

1. (Ita 2002) Um pequeno tanque, completamente preenchido com 20,0ℓ de gasolina a 0°F, é logo a seguir transferido para uma garagem mantida à temperatura de 70°F. Sendo $\gamma = 0,0012^{\circ}\text{C}^{-1}$ o coeficiente de expansão volumétrica da gasolina, a alternativa que melhor expressa o volume de gasolina que vazará em consequência do seu aquecimento até a temperatura da garagem é

- a) 0,507ℓ
- b) 0,940ℓ
- c) 1,68ℓ
- d) 5,07ℓ
- e) 0,17ℓ

2. (Ita 1997) Um certo volume de mercúrio, cujo coeficiente de dilatação volumétrica é γ_m , é introduzido num vaso de volume V_0 , feito de vidro de coeficiente de dilatação volumétrica γ_v . O vaso com mercúrio, inicialmente a 0°C, é aquecido a uma temperatura T (em °C). O volume da parte vazia do vaso à temperatura T é igual ao volume da parte vazia do mesmo a 0°C. O volume de mercúrio introduzido no vaso a 0°C é:

- a) $(\gamma_v/\gamma_m) V_0$
- b) $(\gamma_m/\gamma_v) V_0$
- c) $\gamma_m/\gamma_v (273)/(T + 273) V_0$
- d) $[1 - (\gamma_v/\gamma_m)] V_0$
- e) $[1 - (\gamma_m/\gamma_v)] V_0$

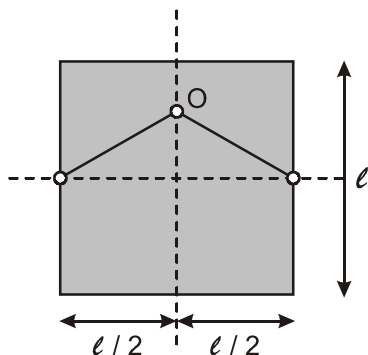
3. (Ita 1995) Você é convidado a projetar uma ponte metálica, cujo comprimento será de 2,0 km. Considerando os efeitos de contração e expansão térmica para temperaturas no intervalo de - 40 °F a 110 °F e que o coeficiente de dilatação linear do metal é de $12 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, qual a máxima variação esperada no comprimento da ponte? (O coeficiente de dilatação linear é constante no intervalo de temperatura considerado).

- a) 9,3 m
- b) 2,0 m
- c) 3,0 m
- d) 0,93 m
- e) 6,5 m

4. (Ita 1995) Se duas barras, uma de alumínio com comprimento L_1 e coeficiente de dilatação térmica $\alpha_1 = 2,30 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ e outra de aço com comprimento $L_2 > L_1$ e coeficiente de dilatação térmica $\alpha_2 = 1,10 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, apresentam uma diferença em seus comprimentos a 0 °C, de 1000 mm e essa diferença se mantém constante com a variação da temperatura, podemos concluir que os comprimentos L_1 e L_2 são a 0 °C:

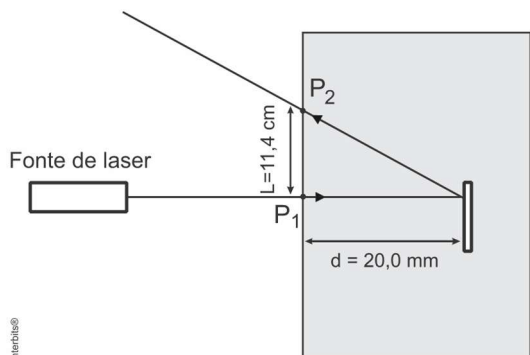
- a) $L_1 = 91,7 \text{ mm}; L_2 = 1091,7 \text{ mm}$
- b) $L_1 = 67,6 \text{ mm}; L_2 = 1067,6 \text{ mm}$
- c) $L_1 = 917 \text{ mm}; L_2 = 1917 \text{ mm}$
- d) $L_1 = 676 \text{ mm}; L_2 = 1676 \text{ mm}$
- e) $L_1 = 323 \text{ mm}; L_2 = 1323 \text{ mm}$

5. (Ita 2010) Um quadro quadrado de lado ℓ e massa m , feito de um material de coeficiente de dilatação superficial β , e pendurado no pino O por uma corda inextensível, de massa desprezível, com as extremidades fixadas no meio das arestas laterais do quadro, conforme a figura. A força de tração máxima que a corda pode suportar é F . A seguir, o quadro é submetido a uma variação de temperatura ΔT , dilatando. Considerando desprezível a variação no comprimento da corda devida à dilatação, podemos afirmar que o comprimento mínimo da corda para que o quadro possa ser pendurado com segurança é dado por



- a) $\frac{2\ell F\sqrt{\beta\Delta T}}{mg}$.
- b) $\frac{2\ell F(1+\beta\Delta T)}{mg}$.
- c) $\frac{2\ell F(1+\beta\Delta T)}{\sqrt{4F^2 - m^2g^2}}$.
- d) $\frac{2\ell F\sqrt{(1+\beta\Delta T)}}{(2F - mg)}$.
- e) $2\ell F\sqrt{\frac{(1+\beta\Delta T)}{(4F^2 - m^2g^2)}}$.

6. (Ita 2022) Um pesquisador mergulha uma lâmina bimetálica de latão e ferro de 5 cm de comprimento, 0,3 mm de espessura e perfeitamente plana a 20°C em um fluido para estimar a sua temperatura. Um feixe de laser incide sobre a extremidade superior da lâmina, como mostra a figura abaixo. A extremidade inferior é mantida fixa e sempre vertical. A lâmina bimetálica encontra-se à distância $d = 20,0\text{ cm}$ de uma das paredes do recipiente, atravessada pelo feixe no ponto P_1 . O laser reflete na extremidade da lâmina bimetálica e volta a incidir sobre a mesma parede no ponto P_2 , distante $L = 11,4\text{ cm}$ do ponto P_1 . As lâminas superpostas têm a mesma espessura, o coeficiente de dilatação linear do latão é igual a $\alpha_1 = 18 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ e do ferro igual a $\alpha_2 = 2 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$. Assinale a alternativa que apresenta o intervalo contendo a melhor estimativa da temperatura do fluido.



- a) $30^\circ\text{C} \leq T \leq 80^\circ\text{C}$
- b) $80^\circ\text{C} \leq T \leq 130^\circ\text{C}$
- c) $130^\circ\text{C} \leq T \leq 180^\circ\text{C}$
- d) $180^\circ\text{C} \leq T \leq 230^\circ\text{C}$
- e) $230^\circ\text{C} \leq T \leq 280^\circ\text{C}$

7. (Ita 2000) Uma certa resistência de fio, utilizada para aquecimento, normalmente dissipa uma potência de 100W quando funciona a uma temperatura de 100°C. Sendo de $2 \times 10^{-3} \text{K}^{-1}$ o coeficiente da dilatação térmica do fio, conclui-se que a potência instantânea dissipada pela resistência, quando operada a uma temperatura inicial de 20°C, é

- a) 32 W.
- b) 84 W.
- c) 100 W.
- d) 116 W.
- e) 132 W.

8. (Ita 2020) Num ambiente controlado, o período de um pêndulo simples é medido a uma temperatura T. Sendo $\alpha = 2 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ o coeficiente de dilatação linear do fio do pêndulo, e considerando a aproximação binomial $(1+x)^n \approx 1+nx$, para $|x| \ll 1$, pode-se dizer que, com aumento de 10 °C o período do pêndulo

- a) aumenta de 0,1%.
- b) aumenta de 0,05%.
- c) diminui de 0,1%.
- d) diminui de 0,05%.
- e) permanece inalterado.

9. (Ita 1999) Um relógio de pêndulo, construído de um material de coeficiente de dilatação linear α , foi calibrado a uma temperatura de 0 °C para marcar um segundo exato ao pé de uma torre de altura h. Elevando-se o relógio até o alto da torre observa-se um certo atraso, mesmo mantendo-se a temperatura constante. Considerando R o raio da Terra, L o comprimento do pêndulo a 0 °C e que o relógio permaneça ao pé da torre, então a temperatura para a qual obtém-se o mesmo atraso é dada pela relação:

- a) $\frac{2h}{\alpha R}$.
- b) $\frac{h(2R+h)}{\alpha R^2}$.
- c) $\frac{h(2R+h)}{\alpha R^2}$.
- d) $\frac{R(2h+R)}{\alpha (R+h)^2}$.
- e) $\frac{R(2h+R)}{\alpha (R+h)^2}$.

10. (Ita 2014) Considere uma esfera maciça de raio r, massa m, coeficiente de dilatação volumétrica α , feita de um material com calor específico a volume constante c_V . A esfera, sujeita à pressão atmosférica p, repousa sobre uma superfície horizontal isolante térmica e está inicialmente a uma temperatura T alta o suficiente para garantir que a sua energia interna não se altera em processos isotérmicos. Determine a temperatura final da esfera após receber uma quantidade de calor Q, sem perdas para o ambiente. Dê sua resposta em função de g e dos outros parâmetros explicitados.

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[B]

Resposta da questão 2:

[A]

Resposta da questão 3:

[B]

Resposta da questão 4:

[C]

Resposta da questão 5:

[E]

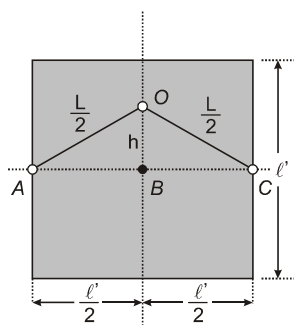


Fig 1

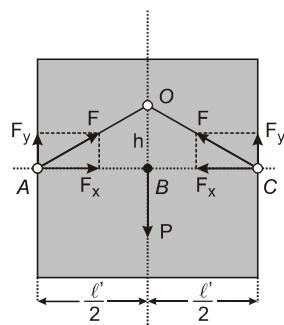


Fig 2

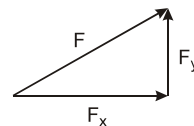


Fig 3

Nas figuras acima:

l : lado inicial do quadrado;

l' : lado do quadrado depois do aquecimento;

L : comprimento da corda;

h : distância \overline{OB} .

Na Fig 1, no triângulo ABO, aplicando o teorema de Pitágoras, temos:

$$h^2 + \left(\frac{l'}{2}\right)^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 \Rightarrow h^2 = \frac{L^2}{4} - \frac{l'^2}{4} \Rightarrow$$

$$h = \frac{1}{2}\sqrt{L^2 - l'^2} . \text{ (equação 1)}$$

Na Fig 2, como o quadro está em equilíbrio, a resultante das forças é nula. Assim:

$$2F_y = P \Rightarrow 2F_y = m g \Rightarrow$$

$$F_y = \frac{mg}{2} . \text{ (equação 2)}$$

O triângulo ABO da Fig 1 é semelhante ao triângulo das forças na Fig 3. Então:

$$\frac{F_y}{h} = \frac{F}{L/2} . \text{ Substituindo nessa expressão as equações (1) e (2), temos:}$$

$$\frac{mg/2}{\frac{1}{2}\sqrt{L^2 - (l')^2}} = \frac{2F}{L} \Rightarrow \frac{mg}{\sqrt{L^2 - (l')^2}} = \frac{2F}{L} \Rightarrow$$

$mgL = 2F\sqrt{L^2 - (\ell')^2}$. Quadrando os dois membros:

$$m^2g^2L^2 = 4F^2[L^2 - (\ell')^2] \Rightarrow$$

$m^2g^2L^2 = 4F^2L^2 - 4F^2(\ell')^2 \Rightarrow$ Colocando L^2 em evidência, vem:

$$L^2(4F^2 - m^2g^2) = 4F^2(\ell')^2 \text{ (equação 3)}$$

Da expressão da dilatação superficial:

$$A' = A(1 + \beta\Delta T).$$

Mas: $A' = (\ell')^2$ e $A = \ell^2$. Então, substituindo na expressão acima, vem:

$(\ell')^2 = \ell^2(1 + \beta\Delta T)$. Voltando à equação (3) e isolando L^2 , temos:

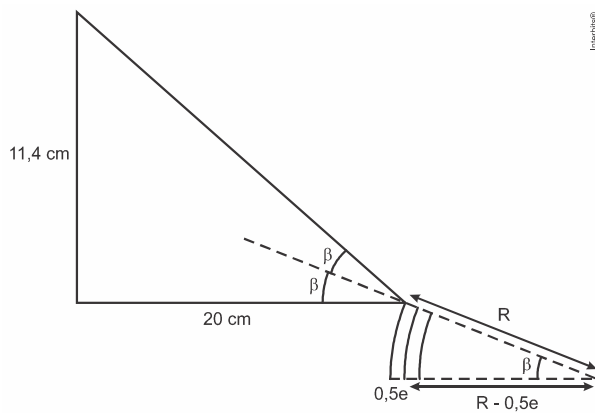
$$L^2 = \frac{4F^2\ell^2\sqrt{1 + \beta\Delta T}}{4F^2 - m^2g^2} \Rightarrow$$

$$L = 2\ell F \sqrt{\frac{1 + \beta\Delta T}{4F^2 - m^2g^2}}$$

**Resposta da questão 6:
ANULADA**

Questão anulada no gabarito oficial.

Considerando $d = 20$ cm (e não 20 mm como no enunciado), da figura abaixo, obtemos:



$$\begin{aligned} \text{tg } 2\beta &= \frac{11,4}{20} \cong \frac{\sqrt{3}}{3} \\ \beta &\cong 15^\circ \cong 0,26 \text{ rad} \end{aligned}$$

E:

$$\begin{aligned} \begin{cases} L_1 = L_0(1 + \alpha_1\Delta\theta) = R\beta \\ L_2 = L_0(1 + \alpha_2\Delta\theta) = (R - 0,5e)\beta \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} R\beta = L_0(1 + \alpha_1\Delta\theta) \\ R\beta = L_0(1 + \alpha_2\Delta\theta) + 0,5e\beta \end{cases} \\ \Rightarrow \cancel{L_0} + L_0\alpha_1\Delta\theta &= \cancel{L_0} + L_0\alpha_2\Delta\theta + 0,5e\beta \Rightarrow \Delta\theta L_0(\alpha_1 - \alpha_2) = 0,5e\beta \\ \Rightarrow \Delta\theta &= \frac{0,5e\beta}{L_0(\alpha_1 - \alpha_2)} \end{aligned}$$

Logo:

$$\Delta\theta = \frac{0,5 \cdot 0,03 \cdot 0,26}{5 \cdot (18 - 2) \cdot 10^{-6}}$$

$$\theta - 20^\circ\text{C} = 49^\circ\text{C}$$

$$\therefore \theta = 69^\circ\text{C}$$

O que resulta na alternativa [A], porém, como a figura apresentou o valor de d com a unidade distinta do descrito no enunciado, a questão foi devidamente anulada.

Resposta da questão 7:

[D]

Resposta da questão 8:

[A]

O período do pêndulo é dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Após a dilatação térmica, temos:

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{L(1 + \alpha\Delta\theta)}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}(1 + 10\alpha)^{1/2}$$

$$T' = T\left(1 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-4}\right)$$

$$\therefore T' = 1,001T$$

O que corresponde a um aumento de 0,1%.

Resposta da questão 9:

[B]

O período do pêndulo pode ser dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{L_0(1 + \alpha\Delta\theta)}{GM}} = 2\pi(R+h)\sqrt{\frac{L_0(1 + \alpha\Delta\theta)}{GM}}$$

Sendo T_1 e T_2 os períodos do pêndulo ao pé e no topo da torre e $\Delta\theta = \theta - 0^\circ = \theta$, temos que:

$$T_1 = 2\pi R\sqrt{\frac{L(1 + \alpha\theta)}{GM}} \text{ e } T_2 = 2\pi(R+h)\sqrt{\frac{L}{GM}}$$

Logo:

$$T_1 = T_2 :$$

$$2\pi R \sqrt{\frac{g(1+\alpha\theta)}{GM}} = 2\pi (R+h) \sqrt{\frac{g}{GM}}$$

$$R\sqrt{1+\alpha\theta} = (R+h)$$

$$1+\alpha\theta = \left(\frac{R+h}{R}\right)^2$$

$$\alpha\theta = \frac{(R+h)^2}{R^2} - 1$$

$$\alpha\theta = \frac{R^2 + 2Rh + h^2 - R^2}{R^2}$$

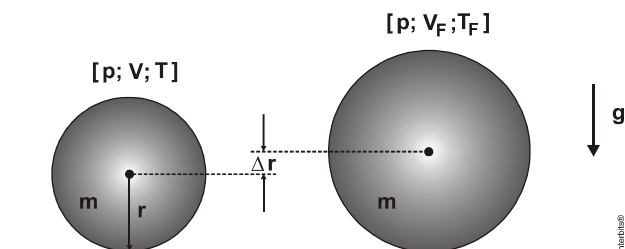
$$\therefore \theta = \frac{h(2R+h)}{\alpha R^2}$$

Resposta da questão 10:

Sendo $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ o volume inicial da esfera, as dilatações linear do raio e volumétrica da esfera são:

$$\begin{cases} \Delta r = r \frac{\alpha}{3} \Delta T \\ \Delta V = V \alpha \Delta T = \frac{4}{3} \pi r^3 \alpha \Delta T \end{cases}$$

Devido ao aquecimento ocorrem aumento da energia interna da esfera (ΔU) e dilatação. Na dilatação há trabalho realizado contra o meio (W) e ganho de energia potencial (ΔE_P), conforme ilustra a figura.



Então o calor recebido (Q) é igual a soma dessas quantidades.

Equacionando:

$$\left. \begin{cases} \Delta U = m c_V \Delta T \\ W = p \Delta V = p \frac{4}{3} \pi r^3 \alpha \Delta T \\ \Delta E_P = m g \Delta r = m g r \frac{\alpha}{3} \Delta T \end{cases} \right\} \Rightarrow Q = \Delta U + W + \Delta E_P \Rightarrow$$

$$Q = \left(m c_V + \frac{4}{3} p \pi r^3 \alpha + m g r \frac{\alpha}{3} \right) \Delta T \Rightarrow Q = \left(\frac{3 m c_V + 4 p \pi r^3 \alpha + m g r \alpha}{3} \right) \Delta T \Rightarrow$$

$$\Delta T = \left(\frac{3Q}{3 m c_V + 4 p \pi r^3 \alpha + m g r \alpha} \right) \Rightarrow T_F - T = \frac{3Q}{3 m c_V + 4 p \pi r^3 \alpha + m g r \alpha} \Rightarrow$$

$$T_F = T + \frac{3Q}{3 m c_V + 4 p \pi r^3 \alpha + m g r \alpha}$$