

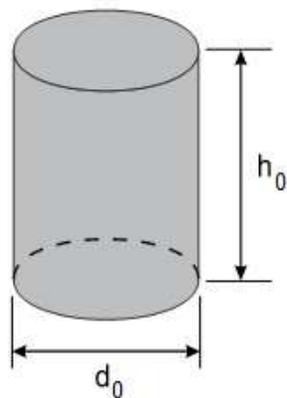
Dilatação térmica

- SL 03 – Exercícios

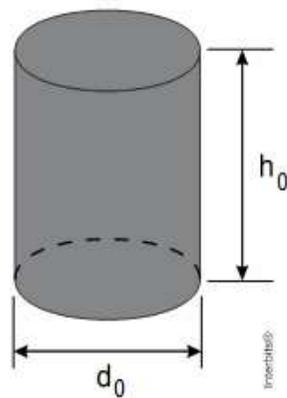
Apresentação e demais documentos: **fisicasp.com.br**

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

Cilindro de cobre



Cilindro de ferro



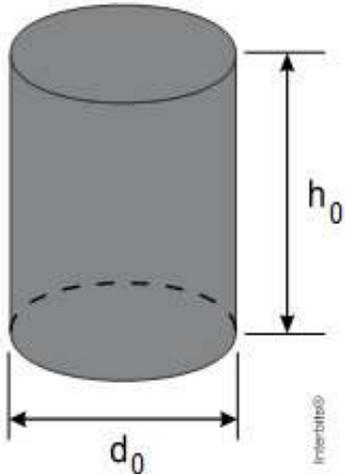
- Determine o aumento do volume do cilindro de ferro, em cm^3 , quando a temperatura varia de 0°C para 100°C .
- A qual temperatura, em $^\circ\text{C}$, a diferença entre as medidas dos diâmetros dos dois cilindros será de $2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$?

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

Rascunho

Cilindro de ferro



- $V_0 = 8 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$
- $\Delta T = 100^\circ\text{C}$
- $\gamma = 3 \cdot \alpha \rightarrow \gamma = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- $\Delta V = ?$

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

Resposta

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

$$\Delta V = 8 \cdot 10^2 \text{ cm}^3 \cdot 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta V = 28,8 \cdot 10^2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2$$

$$\Delta V = 28,8 \cdot 10^{-1}$$

$$\Delta V = 2,88 \text{ cm}^3$$

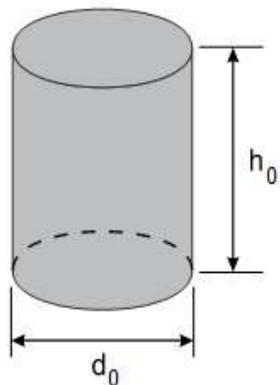


1. (Famerp 2018) Dois cilindros retos idênticos, um de **cobre** (coeficiente de dilatação linear igual a $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) e outro de **ferro** (coeficiente de dilatação linear igual a $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) têm, a 0°C , volumes iguais a $8 \cdot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

b) A qual temperatura, em $^\circ\text{C}$, a diferença entre as medidas dos diâmetros dos dois cilindros será de $2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$?

Rascunho

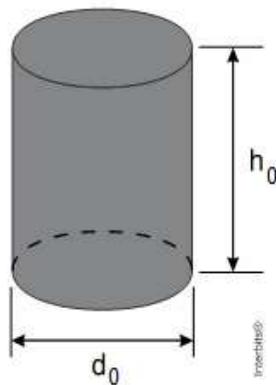
Cilindro de cobre



$$d_0 = 10 \text{ cm}$$

$$\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Cilindro de ferro



$$d_0 = 10 \text{ cm}$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Dilatação linear

$$d = d_0 + \Delta d$$

$$\Delta d = d_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$d = d_0 + d_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Resposta

$$d_{cu} - d_{fe} = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$(d_{0\text{cu}} + d_{0\text{cu}} \cdot \alpha \cdot \Delta T) - (d_{0\text{fe}} + d_{0\text{fe}} \cdot \alpha \cdot \Delta T) = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$(10 + 10 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T) - (10 + 10 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T) = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$\cancel{10} + 10 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T - \cancel{10} - 10 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$17 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T - 12 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$5 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T = 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \Delta T = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-5}} = 0,4 \cdot 10^2$$

$$\Delta T = 40^\circ\text{C}$$

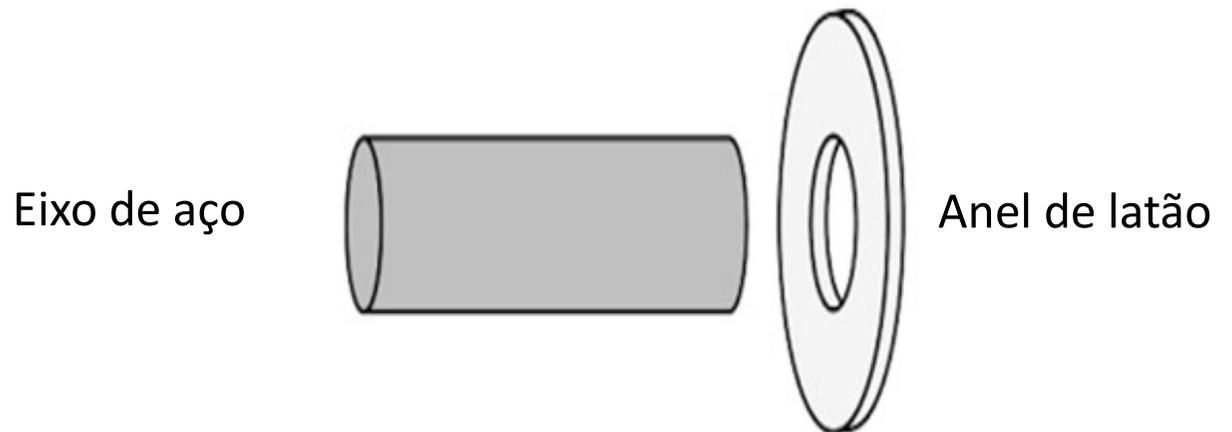


2. (UFMG) João, chefe de uma oficina mecânica, precisa encaixar um eixo de aço em um anel de latão, como mostrado na figura. À temperatura ambiente, o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel. Sabe-se que o coeficiente de dilatação térmica do latão é maior que o do aço.

Diante disso, são sugeridos a João alguns procedimentos, descritos nas alternativas a seguir, para encaixar o eixo no anel.

Assinale a alternativa que apresenta um procedimento que não permite esse encaixe.

- a) Resfriar apenas o eixo.
- b) Aquecer apenas o anel.
- c) Aquecer o eixo e o anel.
- d) Resfriar o eixo e o anel.



a) Resfriar apenas o eixo. (encaixa)

b) Aquecer apenas o anel.

c) Aquecer o eixo e o anel.

d) Resfriar o eixo e o anel.

o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel

$$\alpha_{eixo\ de\ aço} < \alpha_{anel\ de\ latão}$$

Eixo de aço



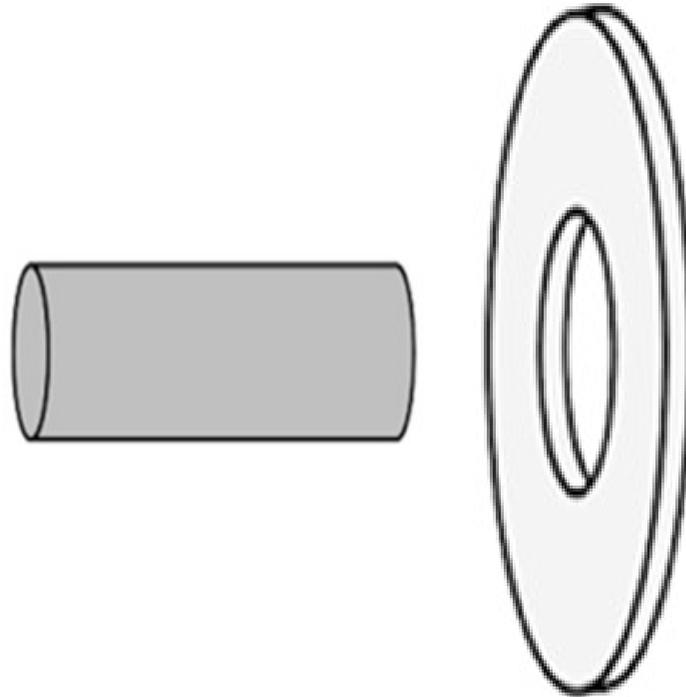
Anel de latão

- a) Resfriar apenas o eixo. (encaixa)
- b) Aquecer apenas o anel. (encaixa)
- c) Aquecer o eixo e o anel.
- d) Resfriar o eixo e o anel.

o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel

$$\alpha_{eixo\ de\ aço} < \alpha_{anel\ de\ latão}$$

Eixo de aço



Anel de latão

- a) Resfriar apenas o eixo. (encaixa)
- b) Aquecer apenas o anel. (encaixa)
- c) Aquecer o eixo e o anel. (encaixa)
- d) Resfriar o eixo e o anel.

o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel

$$\alpha_{eixo\ de\ aço} < \alpha_{anel\ de\ latão}$$

Maior $\alpha \rightarrow$ maior dilatação (aquecimento)
 Maior $\alpha \rightarrow$ maior contração (resfriamento)

“Para as mesmas condições, quem dilata mais no aquecimento, contrai mais no resfriamento”

aquecimento: $\Delta d \rightarrow$ dilatação

Eixo de aço



Anel de latão
(buraco)

$$d_{eixo\ 0} = d_{anel\ buraco\ 0}$$

$$\Delta T_{eixo} = \Delta T_{anel}$$

$$\alpha_{eixo} < \alpha_{anel}$$

$$\uparrow \Delta d = d_0 \cdot \uparrow \alpha \cdot \Delta T \rightarrow d_{eixo} < d_{anel\ Buraco}$$

a) Resfriar apenas o eixo. (encaixa)

b) Aquecer apenas o anel. (encaixa)

c) Aquecer o eixo e o anel. (encaixa)

d) Resfriar o eixo e o anel. (não encaixa) ←

o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel

$$\alpha_{eixo\ de\ aço} < \alpha_{anel\ de\ latão}$$

Maior $\alpha \rightarrow$ maior dilatação (aquecimento)

Maior $\alpha \rightarrow$ maior contração (resfriamento)

“Para as mesmas condições, quem dilata mais no aquecimento, contrai mais no resfriamento”

Resfriamento: $\Delta d \rightarrow$ contração

Eixo de aço



Anel de latão

$$d_{eixo\ 0} = d_{anel\ buraco\ 0}$$

$$\Delta T_{eixo} = \Delta T_{anel}$$

$$\alpha_{eixo} < \alpha_{anel}$$

Contração

$$|\Delta L| = d_0 \cdot \alpha \cdot |\Delta T|$$

cte cte

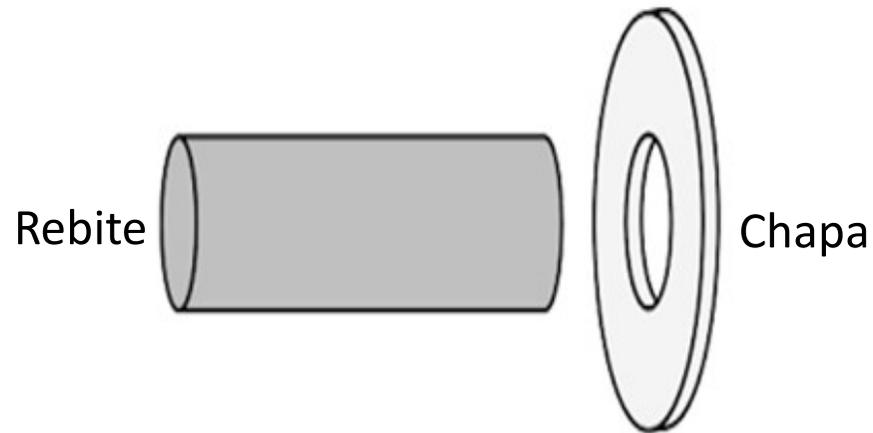
$$d_{eixo} > d_{anel}$$

Buraco

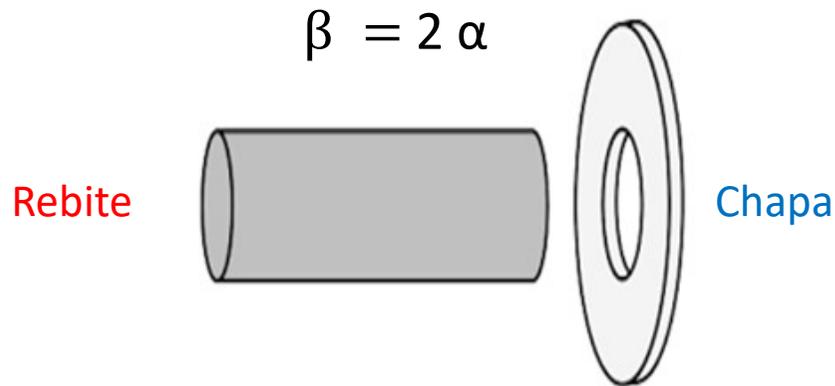
$$\text{Contração}_{eixo} < \text{Contração}_{anel\ (buraco)}$$

3. (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 ($27 \text{ } ^\circ\text{C}$), a área transversal de cada rebite é $1,00 \text{ cm}^2$ e a de cada furo, $0,99 \text{ cm}^2$. A colocação dos rebites, na chapa metálica, somente será possível se ambos forem aquecidos até, no mínimo, a temperatura comum de:

- a) $327 \text{ } ^\circ\text{C}$
- b) $427 \text{ } ^\circ\text{C}$
- c) $527 \text{ } ^\circ\text{C}$
- d) $627 \text{ } ^\circ\text{C}$
- e) $727 \text{ } ^\circ\text{C}$



3. (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 ($27 \text{ }^\circ\text{C}$), a área transversal de cada **rebite é $1,00 \text{ cm}^2$** e a de **cada furo, $0,99 \text{ cm}^2$** . A colocação dos rebites, na chapa metálica, somente será possível se ambos forem aquecidos até, no mínimo, a temperatura comum de:



$$A_f = A_0 + \Delta A$$

$$A_{f \text{ Reb}} = A_{f \text{ Burado na chapa}}$$

$$A_{0 \text{ Reb}} + \Delta A_{\text{Reb}} = A_{0 \text{ Bur}} + \Delta A_{\text{Bur}}$$

$$A_{0 \text{ Reb}} + A_{0 \text{ Reb}} \cdot \alpha_{\text{Reb}} \cdot \Delta T = A_{0 \text{ Bur}} + A_{0 \text{ Bur}} \cdot \alpha_{\text{Bur}} \cdot \Delta T$$

$$1 + 1 \cdot 2 \cdot 0,98 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T = 0,99 + 0,99 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T$$

$$1 - 0,99 = 0,99 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T - 1 \cdot 2 \cdot 0,98 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T$$

$$0,01 = 3,96 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T - 1,96 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T$$

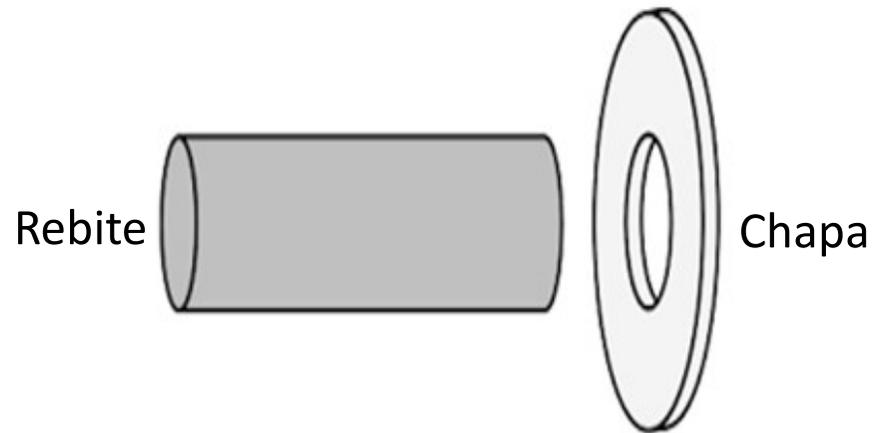
$$0,01 = 2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{0,01}{2 \cdot 10^{-5}} = 0,005 \cdot 10^5 = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = 27 + 500 = 527^\circ\text{C}$$

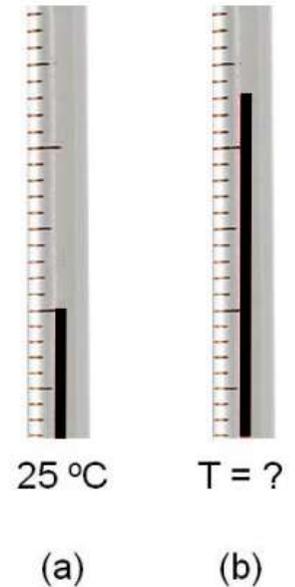
3. (Ufpb) Os materiais utilizados na construção civil são escolhidos por sua resistência a tensões, durabilidade e propriedades térmicas como a dilatação, entre outras. Rebites de metal (pinos de formato cilíndrico), de coeficiente de dilatação linear $9,8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 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 ($27 \text{ } ^\circ\text{C}$), a área transversal de cada rebite é $1,00 \text{ cm}^2$ e a de cada furo, $0,99 \text{ cm}^2$. A colocação dos rebites, na chapa metálica, somente será possível se ambos forem aquecidos até, no mínimo, a temperatura comum de:

- a) $327 \text{ } ^\circ\text{C}$
- b) $427 \text{ } ^\circ\text{C}$
- c) $527 \text{ } ^\circ\text{C}$ ←
- d) $627 \text{ } ^\circ\text{C}$
- e) $727 \text{ } ^\circ\text{C}$



4. (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 $V_0 = 20 \text{ mm}^3$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, 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 seção reta da coluna é $A = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$. O aumento do volume, ΔV , produzido pelo acréscimo de temperatura ΔT , é dado por $\frac{\Delta V}{V_0} = \Delta T \cdot \gamma$. Se para o álcool $\gamma = 1,25 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, qual é a temperatura T da água aquecida?

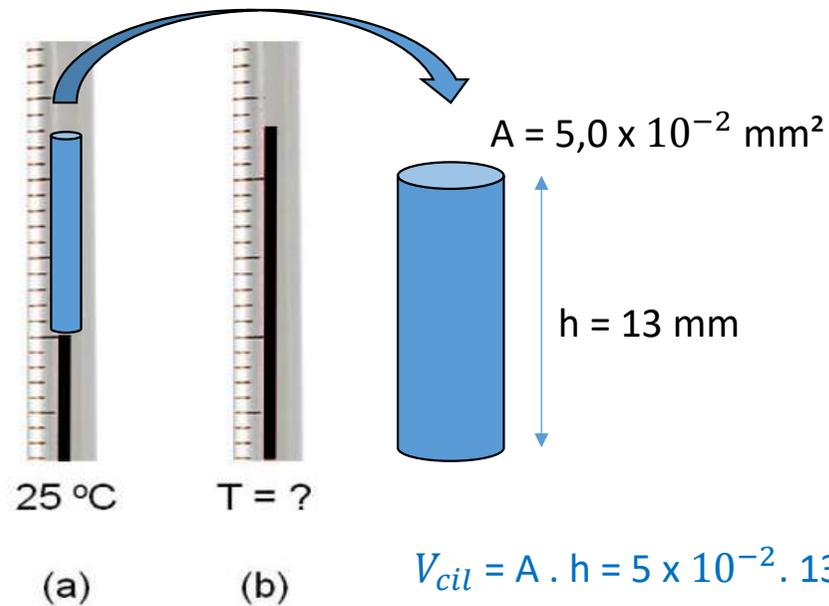


b) Os termômetros de infravermelho realizam a medida da temperatura em poucos segundos, facilitando seu uso em crianças. Seu funcionamento baseia-se na coleta da radiação infravermelha emitida por parte do corpo do paciente. A potência líquida radiada por unidade de área do corpo humano é dada por $\Phi = 4 \sigma T_0^3 \Delta T$, sendo $\sigma = 6 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ a constante de Stefan-Boltzmann, $T_0 = 300 \text{ K}$ a temperatura ambiente e $\Delta T = T_{\text{corpo}} - T_0$ a diferença entre a temperatura do corpo, que deve ser medida, e a temperatura ambiente. Sabendo que em certa medida de temperatura $\Phi = 64,8 \text{ W/m}^2$, encontre a temperatura do paciente em $^\circ\text{C}$. Lembre-se que $\theta \text{ (}^\circ\text{C)} \sim T \text{ (K)} - 273$.

4. (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 $V_0 = 20 \text{ mm}^3$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, 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 $A = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$. O aumento do volume, ΔV , produzido pelo acréscimo de temperatura ΔT , é dado por $\frac{\Delta V}{V_0} = \Delta T \cdot \gamma$. Se para o álcool $\gamma = 1,25 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, qual é a temperatura T da água aquecida?

Rascunho



- $\Delta T = T - 25$
- $V_0 = 20 \text{ mm}^3$
- $\Delta V = 65 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^3$
- $\gamma = 1,25 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Resposta

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \Delta T \cdot \gamma$$

$$\frac{65 \cdot 10^{-2}}{20} = (T - 25) \cdot 1,25 \times 10^{-3}$$

$$3,25 \cdot 10^{-2} = (T - 25) \cdot 1,25 \times 10^{-3}$$

$$\frac{3,25 \cdot 10^{-2}}{1,25 \cdot 10^{-3}} = (T - 25)$$

$$2,6 \cdot 10^1 = (T - 25)$$

$$26 = (T - 25) \Rightarrow T = 51^\circ\text{C}$$

4. (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.

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 $\sigma = 6 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ a constante de Stefan-Boltzmann, $T_0 = 300 \text{ K}$ a temperatura ambiente e $\Delta T = T_{\text{corpo}} - T_0$ a diferença entre a temperatura do corpo, que deve ser medida, e a temperatura ambiente. Sabendo que em certa medida de temperatura $\Phi = 64,8 \text{ W/m}^2$, encontre a temperatura do paciente em °C. Lembre-se que $\theta \text{ (}^\circ\text{C)} \sim T \text{ (K)} - 273$.

Resposta

$$\Phi = 4 \sigma T_0^3 \Delta T$$

$$\Phi = 4 \sigma T_0^3 (T_{\text{corpo}} - T_0)$$

$$64,8 = 4 (6 \cdot 10^{-8}) 300^3 (T_{\text{corpo}} - 300)$$

$$64,8 = 24 \cdot 10^{-8} \cdot 27 \cdot 10^6 (T_{\text{corpo}} - 300)$$

$$\frac{64,8}{24 \cdot 10^{-8} \cdot 27 \cdot 10^6} = (T_{\text{corpo}} - 300)$$

$$\frac{64,8}{648 \cdot 10^{-2}} = (T_{\text{corpo}} - 300)$$

$$0,1 \cdot 10^2 = (T_{\text{corpo}} - 300)$$

$$10 = (T_{\text{corpo}} - 300)$$

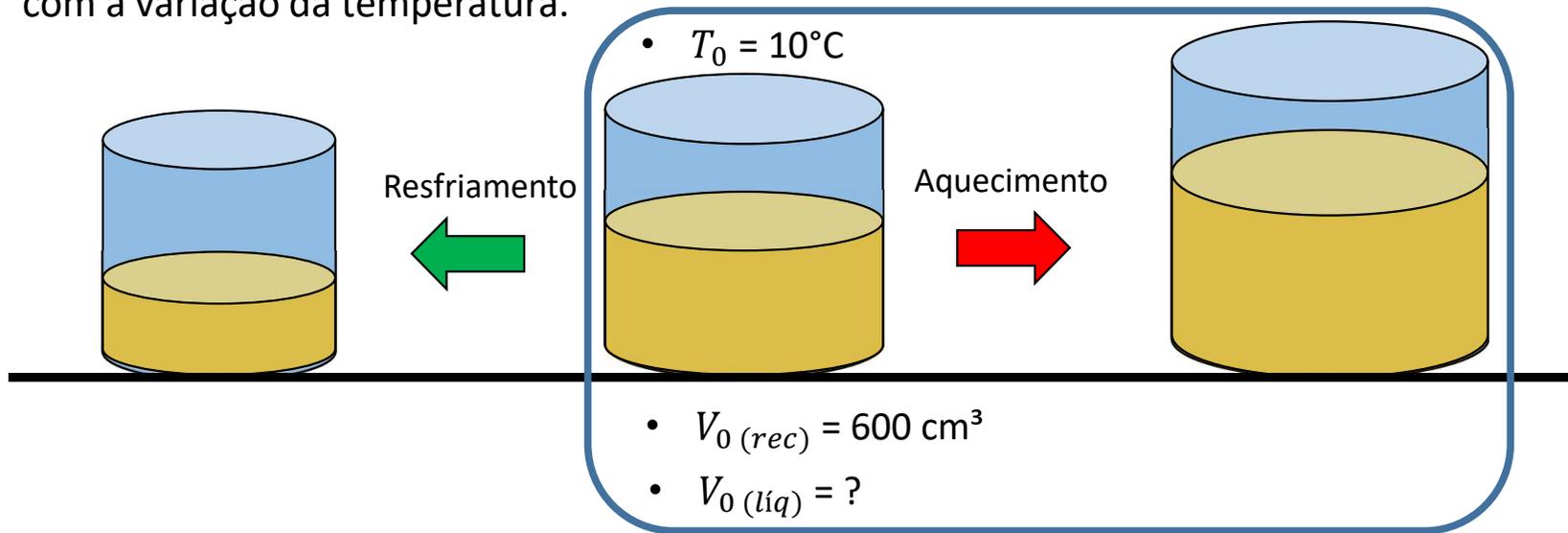
$$T_{\text{corpo}} = 310 \text{ K}$$

$$T_{\text{corpo}} = (310 - 273)^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{corpo}} = 37^\circ\text{C}$$

5. Consideremos um recipiente de vidro de volume interno $V = 600 \text{ cm}^3$ à temperatura de 10°C . Sabendo que o coeficiente de dilatação cúbica do vidro é $27 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ e do mercúrio $180 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, calcule o volume de mercúrio que devemos colocar no frasco de vidro, a 10°C , de modo que o volume da parte vazia não se altere com a variação da temperatura.

5. Consideremos um **recipiente de vidro de volume interno $V = 600 \text{ cm}^3$ à temperatura de 10°C** . Sabendo que o coeficiente de **dilatação cúbica do vidro é $27 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$** e do **mercúrio $180 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$** , **calcule o volume de mercúrio que devemos colocar no frasco de vidro, a 10°C** , de modo que o volume da parte vazia não se altere com a variação da temperatura.



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

$$V = V_0 + \Delta V$$

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

$$V_{(\text{vazia})} = V_{(\text{rec})} - V_{(\text{líq})}$$

$$V_{(\text{vazia})} = V_{0(\text{vazia})}$$

$$V_{(\text{rec})} - V_{(\text{líq})} = V_{0(\text{rec})} - V_{0(\text{líq})}$$

$$V_{(\text{rec})} - V_{(\text{líq})} = V_{0(\text{rec})} - V_{0(\text{líq})}$$

$$(\cancel{V_{0(\text{rec})}} + V_{0(\text{rec})} \cdot \gamma_{\text{rec}} \cdot \Delta T) - (\cancel{V_{0(\text{líq})}} + V_{0(\text{líq})} \cdot \gamma_{(\text{líq})} \cdot \Delta T) = \cancel{V_{0(\text{rec})}} - \cancel{V_{0(\text{líq})}}$$

$$V_{0(\text{rec})} \cdot \gamma_{\text{rec}} \cdot \Delta T - V_{0(\text{líq})} \cdot \gamma_{(\text{líq})} \cdot \Delta T = 0$$

$$V_{0(\text{líq})} = \frac{V_{0(\text{rec})} \cdot \gamma_{\text{rec}}}{\gamma_{(\text{líq})}} = \frac{600 \cdot 27 \cdot 10^{-6}}{180 \cdot 10^{-6}}$$

$$V_{0(\text{líq})} = 90 \text{ cm}^3$$

