

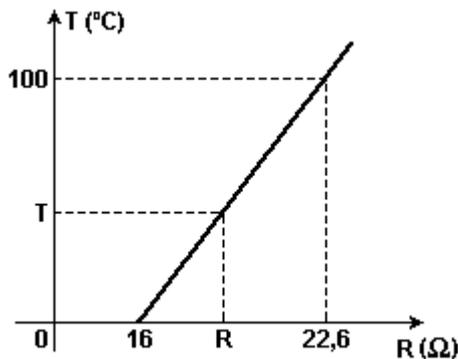
TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

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.

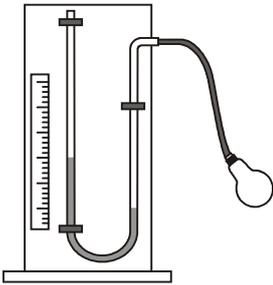
2. (Unesp 2006) Um estudante desenvolve um termômetro para ser utilizado especificamente em seus trabalhos de laboratório. Sua ideia é medir a temperatura de um meio fazendo a leitura da resistência elétrica de um resistor, um fio de cobre, por exemplo, quando em equilíbrio térmico com esse meio. Assim, 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) $T = \frac{100 \times (R - 16)}{6,6}$
- b) $T = \frac{100 \times 6,6}{R - 16}$
- c) $T = \frac{R - 6,6}{6,6 \times 100}$
- d) $T = \frac{100 \times (R - 16)}{16}$
- e) $T = \frac{100 \times (R - 6,6)}{16}$

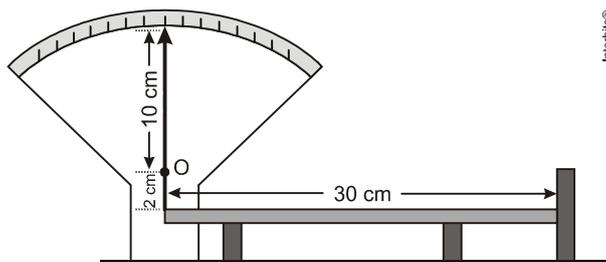
3. (Unesp 2010) Um termoscópio é um dispositivo experimental, como o mostrado na figura, capaz de indicar a temperatura a partir da variação da altura da coluna de um líquido que existe dentro dele. Um aluno verificou que, quando a temperatura na qual o termoscópio estava submetido era de 10 °C, ele 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. (Fuvest 2012)



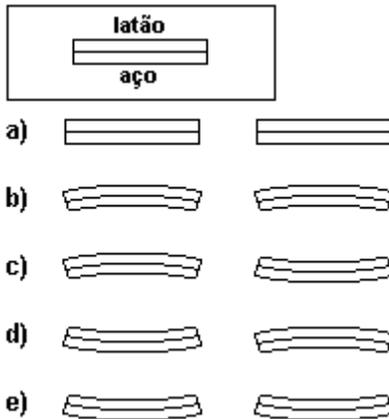
Para ilustrar a dilatação dos corpos, um grupo de estudantes apresenta, em uma feira de ciências, o instrumento esquematizado na figura acima. Nessa montagem, uma barra de alumínio com 30cm de comprimento está apoiada sobre dois suportes, tendo uma extremidade presa ao ponto inferior do ponteiro indicador e a outra encostada num anteparo fixo. O ponteiro pode girar livremente em torno do ponto O, sendo que o comprimento de sua parte superior é 10cm e, o da inferior, 2cm. Se a barra de alumínio, inicialmente à temperatura de 25 °C, for aquecida a 225 °C, o deslocamento da extremidade superior do ponteiro será, aproximadamente, de

Note e adote: Coeficiente de dilatação linear do alumínio: $2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- a) 1 mm.
- b) 3 mm.
- c) 6 mm.
- d) 12 mm.
- e) 30 mm.

5. (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



6. (Uece 2010) Um ferreiro deseja colocar um anel de aço ao redor de uma roda de madeira de 1,200 m de diâmetro. O diâmetro interno do anel de aço é 1,198 m. Sem o anel ambos estão inicialmente à temperatura ambiente de 28 °C. A que temperatura é necessário aquecer o anel de aço para que ele encaixe exatamente na roda de madeira?

(OBS.: Use $\alpha = 1,1 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ para o aço).

- a) 180 °C.
- b) 190 °C.
- c) 290 °C.
- d) 480 °C.

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 $9,8 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, devem ser colocados em furos circulares de uma chapa de outro metal, de coeficiente de dilatação linear $2,0 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Considere que, à temperatura ambiente (27 °C), a área transversal de cada rebite é 1,00 cm² e a de cada furo, 0,99 cm². 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. (Unifesp) Uma esfera de aço de massa $m = 0,20 \text{ kg}$ a 200 °C é colocada sobre um bloco de gelo a 0 °C, e ambos são encerrados em um recipiente termicamente isolado.

Depois de algum tempo, verifica-se que parte do gelo se fundiu e o sistema atinge o equilíbrio térmico.

Dados:

coeficiente de dilatação linear do aço: $\alpha = 11 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$;

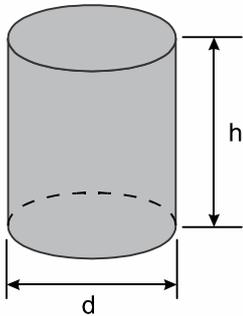
calor específico do aço: $c = 450 \text{ J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$;

calor latente de fusão do gelo: $L = 3,3 \times 10^5 \text{ J}/\text{kg}$.

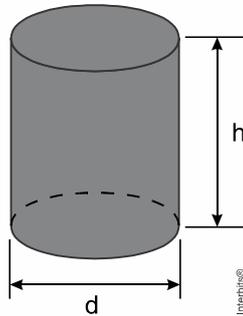
Qual a redução percentual do volume da esfera em relação ao seu volume inicial?

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

Cilindro de cobre

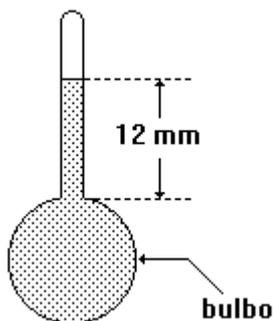


Cilindro de ferro



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

10. (Fuvest) Um termômetro especial, de líquido dentro de um recipiente de vidro, é constituído de um bulbo de 1 cm^3 e um tubo com secção transversal de 1 mm^2 . À temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, o líquido preenche completamente o bulbo até a base do tubo. À temperatura de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ o líquido preenche o tubo até uma altura de 12 mm . Considere desprezíveis os efeitos da dilatação do vidro e da pressão do gás acima da coluna do líquido. Podemos afirmar que o coeficiente de dilatação volumétrica médio do líquido vale:



- a) $3 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
 b) $4 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
 c) $12 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
 d) $20 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
 e) $36 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

11. (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 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ seja $2,0 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Colocando água do mar em um tanque cilíndrico, com a parte superior aberta, e considerando que a variação de temperatura seja $4 \text{ }^\circ\text{C}$, 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.

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

- 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, $1,26 \text{ g/cm}^3$ e $0,60 \text{ cal/(g}\cdot^\circ\text{C)}$.
- 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 $70 \text{ }^\circ\text{C}$, considerando que, devido ao aquecimento, o recipiente tenha se dilatado $0,30 \text{ cm}^3$ e que o coeficiente de dilatação volumétrica da glicerina seja igual a $5,0 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

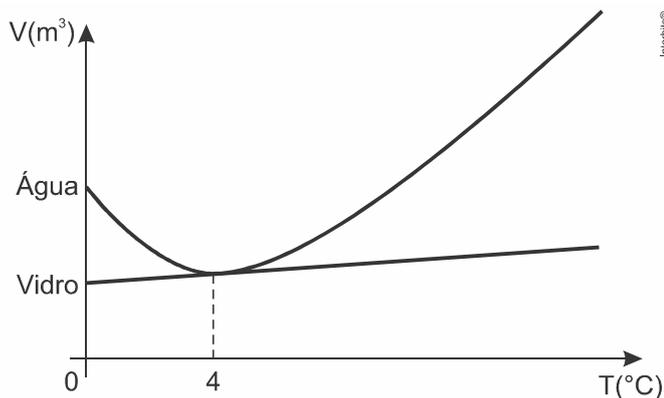
13. (Ufop 2010) Um recipiente, cujo volume é exatamente 1.000 cm^3 , à temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, está completamente cheio de glicerina a essa temperatura. Quando o conjunto é aquecido até $100 \text{ }^\circ\text{C}$, são entornados $38,0 \text{ cm}^3$ de glicerina.

Dado: coeficiente de dilatação volumétrica da glicerina = $0,5 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Calcule:

- a dilatação real da glicerina;
- a dilatação do frasco;
- o valor do coeficiente de dilatação volumétrica do recipiente.

14. (G1 - ifsul 2019) Um copo de vidro de 50 g de massa possui 100 g de água que o preenche até a "boca". O sistema encontra-se inicialmente em equilíbrio térmico a uma temperatura de $4 \text{ }^\circ\text{C}$. O gráfico mostra como se comporta o volume do vidro e da água em função da temperatura.



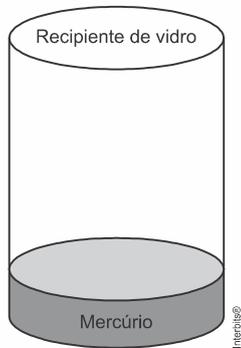
De acordo com o comportamento anômalo da água ou analisando o gráfico concluímos que o nível de água no copo irá

- diminuir, se a temperatura do sistema diminuir.
- diminuir, independentemente de a temperatura do sistema aumentar ou diminuir.
- transbordar, independentemente de a temperatura do sistema aumentar ou diminuir.
- transbordar, somente se a temperatura do sistema aumentar.

15. (Pucpr 2017) Considere um recipiente de vidro com certo volume de mercúrio, ambos em equilíbrio térmico numa dada temperatura θ_0 , conforme mostra a figura a seguir.

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

Sejam os coeficientes de dilatação volumétrica do vidro e do mercúrio iguais, respectivamente, a $1,2 \cdot 10^{-5} \text{C}^{-1}$ e $1,8 \cdot 10^{-4} \text{C}^{-1}$.



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.

Gabarito:**Resposta da questão 1:**

[B]

Da equação de conversão entre as escalas Celsius e Kelvin:

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

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:

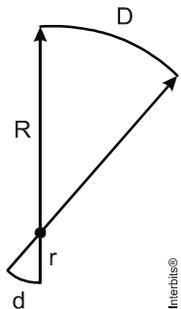
[C]

Dados: $L_0 = 30 \text{ cm}$; $\alpha = 2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $\theta_0 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\theta = 225 \text{ } ^\circ\text{C}$; $R = 10 \text{ cm}$; $r = 2 \text{ cm}$.

Calculando a dilatação (d) da barra:

$$d = L_0 \alpha \Delta \theta = 30 \times 2 \times 10^{-5} \times (225 - 25) \Rightarrow d = 0,12 \text{ cm} \Rightarrow d = 1,2 \text{ mm}.$$

Pela figura abaixo, vemos que o deslocamento da extremidade superior (D) é diretamente proporcional ao da extremidade inferior (d).



$$\frac{D}{d} = \frac{R}{r} \Rightarrow \frac{D}{1,2} = \frac{10}{2} \Rightarrow D = \frac{12}{2} \Rightarrow D = 6 \text{ mm}.$$

Resposta da questão 5:

[C]

Resposta da questão 6:

[A]

Dados: $D_0 = 1,198 \text{ m} = 1.198 \text{ mm}$; $D = 1,200 \text{ m} = 1.200 \text{ mm}$; $T_0 = 28 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\alpha_{\text{aço}} = 1,1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

A dilatação no diâmetro da roda deve ser:

$$\Delta D = D - D_0 = 1.200 - 1.198 = 2 \text{ mm}.$$

Aplicando a expressão da dilatação linear:

$$\Delta D = D_0 \alpha_{\text{aço}} (T - T_0) \Rightarrow T - T_0 = \frac{\Delta D}{D_0 \alpha_{\text{aço}}} \Rightarrow T - 28 = \frac{2}{1.198(1,1 \times 10^{-5})} \Rightarrow T - 28 = 151,77 \Rightarrow T \cong 180 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Resposta da questão 7:

[C]

Resposta da questão 8:

$$a) \Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta \rightarrow \Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta \theta$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = 3 \times 11 \times 10^{-6} \times 200 = 0,066 \rightarrow \frac{\Delta V}{V_0} = 6,6\%$$

Resposta da questão 9:

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:

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

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:

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

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

$$\frac{d_{Cu} - d_{Fe}}{d_0} = \alpha_{Cu} \cdot \Delta T - \alpha_{Fe} \cdot \Delta T$$

$$\frac{d_{Cu} - d_{Fe}}{d_0} = \Delta T (\alpha_{Cu} - \alpha_{Fe}) \Rightarrow \Delta T = \frac{d_{Cu} - d_{Fe}}{d_0 (\alpha_{Cu} - \alpha_{Fe})}$$

Assim:

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

Resposta da questão 10:

[B]

Resposta da questão 11:

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

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

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

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

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:

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

A quantidade de calor sensível absorvida é:

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

b) Dilatação volumétrica da glicerina:

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

O volume da região não ocupada é:

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

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

Resposta da questão 13:

a) Dados: $V_0 = 1.000 \text{ cm}^3$; $\Delta T = 100 - 20 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$; $\gamma_G = 0,5 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

A dilatação real da glicerina é:

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

$$\Delta V_G = 40 \text{ cm}^3.$$

b) Dado: $\Delta V_{ap} = 38 \text{ cm}^3$.

O volume de glicerina extravasado corresponde à dilatação aparente (ΔV_{ap}) da glicerina. A dilatação do frasco (ΔV_F) corresponde à diferença entre a dilatação real e a aparente.

$$\Delta V_F = \Delta V_G - \Delta V_{ap} = 40 - 38 \Rightarrow$$

$$\Delta V_F = 2 \text{ cm}^3.$$

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

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

$$\Delta V_F = 2,5 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}.$$

Resposta da questão 14:

[C]

De acordo com o gráfico, a $4 \text{ }^\circ\text{C}$, temos o menor volume para a água na pressão normal. Assim, ao aumentarmos a temperatura a água também dilata, provocando o transbordamento do copo e ao diminuirmos a temperatura, temos o comportamento anômalo da água, pois ela também dilata aumentando o seu volume e transbordando. Alternativa correta [C].

Resposta da questão 15:

[E]

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

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

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

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

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

Igualando as duas equações e simplificando as variações de temperatura:

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

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

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

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