1. (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 $5{,}0 \times 10^{-4}\ °C^{-1}$.

2. (Fcmscsp 2022) Uma esfera metálica maciça, de massa 600 g e inicialmente a 20 °C, encontra-se no interior de um calorímetro de capacidade térmica desprezível. Adiciona-se ao calorímetro certa massa de água a 90 °C e, após certo tempo, o sistema atinge o equilíbrio térmico a 70 °C.

a) Sabendo que os calores específicos da água e do material que constitui a esfera são, respectivamente, $1{,}0\ cal/(g \cdot °C)$ e $0{,}20\ cal/(g \cdot °C)$, calcule a quantidade de calor absorvida pela esfera nesse processo, em calorias, e a massa de água adicionada ao calorímetro, em gramas.

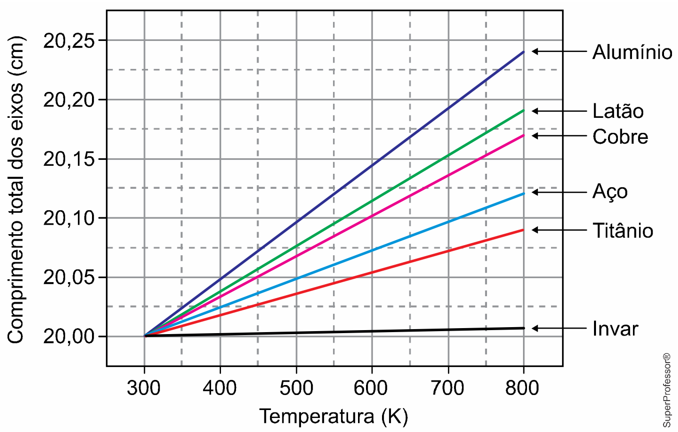
b) Sabendo que o volume da esfera a 20 ºC é 200 cm^3, e que o coeficiente de dilatação linear do metal que a constitui é $2{,}0 \times 10^{-5}\ °C^{-1}$, calcule a variação do volume da esfera, em cm^3, entre o início e o fim do processo.

3. (Unicamp 2021) A estudante gaúcha Juliana Estradioto, uma das vencedoras da 5ª edição do Prêmio Donna, ganhou reconhecimento internacional e convite para acompanhar a cerimônia do prêmio Nobel (2020) pelo seu trabalho, em que transformou casca de macadâmia em plástico biodegradável. Os materiais plásticos tradicionais são bastante utilizados por sua leveza, plasticidade e maleabilidade, mas trazem um impacto significativo ao meio ambiente pela sua lenta decomposição na natureza.

a) Os materiais podem sofrer deformações em resposta a vários agentes, como, por exemplo, os mecânicos e os térmicos. Considere uma barra plástica de comprimento $L_0 = 50\ cm$ no momento em que sua temperatura é igual a $T_0 = 20\ °C$. Calcule o novo comprimento da barra quando ela for aquecida a uma temperatura $T = 50\ °C$. O coeficiente de dilatação térmica da barra é $\alpha = 7{,}0 \times 10^{-5}\ C^{-1}$.

b) No regime de deformações elásticas, os materiais se deformam de forma análoga a uma mola, recuperando sua forma original quando o agente externo é removido. Considere uma barra de material plástico que é esticada elasticamente, sofrendo uma deformação $\Delta x = 0{,}2\ cm$ em relação ao seu comprimento de equilíbrio. Calcule a energia potencial elástica acumulada na barra, considerando-a como uma mola de constante elástica $k = 8{,}0 \times 10^3\ N/m$ que sofra a mesma deformação a partir da sua posição relaxada.

4. (Famerp 2022) No projeto de uma usina deseja-se utilizar um eixo que seja capaz de suportar grandes variações de temperatura. Para isso, foram construídos e testados 6 eixos, de diferentes materiais, indicados no gráfico, possuindo 20,00 cm de comprimento cada, à temperatura de 300 K. Como requisito, o eixo a ser escolhido não pode sofrer uma dilatação, em comprimento, maior que 0,025 cm, dada uma variação de temperatura de 100 K. O gráfico representa o comprimento total dos eixos em função da temperatura a que estão submetidos.



a) O eixo feito de qual material, dentre os apresentados no gráfico, possui a dilatação linear mais próxima, porém inferior ao limite estabelecido para a utilização na usina? Quanto vale, aproximadamente, seu coeficiente de dilatação linear, em K^{-1}?

b) Se um eixo de 600 g, feito de um material cujo calor específico é igual a $0{,}1\ cal/(g \cdot °C)$, for aquecido por uma fonte de calor a uma taxa de $30\ cal/s$ sem se fundir, qual será a taxa, em $°C/s$, com que sua temperatura variará? Quanto tempo, em segundos, é necessário para que sua temperatura seja elevada em $100\ °C$?

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

a) Considerando que o dióxido de carbono seja um gás ideal e que a constante dos gases seja igual a $8,3\ J/(K \cdot mol)$, 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 $8,0\ cm$ por $13\ cm$ quando a $27\ °C$, 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 $2,2 \times 10^{-5}\ °C^{-1}$, 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 $27\ °C$.

6. (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	$1,82 \times 10^{-4}$

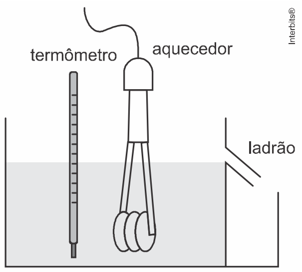
Com base nessa tabela, resolva as questões a seguir:

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?

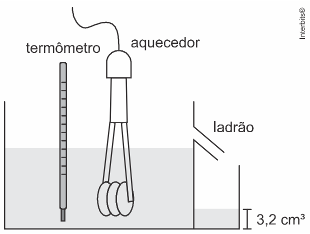
b) Uma carreta que transporta combustível foi carregada com 20 mil litros de gasolina em uma cidade do Sudeste do Brasil, num dia em que a temperatura era igual a 35 °C (mesma temperatura da gasolina). Qual a perda de volume, por efeito de contração térmica, que essa carga apresenta quando descarregada 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.

7**.** (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 abaixo.



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:

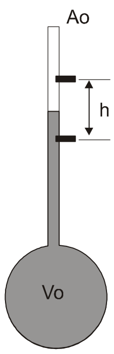


Sabendo que o coeficiente de dilatação volumétrica do material que constitui o recipiente é igual $36 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$, calcule o coeficiente de dilatação do líquido.

8**.** (Ufpr) 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.

9**.** (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
$A_0 = 1,0 \times 10^{-7}\ m^2$
$V_0 = 1,0 \times 10^{-5}\ m^3$
h = 6,0 cm
$\alpha_{Hg} = 40 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$



10. (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.

11. (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 $5{,}0 \times 10^{-5}\ °C^{-1}$.

12. (Unifesp) Uma esfera de aço de massa m = 0,20 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: $\alpha = 11 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$;

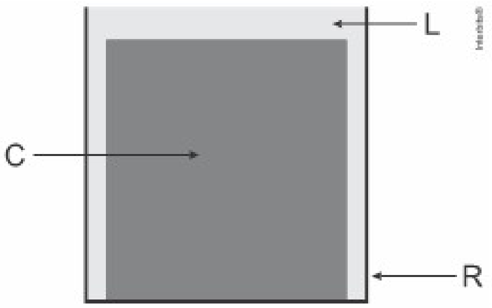
calor específico do aço: c = 450 J/(kg°C);

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

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

b) Supondo que todo calor perdido pela esfera tenha sido absorvido pelo gelo, qual a massa de água obtida?

13. (Uerj 2008) Considere um recipiente R cujo volume interno encontra-se totalmente preenchido por um corpo maciço C e um determinado líquido L, conforme o esquema a seguir.

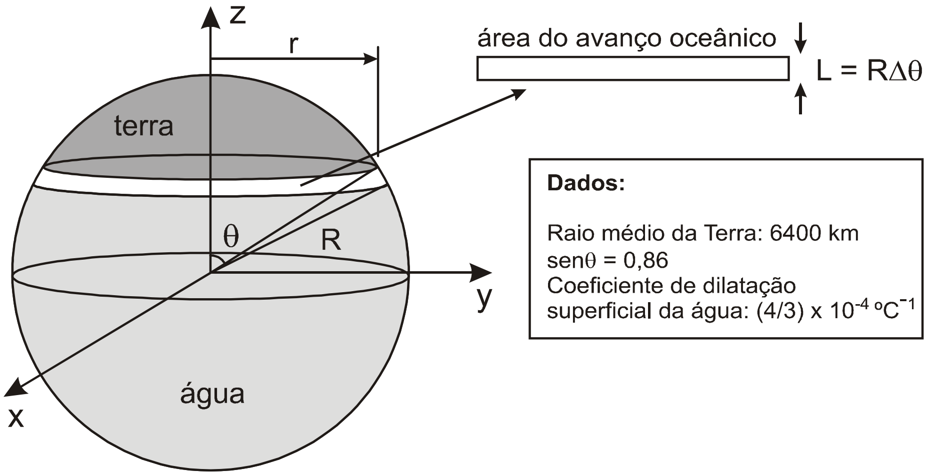


elementos	coeficiente de dilatação $\gamma\ (°C^{-1})$	massa específica $\mu\ (10^3\ kg/m^3)$
recipiente	8×10^{-5}	–
líquido	20×10^{-5}	2
corpo maciço	4×10^{-5}	6

A tabela a seguir indica os valores relevantes de duas das propriedades físicas dos elementos desse sistema.

Admita que o sistema seja submetido a variações de temperatura tais que os valores das propriedades físicas indicadas permaneçam constantes e que o líquido e o corpo continuem a preencher completamente o volume interno do recipiente. Calcule a razão que deve existir entre a massa M_C do corpo e a massa M_ℓ do líquido para que isso ocorra.

14**.** (Ufg 2010) Têm-se atribuído o avanço dos oceanos sobre a costa terrestre ao aquecimento global. Um modelo para estimar a contribuição da dilatação térmica é considerar apenas a dilatação superficial da água dos oceanos, onde toda a superfície terrestre está agrupada numa calota de área igual a 25% da superfície do planeta e o restante é ocupada pelos oceanos, conforme ilustra a figura.



Dados:

Raio médio da Terra: 6400 km
$\operatorname{sen}\theta = 0,86$
Coeficiente de dilatação superficial da água: $(4/3) \times 10^{-4}\ ^\circ C^{-1}$

De acordo com o exposto, calcule a variação de temperatura dos oceanos responsável por um avanço médio de L = 6,4 m sobre superfície terrestre.

Gabarito:

Resposta da questão 1:

a) Considerando que o valor dado para a densidade da glicerina, 1,26 g/cm^3 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:

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

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 2:

a) Da equação do calor sensível para a esfera:

$$Q_e = (mc\Delta T)_{esfera} \Rightarrow 600 \cdot 0{,}2 \cdot (70 - 20) \Rightarrow \boxed{Q_e = 6.000\,cal}$$

Considerando que não haja perda de calor para o meio, o sistema é termicamente isolado:

$$Q_a + Q_e = 0 \Rightarrow m_a\,c_a\,\Delta T_a + Q_e = 0 \Rightarrow m_a = \frac{-Q_e}{c_a\,\Delta T_a} = \frac{-6.000}{1 \cdot (70 - 90)} \Rightarrow \boxed{m_a = 300\,g}$$

b) Aplicando a expressão da dilatação volumétrica:

$$\Delta V = V_0\,\gamma\,\Delta T \Rightarrow \Delta V = V_0\,(3\alpha)\,\Delta T = 200 \times 3 \times 2 \times 10^{-5} \times 50 \Rightarrow \boxed{\Delta V = 0{,}6\,cm^3}$$

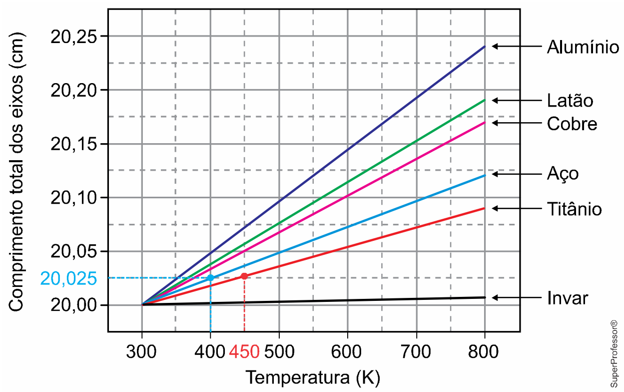
Resposta da questão 3:

a) Teremos:

$$L = L_0 + \Delta L \Rightarrow L = L_0 + L_0\,\alpha\,(T - T_0) \Rightarrow L = 50 + 50 \times 7 \times 10^{-5} \times (50 - 20) \Rightarrow$$
$$L = 50 + 0{,}105 \Rightarrow \boxed{L \cong 50{,}1\text{ cm}}$$

b) $$E_{pot} = \frac{k\,\Delta x^2}{2} = \frac{8 \times 10^3 \times \left(2 \times 10^{-3}\right)^2}{2} \Rightarrow E_{pot} = \frac{8 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6}}{2} \Rightarrow \boxed{E_{pot} = 1{,}6 \times 10^{-2}\text{ J}}$$

Resposta da questão 4:
a) O gráfico mostra que o eixo de aço está no limite estabelecido e que o eixo de **titânio** é aquele que possui a dilatação mais próxima, porém inferior ao limite estabelecido.



O gráfico também mostra que para a temperatura de 450 K, a dilatação do titânio é, aproximadamente, igual ao limite estabelecido. Assim:

$$\Delta L = L_0\,\alpha\,\Delta T \Rightarrow \alpha = \frac{L - L_0}{L_0\,\Delta T} \Rightarrow \alpha \cong \frac{20{,}025 - 20{,}000}{20{,}000 \times (450 - 300)} = \frac{25 \times 10^{-3}}{3 \times 10^3} \Rightarrow$$
$$\boxed{\alpha \cong 8{,}33 \times 10^{-6}\,\text{K}^{-1}}$$

b) A potência da fonte é **P** = 30 cal/s. Da definição de potência e da equação do calor sensível:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{m\,c\,\Delta T}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{P}{m\,c} \Rightarrow \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{30}{600 \cdot 0{,}1} = \frac{30}{60} \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta T}{\Delta t} = 0{,}5\,°\text{C/s}}$$

Usando o resultado anterior:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = 0{,}5\,°\text{C/s} \Rightarrow \frac{100}{\Delta t} = 0{,}5 \Rightarrow \Delta t = \frac{100}{0{,}5} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 200\text{ s}}$$

Resposta da questão 5:
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:

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

1. **Resposta da questão 6:**
   $\Delta L = \alpha . L_0 . \Delta T \rightarrow \Delta L = 11.10^{-6}.50.(45 - 15) = 16500.10^{-6} = 0{,}0165$ m = 1,65 cm
2. $\Delta V = \gamma . V_0 . \Delta T \rightarrow \Delta V = 9{,}6.10^{-4}.20000.(10-35) = -\ 4800000.10^{-4} = -\ 480$ litros
3. $\Delta L = \alpha . L_0 . \Delta T \rightarrow \Delta L = 12.10^{-6}.1.50 = 600.10^{-6} = 0{,}0006$ m = 0,06 cm = 0,6 mm

Resposta da questão 7:
Nota: desconsideram-se variações de volume do recipiente menor.

Dilatação do recipiente:

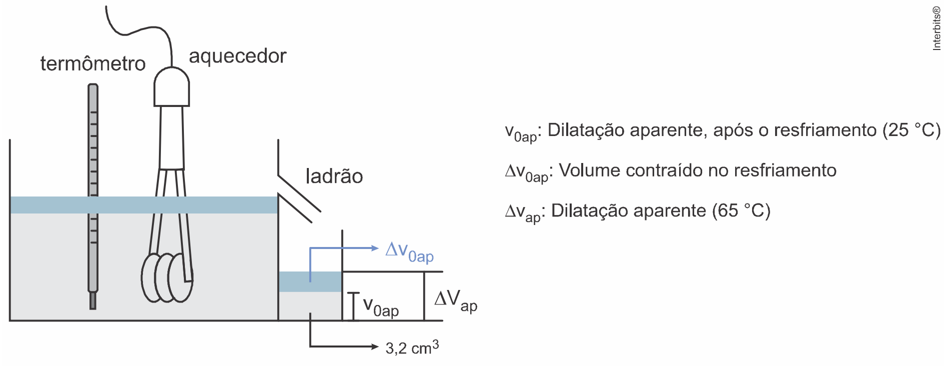
$$\Delta V_r = V_0\,\gamma_r\,\Delta T = 400 \cdot 36 \times 10^{-6} \cdot (65 - 25) \;\Rightarrow\; \boxed{\Delta V_r = 0{,}576\,\text{cm}^3.}$$

Dilatação do líquido:

$$\Delta V_L = V_0\,\gamma_L\,\Delta T = 400\,\gamma_L\,(65 - 25) \;\Rightarrow\; \boxed{\Delta V_L = 16000\,\gamma_L\,\text{cm}^3.}$$

Note-se que 3,2 cm³ **NÃO** é a dilatação aparente (como considera, equivocadamente, a resolução da banca examinadora), pois há contração de volume de líquido, quando o sistema é resfriado até a temperatura inicial (25 °C).
Para se calcular a dilatação aparente, deve-se aquecer o volume que está no recipiente menor (3,2 cm³) até 65 °C, ou seja, a dilatação aparente corresponde ao volume extravasado quando o líquido está aquecido, a 65 °C e não a 25 °C.
Assim, a dilatação aparente corresponde a 3,2 cm³ (V_{0ap}), mais o volume reduzido no resfriamento (ΔV_{0ap}).

A figura ilustra a situação:



Situação ao final do aquecimento (65 °C)

Equacionando:

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

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

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

$$\Delta V_L = \Delta V_{ap} + \Delta V_r \;\Rightarrow\; 16.000\,\gamma_L = (3{,}2 + 128\,\gamma_L) + (0{,}576) \;\Rightarrow\; 16.000\,\gamma_L - 128\,\gamma_L = 3{,}2 + 0{,}576$$

$$15.872\gamma_L = 3{,}776 \;\Rightarrow\; \gamma_L = \frac{3{,}776}{15.872} \;\Rightarrow\; \boxed{\gamma_L \cong 2{,}38 \times 10^{-4}\,°\text{C}^{-1}.}$$

Resposta da questão 8:
A glicerina não transbordará, pois a taça passará a ter um volume de $120{,}149\ \text{cm}^3$, enquanto que o volume total da glicerina passará a ser de $120{,}092\ \text{cm}^3$. Esta diferença $120{,}149 - 120{,}092 = 0{,}057\ \text{cm}^3$ é quanto ainda se poderia preencher de glicerina, na temperatura final.

Resposta da questão 9:
Dados: T_i = 12 °C; $A_0 = 1{,}0 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$; $V_0 = 1{,}0 \times 10^{-5}\ \text{m}^3$; $h = 6{,}0\ \text{cm} = 6 \times 10^{-2}\ \text{m}$; $\alpha_{Hg} = 40 \times 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}$.
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:

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

$$\Delta T = \frac{A_0 h}{3\alpha_{Hg} V_0} = \frac{10^{-7} \times 6 \times 10^{-2}}{3 \times 40 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-5})} = \frac{6 \times 10^{-9}}{120 \times 10^{-11}} \Rightarrow \Delta T = 5\ °\text{C}.$$

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

Resposta da questão 10:

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

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

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

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

Resposta da questão 11:

Dados: $\beta = 5\times10^{-5}$ °C^{-1}; ΔT_{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:

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

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

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

ΔT = 349 °C.

Resposta da questão 12:

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

$$\frac{\Delta V}{V_0} = 3x11\times10^{-6}\times200 = 0{,}066 \rightarrow \frac{\Delta V}{V_0} = 6{,}6\%$$

b) $(mc|\Delta\theta|)_{esfera} = (mL)_{gelo}$

$0{,}2\times450\times200 = m.3{,}3\times10^5 \rightarrow m \cong 0{,}0055kg$

Resposta da questão 13:

$$\Delta V_{(rec)} = \Delta V_{(líquido)} + \Delta V_{(corpo)}$$
$$[\gamma\cdot V_0\cdot\Delta T]_{rec} = [\gamma\cdot V_0\cdot\Delta T]_{líq} + [\gamma\cdot V_0\cdot\Delta T]_{cor}$$
$$[\gamma\cdot V_0]_{rec} = [\gamma\cdot V_0]_{líq} + [\gamma\cdot V_0]_{cor}$$
$$[8\cdot10^5\cdot V_0]_{rec} = [20\cdot10^5\cdot V_0]_{líq} + [4\cdot10^5\cdot V_0]_{cor}$$
$$[8\cdot V_0]_{rec} = [20\cdot V_0]_{líq} + [4\cdot V_0]_{cor}$$
$$[2\cdot V_0]_{rec} = [5\cdot V_0]_{líq} + [V_0]_{cor}$$
$$2\cdot V_{0rec} = 5\cdot V_{0líq} + V_{0cor}$$
$$2\cdot(V_{0líq} + V_{0cor}) = 5\cdot V_{0líq} + V_{0cor}$$
$$2\cdot(M/\rho)_{líq} + 2\cdot(M/\rho)_{cor} = 5\cdot(M/\rho)_{líq} + (M/\rho)_{cor}$$
$$2\cdot(M_\ell/2000) + 2\cdot(M_C/6000) = 5\cdot(M_\ell/2000) + (M_C/6000)$$
$$2\cdot(M_\ell/2) + 2\cdot(M_C/6) = 5\cdot(M_\ell/2) + (M_C/6)$$
$$M\ell + 2\cdot(M_C/6) = 5\cdot(M_\ell/2) + (M_C/6)$$

Dividindo a expressão por M_ℓ, temos:

$$1 + \left(\frac{2}{6}\right)\cdot\left(\frac{M_C}{M_\ell}\right) = 2{,}5 + \left(\frac{1}{6}\right)\cdot\left(\frac{M_C}{M_\ell}\right)$$
$$\left(\frac{1}{6}\right)\cdot\left(\frac{M_C}{M_\ell}\right) = 2{,}5 - 1$$
$$\left(\frac{1}{6}\right)\cdot\left(\frac{M_C}{M_\ell}\right) = 1{,}5$$
$$\left(\frac{M_C}{M_\ell}\right) = 1{,}5\cdot6 = 9$$

Resposta da questão 14:

Dados: R = 6.400 km = $6{,}4\times10^6$ m; L = 6,4 m; $\beta = \frac{4}{3}\times10^{-4}$ °C^{-1}; $A_{agua} = 75\%A_{Terra} = \frac{3}{4}\left(4\pi R^2\right) = 3\pi R^2$.

Da figura dada: $\operatorname{sen}\theta = \frac{r}{R} \Rightarrow r = R\operatorname{sen}\theta$

O comprimento da base da área de avanço do oceano (ΔA) é $b = 2\pi r$ e a altura é L. Assim:

$\Delta A = (2\pi r)L = (2\pi R\operatorname{sen}\theta)L$. Mas:

$\Delta A = A_{agua}\,\beta\,\Delta T$. Igualando essas duas expressões:

$(2\pi R\operatorname{sen}\theta)L = 3\pi R^2\,\beta\,\Delta T$. fazendo os cancelamentos e isolando ΔT, vem:

$\Delta T = \frac{2}{3}\frac{L\operatorname{sen}\theta}{\beta R}$. Substituindo os valores dados, temos:

$$\Delta T = \frac{2}{3}\times\frac{(6{,}4)(0{,}86)}{\left(\frac{4}{3}\times10^{-4}\right)\left(6{,}4\times10^6\right)} \Rightarrow \Delta T = \frac{1}{2}\times\frac{0{,}86}{10^2}.$$

$\Delta T = 4{,}3\times10^{-3}$ °C.