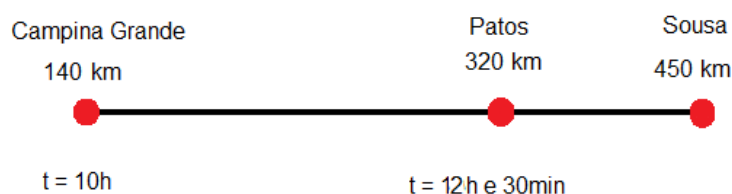
O professor Physicson e seus alunos do nono ano fizeram uma excursão viajando pela BR230, saindo de Campina Grande (140 km) até Sousa (450 km), no alto sertão paraibano, com o objetivo de visitar o sítio arqueológico dos Dinossauros. O ônibus parte às 10 h, passa por Patos (320 km) às 12 h e 30 min, onde tem uma rápida parada e prossegue viagem até o objetivo final. A partir desses dados, responda as seguintes questões (3 e 4) elaboradas pelo professor.

Qual a velocidade média, em km/h, do ônibus no trecho Campina Grande e Patos.

- a) 120,0
- b) 72,0
- c) 90,0
- d) 100,0
- e) 88,0

Resolução

A imagem abaixo ilustra as questões 3 e 4:



O deslocamento é calculado como a diferença entre as posições final e inicial. Assim, o deslocamento entre Campina Grande e Patos é:

$$\begin{aligned}\Delta S &= S - S_0 \\ \Delta S &= (320 - 140) \text{ km} \\ \Delta S &= 180 \text{ km}\end{aligned}\tag{11}$$

O intervalo de tempo gasto no deslocamento entre as duas cidades é calculado seguindo a mesma lógica:

$$\begin{aligned}\Delta t &= t - t_0 \\ \Delta t &= 12 \text{ h } 30 \text{ min} - 10 \text{ h} \\ \Delta t &= 2 \text{ h } 30 \text{ min} = 2,5 \text{ h}\end{aligned}\tag{12}$$

Definimos a velocidade média como a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo, de forma que:

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}\tag{13}$$

Então, substituindo os valores ficamos com:

$$v_m = \frac{180 \text{ km}}{2,5 \text{ h}} = 72 \text{ km/h}\tag{14}$$

RESPOSTA: alternativa b)



4. Em Patos, houve uma parada de 30 minutos, para lanches. Considerando que o ônibus mantenha a mesma velocidade média do problema anterior no trecho restante e não mais parar durante o trajeto, ele deverá chegar a Sousa, aproximadamente às:

- a) 14h e 28 min
- b) 14h e 30 min
- c) 14h e 48 min
- d) 15h e 51 min
- e) 15h e 48 min

Resolução

O ônibus chegou em Patos às 12 h e 30 min e fez uma pausa de 30 min. Com isso, o ônibus irá partir dessa cidade às 13 h.

A distância entre Patos e Sousa é:

$$\Delta S = 450 - 320 = 130 \text{ km}\tag{15}$$

Sabemos do enunciado que a velocidade média no trecho restante não será alterada. Assim:

$$v_m = 72 \text{ km/h}\tag{16}$$

Se

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta S}{v_m}\tag{17}$$

Dessa forma, o intervalo de tempo gasto na viagem entre Patos e Sousa será dado por:

$$\Delta t = \frac{130}{72} \text{ h} \approx 1,81 \text{ h}\tag{18}$$

Alterando a unidade de tempo para minutos:

$$\Delta t = 1,81 \times 60 \text{ minutos} \approx 108 \text{ min} = 1 \text{ h e } 48 \text{ min}\tag{19}$$

Como:

$$\Delta t = t - t_0 \Rightarrow t = t_0 + \Delta t,\tag{20}$$

vemos que o ônibus deverá chegar à Souza às:

$$\begin{aligned}t &= 13 \text{ h} + 1 \text{ h e } 48 \text{ min} \\ t &= 14 \text{ h e } 48 \text{ min}\end{aligned}\tag{21}$$

RESPOSTA: alternativa c)

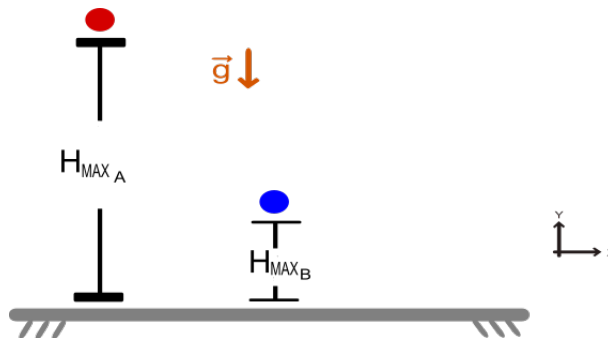


5. Dois corpos, A e B, de massas diferentes ($m_a = 3 m_b$) foram lançados verticalmente para cima com velocidades iniciais diferentes. Um deles (A) atingiu uma altura quatro vezes maior do que o outro (B). Desprezando as resistências impostas ao movimento, quantas vezes é a sua velocidade inicial superior a do outro?

- a) $V_{0(A)} = 2V_{0(B)}$
- b) $V_{0(A)} = 4V_{0(B)}$
- c) $V_{0(A)} = V_{0(B)}$
- d) $V_{0(B)} = 2V_{0(A)}$
- e) $V_{0(B)} = 4V_{0(A)}$

Resolução

É importante frisar a importância da escolha de um referencial nesse tipo de questão. Orientando o sentido positivo do eixo y para cima, a componente y da aceleração será negativa, de forma que $a_y = -g$. Sabemos ainda que, ao desprezar a resistência do ar, as massas não irão influenciar nesse problema.



Como os dois lançamentos correspondem a movimentos de aceleração constante, podemos usar a equação de Torricelli. Com a nossa escolha de referencial, podemos reescrevê-la como:

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cancel{a} \Delta S \quad \rightarrow \quad V^2 = V_0^2 - 2 g \Delta S \quad (22)$$

Sabemos que no ponto mais alto do lançamento a velocidade de cada corpo deve ser nula, de forma que $V = 0$. Isso ocorre porque no ponto mais alto da trajetória o corpo inverte o sentido de sua velocidade. Substituindo esse valor na eq. 22, obtemos a altura máxima alcançada por cada corpo:

$$V^2 = V_0^2 - 2 g H_{max} \quad \rightarrow \quad H_{max} = \frac{V_0^2}{2g} \quad (23)$$

Desta forma, concluímos que a altura máxima é proporcional ao quadrado da velocidade de lançamento. O enunciado do problema nos informa que as alturas máximas de cada lançamento estão relacionadas por:

$$H_{max_a} = 4 H_{max_b} \quad (24)$$

Assim, concluímos que a velocidade inicial de b deve ser duas vezes maior que a velocidade inicial de a . Ou, de forma mais detalhada:

$$\begin{aligned} H_{max_a} &= 4 H_{max_b} \\ \frac{V_{a_0}^2}{\cancel{2g}} &= 4 \frac{V_{b_0}^2}{\cancel{2g}} \\ V_{a_0}^2 &= 4 V_{b_0}^2 \\ \sqrt{V_{a_0}^2} &= \sqrt{4 V_{b_0}^2} \end{aligned} \quad (25)$$

Sabemos que as duas velocidades iniciais estão no sentido positivo do eixo y . Portanto:

$$V_{0_a} = 2 V_{0_b} \quad (26)$$

RESPOSTA: alternativa a)



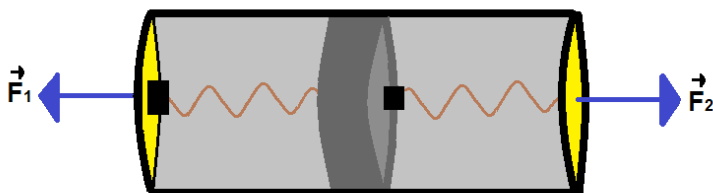
6. O Professor Physicson, durante as aulas sobre as leis de Newton, levou para a sala de aula um dinamômetro, aparelho usado para determinar o valor de uma força aplicada em uma de suas extremidades. Para exemplificar uma das leis ele sugeriu a seguinte situação:

Se duas pessoas puxam em suas extremidades, com forças de intensidades iguais a 100,0 N e em sentidos opostos e na mesma direção, quanto deverá marcar o dinamômetro? Acertadamente eles responderam:

- a) 400,0 N
- b) 0,0 N
- c) 200,0 N
- d) 50,0 N
- e) 100,0 N

Resolução

Note que, se aplicarmos uma força em apenas uma das extremidades do dinamômetro, ele irá se mover de forma acelerada. Desta forma, para que o dinamômetro permaneça estático, é necessário que se apliquem forças nas duas extremidades de mesmo módulo e sentidos opostos, como no caso dessa questão (ver figura abaixo). De fato, para a medida da força em uma das molas do dinamômetro, não faz diferença se ele é mantido estático pela força em outra mola (como no caso em questão) ou pela força de adesão em uma parede ou suporte. O dinamômetro marcará um valor de tensão que é proporcional à deformação da mola, não importa a situação.



Sendo assim, como as forças aplicadas nas duas extremidades possuem o mesmo módulo, vemos que o único efeito delas será causar deformações nas molas, sem deslocar o centro de massa do dinamômetro. Dessa forma, os módulos dessas forças representam o valor da tensão aplicada sobre a mola do dinamômetro, de forma que ele marcará:

$$F_{medida} = F_1 = F_2 = 100 \text{ N} \quad (27)$$

RESPOSTA: alternativa e)



7. Na edição do livro *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, em 1687, Isaac Newton lança as leis do movimento, criando uma ciência quantitativa para a dinâmica. Dentre elas, destacamos a terceira lei que diz:

“Para cada ação existe uma reação igual e contrária: ou as ações recíprocas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas para partes contrárias.”

Para exemplificar essa lei, o Professor Physicson lançou o seguinte desafio imaginário aos seus alunos:

- O homem diz ao seu cavalo atrelado a uma carroça com rodas: “vai, anda...”
- O cavalo responde: “Não posso. A terceira lei de Newton diz que a carroça exercerá uma força sobre mim igual e oposta à força que eu exerço sobre ela, portanto não consigo movimentá-la”.

Como você responderia, considerando que o cavalo e a carroça formam um único sistema?

- a) Você está errado, pois a força que o solo exerce sobre as patas do cavalo são maiores que a força que o solo exerce sobre as rodas da carroça;
- b) Você está errado, pois quem gera seu movimento é a força gravitacional que atua sobre você, favorável ao movimento;
- c) Você está errado, pois apesar das forças de ação e reação serem aplicadas em corpos diferentes, elas se anulam;
- d) Você está certo, pois apesar das forças de ação e reação serem aplicadas em corpos diferentes, elas se anulam;
- e) Você está errado, pois a terceira lei de Newton não se aplica a este caso.

Resolução

Considerando a carroça e o cavalo como um único sistema, podemos desconsiderar as forças que um exerce sobre o outro, já que elas se cancelam como consequência da terceira lei de Newton. A afirmação do cavalo está correta nesse ponto, mas sua conclusão a respeito do movimento do sistema está incorreta. Para analisar o movimento, devemos então olhar para as forças que o chão exerce sobre as patas do cavalo e sobre as rodas da carroça. Essas forças estão representadas na figura abaixo, supondo que o sistema se desloca para a direita.

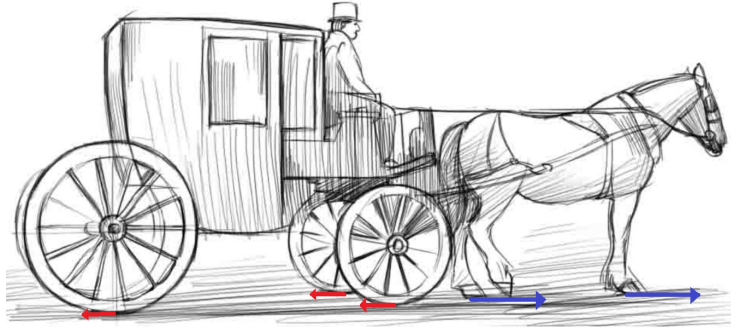


Figura: Forças que o chão exerce sobre as patas do cavalo (azul) e sobre as rodas da carroça (vermelho).

Para que haja movimento para a direita, as patas do cavalo devem "empurrar" o chão para a esquerda, de forma que o chão exerça uma força de mesmo módulo e sentido contrário sobre elas, como indicado pelas setas azuis na figura. Dada esta tendência de movimento, o chão exercerá ainda forças de atrito sobre as rodas da carroça que apontam para a esquerda, como indicado pelas setas vermelhas. Quando a força exercida sobre as patas do cavalo supera, em módulo, a força de atrito estático sobre as rodas da carroça, o sistema entra em movimento. Note ainda que é a força de atrito sobre as rodas da carroça que promoverá a rotação delas.

RESPOSTA: alternativa a)



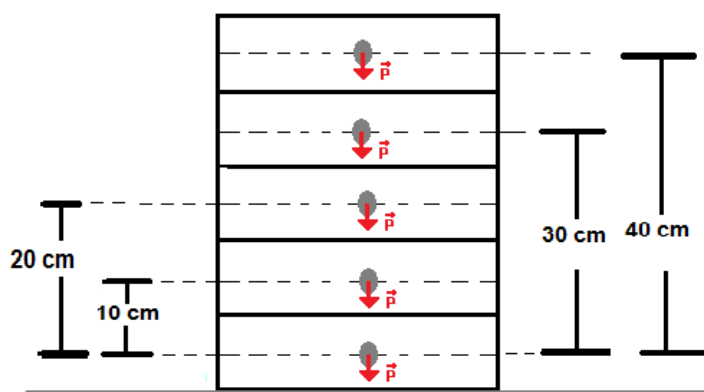
8. Sobre uma mesa horizontal o Professor Physicson espalhou cinco blocos idênticos de madeira com massa de 500,0 g e espessura de 10,0 cm em cada. A partir daí, ele solicitou de uma aluna que empilhasse sobre a mesa todos os blocos, um após o outro. Ao término dessa tarefa, desprezando-se os atritos existentes e que inicialmente não havia nenhuma sobreposição entre os blocos, perguntou à turma qual foi o trabalho, em Joules, realizado pela aluna. Acertadamente, eles responderam: (adotando $g = 10\text{m/s}^2$)
- 3,0
 - 2,0
 - 5,0
 - 4,0
 - 1,5

Resolução

O primeiro fato a que devemos nos atentar é que, como os blocos são paralelepípedos homogêneos, seus centros de massas serão localizados nos seus centros geométricos. O segundo fato é que a variação de altura que irá importar será aquela relativa a esses centros de massa. Assim, por exemplo:

- O bloco mais baixo não terá sua altura alterada.
- Já o segundo bloco terá uma variação de altura de 10 centímetros em seu centro de massa.

Seguindo essa lógica, teremos a seguinte construção ao final do empilhamento:



O trabalho realizado pela aluna nesta tarefa terá o mesmo módulo do trabalho realizado pela força peso. Uma forma simples de visualizarmos isso é pelo teorema trabalho energia:

$$\sum W = \Delta E_c \quad (28)$$

Esse teorema nos diz que o trabalho total, isto é, a soma de todos os trabalhos, será igual a variação da energia cinética. Como nesse caso tanto no início da ação quanto no final os corpos estão em repouso sobre a mesa, podemos afirmar que:

$$\Delta E_c = 0 \Rightarrow \sum W = 0 \quad (29)$$

Sabemos que duas forças atuaram sobre esses blocos durante o deslocamento: a força realizada pela aluna e a força peso. Portanto, a soma dos trabalhos dessas forças têm que ser igual a zero:

$$W_{Peso} + W_{Aluna} = 0 \quad (30)$$

$$W_{Aluna} = -W_{Peso} \quad (31)$$

Logo, para calcularmos o trabalho realizado pela aluna basta calcularmos o trabalho realizado pela força peso:

$$W_{Peso} = -P \Delta h = -mg \Delta H, \quad (32)$$

onde ΔH é o deslocamento vertical do centro de massa de cada bloquinho. Note que o trabalho da força peso é negativo porque essa força está no sentido oposto ao movimento, ou seja, ela atua de forma contrária ao deslocamento.

Considerando os deslocamentos dos centros de massa indicados na figura e fazendo as conversões de unidades de massa e comprimento para o SI, calculamos os trabalhos realizados no empilhamento de cada bloco:

$$\begin{aligned} W_{Peso_1} &= -m g \Delta H_1 = -0,5 \times 10 \times 0 = 0,0 \text{ J} \\ W_{Peso_2} &= -m g \Delta H_2 = -0,5 \times 10 \times 10 \times 10^{-2} = -0,5 \text{ J} \\ W_{Peso_3} &= -m g \Delta H_3 = -0,5 \times 10 \times 20 \times 10^{-2} = -1,0 \text{ J} \\ W_{Peso_4} &= -m g \Delta H_4 = -0,5 \times 10 \times 30 \times 10^{-2} = -1,5 \text{ J} \\ W_{Peso_5} &= -m g \Delta H_5 = -0,5 \times 10 \times 40 \times 10^{-2} = -2,0 \text{ J} \end{aligned}$$

O trabalho total realizado por essa força é dado pela soma dos trabalhos realizados em cada deslocamento:

$$W_{Peso} = 0 + (-0,5) + (-1,0) + (-1,5) + (-2,0) = -5,0 \text{ J} \quad (33)$$

Portanto, o trabalho total realizado pela aluna será:

$$W_{Aluna} = 5,0 \text{ J} \quad (34)$$

RESPOSTA: alternativa c)

■

9. Analise as proposições a seguir relativas à termodinâmica, verificando se há ou não inadequações em seus enunciados, colocando V (adequado) e F (inadequado):

I Calor é sinônimo de temperatura;

II Calor é energia térmica em trânsito entre dois ou mais corpos;

III Sempre que um corpo quente aquece um frio, suas temperaturas variam igualmente;

IV Calor específico é uma grandeza que indica o nível de energia das moléculas de um corpo.

A sequência correta das letras V e F, de cima para baixo é:

- a) F,V,F,F
- b) F,V,V,F
- c) V,V,F,F
- d) F,F,F,F

e) V,V,V,F

Resolução

- I. **Falsa.** Temperatura está associada como o grau de agitação das moléculas. Já o calor pode ser definido como energia térmica em trânsito entre dois ou mais corpos.
- II. **Verdadeira.** Calor pode ser definido dessa forma.
- III. **Falsa.** A variação não é necessariamente igual nos dois corpos. Para uma mesma quantidade de calor, quanto maior a capacidade térmica de um corpo, menor será sua variação de temperatura.
- IV. **Falsa.** O calor específico é definido como a quantidade de calor que é necessária para variar a temperatura de uma unidade de massa em um grau. A unidade mais usual para calor específico é: $\text{cal}/(\text{g } ^\circ\text{C})$.

RESPOSTA: alternativa a)



10. Um estudante de certo colégio relatou em sala de aula ter realizado uma experiência em casa, que consistiu em colocar um copo de plástico com água sobre a chama de uma vela e, ao final, constatou que o copo só queimou, depois de toda a água ter fervido e evaporado. Intrigado com o fenômeno descrito, seus colegas desejaram saber do professor se o estudante falava a verdade. O professor disse acertadamente que:
- a) Isso é impossível de ocorrer, pois o plástico é inflamável;
 - b) Isso é possível, pois a água dissipa o calor que o copo de plástico recebe da vela acesa;
 - c) Isso é impossível, pois o plástico tem uma maior capacidade de absorver calor maior que a água;
 - d) Isso é impossível de ocorrer, pois o plástico se queima antes da água ferver;
 - e) Isso é possível até certo ponto, pois se a chama fosse mais intensa, o copo de plástico derreteria primeiro.

Resolução

Isso é possível de ocorrer pois o calor da chama é conduzido para a água através da fina camada de plástico do copo. A água então dissipa este calor e eleva sua temperatura até alcançar a temperatura de ebulição, quando começa a evaporar a temperatura constante. Como a temperatura de ebulição da água (100°C) pode ser menor que a temperatura de derretimento do plástico e a temperatura do copo de plástico não deve ser substancialmente maior que a da água em seu interior, vemos que o plástico não derreterá ou queimará até que toda a água se ferva.

RESPOSTA: alternativa b)



11. Os famosos “potes de barro”, são reservatórios feitos de barro cozido e porosos a água, muito usados no interior do nordeste, aonde a energia elétrica ainda não chegou, servindo para manter a água sempre fresca, apesar da alta temperatura ambiente. Esse fato pode ser mais bem explicado devido:
- a) Ao processo de evaporação da água residual, via poros, que se acumula na superfície externa do pote, diminuindo a temperatura da água dentro do pote;
 - b) Ao fato do barro ser isolante e não deixar que o calor penetre para dentro do pote, mantendo sua temperatura;
 - c) À condensação que a água sofre no interior do pote;
 - d) Ao processo de liquefação do vapor de água em sua superfície externa, mantendo a água sempre fresca;
 - e) Ao fato de ocorrer uma evaporação da água em sua superfície, por um processo exotérmico.

Resolução

Apesar de não poderem ser vistos a olho nu, os poros do pote de barro permitem a passagem de gotículas de água, que se acumulam na superfície externa do pote. Daí temos a expressão de que o pote está “suando”. Essa água residual na superfície externa absorve calor da água dentro do pote e evapora (processo endotérmico), mantendo a água de dentro a uma temperatura mais baixa que a ambiente. Isso explica o frescor do pote de barro.

RESPOSTA: alternativa a)



12. Durante uma aula sobre queda livre de corpos próximos à superfície da terra, um dos alunos do Professor Physicson perguntou:

“Professor, qual o peso equivalente que uma pedrinha de massa 0,5 kg teria ao chegar ao solo, caindo em queda livre do 5º andar de um edifício?”

Para responder a essa pergunta, o Professor escreveu no quadro quatro possíveis respostas:

- I. O peso da pedra não varia pelo fato de ela estar em repouso ou caindo;
- II. Considerando a altura total igual a 10,0 m, seria de 50,0 N;
- III. O peso da pedra varia conforme o solo, se ele é fofo ou duro;
- IV. A força que a pedra exerce sobre o solo depende se ele é fofo ou duro.

Analisando as afirmações, podemos acertadamente afirmar que:

- a) Somente III e IV estão corretas;
- b) Somente II e III estão corretas;
- c) Somente I e IV estão corretas;
- d) Todas estão corretas;
- e) Todas estão erradas.

Resolução

Analisaremos cada uma das proposições separadamente:

I. Verdadeira. O peso de uma pedra de massa m é resultado da força de atração que a Terra exerce sobre ela, sendo seu módulo dado por:

$$P = mg. \quad (35)$$

Observe que o peso não varia de acordo a posição da pedra, uma vez que a massa é constante e a aceleração da gravidade g é aproximadamente constante na vizinhança da superfície da Terra.

II. Falsa. Partindo da resposta anterior, percebe-se que não há sentido nessa afirmação, uma vez que a força peso não depende da altura de queda. Além disso, utilizando a equação acima, vemos que o peso da pedrinha vale $P = 0,5 \times 10 = 5,0$ N.

III. Falsa. Como já visto, nenhuma condição exceto a massa e a aceleração da gravidade afetam o peso da pedra.

IV. Verdadeira. De fato, um solo mais fofo amortece o impacto da pedra, reduzindo a intensidade da força média que ela exerce sobre o mesmo. Em um solo mais duro, a variação da quantidade de movimento (impulso) para levar a pedra ao repouso é igual, mas ela ocorre em um intervalo de tempo mais curto, de forma que a força média de impacto é mais intensa.

Vemos então que apenas as afirmações I e IV são verdadeiras, de forma que a resposta correta é dada pela alternativa (c).

RESPOSTA: alternativa c)



13. O carro da figura a seguir se encontra em movimento acelerado, da direita para a esquerda, em uma estrada plana e rugosa. Sobre suas rodas estão representadas as setas que indicam a presença das forças de atrito atuantes sobre elas. Para essa situação, identifique em qual delas há ou não tração nas rodas, proporcionadas pelas presenças das forças de atrito entre o chão e as rodas:



- a) Trações nas rodas dianteiras e sem tração nas rodas traseiras;

- b) Sem tração nas quatro rodas;
- c) Há tração nas quatro rodas;
- d) Trações nas rodas traseiras e sem tração nas rodas dianteiras;
- e) Não há como identificar se há ou não tração nas rodas.

Resolução

Como o enunciado do problema diz que o carro está em movimento acelerado, vamos assumir que seu vetor aceleração aponta no mesmo sentido do movimento. Nessa situação, sabemos que, nas rodas em que há tração, a força que o solo exerce sobre as rodas aponta no mesmo sentido do movimento, enquanto nas rodas em que não há tração essa força apontará em sentido oposto. Isso ocorre pois, nas rodas em que não há tração, é a própria força de atrito que impulsiona o movimento de rotação, enquanto nas rodas tracionadas é o motor do carro que promove a rotação. Dessa forma, levando em conta a figura e o sentido de movimento do carro (da direita para a esquerda), vemos que as rodas traseiras do carro possuem tração, enquanto as rodas dianteiras não possuem tração.

RESPOSTA: alternativa d)



14. Para manter um carrinho de madeira em movimento retilíneo e uniforme sobre uma mesa horizontal, verifica-se que é preciso puxá-lo com uma força (F) constante, paralela à superfície da mesa. Sem levar em consideração a resistência do ar, durante o movimento do carrinho, podemos seguramente afirmar que:
- a) A força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é menor, em módulo, à força aplicada sobre ele;
 - b) Apenas a força (F) e peso do carrinho estão sendo aplicadas sobre o carrinho;
 - c) A força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é igual, em módulo, à força aplicada sobre ele;
 - d) A força de atrito, que está sendo exercida sobre o carrinho, é maior, em módulo, à força aplicada sobre ele;
 - e) Apenas a força (F) está sendo aplicada sobre o carrinho.

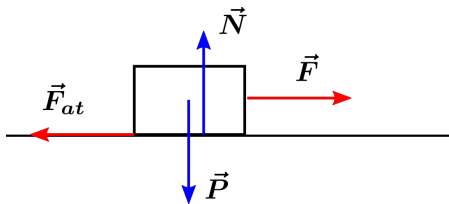
Resolução

Podemos analisar essa questão utilizando a segunda lei de Newton:

$$\vec{F}_R = m\vec{a}, \quad (36)$$

onde \vec{F}_R é a força resultante, ou seja, a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o carrinho, e \vec{a} é o seu vetor aceleração. Para que o carrinho permaneça em movimento retilíneo e uniforme, sua aceleração deve ser nula, de forma que a força resultante sobre o carrinho também deve ser nula.

Temos quatro forças atuando sobre o carrinho, como mostrado na figura abaixo (o carrinho é representado como um bloco). Na direção vertical, temos a força peso \vec{P} e a componente normal \vec{N} da força que a mesa exerce sobre o carrinho. Elas possuem o mesmo módulo e sentidos opostos para garantir a resultante nula nesta direção.



Na direção horizontal, temos a força \vec{F} que puxa o carrinho e a força de atrito \vec{F}_{at} que a mesa exerce sobre o carrinho. Para que a força resultante seja nula ao longo dessa direção, vemos que essas duas forças também devem ter o mesmo módulo e sentidos opostos, de forma que a resposta correta é dada pela alternativa (c).

RESPOSTA: alternativa c)



15. A colisão de pássaros com os para-brisas das aeronaves, no momento de decolagem ou pouso, tem provocado sérios acidentes, em virtude da alta velocidade com que uma aeronave se afasta ou se aproxima do aeroporto, respectivamente. A partir desse fato, analise as afirmações a seguir:

- I. No instante da colisão, a força aplicada no pássaro, pela aeronave, é maior do que a força aplicada na aeronave, pelo pássaro;
- II. No instante da colisão, a força aplicada no pássaro, pela aeronave, tem a mesma intensidade da força aplicada na aeronave, pelo pássaro;
- III. No instante da colisão, a aceleração no pássaro é muito maior do que a aceleração na aeronave.

Pode-se afirmar que:

- a) Todas estão corretas;
- b) Apenas I e III estão corretas;
- c) Apenas III está correta;
- d) Apenas I e II estão corretas;
- e) Apenas II e III estão corretas

Resolução

Analisaremos cada uma das proposições separadamente:

I. Falsa. Enunciando a Terceira Lei de Newton: "A toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos." Ou seja, a força aplicada pelo pássaro sobre a aeronave possui a mesma intensidade da aplicada pela aeronave sobre o pássaro.

II. Verdadeira. De acordo com o comentário anterior, pela Terceira Lei de Newton vemos que as forças possuem a mesma intensidade.

III. Verdadeira. De acordo com a segunda lei de Newton, a aceleração a de um corpo de massa m é dada, em módulo, por:

$$a = \frac{F_R}{m}. \quad (37)$$

Assim, dois corpos de diferentes massas sujeitos a forças resultantes \vec{F}_R de mesmo módulo possuirão acelerações com módulos distintos. Vemos que essa relação é inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a *massa*, menor será a *aceleração* adquirida pelo objeto. Naturalmente, um pássaro possui uma *massa* muito menor que a de uma aeronave, de forma que a *aceleração* adquirida por ele deverá ser muito maior que a aceleração adquirida pela aeronave em virtude da força de impacto (desconsideramos aqui a ação de outras forças que atuam sobre o avião).

Vemos então que apenas as afirmações II e III são verdadeiras, de forma que a resposta correta é dada pela alternativa (e).

RESPOSTA: alternativa e)



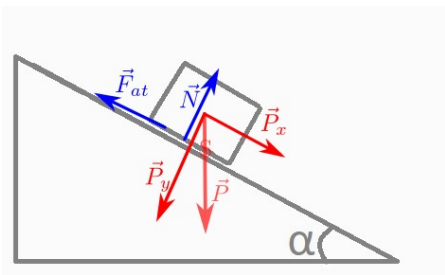
16. Sobre um plano inclinado, um bloquinho de madeira é mantido em repouso devido ao atrito existente entre eles. O ângulo da inclinação é aumentado até que o bloquinho comece a se mover. Se essa inclinação no plano inclinado for mantida, certamente o bloquinho:

- I. Aumentará de velocidade;
- II. Diminuirá de velocidade;
- III. Poderá aumentar ou diminuir sua velocidade, dependendo de sua massa.

Pode-se afirmar que:

- a) Apenas III está correta;
- b) Apenas I e III estão corretas;
- c) Apenas I está correta;
- d) Apenas I e II estão corretas;
- e) Todas estão corretas.

Resolução



As forças que atuam sobre o bloquinho são indicadas na figura abaixo. Temos a força peso \vec{P} , a força normal \vec{N} e a força de atrito \vec{F}_{at} , que é paralela à superfície do plano e se opõe à tendência de movimento.

O bloquinho começa a se mover quando a componente de sua força peso ao longo do plano inclinado torna-se maior, em módulo, que a força de atrito estático que o plano exerce sobre ele. Nessa situação, o bloquinho adquire uma força resultante paralela à superfície do plano, apontando para baixo. Como há força resultante, há aceleração na mesma direção e sentido, e portanto a velocidade escalar do bloquinho continuará aumentando com o tempo. De fato, pode-se verificar que a aceleração é constante, com seu módulo dependendo apenas da inclinação do plano (suposta fixa após o início do movimento), do coeficiente de atrito cinético entre o plano e o bloquinho e da aceleração da gravidade. Note que ela independe da massa do bloquinho. Note ainda que a força de atrito cinética é tipicamente menor que a força de atrito estática, de modo que a força resultante depois que o movimento se estabelece é ainda maior do que aquela que retirou o bloco da situação estática.

Vemos então que apenas a afirmação I está correta, de forma que a resposta correta é dada pela alternativa (c).

RESPOSTA: alternativa c)



17. O tempo gasto por um ônibus no trecho entre duas cidades A e B (720,0 km) é de 12 horas. Dois ônibus partem das respectivas cidades em tempo diferentes, ou seja, às 7 horas sai um ônibus da cidade A com destino a cidade B e, às 12 horas, sai outro ônibus da cidade B para a cidade A. A partir dessas informações, podemos acertadamente afirmar que os ônibus irão se encontrar a:

- 510,0 km da cidade A;
- 210,0 km da cidade A;
- 300,0 km da cidade B;
- 510,0 km da cidade B;
- 420,0 km da cidade B.

Resolução

Começaremos definindo nossos referenciais:

- Definiremos a cidade A como km 0, e a cidade B como km 720.
- Definiremos 7h da manhã como o instante $t = 0$.
- A velocidade escalar média (V) dos ônibus será de 60 km/h, já que:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{720\text{km}}{12\text{h}} = 60\text{km/h} \quad (38)$$

- Como os ônibus estão se movimentando em sentidos opostos, consideraremos $V_A = 60$ km/h e $V_B = -60$ km/h.

Partindo dessas informações e assumindo que os ônibus se deslocam em movimento uniforme com velocidades dadas pelos valores médios acima, construímos as funções horárias deles (ônibus "A" para o que partiu da cidade A e ônibus "B" para o que partiu da cidade B):

$$\begin{aligned} S_A(t) &= 0 + 60t; \\ S_B(t) &= 720 - 60(t - 5). \end{aligned} \quad (39)$$

Note que precisamos considerar o tempo de B como $t - 5$ pois ele só parte da estação às 12 horas, ou seja, $S_B(t = 5\text{h}) = 720$ km. Perceba ainda que poderíamos ter construído essas funções de várias outras formas, considerando um outro instante inicial ou outras posições iniciais. Todas as formas levarão para o mesmo resultado.

Como queremos obter a posição em que eles se encontram, vamos primeiro descobrir o instante t_e em que isso ocorre. Para isso, basta igualarmos as duas funções horárias acima:

$$\begin{aligned}
 S_A(t_e) &= S_B(t_e) \\
 60t_e &= 720 - 60(t_e - 5) \\
 60t_e &= 720 - 60t_e + 300 \\
 120t_e &= 1020 \\
 t_e &= 8,5 \text{ h}
 \end{aligned}
 \tag{40}$$

Substituindo este instante na função horária do ônibus que partiu de A, obtemos a posição em que o encontro ocorreu, medida a partir desta cidade:

$$S_A(t_e) = 60t_e = 60 \times 8,5 = 510 \text{ km.} \tag{41}$$

Portanto, o encontro se deu a 510 km da cidade A.

RESPOSTA: alternativa a)

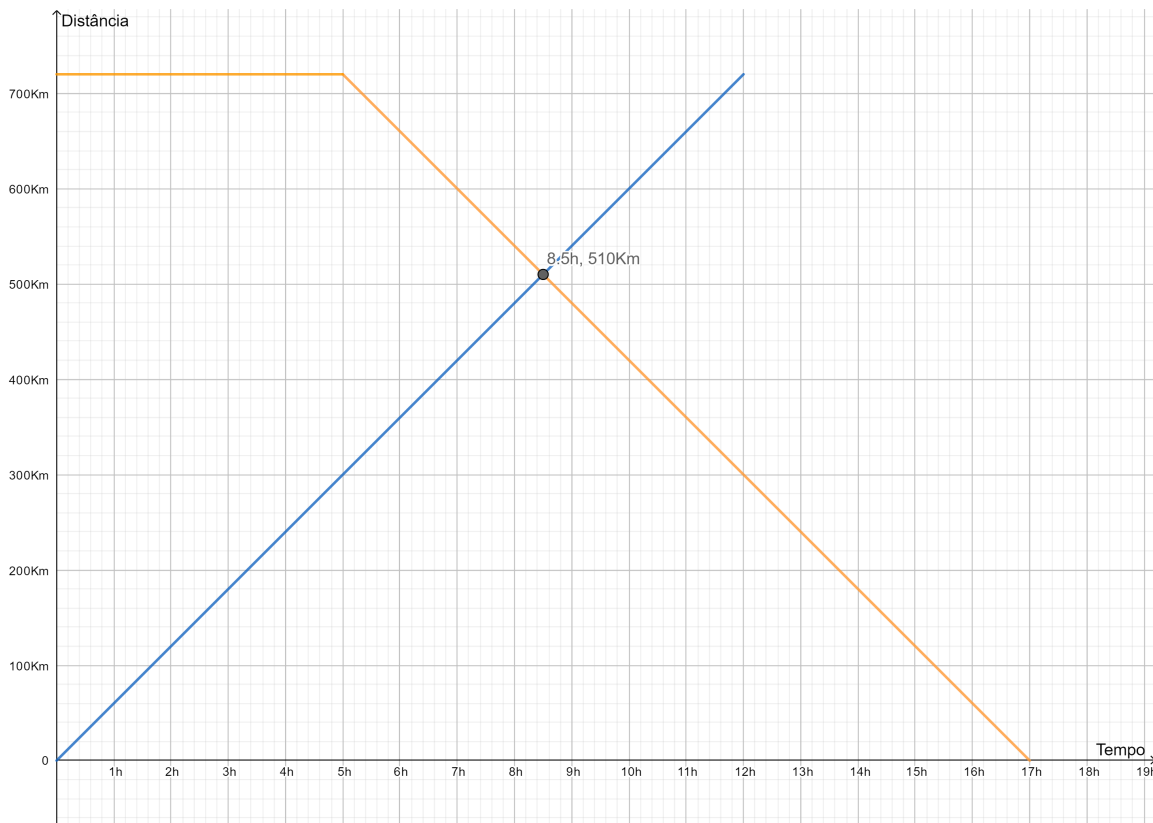


18. Ainda com relação à questão anterior, podemos acertadamente afirmar que os ônibus irão se encontrar às:
- a) 14 horas e 30 minutos;
 - b) 15 horas;
 - c) 13 horas e 30 minutos;
 - d) 15 horas e 30 minutos;
 - e) 14 horas.

Resolução

Considerando a questão anterior, vimos que os ônibus se encontram no instante $t_e = 8,5 \text{ h}$, medido a partir do horário de saída do ônibus A, às 7 hs. Portanto, o horário de encontro é dado por $7,0 \text{ h} + 8,5 \text{ h} = 15,5 \text{ h} = 15 \text{ h } 30 \text{ min}$. A resposta correta é dada pela alternativa **(d)**.

Para ajudar a visualizar o problema, apresentamos abaixo um gráfico do deslocamento de ambos os ônibus, onde a reta verde simboliza o ônibus A e a reta laranja, o B.



RESPOSTA: alternativa d)



19. Os alunos do Professor Physicson realizaram uma experiência em sala de aula que consistia em soltar, de uma altura de 2,0 m, uma bolinha de aço sobre uma superfície quadrada, com espessura de 5,0 cm, feita com massa de modelar. Cada vez que a bolinha em queda livre atingia essa superfície, ela penetrava 2,0 cm, exercendo uma força de intensidade média igual a 20,0 N. Dessa forma, os alunos concluíram acertadamente que:
- Durante a penetração o trabalho total envolvido foi de 0,4 J;
 - Durante a penetração o trabalho total envolvido foi de 4,0 J;
 - Durante a penetração o trabalho total envolvido foi de 40,0 J;
 - Durante a penetração o trabalho total envolvido foi de 0,04 J;
 - Durante a penetração o trabalho total envolvido foi de 400,0 J;

Resolução

Observa-se que é pedido o trabalho W realizado pela força de impacto durante a penetração da bolinha na superfície. Note que a altura em que a bolinha foi jogada é irrelevante para o problema, uma vez que o valor médio do módulo da força já foi informado. Como a distância penetrada em cada impacto é de $d = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ e o valor médio do módulo da força é igual a $F = 20,0 \text{ N}$, o trabalho é:

$$\begin{aligned} W &= F \cdot d \\ W &= 20 \text{ N} \times 0,02 \text{ m} \\ W &= 0,4 \text{ J} \end{aligned} \tag{42}$$

Portanto o trabalho envolvido durante a penetração foi de 0,4 Joules, de forma que a resposta correta é dada pela alternativa **(a)**.

RESPOSTA: alternativa a)



20. Uma determinada grandeza física é definida a partir da seguinte expressão matemática: $S = P/(AT^4)$, onde (P) é potência térmica do sistema, (A) é a área e (T) é a temperatura absoluta, dada em Kelvin (K). A partir das proposições abaixo, identifique corretamente a unidade de medida da grandeza (S), tomando como referência o sistema internacional de unidades:

- $\frac{W}{s^2 K^4}$
- $\frac{W}{m^2 K^4}$
- $\frac{W}{K^4}$
- $\frac{N}{s^3}$
- $\frac{N}{m^2 K^4}$

Resolução

Sabemos que a unidade no Sistema Internacional (SI) para potência é o watt (W) e a de área é o metro quadrado (m^2), uma vez que a unidade de distância é metro (m). Como informado no enunciado, a temperatura é medida em kelvins (K).

Com base nisso, podemos deduzir que a unidade de S é:

$$[S] = \frac{[P]}{[A][T]^4} = \frac{W}{m^2 K^4}, \tag{43}$$

de forma que a resposta correta é dada pela alternativa **(b)**. As outras unidades apresentadas nas opções são o Newton (N), e o segundo (s), que são as unidades SI de força e de tempo, respectivamente.

OBS: Note que a unidade de potência (W) pode ainda ser descrita, no SI, como J/s ou como N.m/s, de forma que uma unidade equivalente para S seria N/(m s K^4).

RESPOSTA: alternativa b)

