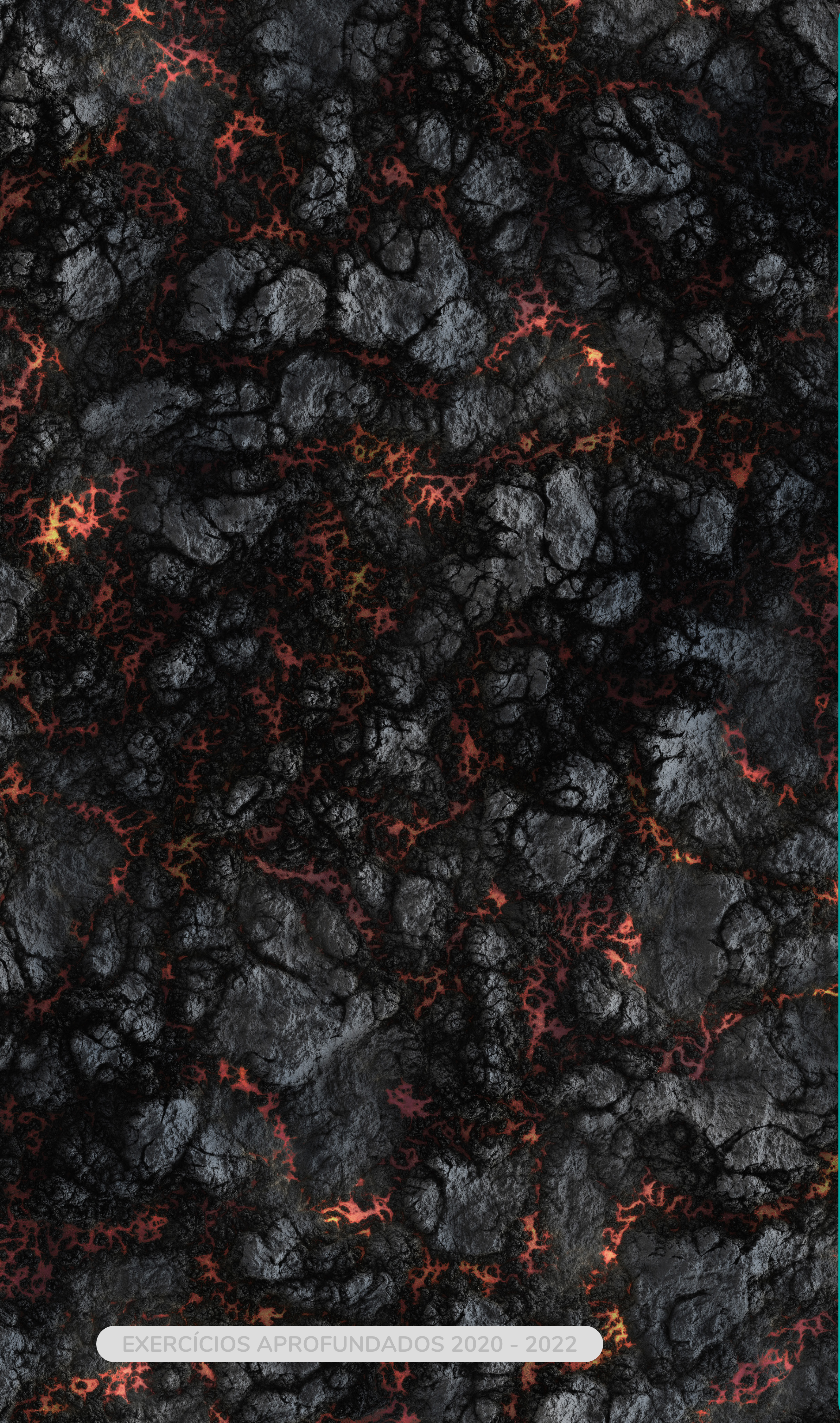


TERMOLOGIA

EXERCÍCIOS APROFUNDADOS 2020 - 2022

TERMOLOGIA

Aprenda de vez a diferenciar os conceitos de calor, temperatura e energia térmica, saiba como realizar cálculos com essas grandezas, aplique-as no estudo de gases e conheça as leis da termodinâmica.

Esta subárea é composta pelos módulos:

DILATAÇÃO DE SÓLIDOS E LÍQUIDOS

1. (UERJ 2016) Fenda na Ponte Rio-Niterói é uma junta de dilatação, diz CCR

De acordo com a CCR, no trecho sobre a Baía de Guanabara, as fendas existem a cada 400 metros, com cerca de 13 cm de abertura.

oglobo.com, 10/04/2014.

a. Admita que o material dos blocos que constituem a Ponte Rio-Niterói seja o concreto, cujo coeficiente de dilatação linear é igual a $1 \times 10^{-5}\ °C^{-1}$.

b. Determine a variação necessária de temperatura para que as duas bordas de uma das fendas citadas na reportagem se unam.

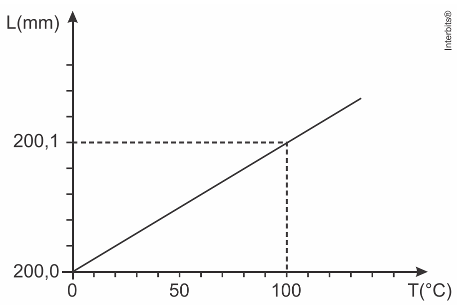
____

____

____

____

2. (UFJF 2015) O gráfico abaixo mostra o comprimento de um bastão feito de um material desconhecido em função da temperatura. A 0°C o comprimento inicial do bastão é 200 mm. A tabela ao lado mostra os coeficientes de dilatação linear de alguns materiais.



Material	Coeficiente de dilatação linear (em $°C^{-1}$)
Latão	20×10^{-6}
Vidro comum	8×10^{-6}
Vidro pirex	5×10^{-6}
Porcelana	3×10^{-6}
Concreto	12×10^{-6}

Com base nesses dados, responda o que se pede.

a. De que material o bastão é feito? Justifique sua resposta com cálculos.

b. Qual é o comprimento do bastão a uma temperatura de 210°C?

____

____

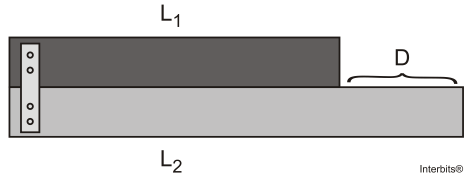
____

____

3. (UFBA 2011) Impossibilitados de medir a longitude em que se encontravam, os navegadores que tomaram parte nas grandes explorações marítimas se viam literalmente perdidos no mar tão logo perdessem contato visual com a terra. Milhares de vidas e a crescente riqueza das nações dependiam de uma solução. (SOBEL, 1997).

A determinação da longitude ao longo de viagens marítimas é feita pela comparação entre a hora local e a hora no porto de origem. Portanto, é necessário que se tenha, no navio, um relógio que seja ajustado antes de zarpar e marque, precisamente, ao longo de toda a viagem, a hora do porto de origem. Os relógios de pêndulo daquela época não serviam a esse propósito, pois o seu funcionamento sofria influência de muitos fatores, inclusive das variações de temperatura, devido à dilatação e à contração da haste do pêndulo.

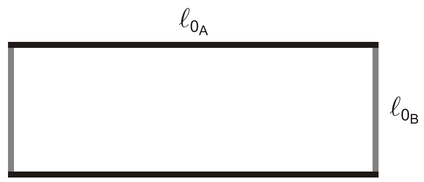
A longitude pôde finalmente ser determinada através de um relógio, no qual o problema das variações de temperatura foi resolvido com a utilização de tiras de comprimentos diferentes feitas de materiais de coeficientes de dilatação diferentes.



Com base nesse mesmo princípio físico, considere um conjunto formado por duas barras de comprimento $L_1 = 10{,}0$ cm e $L_2 = 15{,}0$ cm fixadas em uma das extremidades, inicialmente submetido à temperatura To. Supondo que o conjunto tenha sua temperatura aumentada para $T = T_o + \Delta T$, determine a relação entre os coeficientes de dilatação linear, α_1 e α_2, das barras, para a qual a distância $D = 5{,}0$ cm não se altera com a variação de temperatura.

4. (UFC 2010) Um triângulo retângulo isósceles é montado com arames de materiais distintos, de modo que nos catetos o material possui coeficiente de dilatação térmica linear $A\sqrt{2}$ °C^{-1}, enquanto na hipotenusa o material possui coeficiente de dilatação térmica linear $A / \sqrt{2}$ °C^{-1}. Determine a variação de temperatura para que o triângulo torne-se equilátero.

5. (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 cm^2 à temperatura de 20 °C;
- a razão entre os comprimentos l_{0A} e l_{0B} é igual a 3;
- as hastes de comprimento l_{0A} são constituídas de um mesmo material, e as hastes de comprimento l_{0B} 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°C, calcule, em °C^{-1} o valor do coeficiente de dilatação linear do material que constitui as hastes menores.

6. (UFBA 2010) Houve apenas um jogo do basquetebol de alta tecnologia. A ideia, que parecia promissora e que exigiu enormes investimentos, foi logo abandonada. Superatletas foram criados utilizando técnicas de melhoramentos genéticos em células embrionárias dos melhores jogadores e jogadoras de todos os tempos. A bola, confeccionada com um material isolante térmico de altíssima qualidade, era uma esfera perfeita. Os aros das cestas, círculos perfeitos, foram feitos de uma liga metálica, resultado de longa pesquisa de novos materiais.

O ginásio de esportes foi reformulado para o evento, com um sistema de climatização ambiental para assegurar que a temperatura se mantivesse constante em 20 °C. A plateia era majoritariamente composta por torcedores do time local, entre os quais foram reconhecidos cientistas premiados e representantes de empresas de alta tecnologia.

O jogo estava nos cinco minutos finais empatado. Aconteceu, então, um grande movimento na plateia. De um lado, os torcedores pedem alimentos e bebidas quentes e iluminam a cesta com lanternas infravermelhas. Do outro, da cesta do time local, todos querem sorvetes e bebidas geladas. Usou-se de todos os meios possíveis, inclusive alterando o sistema de climatização, para aquecer a região em torno da cesta do time visitante e esfriar a do time local. Dois torcedores, representantes da tecnociência, colocados atrás das cestas conversavam ao telefone: — Aqui está 19 °C e aí? — Aqui está 21 °C, vencemos! Terminado o jogo, o técnico do time visitante desabafou: — Sujaram um bom jogo e mataram uma boa ideia.

Explique, qualitativa e quantitativamente, por que os dois torcedores tinham certeza de ter vencido e comente as opiniões do técnico visitante, considerando que o diâmetro da bola e dos aros são iguais, respectivamente, a 230,0 mm e a 230,1 mm e que o coeficiente de dilatação linear dos aros é $4{,}8 \cdot 10^{-4}$ °C^{-1}.

7. (UFG 2010) Deseja-se acoplar um eixo cilíndrico a uma roda com um orifício circular. Entretanto, como a área da seção transversal do eixo é 2,0 % maior que a do orifício, decide-se resfriar o eixo e aquecer a roda. O eixo e a roda estão inicialmente à temperatura de 30 °C. Resfriando-se o eixo para -20 °C, calcule o acréscimo mínimo de temperatura da roda para que seja possível fazer o acoplamento. O eixo e a roda são de alumínio, que tem coeficiente de dilatação superficial de $5{,}0 \times 10^{-5}$ °C^{-1}.

8. (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 °C, são entornados 38,0 cm^3 de glicerina.

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

Calcule:

a. a dilatação real da glicerina;

b. a dilatação do frasco;

c. o valor do coeficiente de dilatação volumétrica do recipiente.

9. (UDESC 2009) A tabela a seguir apresenta os valores dos coeficientes de dilatação linear de alguns materiais.

Material	Coeficiente de dilatação linear $\{(°C)^{-1}\}$	Material	Coeficiente de dilatação Volumar $\{(°C)^{-1}\}$
Alumínio	24×10^{-6}	Álcool etílico	$1,12 \times 10^{-4}$
Cobre	17×10^{-6}	Gasolina	$9,6 \times 10^{-4}$
Aço	11×10^{-6}	Glicerina	$4,85 \times 10^{-4}$
Concreto	12×10^{-6}	Mercúrio	$1,82 \times 10^{-4}$

Com base nessa tabela, resolva as questões a seguir:

a. Em uma região, onde é normal ocorrerem grandes variações de temperatura, foi construída uma passarela de aço. À temperatura de 15 ˚C o comprimento da passarela é igual a 50 m. Qual a variação de comprimento dela, num dia em que a temperatura passa de 15 ˚C para 45 ˚C?

b. Uma carreta que transporta combustível foi carregada com 20 mil litros de gasolina em uma cidade do Sudeste do Brasil, num dia em que a temperatura era igual a 35 ˚C (mesma temperatura da gasolina). Qual a perda de volume, por efeito de contração térmica, que essa carga apresenta quando descarregada no Sul do Brasil, a uma temperatura de 10 ˚C?

c. Placas quadradas de concreto, com largura igual a 1,0 m, são utilizadas na construção de uma calçada para pedestres. Sabendo-se que essas chapas ficarão sujeitas a variações de temperatura que podem chegar a 50 ˚C, calcule a dimensão mínima das juntas de dilatação que devem ser deixadas entre uma placa de concreto e outra.

10. (UFG 2009) Por medida de economia e conservação da qualidade de alguns alimentos, um supermercado instalou um sistema de refrigeração que funciona da seguinte forma: ao atingir uma temperatura superior T_s, ele é ligado e, ao ser reduzida para uma temperatura inferior T_i, é desligado. Esse sistema, composto por um tudo cilíndrico fechado de área A_0 acoplado a um bulbo em sua parte inferior, é preenchido com mercúrio e tem dois contatos metálicos separados por uma distância h, conforme a figura. Desprezando a dilatação térmica do recipiente, calcule a temperatura T_s quando o sistema é ligado.

Dados:

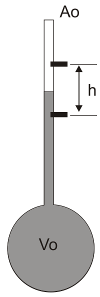
$T_i = 12$ °C

$A_0 = 1,0 \times 10^{-7}$ m²

$V_0 = 1,0 \times 10^{-5}$ m³

h = 6,0 cm

$\alpha_{Hg} = 40 \times 10^{-6}$ °C⁻¹



11. (UFRJ 2008) Um incêndio ocorreu no lado direito de um dos andares intermediários de um edifício construído com estrutura metálica, como ilustra a figura 1. Em consequência do incêndio, que ficou restrito ao lado direito, o edifício sofreu uma deformação, como ilustra a figura 2.

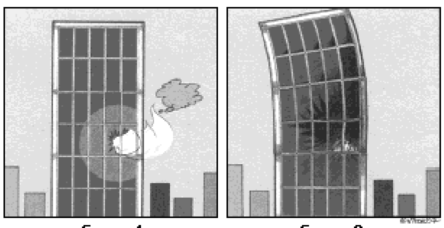


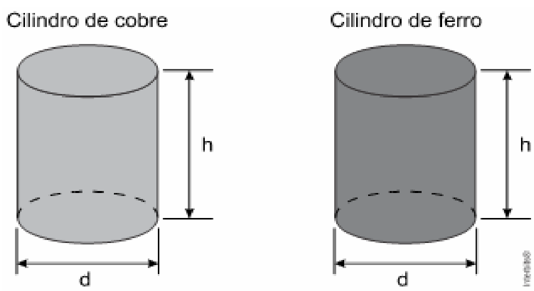
figura 1 figura 2

Com base em conhecimentos de termologia, explique por que o edifício entorta para a esquerda e não para a direita.

12. (UNESP 2007) 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.

13. (UFPR 2006) Uma taça de alumínio de 120 cm^3 contém 119 cm^3 de glicerina a 21°C. Considere o coeficiente de dilatação linear do alumínio como sendo de $2,3 \times 10^{-5}$ K^{-1} e o coeficiente de dilatação volumétrico da glicerina de $5,1 \times 10^{-4}$ K^{-1} Se a temperatura do sistema taça-glicerina for aumentada para 39°C a glicerina transbordará ou não? Em caso afirmativo, determine o volume transbordado; em caso negativo, determine o volume de glicerina que ainda caberia no interior da taça.

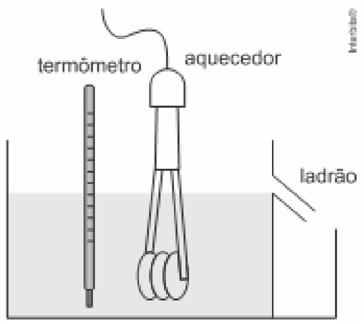
14. (FAMERP 2018) Dois cilindros retos idênticos, um de cobre (coeficiente de dilatação linear igual a $1,7 \times 10^{-5}$ °C^{-1}) e outro de ferro (coeficiente de dilatação linear igual a $1,2 \times 10^{-5}$ °C^{-1}), têm, a 0°C, volumes iguais a $8,0 \times 10^2$ cm^3 e diâmetros das bases iguais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



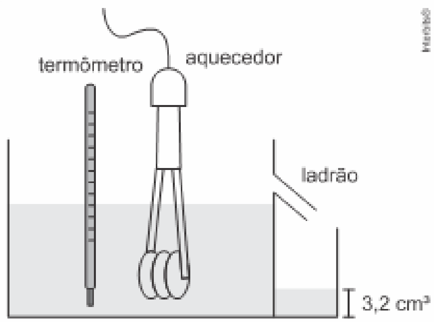
a. Determine o aumento do volume do cilindro de ferro, em cm^3 quando a temperatura varia de 0 °C para 100 °C.

b. A qual temperatura, em 0 °C, a diferença entre as medidas dos diâmetros dos dois cilindros será de $2,0 \times 10^{-3}$ cm?

15. (UERJ 2018) Para uma análise física, um laboratório utiliza um sistema composto por um termômetro, um aquecedor, um recipiente com ladrão e outro recipiente menor acoplado a este. O primeiro recipiente é preenchido até a altura do ladrão com 400 cm^3 de um determinado líquido, conforme ilustrado a seguir.



O sistema, mantido em temperatura ambiente de 25 °C, é então aquecido até 65 °C. Como em geral os líquidos se dilatam mais que os sólidos, verifica-se o extravasamento de parte do líquido, que fica armazenado no recipiente menor. Após o sistema voltar à temperatura inicial, o volume de líquido extravasado corresponde a 3,2 cm^3. Observe a ilustração:



Sabendo que o coeficiente de dilatação volumétrica do material que constitui o recipiente é igual 36×10^{-6} $°C^{-1}$, calcule o coeficiente de dilatação do líquido.

____
____
____

ANOTAÇÕES

GABARITO

1. Em uma dilatação linear a variação de comprimento é dada por:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \alpha}$$

Utilizando os dados fornecidos no enunciado, pode-se escrever:

$$\Delta\theta = \frac{0{,}13}{(400)\cdot\left(1\cdot 10^{-5}\right)}$$

$$\Delta\theta = 32{,}5\ °C$$

2.

a. Aplicando a expressão da dilatação linear para os dados mostrados no gráfico:

$$\Delta L = L_0\,\alpha\,\Delta T \;\Rightarrow\; \alpha = \frac{L_0}{L_0\,\Delta T} = \frac{200{,}1-200{,}0}{200(100-0)} = \frac{0{,}1}{2\times 10^4}$$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha = 5\times 10^{-6}\ °C^{-1}.}$$

Consultando a tabela, conclui-se que o bastão é de vidro pirex.

b. Aplicando novamente a expressão da dilatação linear:

$$\Delta L = L_0\,\alpha\,\Delta T \;\Rightarrow\; L - 200 = 200\times 5\times 10^{-6}(210-0)$$

$$\Rightarrow\; L = 0{,}21 + 200 \;\Rightarrow\; \boxed{L = 200{,}21\ \text{mm.}}$$

3. Dados: L_1 = 10 cm; L_2 = 15 cm; D = 5 cm.

Do enunciado e da figura:

$$\begin{cases} L_2 - L_1 = 5 \;\Rightarrow\; L_2 = 5 + L_1 \quad (I) \\ \Delta L_1 = \Delta L_2 \;\Rightarrow\; L_1\,\alpha_1\,\cancel{\Delta T} = L_2\,\alpha_2\,\cancel{\Delta T} \quad (II) \end{cases}$$

Substituindo (I) em (II):

$$L_1\,\alpha_1 = (5 + L_1)\alpha_2 \;\Rightarrow\; 10\,\alpha_1 = (5+10)\,\alpha_2 \;\Rightarrow\; \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{15}{10} \;\Rightarrow$$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = 1{,}5.$$

4. Dados: $\alpha_{cat} = A\sqrt{2}\ °C^{-1}$ e $\alpha_{hip} = A/\sqrt{2}\ °C^{-1}$.

Como o triângulo, no início, é retângulo e isósceles, os catetos possuem inicialmente o mesmo comprimento, L_0.

O comprimento da hipotenusa, a, é calculado pelo teorema de Pitágoras:

$a^2 = L_0^{\,2} + L_0^{\,2} = 2L_0^{\,2} \Rightarrow a = \sqrt{2}\,L_0$. (I)

Para que o triângulo se torne equilátero, de lado L, temos:

$a(1 + \alpha_{hip}\,\Delta T = L_0(1 + \alpha_{cat}\,\Delta T)$. Substituindo os dados e a expressão (I), vem:

$$\sqrt{2}\,L_0\left(1+\frac{A}{\sqrt{2}}\Delta T\right) = L_0(1 + A\sqrt{2}\,\Delta T)$$

$$\Rightarrow \sqrt{2} + A\,\Delta T = 1 + A\sqrt{2}\,\Delta T$$

$$\Rightarrow (\sqrt{2} - 1)\,A\,\Delta T = \sqrt{2} - 1$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{1}{A}\ °C^{-1}.$$

5. Dados: $\ell_{0A} = 3\ell_{0B}$; A_0 = 75 cm²; ΔT = 320 – 20 = 300°C; $\alpha_B = 9\alpha_A \Rightarrow \alpha_A = \alpha_B/9$ (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:

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

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

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.

6. Os dois torcedores que conversaram ao telefone tinham conhecimentos científicos e sabiam que os materiais, principalmente os metais, sofrem dilatação ao serem aquecidos. Eles sabiam que o diâmetro do aro das cestas de basquetebol, com diâmetro original d_0, coeficiente de dilatação lineare submetido a uma variação de temperatura ΔT é dado por:

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

Ao aquecer de 1 °C o aro da rede no lado do time visitante, eles provocaram uma dilatação em seu diâmetro modificando-o para

$$d = 230,2\left[1 + 4,8 \times 10^{-4} \times (21 - 20)\right] = 230,21 \text{ mm.}$$

Isso facilitou a marcação de pontos pelo time local, já que o diâmetro do aro foi aumentado.

Já, ao resfriar o aro da cesta em no lado do time da casa, eles provocaram uma contração deste, reduzindo-o para

$$d = 230,2\left[1 + 4,8 \times 10^{-4} \times (19 - 20)\right] = 229,99 \text{ mm.}$$

Com isso, o time visitante não conseguiu marcar pontos, uma vez que o aro passou a ter diâmetro menor do que o da bola.

As atitudes dos torcedores facilitaram as realizações de pontos para o time local e impossibilitaram a marcação de pontos pelo time adversário.

O técnico do time visitante reclamou dessas atitudes dos anfitriões em utilizar conhecimentos científicos para fraudar o resultado da partida. A ciência, na opinião do técnico, deve ser utilizada de modo ético.

7. Dados: $\beta = 5\times10^{-5}$ °C^{-1}; $\Delta T_{eixo} = -50$ °C; área inicial do orifício = A_0; área inicial da secção do eixo = $1,02\, A_0$.

A expressão da dilatação superficial é:

$A = A_0\,(1 + \beta\Delta T)$.

Como As áreas finais terão que ser iguais:

$A_{eixo} = A_{orif} \Rightarrow$

$1,02\, A_0\,[(1 + 5\times10^{-5})\,(-50)] = A_0\,(1 + 5\times10^{-5})\,\Delta T \Rightarrow$

$1,02 - 2,55\times10^{-3} = 1 + 5\times10^{-5}\,\Delta T \Rightarrow$

$$\Delta T = \frac{0,02 - 2,55\times10^{-3}}{5\times10^{-5}} \Rightarrow$$

$\Delta T = 349$ °C.

8.

a. Dados: $V_0 = 1.000$ cm^3; $\Delta T = 100 - 20 = 80$ °C; $\gamma_G = 0,5\times10^{-3}$ °C^{-1}.

A dilatação real da glicerina é:

$\Delta V_G = V_0\,\gamma_G\,\Delta T = 1.000(0,5\times10^{-3})\,(80) \Rightarrow$

$\Delta V_G = 40$ cm^3.

b. Dado: $\Delta V_{ap} = 38$ 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.

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

$\Delta V_F = 2$ cm^3.

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

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

$\Delta V_F = 2,5\times10^{-5}$ °C^{-1}.

9. $\Delta L = \alpha.L_0.\Delta T \rightarrow \Delta L = 11.10^{-6}.50.(45 - 15) = 16500.10^{-6} = 0,0165$ m $= 1,65$ cm

$\Delta V = \gamma.V_0.\Delta T \rightarrow \Delta V = 9,6.10^{-4}.20000.(10\text{-}35) = -4800000.10^{-4} = -480$ litros

$\Delta L = \alpha.L_0.\Delta T \rightarrow \Delta L = 12.10^{-6}.1.50 = 600.10^{-6} = 0,0006$ m $= 0,06$ cm $= 0,6$ mm

10. Dados: $T_i = 12$ °C; $A_0 = 1,0 \times 10^{-7}$ m^2; $V_0 = 1,0 \times 10^{-5}$ m^3; h = 6,0 cm = 6×10^{-2} m; $\alpha_{Hg} = 40 \times 10^{-6}$ °C^{-1}.

Considerando que V_0 é o volume de mercúrio quando o sistema é desligado e que α_{Hg} seja o coeficiente de dilatação linear do mercúrio, da expressão da dilatação volumétrica, vem:

$\Delta V = V_0\,(3\,\alpha_{Hg})\,\Delta T \Rightarrow \Delta T = \Delta V/3\alpha_{Hg}V_0 \Rightarrow$

$$\Delta T = \frac{A_0 h}{3\alpha_{Hg}V_0} = \frac{10^{-7}\times6\times10^{-2}}{3\times40\times10^{-6}\times1\times10^{-5})} = \frac{6\times10^{-9}}{120\times10^{-11}}$$

$\Rightarrow \Delta T = 5$ °C.

Mas: $\Delta T = T_s - T_i \Rightarrow 5 = T_s - 12 \Rightarrow T_s = 17$ °C.

11. Como um metal se dilata quando se aquece, a estrutura metálica do lado direito do prédio passa a ter um comprimento maior do que a estrutura metálica em seu lado esquerdo devido ao aquecimento provocado pelo incêndio que ocorreu no lado direito. Para que a altura do prédio medida em seu lado direito fique maior do que a medida pelo lado esquerdo, o prédio entortará necessariamente para o lado esquerdo, como indicado na figura 2.

12. $\Delta V = \gamma\,.V_0.\Delta T$

$\Delta V = 2.10^4.(S.20).4$

$S.\Delta h = 160.S.10^4$

$\Delta h = 16.10^3 = 1,6.10^2$ m $= 1,6$ cm

13. A glicerina não transbordará, pois a taça passará a ter um volume de 120,149 cm^3, enquanto que o volume total da glicerina passará a ser de 120,092 cm^3. Esta diferença 120,149 - 120,092 = 0,057 cm^3 é quanto ainda se poderia preencher de glicerina, na temperatura final.

14.

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:

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

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:

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

15. Dilatação do recipiente:

$$\Delta V_r = V_0 \gamma_r \Delta T = 400 \cdot 36 \times 10^{-6} \cdot (65-25) \Rightarrow \underline{\Delta V_r = 0{,}576\ cm^3}.$$

Dilatação do líquido:

$$\Delta V_L = V_0\ \gamma_L \Delta T = 400\gamma_L\ (65-25) \Rightarrow \underline{\Delta V_L = 16.000\gamma_L\ cm^3}.$$

Dilatação aparente do líquido, quando ainda estava quente:

$$\Delta V_{ap} = V_{0\,ap} + V_{0\,ap}\ \gamma_L\ \Delta T = 3{,}2 + 3{,}2\gamma_L\ (65-25) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \underline{\Delta V_{ap} = 3{,}2 + 128\gamma_L\ cm^3}.$$

Mas a dilatação do líquido é igual à dilatação aparente somada à dilatação do recipiente:

$$\Delta V_L = \Delta V_{ap} + \Delta V_r \Rightarrow 16.000\gamma_L = 3{,}2 + 128\gamma_L + 0{,}576 \Rightarrow \gamma_L = \frac{3{,}776}{15.872} \Rightarrow$$

$$\boxed{\gamma_L \cong 2{,}38 \times 10^{-4}\ °C^{-1}.}$$

ANOTAÇÕES