T.41 **Resposta:** b

A tampa dilata-se mais que o recipiente, porque o coeficiente de dilatação do alumínio é maior que o do vidro.

T.42 **Resposta:** c

Como o coeficiente de dilatação do alumínio é maior que o do aço, deve-se resfriar o conjunto (anel + eixo).

T.43 **Resposta:** b

A esfera e a barra são feitas do mesmo material (mesmo coeficiente de dilatação linear). A temperatura inicial é a mesma e as dimensões lineares iniciais são iguais (diâmetro da esfera = comprimento da barra). Então as dilatações lineares do diâmetro da esfera (Δd) e do comprimento da barra (ΔL) serão iguais:

$$\Delta d = \Delta L \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta d}{\Delta L} = 1}$$

T.44 **Resposta:** b

A dimensão linear *AB* do sistema deve aumentar, isto é, o ponto *B* deve se afastar de *A*, que está fixo.

T.45 **Resposta:** e

Os lados de alumínio ($\alpha_{A\ell} = 24 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$) dilatam-se igualmente e mais que o lado de ferro ($\alpha_{Fe} = 12 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$). Portanto, após o processo de aquecimento, o sistema formará a figura de um **trapézio isósceles**. A haste de aço será a base menor e a haste oposta (de alumínio) será a base maior do trapézio.

T.46 **Resposta:** e

O coeficiente de dilatação linear de um material representa a dilatação por unidade de comprimento (1 metro, por exemplo) e para uma variação unitária de temperatura (no caso, 1 grau Celsius). Sendo $\alpha = 2{,}0 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$, podemos dizer que, para um comprimento inicial $L_0 = 1{,}0$ m e variação de temperatura $\Delta\theta = 1$ °C, ocorre uma variação de comprimento $\Delta L = 2{,}0 \cdot 10^{-6}$ m. Se o comprimento inicial for $L_0 = 2{,}0$ m e a variação de temperatura $\Delta\theta = 10$ °C, temos:

$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta = 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}0 \cdot 10 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta L = 40 \cdot 10^{-6}\ \text{m} = 40 \cdot 10^{-3}\ \text{mm} \Rightarrow \boxed{\Delta L = 0{,}04\ \text{mm}}$

T.47 **Resposta:** e

Dados: $L_0 = 600$ km; $\Delta\theta = 30 - (-10) \Rightarrow \Delta\theta = 40$ °C; $\alpha = 10^{-5}\ °C^{-1}$

$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta L = 10^{-5} \cdot 600 \cdot 40 \Rightarrow \boxed{\Delta L = 240 \cdot 10^{-3}\ \text{km} = 240\ \text{m}}$

T.48 **Resposta:** e

Dados: $L_0 = 20$ m; $\Delta\theta = 25$ °C; $\Delta L = 5$ mm $= 5 \cdot 10^{-3}$ m

$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow 5 \cdot 10^{-3} = \alpha \cdot 20 \cdot 25 \Rightarrow \boxed{\alpha = 10^{-5}\ °C^{-1}}$

T.49 **Resposta:** c

Sabemos que: $L_{0(A)} = 2L_{0(B)}$; $\Delta L_A = \Delta L_B$

$\alpha_A \cdot L_{0(A)} \cdot \Delta\theta = \alpha_B \cdot L_{0(B)} \cdot \Delta\theta \Rightarrow \alpha_A \cdot 2L_{0(B)} \cdot \Delta\theta = \alpha_B \cdot L_{0(B)} \cdot \Delta\theta \Rightarrow \boxed{\alpha_A = \frac{\alpha_B}{2}}$

T.50 **Resposta:** e

$L_0 = 1$ m; $\alpha_{Fe} = 12 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$; $\alpha_{A\ell} = 22 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$; $\Delta\theta = (320 - 20)\ °C = 300\ °C$

Dilatação linear da barra de ferro:

$\Delta L_{Fe} = \alpha_{Fe} \cdot L_0 \cdot \Delta\theta = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 300 \Rightarrow \Delta L_{Fe} = 0{,}0036$ m

Dilatação linear da barra de alumínio:

$\Delta L_{A\ell} = \alpha_{A\ell} \cdot L_0 \cdot \Delta\theta = 22 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 300 \Rightarrow \Delta L_{A\ell} = 0{,}0066$ m

O comprimento final após o aquecimento é:

$L_f = 2L + \Delta L_{Fe} + \Delta L_{A\ell} = 2 + 0{,}0036 + 0{,}0066 \Rightarrow \boxed{L_f = 2{,}0102\ \text{m}}$

T.51 **Resposta:** b

Dados: $L_1 = 40$ m; $\alpha_1 = 18 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$; $L_2 = 30$ m

Conforme foi deduzido no exercício **R.12**, para que a ponte permaneça sempre horizontal, independentemente da variação de temperatura, devemos ter:

$$\alpha_1 L_1 = \alpha_2 L_2 \Rightarrow 18 \cdot 10^{-6} \cdot 40 = \alpha_2 \cdot 30 \Rightarrow \boxed{\alpha_2 = 24 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}}$$

T.52 **Resposta:** e

A diferença porcentual entre os diâmetros externo do rolamento e interno do mancal corresponde à dilatação (Δd) que o diâmetro interno do mancal deve sofrer, isto é:

$$\Delta d = 0{,}1\% \cdot d_0 = \frac{0{,}1}{100} \cdot d_0 \Rightarrow \Delta d = \alpha \cdot d_0 \cdot \Delta\theta$$

Mas: $\alpha = 25{,}0 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$

Substituindo esse valor, obtemos:

$$\frac{0{,}1}{100} \cdot \cancel{d_0} = 25{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot \cancel{d_0} \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \left(\frac{0{,}1 \cdot 10^6}{100 \cdot 25{,}0}\right) \Rightarrow \Delta\theta = 40\ °C$$

Lembrando que $\Delta\theta = \theta - \theta_0$, vem:

$$\theta = \Delta\theta + \theta_0 \Rightarrow \theta = 40 + 22 \Rightarrow \boxed{\theta = 62\ °C}$$

T.53 **Resposta:** a

De acordo com o esquema, considerando que a temperatura aumenta:

- a lâmina **2** deve ter coeficiente **maior** e, portanto, deve corresponder ao **cobre**.

ou

- a lâmina **1** deve ter coeficiente **menor** e, portanto, deve corresponder ao **ferro**.

T.54 **Resposta:** d

A parte externa da lâmina deve ser feita com o metal de maior coeficiente de dilatação ($\alpha_I < \alpha_{II}$), pois quando a temperatura aumenta é essa a parte que se dilata mais.

Quanto **mais apertado** o parafuso, mais depressa o contato vai se desfazer e, portanto, **menor** será a temperatura de funcionamento.

T.55 **Resposta:** a

Do gráfico, obtemos:

$\Delta L = (2{,}24 - 2)\ \text{m} = 0{,}24\ \text{m}$; $\Delta\theta = 200\ °\text{C}$

Da fórmula da lei da dilatação $\Delta L = \alpha L_0 \cdot \Delta\theta$, temos:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta\theta} = \frac{0{,}24}{2 \cdot 200} = \frac{24 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{2}} \Rightarrow \boxed{\alpha = 6 \cdot 10^{-4}\ °\text{C}^{-1}}$$

T.56 **Resposta:** d

As dilatações das duas barras diferem em 0,1 cm:

$\Delta L_1 - \Delta L_2 = 0{,}1\ \text{cm}$

Mas: $\Delta L_1 = \alpha_1 \cdot L_0 \cdot \Delta\theta$ e $\Delta L_2 = \alpha_2 \cdot L_0 \cdot \Delta\theta$

Então:

$\alpha_1 \cdot L_0 \cdot \Delta\theta - \alpha_2 \cdot L_0 \cdot \Delta\theta = 0{,}1$

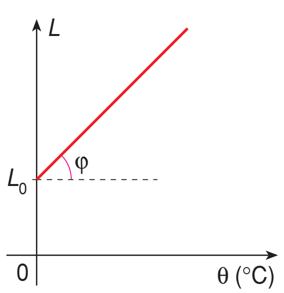
$L_0 \cdot (\alpha_1 \cdot \Delta\theta - \alpha_2 \cdot \Delta\theta) = 0{,}1$

Substituindo os dados $\alpha_1 = 12 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}$, $\alpha_2 = 8 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}$ e $\Delta\theta = 100\ °\text{C}$, obtemos:

$L_0 \cdot (12 \cdot 10^{-6} \cdot 100 - 8 \cdot 10^{-6} \cdot 100) = 0{,}1 \Rightarrow L_0 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 0{,}1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow L_0 = \frac{0{,}1}{4 \cdot 10^{-4}} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} = 0{,}25 \cdot 10^{3}\ \text{cm} \Rightarrow \boxed{L_0 = 250\ \text{cm}}$$

T.57 **Resposta:** c



$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$

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

No gráfico:

$\text{tg}\ \varphi = \alpha \cdot L_0$

Como $\alpha_1 = \alpha_2$, o ângulo φ é maior para a barra de maior comprimento inicial (L_0).
Portanto, o gráfico correto é o da alternativa **c**.
Observe que se os comprimentos iniciais fossem iguais às retas correspondentes, as duas barras teriam a mesma inclinação.

T.58 **Resposta:** d

A dilatação relativa linear é dada: $\boxed{\dfrac{\Delta L}{L_0} = 0{,}2\%}$

Mas: $\dfrac{\Delta L}{L_0} = \alpha \cdot \Delta\theta = 0{,}2\%$

Para a dilatação relativa superficial, temos:

$$\frac{\Delta A}{A_0} = \beta \cdot \Delta\theta = 2\alpha \cdot \Delta\theta \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta A}{A_0} = 0{,}4\%}$$

Para a dilatação relativa volumétrica, temos:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \cdot \Delta\theta = 3\alpha \cdot \Delta\theta \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta V}{V_0} = 0{,}6\%}$$

T.59 **Resposta:** b

Sendo proveniente de Marte, o coeficiente de dilatação linear do material da placa é muito elevado ($\alpha = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ °C^{-1}), da ordem de 1.000 vezes maior que o dos materiais terrestres. Por isso, não convém usar a aproximação que normalmente utilizamos para o coeficiente de dilatação superficial ($\beta = 2\alpha$), válida quando o coeficiente de dilatação linear é pequeno. Vamos analisar, então, a variação de cada lado ($L_0 = 10$ cm) da placa quando a temperatura diminui 100 °C para 0 °C ($\Delta\theta = 0$ °C $- 100$ °C $= -100$ °C), usando o coeficiente de dilatação linear dado.

$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta = 2{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot (-100) \Rightarrow \Delta L = -2{,}0$ cm

O comprimento final da placa será:

$L = L_0 + \Delta L = 10 - 2{,}0 \Rightarrow L = 8{,}0$ cm

A área da placa vale:

$$A = L^2 = 8^2 \Rightarrow \boxed{A = 64 \text{ cm}^2}$$

Observe neste caso que, se utilizássemos o coeficiente de dilatação superficial $\beta = 4{,}0 \cdot 10^{-3}$ °C^{-1}, obteríamos para a área final (a 0 °C) o valor $A = 60$ cm^2.

T.60 **Resposta:** d

Dados: $R_0 = 100$ cm; $\theta_0 = 12$ °C; $\theta = 122$ °C; $\alpha_{A\ell} = 22 \cdot 10^{-6}$ °C^{-1}

Cálculo do raio final R:

$\Delta R = \alpha \cdot R_0 \cdot (\theta - \theta_0) = 22 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot (122 - 12) \Rightarrow \Delta R = 0{,}242$ cm

$R = R_0 + \Delta R = 100 + 0{,}242 \Rightarrow R = 100{,}242$ cm

Área final do furo:

$A = \pi R^2 \simeq 3{,}14 \cdot (100{,}242)^2 \Rightarrow A \simeq 3{,}155 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 \Rightarrow \boxed{A \simeq 3{,}155 \text{ m}^2}$

T.61 **Resposta:** b

Dado: $\Delta V = \frac{4,5}{100} V_0$ (para $\Delta\theta = 100$ °C)

$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \frac{4,5}{100} \cancel{V_0} = \gamma \cdot \cancel{V_0} \cdot 100 \Rightarrow \gamma = 4,5 \cdot 10^{-4}$ °C^{-1}

$\alpha = \frac{\gamma}{3} = \frac{4,5 \cdot 10^{-4}}{3} \Rightarrow \alpha = 1,5 \cdot 10^{-4}$ °C^{-1}

Cálculo do aumento de comprimento:

$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot L_0 \cdot 100 \Rightarrow \Delta L = \frac{1,5}{100} L_0 \Rightarrow \boxed{\Delta L = 1,5\% \cdot L_0}$

T.62 **Resposta:** a

Dado: $\Delta L = 0,20\% \cdot L_0 = \frac{0,20}{100} \cdot L_0 = 2 \cdot 10^{-3} \cdot L_0$

$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} \cdot \cancel{L_0} = \alpha \cdot \cancel{L_0} \cdot \Delta\theta \Rightarrow \alpha = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{\Delta\theta}$

$\beta = 2\alpha \Rightarrow \beta = 2 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{\Delta\theta} \Rightarrow \beta = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{\Delta\theta}$

Como $A_0 = 2,50 \cdot 10^3$ cm^2, vem:

$\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta A = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{\cancel{\Delta\theta}} \cdot 2,50 \cdot 10^3 \cdot \cancel{\Delta\theta} \Rightarrow \Delta A = 10$ cm^2

A área final da placa passa a ser:

$\Delta A = A - A_0 \Rightarrow A = \Delta A + A_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow A = 10 + 2.500 \Rightarrow A = 2.510$ cm^2 $\Rightarrow \boxed{A = 2,51 \cdot 10^3 \text{ cm}^2}$

T.63 **Resposta:** d

Tomando dois pontos distintos do gráfico, obtemos:

$\Delta A = A - A_0 = 25,00180 - 25,00000 \Rightarrow \Delta A = 0,00180$ cm^2

$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = (34 - 30)$ °C $= 4$ °C

Da fórmula $\Delta A = \beta A_0 \cdot \Delta\theta$, vem:

$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \cdot \Delta\theta} = \frac{0,00180}{25,00000 \cdot 4} \Rightarrow \beta = 18 \cdot 10^{-6}$ °C^{-1}

Mas:

$\beta = 2\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{\beta}{2} = \frac{18 \cdot 10^{-6}}{2} \Rightarrow \boxed{\alpha = 9 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}}$

T.64 **Resposta:** c

$V_0 = 6\ \ell = 6 \cdot 10^3\ \text{cm}^3$

$\Delta\theta = (120 - 20)\ °\text{C} = 100\ °\text{C}$

$\alpha = 8 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1} \Rightarrow \gamma = 3\alpha = 24 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}$

O acréscimo de volume, em cm^3, é dado por:

$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta V = 24 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 100 \Rightarrow \boxed{\Delta V = 14{,}4\ \text{cm}^3}$

T.65 **Resposta:** b

$V_0 = 1\ \text{cm}^3$; $\theta_0 = 20\ °\text{C}$; $\theta = 50\ °\text{C}$; $h = 12\ \text{mm} = 1{,}2\ \text{cm}$; $S = 1\ \text{mm}^2 = 10^{-2}\ \text{cm}^2$

A variação de volume do líquido corresponde ao volume do líquido contido na haste:

$\Delta V = Sh = 10^{-2} \cdot 1{,}2 \Rightarrow \Delta V = 1{,}2 \cdot 10^{-2}\ \text{cm}^3$

Mas $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta$. Logo:

$$1{,}2 \cdot 10^{-2} = \gamma \cdot 1 \cdot (50 - 20) \Rightarrow \gamma = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-2}}{30} \Rightarrow \boxed{\gamma = 4 \cdot 10^{-4}\ °\text{C}^{-1}}$$

T.66 **Resposta:** Soma = 09 (01 + 08)

$\alpha = 25 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}$; $a_0 = 20\ \text{cm}$; $\theta_0 = 20\ °\text{C}$; $\gamma_{Hg} = 180 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}$; $\theta = 120\ °\text{C}$

01) Correta.

$\beta = 2\alpha = 2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1} \Rightarrow \boxed{\beta = 50 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}}$

02) Incorreta.

$\Delta a = \alpha \cdot a_0 \cdot \Delta\theta = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 100 \Rightarrow \boxed{\Delta a = 5 \cdot 10^{-2}\ \text{cm}}$

04) Incorreta.

Para a dilatação volumétrica do cubo, temos:

$V_0 = a_0^3 = 8.000\ \text{cm}^3$

$\gamma = 3\alpha = 75 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}$

$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta = 75 \cdot 10^{-6} \cdot 8.000 \cdot 100 \Rightarrow \boxed{\Delta V = 60\ \text{cm}^3}$

08) Correta.

Para a dilatação de mercúrio, temos:

$\Delta V_{Hg} = \gamma_{Hg} \cdot V_0 \cdot \Delta\theta = 180 \cdot 10^{-6} \cdot 8.000 \cdot 100 \Rightarrow \boxed{\Delta V_{Hg} = 144\ \text{cm}^3}$

16) Incorreta.

O volume transbordado (dilatação aparente $\Delta V_{ap.}$) será dado por:

$\Delta V_{ap.} = \Delta V_{Hg} - \Delta V = 144 - 60 \Rightarrow \boxed{\Delta V_{ap.} = 84\ \text{cm}^3}$

T.67 **Resposta:** b

O volume transbordado corresponde à **dilatação aparente** do líquido.

T.68 **Resposta:** a

O volume transbordado corresponde à dilatação aparente do mercúrio. Assim:

$\Delta V_{ap.} = V_0 \cdot \gamma_{ap.} \cdot \Delta\theta \Rightarrow 3{,}0 = 1.000 \cdot \gamma_{ap.} \cdot 100 \Rightarrow \gamma_{ap.} = 3{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$

Como $\gamma_{ap.} = \gamma_{Hg} - \gamma_F$, temos:

$3{,}0 \cdot 10^{-5} = 1{,}8 \cdot 10^{-4} - 3\alpha_F$

$1{,}0 \cdot 10^{-5} = 6{,}0 \cdot 10^{-5} - \alpha_F$

$\boxed{\alpha_F = 5{,}0 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}}$

T.69 **Resposta:** c

Dados: $V_0 = 1{,}0\ \ell = 1{,}0 \cdot 10^3\ cm^3$; $\gamma_L = 2 \cdot 10^{-5}\ °C$; $\Delta\theta = 30\ °C$

$$\gamma_L = 2\gamma_F \Rightarrow \gamma_F = \frac{\gamma_L}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{2} \Rightarrow \gamma_F = 1 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$$

$\gamma_{ap.} = \gamma_L - \gamma_F = 2 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \gamma_{ap.} = 1 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$

O volume de líquido transbordado corresponde à dilatação aparente:

$\Delta V_{ap.} = \gamma_{ap.} \cdot V_0 \cdot \Delta\theta = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 30$

$\boxed{\Delta V_{ap.} = 3{,}0 \cdot 10^{-1}\ cm^3 = 0{,}30\ cm^3}$

T.70 **Resposta:** e

a) A gasolina possui maior coeficiente de dilatação volumétrica do que o tanque. Portanto, ao ser aquecida, a gasolina se dilata mais do que o tanque e, ao ser resfriada, contrai-se mais do que este. Sendo assim, à noite, ocorrendo o resfriamento, não haverá derramamento.

b) Justamente pelo fato de o combustível estar dilatado, a pessoa estará comprando menos massa de gasolina por unidade de volume.

c) $\gamma_F = 63 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$; $\gamma_{gas.} = 9,6 \cdot 10^{-4}\ °C^{-1} = 960 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$

$\gamma_{ap.} = \gamma_{gas.} - \gamma_F \Rightarrow \gamma_{ap.} = 960 \cdot 10^{-6} - 63 \cdot 10^{-6}$

$$\boxed{\gamma_{ap.} = 897 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1} = 8,97 \cdot 10^{-4}\ °C^{-1}}$$

d) $\Delta\theta = 10\ °C$; $V_0 = 100\ \ell$

$\Delta V = \gamma_{gas.} \cdot V_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta V = 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{\Delta V = 0,96\ \ell}$

e) $V_0 = 200\ \ell$; $\Delta\theta = 25\ °C$

$\Delta V_{ap.} = \gamma_{ap.} \cdot V_0 \cdot \Delta\theta = 8,97 \cdot 10^{-4} \cdot 200 \cdot 25 \Rightarrow \boxed{\Delta V_{ap.} \simeq 4,48\ \ell}$

Extravasam, aproximadamente, 4,48 ℓ de gasolina.

T.71 **Resposta:** d

$V_F = 1.000\ cm^3$; $V_G = 980\ cm^3$; $\theta_0 = 20\ °C$

$\Delta V_{ap.} = V_F - V_G = 1.000 - 980 \Rightarrow \Delta V_{ap.} = 20\ cm^3$

$\gamma_G = 48 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1} = 480 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$

$\gamma_F = 3\alpha_F = 27 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$

$\gamma_{ap.} = \gamma_G - \gamma_F = 480 \cdot 10^{-6} - 27 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \gamma_{ap.} = 453 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$

$\Delta V_{ap.} = \gamma_{ap.} \cdot V_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow 20 = 453 \cdot 10^{-6} \cdot 980 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta \simeq 45\ °C$

Portanto:

$\Delta\theta = \theta - \theta_0 \Rightarrow \theta = \Delta\theta + \theta_0 \simeq 45 + 20 \Rightarrow \boxed{\theta \simeq 65\ °C}$

Podemos também resolver este teste igualando os volumes finais do frasco e da glicerina:

$V_F \cdot (1 + Y_F \cdot \Delta\theta) = V_G \cdot (1 + Y_G \cdot \Delta\theta)$

$1.000 \cdot (1 + 27 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta\theta) = 980 \cdot (1 + 48 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta\theta)$

$1.000 + 27 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta\theta = 980 + 470,4 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta\theta$

$20 = 443,4 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta\theta$

$\Delta\theta \simeq 45\ °C$

$\Delta\theta = \theta - \theta_0 \Rightarrow \theta = \Delta\theta + \theta_0 \simeq 45 + 20 \Rightarrow \boxed{\theta \simeq 65\ °C}$