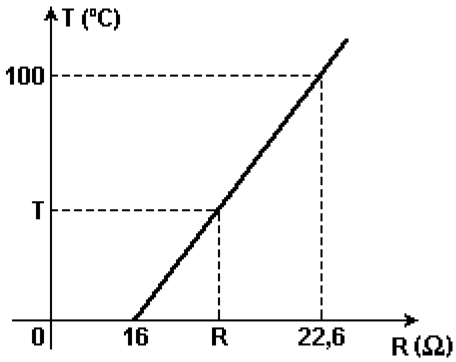
TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:
Em março de 2020, a Unicamp e o *Fermi National Accelerator Laboratory* (Fermilab), dos Estados Unidos, assinaram um acordo de cooperação científica com o objetivo de desenvolver tanques para conter argônio líquido a baixíssimas temperaturas (criostatos). Esses tanques abrigarão detectores para o estudo dos neutrinos.

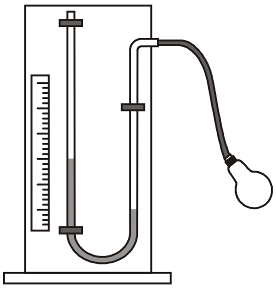
1. (Unicamp 2021) A temperatura do argônio nos tanques é $T_{Ar} = -184\ °C.$ Usualmente, a grandeza "temperatura" em física é expressa na escala Kelvin $(K).$ Sabendo-se que as temperaturas aproximadas do ponto de ebulição (T_E) e do ponto de solidificação (T_S) da água à pressão atmosférica são, respectivamente, $T_E \approx 373\ K$ e $T_S \approx 273\ K,$ a temperatura do argônio nos tanques será igual a
a) 20 K.
b) 89 K.
c) 189 K.
d) 457 K.

2. (Unesp) Um estudante desenvolve um termômetro para ser utilizado especificamente em seus trabalhos de laboratório. Sua ideia é medir a temperatura de um meio fazendo a leitura da resistência elétrica de um resistor, um fio de cobre, por exemplo, quando em equilíbrio térmico com esse meio. Assim, para calibrar esse termômetro na escala Celsius, ele toma como referências as temperaturas de fusão do gelo e de ebulição da água. Depois de várias medidas, ele obtém a curva apresentada na figura.



A correspondência entre a temperatura T, em ˚C, e a resistência elétrica R, em Ω, é dada pela equação
a) T = $\dfrac{100 \times (R - 16)}{6,6}$
b) T = $\dfrac{100 \times 6,6}{R - 16}$
c) T = $\dfrac{R - 6,6}{6,6 \times 100}$
d) T = $\dfrac{100 \times (R - 16)}{16}$
e) T = $\dfrac{100 \times (R - 6,6)}{16}$

3. (Unesp 2010) Um termoscópio é um dispositivo experimental, como o mostrado na figura, capaz de indicar a temperatura a partir da variação da altura da coluna de um líquido que existe dentro dele. Um aluno verificou que, quando a temperatura na qual o termoscópio estava submetido era de 10 °C, ele indicava uma altura de 5 mm. Percebeu ainda que, quando a altura havia aumentado para 25 mm, a temperatura era de 15 °C.



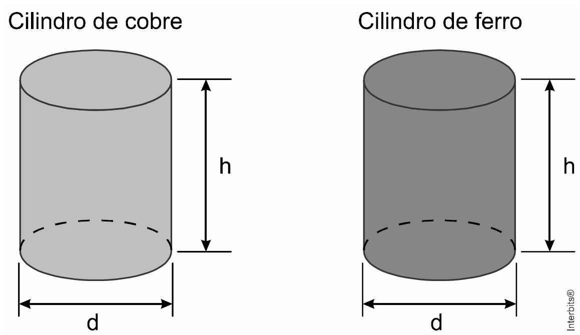
Quando a temperatura for de 20 °C, a altura da coluna de líquido, em mm, será de
a) 25.
b) 30.
c) 35.
d) 40.
e) 45.

4. (Famerp 2021) A atmosfera de Marte é composta predominantemente por dióxido de carbono e, nas proximidades da superfície, apresenta temperatura média de $-23\ ^\circ\text{C}$ e pressão média de $500\ \text{Pa}$.

a) Considerando que o dióxido de carbono seja um gás ideal e que a constante dos gases seja igual a $8{,}3\ \text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, calcule o volume, em m^3, ocupado por um mol de dióxido de carbono sujeito às condições atmosféricas próximas à superfície de Marte.

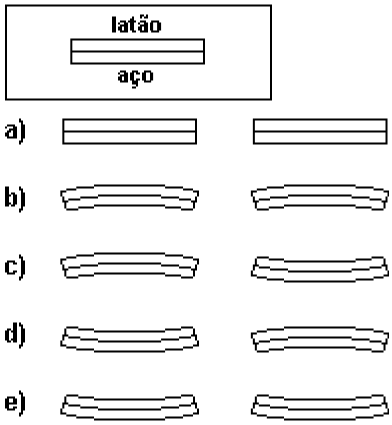
b) A nave norte-americana enviada a Marte transporta um veículo que se deslocará pela superfície do planeta. Nesse veículo, foi colocada uma placa de alumínio, de dimensões $8{,}0\ \text{cm}$ por $13\ \text{cm}$ quando a $27\ ^\circ\text{C}$, com um símbolo em homenagem aos profissionais de saúde que trabalharam no atendimento a pacientes acometidos por covid-19. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do alumínio é $2{,}2 \times 10^{-5}\ ^\circ\text{C}^{-1}$, calcule de quantos centímetros quadrados diminuirá a área dessa placa na superfície de Marte, tendo como base a sua área na Terra, à temperatura de $27\ ^\circ\text{C}$.

5. (Famerp 2018) Dois cilindros retos idênticos, um de cobre (coeficiente de dilatação linear igual a $1{,}7 \times 10^{-5}\ ^\circ\text{C}^{-1}$) e outro de ferro (coeficiente de dilatação linear igual a $1{,}2 \times 10^{-5}\ ^\circ\text{C}^{-1}$), têm, a $0\ ^\circ\text{C}$, volumes iguais a $8{,}0 \times 10^2\ \text{cm}^3$ e diâmetros das bases iguais a $10\ \text{cm}$



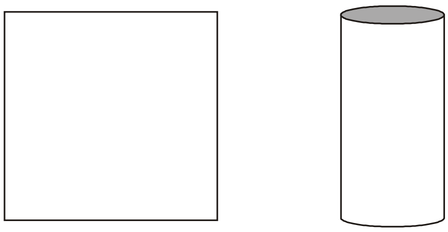
a) Determine o aumento do volume do cilindro de ferro, em cm^3, quando a temperatura varia de $0\ ^\circ\text{C}$ para $100\ ^\circ\text{C}$
b) A qual temperatura, em $0\ ^\circ\text{C}$, a diferença entre as medidas dos diâmetros dos dois cilindros será de $2{,}0 \times 10^{-3}\ \text{cm}$?

6. (Unesp) Duas lâminas metálicas, a primeira de latão e a segunda de aço, de mesmo comprimento à temperatura ambiente, são soldadas rigidamente uma à outra, formando uma lâmina bimetálica, conforme a figura a seguir.
O coeficiente de dilatação térmica linear do latão é maior que o do aço. A lâmina bimetálica é aquecida a uma temperatura acima da ambiente e depois resfriada até uma temperatura abaixo da ambiente. A figura que melhor representa as formas assumidas pela lâmina bimetálica, quando aquecida (forma à esquerda) e quando resfriada (forma à direita), é



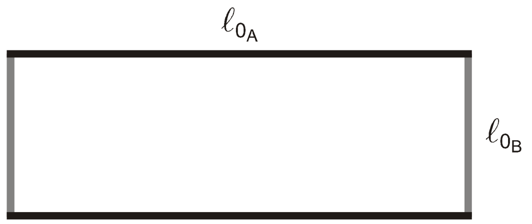
7. (Ufpb) Os materiais utilizados na construção civil são escolhidos por sua resistência a tensões, durabilidade e propriedades térmicas como a dilatação, entre outras. Rebites de metal (pinos de formato cilíndrico), de coeficiente de dilatação linear $9{,}8 \times 10^{-6}$ ˚C^{-1}, devem ser colocados em furos circulares de uma chapa de outro metal, de coeficiente de dilatação linear $2{,}0 \times 10^{-5}$ ˚C^{-1}. Considere que, à temperatura ambiente (27 ˚C), a área transversal de cada rebite é 1,00 cm^2 e a de cada furo, 0,99 cm^2. A colocação dos rebites, na chapa metálica, somente será possível se ambos forem aquecidos até, no mínimo, a temperatura comum de:
a) 327 ˚C
b) 427 ˚C
c) 527 ˚C
d) 627 ˚C
e) 727 ˚C

8. (Cesgranrio 2010)



Uma placa metálica quadrada é dobrada de modo a formar um cilindro (sem fundo e sem tampa), como ilustrado.
O volume no interior desse cilindro é 18 litros. Ao ter sua temperatura aumentada de $40\ °C$, a placa dilata de forma que sua área aumenta de $72\ mm^2$. Considerando-se $\pi = 3$, o coeficiente de dilatação linear do material do qual a placa é constituída vale, em $°C^{-1}$,
a) $5{,}0 \cdot 10^{-6}$
b) $2{,}5 \cdot 10^{-6}$
c) $5{,}0 \cdot 10^{-7}$
d) $2{,}5 \cdot 10^{-7}$
e) $5{,}0 \cdot 10^{-8}$

9. (Uerj 2010) A figura a seguir representa um retângulo formado por quatro hastes fixas.



Considere as seguintes informações sobre esse retângulo:

- sua área é de $75\ \text{cm}^2$ à temperatura de $20\ °\text{C}$;
- a razão entre os comprimentos ℓ_{0_A} e ℓ_{0_B} é igual a 3;
- as hastes de comprimento ℓ_{0_A} são constituídas de um mesmo material, e as hastes de comprimento ℓ_{0_B} de outro;
- a relação entre os coeficientes de dilatação desses dois materiais equivale a 9.

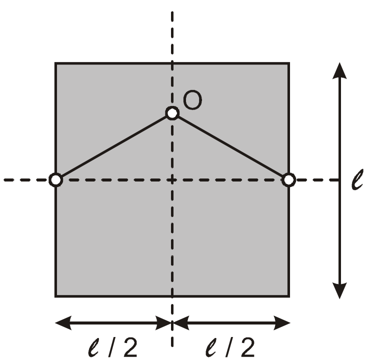
Admitindo que o retângulo se transforma em um quadrado à temperatura de $320\ °\text{C}$, calcule, em $°\text{C}^{-1}$, o valor do coeficiente de dilatação linear do material que constitui as hastes menores.

10. (Efomm 2020) Uma haste metálica, a $0\ °\text{C}$, mede $1{,}0\ \text{m}$, conforme indicação de uma régua de vidro na mesma temperatura. Quando a haste e a régua são aquecidas a $300\ °\text{C}$, o comprimento da haste medido pela régua passa a ser de $1{,}006\ \text{m}$. Com base nessas informações, o coeficiente de dilatação linear do material que constitui a haste é

Dado: coeficiente de dilatação linear do vidro: $9{,}0 \times 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}$

a) $2{,}0 \times 10^{-5}\ °\text{C}^{-1}$
b) $2{,}9 \times 10^{-5}\ °\text{C}^{-1}$
c) $3{,}6 \times 10^{-5}\ °\text{C}^{-1}$
d) $4{,}5 \times 10^{-5}\ °\text{C}^{-1}$
e) $6{,}0 \times 10^{-5}\ °\text{C}^{-1}$

11. (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 e 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) $\dfrac{2\ell F\sqrt{\beta\Delta T}}{mg}$.

b) $\dfrac{2\ell F(1+\beta\Delta T}{mg}$.

c) $\dfrac{2\ell F(1+\beta\Delta T)}{\sqrt{(4F^2-m^2g^2)}}$.

d) $\dfrac{2\ell F\sqrt{(1+\beta\Delta T)}}{(2F-mg)}$.

e) $2\ell F\sqrt{\dfrac{(1+\beta\Delta T)}{(4F^2-m^2g^2)}}$.

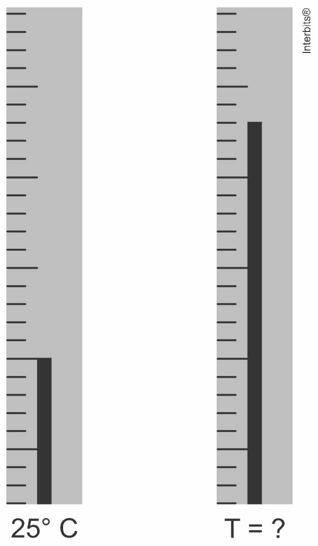
12**.** (Unifesp 2022) Em um recipiente de vidro de capacidade 250 cm^3, são colocados 200 cm^3 de glicerina, ambos inicialmente a 20 °C. Em seguida, esse conjunto é aquecido até 70 °C.

a) Calcule a massa de glicerina, em gramas, colocada no recipiente e a quantidade de calor, em calorias, absorvida pela glicerina durante o aquecimento, desprezando as perdas de calor e sabendo que a massa específica e o calor específico da glicerina são, respectivamente, 1,26 g/cm^3 e $0{,}60\ cal/(g\cdot °C)$.

b) Calcule, em cm^3, o aumento do volume da glicerina durante o aquecimento e o volume da região do recipiente não ocupada pela glicerina quando o conjunto encontra-se a 70 °C, considerando que, devido ao aquecimento, o recipiente tenha se dilatado 0,30 cm^3 e que o coeficiente de dilatação volumétrica da glicerina seja igual a $5{,}0\times10^{-4}\ °C^{-1}$.

13**.** (Unicamp 2018) Termômetros clínicos convencionais, de uso doméstico, normalmente baseiam-se na expansão térmica de uma coluna de mercúrio ou de álcool, ao qual se adiciona um corante. Com a expansão, o líquido ocupa uma parte maior de uma coluna graduada, na qual se lê a temperatura.

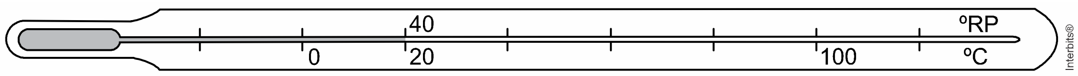
a) O volume de álcool em um termômetro é $V_0 = 20\ mm^3$ a $25\ °C$, e corresponde à figura (a). Quando colocado em contato com água aquecida, o termômetro apresenta a leitura mostrada na figura (b). A escala está em milímetros, a área da secção reta da coluna é $A = 5{,}0\times10^{-2}\ mm^2$. O aumento do volume, ΔV, produzido pelo acréscimo de temperatura ΔT, é dado por $\dfrac{\Delta V}{V_0} = \gamma\Delta T$. Se para o álcool $\gamma = 1{,}25\times10^{-3}\ °C^{-1}$, qual é a temperatura T da água aquecida?



(a) (b)

b) Os termômetros de infravermelho realizam a medida da temperatura em poucos segundos, facilitando seu uso em crianças. Seu funcionamento baseia-se na coleta da radiação infravermelha emitida por parte do corpo do paciente. A potência líquida radiada por unidade de área do corpo humano é dada por $\Phi = 4\sigma T_0^3\,\Delta T,$ sendo $\sigma \approx 6\times10^{-8}\ \mathrm{W/m^2K^4}$ a constante de Stefan-Boltzmann, $T_0 = 300\ \mathrm{K}$ a temperatura ambiente e $\Delta T = T_{corpo} - T_0$ a diferença entre a temperatura do corpo, que deve ser medida, e a temperatura ambiente. Sabendo que em certa medida de temperatura $\Phi = 64{,}8\ \mathrm{W/m^2},$ encontre a temperatura do paciente em $°\mathrm{C}.$ Lembre-se de que $\theta(°\mathrm{C}) \approx T(\mathrm{K}) - 273.$

14. (Famerp 2020) Um termômetro de mercúrio está graduado na escala Celsius $(°\mathrm{C})$ e numa escala hipotética, denominada Rio-pretense $(°\mathrm{RP}).$ A temperatura de $20\ °\mathrm{C}$ corresponde a $40\ °\mathrm{RP}.$



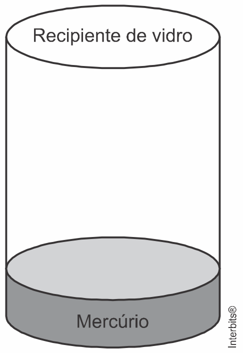
a) Sabendo que a variação de temperatura de $1{,}0\ °\mathrm{C}$ corresponde a uma variação de $1{,}5\ °\mathrm{RP},$ calcule a indicação equivalente a $100\ °\mathrm{C}$ na escala Rio-pretense.

b) Considere que haja $1{,}0\ \mathrm{cm^3}$ de mercúrio no interior desse termômetro quando a temperatura é $0\ °\mathrm{C},$ que a área da seção transversal do capilar do termômetro seja $1{,}2\times10^{-3}\ \mathrm{cm^2}$ e que o coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio seja $1{,}8\times10^{-4}\ °\mathrm{C}^{-1}.$ Calcule a variação do volume do mercúrio, em $\mathrm{cm^3},$ entre $0\ °\mathrm{C}$ e $20\ °\mathrm{C}.$ Calcule a distância, em centímetros, entre as indicações $0\ °\mathrm{C}$ e $20\ °\mathrm{C}$ nesse termômetro, desprezando a dilatação do vidro.

15. (Pucpr 2017) Considere um recipiente de vidro com certo volume de mercúrio, ambos em equilíbrio térmico numa dada temperatura $\theta_0,$ conforme mostra a figura a seguir.

O conjunto, recipiente de vidro e mercúrio, é colocado num forno à temperatura $\theta,$ com $\theta > \theta_0.$

Sejam os coeficientes de dilatação volumétrica do vidro e do mercúrio iguais, respectivamente, a $1{,}2\cdot10^{-5}\,°\mathrm{C}^{-1}$ e $1{,}8\cdot10^{-4}\,°\mathrm{C}^{-1}.$



De quantas vezes o volume do recipiente deve ser maior que o volume inicial de mercúrio, para que o volume vazio do recipiente permaneça constante a qualquer temperatura?

a) 11.
b) 12.
c) 13.
d) 14.
e) 15.

16. (Unesp) É largamente difundida a ideia de que a possível elevação do nível dos oceanos ocorreria devido ao derretimento das grandes geleiras, como consequência do aquecimento global. No entanto, deveríamos considerar outra hipótese, que poderia também contribuir para a elevação do nível dos oceanos. Trata-se da expansão térmica da água devido ao aumento da temperatura. Para se obter uma estimativa desse efeito, considere que o coeficiente de expansão volumétrica da água salgada à temperatura de $20\ °C$ seja $2{,}0 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$. Colocando água do mar em um tanque cilíndrico, com a parte superior aberta, e considerando que a variação de temperatura seja $4\ °C$, qual seria a elevação do nível da água se o nível inicial no tanque era de $20\ m$? Considere que o tanque não tenha sofrido qualquer tipo de expansão.

17. (Ufop 2010) Um recipiente, cujo volume é exatamente 1.000 cm^3, à temperatura de 20 °C, está completamente cheio de glicerina a essa temperatura. Quando o conjunto é aquecido até 100 ºC, são entornados 38,0 cm^3 de glicerina.

Dado: coeficiente de dilatação volumétrico da glicerina = 0,5 x 10^{-3} ºC-1.

Calcule:
a) a dilatação real da glicerina;
b) a dilatação do frasco;
c) o valor do coeficiente de dilatação volumétrica do recipiente.

Gabarito:

Resposta da questão 1:
[B]

Da equação de conversão entre as escalas Celsius e Kelvin:

$$T_K = T_C + 273 \Rightarrow T_K = -184 + 273 \Rightarrow \boxed{T_K = 89K.}$$

Resposta da questão 2:
[A]

Resposta da questão 3:
[E]

Como a temperatura varia linearmente com a altura da coluna líquida, podemos escrever:

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\Delta h}{h_0} \Rightarrow \frac{15-10}{25-5} = \frac{20-10}{h-5} \Rightarrow \frac{5}{20} = \frac{10}{h-5} \Rightarrow 5(h-5) = 200 \Rightarrow h = 45 \text{ mm}.$$

Resposta da questão 4:
a) Aplicando a equação de Clayperon, obtemos:

$$PV = nRT$$
$$500V = 1 \cdot 8{,}3 \cdot (-23 + 273)$$
$$V = \frac{2075}{500}$$
$$\therefore V = 4{,}15 \text{ m}^3$$

b) Pela fórmula de dilatação superficial, chegamos a:

$$\Delta S = S_0 \beta \Delta\theta = (8 \cdot 13) \cdot \left(2 \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-5}\right) \cdot (-23 - 27)$$
$$\therefore \Delta S \cong -0{,}23 \text{ cm}^2$$

Resposta da questão 5:
a) A dilatação volumétrica é dada por:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma_{Fe} \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta V = V_0 \cdot 3\alpha_{Fe} \cdot \Delta T$$

Então:

$$\Delta V = 8{,}0 \times 10^2 \text{ cm}^3 \cdot 3 \cdot 1{,}2 \times 10^{-5} \text{ °C}^{-1} \cdot (100 - 0)\text{°C} \therefore \boxed{\Delta V = 2{,}88 \text{ cm}^3}$$

b) O diâmetro final de cada cilindro após a dilatação é dado por:

$$d = d_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Para o cobre:

$$d_{Cu} = d_0 (1 + \alpha_{Cu} \cdot \Delta T)$$

Para o ferro:

$$d_{Fe} = d_0 (1 + \alpha_{Fe} \cdot \Delta T)$$

Como a diferença entre os diâmetros foi dada:

$$d_{Cu} - d_{Fe} = d_0 \left(1 + \alpha_{Cu} \cdot \Delta T\right) - d_0 \left(1 + \alpha_{Fe} \cdot \Delta T\right)$$
$$d_{Cu} - d_{Fe} = d_0 \left[\left(1 + \alpha_{Cu} \cdot \Delta T\right) - \left(1 + \alpha_{Fe} \cdot \Delta T\right)\right]$$
$$\frac{d_{Cu} - d_{Fe}}{d_0} = \alpha_{Cu} \cdot \Delta T - \alpha_{Fe} \cdot \Delta T$$
$$\frac{d_{Cu} - d_{Fe}}{d_0} = \Delta T\left(\alpha_{Cu} - \alpha_{Fe}\right) \Rightarrow \Delta T = \frac{d_{Cu} - d_{Fe}}{d_0\left(\alpha_{Cu} - \alpha_{Fe}\right)}$$

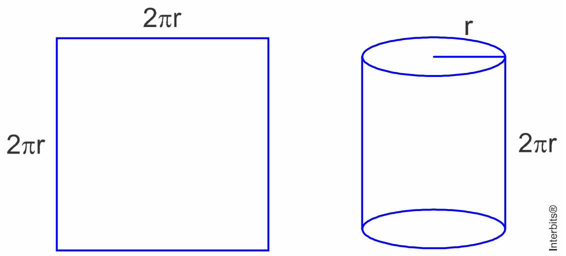
Assim:

$$\Delta T = \frac{2{,}0 \times 10^{-3}\ \text{cm}}{10\ \text{cm}\left(1{,}7 \times 10^{-5}\ °C^{-1} - 1{,}2 \times 10^{-5}\ °C^{-1}\right)} \therefore \boxed{\Delta T = 40\ °C}$$

Resposta da questão 6:
[C]

Resposta da questão 7:
[C]

Resposta da questão 8:
[B]



$18\ L = 18\ dm^3$ e $72\ mm^2 = 72 \cdot 10^{-4}\ dm^2$

$\pi \cdot r^2 \cdot 2\pi \cdot r = 18$ (fazendo $\pi = 3$)

$18\ r^3 = 18 \Leftrightarrow r = 1\ dm$

Logo, a área do quadrado é $36\ dm^2$.

$\Delta A = A_i \cdot 2\alpha\Delta t$, onde α é o coeficiente de dilatação linear.

$72 \cdot 10^{-4} = 36 \cdot 2\alpha \cdot 40 \Leftrightarrow \alpha = 2{,}5 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$.

Resposta da questão 9:

Dados: $\ell_{0_A} = 3\ell_{0_B}$; $A_0 = 75\ cm^2$; $\Delta T = 320 - 20 = 300\ °C$; $\alpha_B = 9\alpha_A \Rightarrow \alpha_A = \frac{\alpha_B}{9}$ (o material das hastes menores tem que ter maior coeficiente de dilatação que o das maiores, para que elas atinjam o mesmo comprimento que essas.)

Quando a figura se transforma num quadrado, as hastes atingem o mesmo comprimento. Lembrando a expressão da dilatação linear: $\ell = \ell_0(1 + \alpha\Delta T)$, vem:

$\ell_A = \ell_B \Rightarrow$

$\ell_{0_A}(1 + \alpha_A\Delta T) = \ell_{0_B}(1 + \alpha_B\Delta T)$.

Substituindo os dados:

$$3\ell_{0_B}\left(1 + \frac{\alpha_B}{9}300\right) = \ell_{0_B}(1 + \alpha_B 300).$$

Cancelando ℓ_{0_B} em ambos os membros e aplicando a distributiva, temos:

$$3 + 100\alpha_B = 1 + 300\alpha_B \Rightarrow 200\alpha_B = 2 \Rightarrow \alpha_B = \frac{2}{200} \Rightarrow$$

$$\alpha_B = 1 \times 10^{-2} \text{ °C}^{-1}$$

Comentários:
- a informação da área inicial do retângulo foi desnecessária;
- não há em tabela alguma material sólido que tenha coeficiente de dilatação linear tão alto.

Resposta da questão 10:
[B]

Para a dilatação linear, temos que:
$\Delta L = L_0 \alpha \Delta\theta$

E para a dilatação linear aparente:
$\alpha_{ap} = \alpha_{haste} - \alpha_{régua}$

Logo:

$$\frac{\Delta L_{ap}}{L_0 \Delta\theta} = \alpha_{haste} - \alpha_{régua}$$

$$\frac{0{,}006}{1 \cdot 300} = \alpha_{haste} - 9 \cdot 10^{-6}$$

$$2 \cdot 10^{-5} = \alpha_{haste} - 0{,}9 \cdot 10^{-5}$$

$$\therefore \alpha_{haste} = 2{,}9 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$$

Resposta da questão 11:
[E]

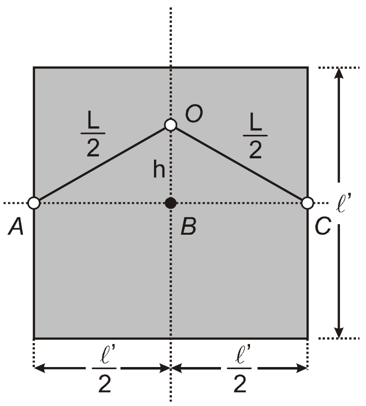


Fig 1

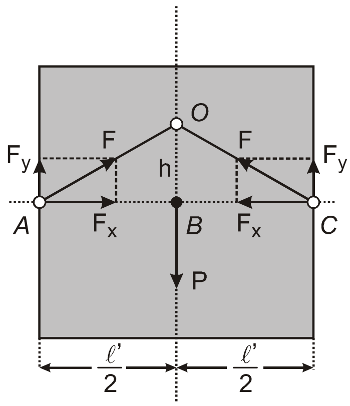


Fig 2

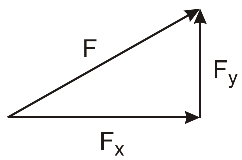


Fig 3

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:

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

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

Na Fig 2, como o quadro está em equilíbrio, a resultante das forças é nula. Assim:
$2\,F_y = P \Rightarrow 2\,F_y = m\,g \Rightarrow$

$F_y = \frac{mg}{2}$. (equação 2)

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

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

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

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

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

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

$L^2\left(4F^2 - m^2g^2\right) = 4F^2(\ell')^2$. (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 12:

a) Considerando que o valor dado para a densidade da glicerina, 1,26 g/cm³ seja a 20 °C, a massa de glicerina é, então:

$m = \rho V = 1{,}26 \times 200 \Rightarrow \boxed{m = 252\,g}$

A quantidade de calor sensível absorvida é:

$Q = m\,c\,\Delta T = 252 \cdot 0{,}6 \cdot (70 - 20) \Rightarrow \boxed{Q = 7.560\,cal}$

b) Dilatação volumétrica da glicerina:

$\Delta V_g = (V_0\,\gamma\,\Delta T)_g = 200 \cdot 5 \times 10^{-4} \cdot (70 - 20) \Rightarrow \boxed{\Delta V_g = 5\,cm^3}$

O volume da região não ocupada é:

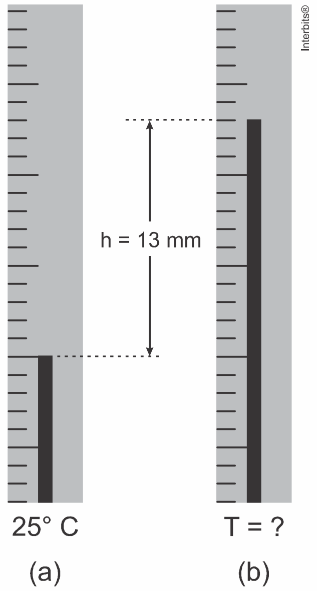
$V = (V_{0r} + \Delta V_r) - (V_{0g} + \Delta V_g) = (250 + 0{,}3) - (200 + 5) = 250{,}3 - 205 \Rightarrow$

$\boxed{V = 45{,}3\,cm^3}$

Resposta da questão 13:

a) Dados: $V_0 = 20\ mm^3$; $T_0 = 25\ °C$; $A = 5{,}0 \times 10^{-2}\ mm^2$; $\gamma = 1{,}25 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$; $\dfrac{\Delta V}{V_0} = \gamma\ \Delta T.$

A figura mostra a variação sofrida pela altura da coluna de mercúrio: $h = 13\ mm.$



Substituindo os valores na expressão dada:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \Delta T \Rightarrow \frac{A\,h}{\gamma\,V_0} = T - T_0 \Rightarrow T = T_0 + \frac{A\,h}{\gamma\,V_0} = 25 + \frac{5 \times 10^{-2} \times 13}{1{,}25 \times 10^{-3} \times 20} = 25 + 26 \Rightarrow$$

$$\boxed{T = 51\,°C.}$$

b) Dados: $\Phi = 4\,\sigma\,T_0^3\ \Delta T$; $\sigma \cong 6 \times 10^{-8}\ W/m^2K^4$; $\Phi = 64{,}8\ W/m^2$, $T_0 = 300\ K = 3 \times 10^2\ K.$

Substituindo valores na expressão dada calcula-se a temperatura em kelvins:

$$\Phi = 4\,\sigma\,T_0^3\ \Delta T \Rightarrow T - T_0 = \frac{\Phi}{4\,\sigma\,T_0^3} \Rightarrow T = \frac{\Phi}{4\,\sigma\,T_0^3} + T_0 = \frac{64{,}8}{4 \times 6 \times 10^{-8} \times \left(3 \times 10^2\right)^3} + 300 \Rightarrow$$

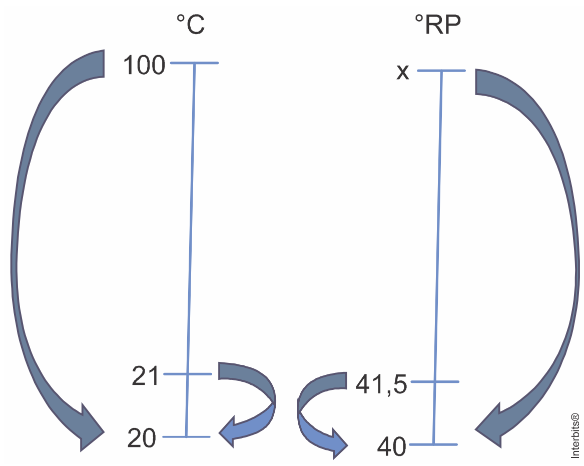
$$\Rightarrow T = 10 + 300 \Rightarrow \underline{T = 310\ K.}$$

Passando para a escala Celsius:

$$T = 310 - 273 \Rightarrow \boxed{T = 37\ °C.}$$

Resposta da questão 14:

a) De acordo com as informações fornecidas, podemos construir uma relação entre as escalas termométricas utilizando uma interpolação linear.



$$\frac{100-20}{21-20} = \frac{x-40}{41{,}5-40}$$
$$\frac{80}{1} = \frac{x-40}{1{,}5}$$
$$80 \times 1{,}5 = x - 40 \Rightarrow x = 120 + 40 \therefore \boxed{x = 160\ °RP}$$

b) A variação do volume do mercúrio representa a dilatação volumétrica, em cm^3, assim:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$
$$\Delta V = 1{,}0\ cm^3 \cdot 1{,}8 \times 10^{-4}\ °C^{-1} \cdot (20 - 0)\ °C$$
$$\therefore \boxed{\Delta V = 3{,}6 \times 10^{-3}\ cm^3}$$

Para essa variação de volume, a altura de coluna de mercúrio será dada por:

$$\Delta V = A_{st} \cdot h$$
$$h = \frac{\Delta V}{A_{st}} = \frac{3{,}6 \times 10^{-3}\ cm^3}{1{,}2 \times 10^{-3}\ cm^2}$$
$$\therefore \boxed{h = 3\ cm}$$

Resposta da questão 15:
[E]

As equações que representam as dilatações volumétricas do vidro e do mercúrio são:

$$\Delta V_{vidro} = V_{0,vidro} \cdot \alpha_{vidro} \cdot \Delta T \quad (1)$$
$$\Delta V_{Hg} = V_{0,Hg} \cdot \alpha_{Hg} \cdot \Delta T \quad (2)$$

As dilatações volumétricas tanto do vidro como do mercúrio devem ser iguais para permanecer o volume de vazios constantes, portanto:

$$\Delta V_{vidro} = \Delta V_{Hg} \quad (3)$$

Igualando as duas equações e simplificando as variações de temperatura:

$$V_{0,vidro} \cdot \alpha_{vidro} \cdot \cancel{\Delta T} = V_{0,Hg} \cdot \alpha_{Hg} \cdot \cancel{\Delta T} \quad (4)$$

Fazendo a razão entre os volumes iniciais e substituindo os coeficientes de dilatação volumétrica para cada material, temos:

$$\frac{V_{0,vidro}}{V_{0,Hg}} = \frac{\alpha_{Hg}}{\alpha_{vidro}} \quad (5)$$

$$\frac{V_{0,vidro}}{V_{0,Hg}} = \frac{1{,}8 \cdot 10^{-4}\ °C^{-1}}{1{,}2 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}} \Rightarrow \frac{V_{0,vidro}}{V_{0,Hg}} = 15$$

Resposta da questão 16:

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = 2 \cdot 10^{-4} \cdot (S \cdot 20) \cdot 4$$

$$S \cdot \Delta h = 160 \cdot S \cdot 10^{-4}$$

$$\Delta h = 16 \cdot 10^{-3} = 1{,}6 \cdot 10^{-2}\ m = 1{,}6\ cm$$

Resposta da questão 17:

a) Dados: $\mathbf{V_0}$ = 1.000 cm^3; $\mathbf{\Delta T}$ = 100 – 20 = 80 °C; $\gamma_{\mathbf{G}}$ = 0,5 $\times$ 10^{-3} °C^{-1}.

A dilatação real da glicerina é:

$\Delta V_G = V_0\, \gamma_G\, \Delta T$ = 1.000(0,5$\times$10^{-3}) (80) $\Rightarrow$
ΔV_G = 40 cm^3.

b) Dado: $\mathbf{\Delta V_{ap}}$ = 38 cm^3.
O volume de glicerina extravasado corresponde à dilatação aparente ($\mathbf{\Delta V_{ap}}$) da glicerina. A dilatação do frasco ($\mathbf{\Delta V_F}$) corresponde à diferença entre a dilatação real e a aparente.

$\Delta V_F = \Delta V_G - \Delta V_{ap}$ = 40 – 38 $\Rightarrow$
ΔV_F = 2 cm^3.

c) Calculando a o coeficiente de dilatação volumétrica do recipiente (frasco):

$$\Delta V_F = V_0\ \gamma_F\ \Delta T \quad \Rightarrow \quad \gamma_F = \frac{\Delta V_F}{V_0\ \Delta T} = \frac{2}{1.000\ (80)} \quad \Rightarrow$$

ΔV_F = 2,5 x 10^{-5} °C^{-1}.