

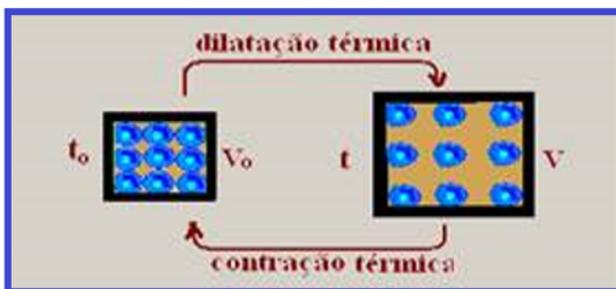
Dilatometria

Dilatometria

Dilatação linear, superficial, volumétrica e dilatação dos líquidos

Dilatometria

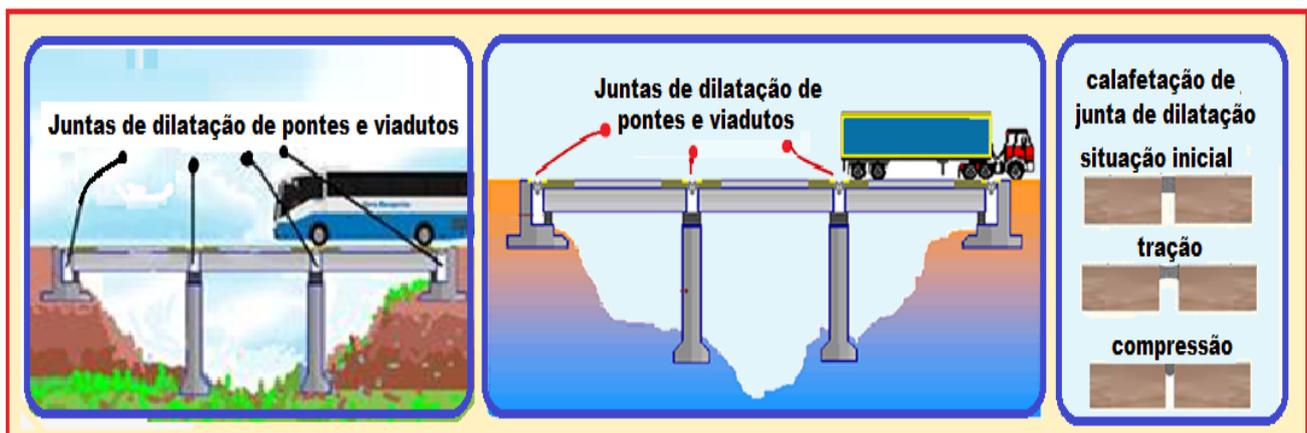
A dilatometria estuda a dilatação dos corpos



Quando a temperatura de um sólido aumenta, surge um aumento da amplitude das vibrações atômicas e da distância média entre os átomos e moléculas que o constituem e então eles se dilatam.

Se a temperatura diminui, ocorre o fenômeno inverso, ou seja, eles se contraem.

Efeitos da dilatação sobre corpos sólidos



A folga dos fios entre dois postes é para evitar sua ruptura quando eles diminuem de comprimento, devido ao fato de



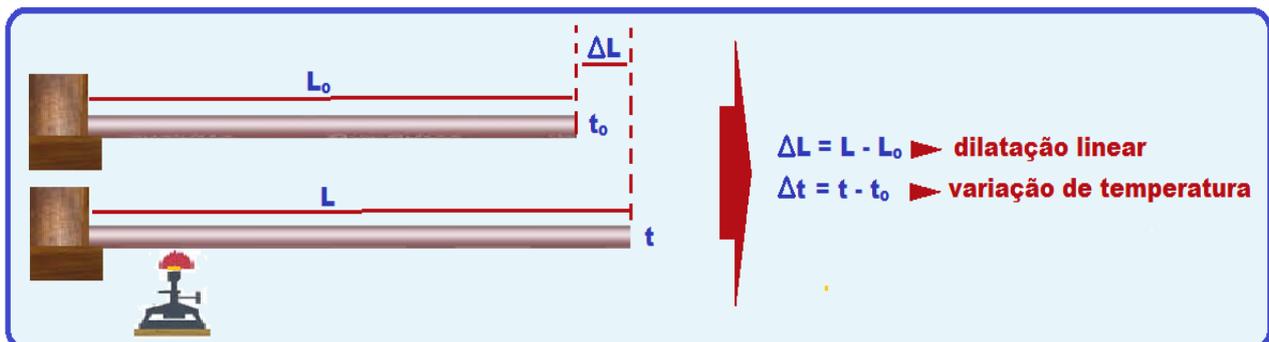
a temperatura diminuir.



Dilatação linear dos sólidos

Trata-se da dilatação de uma das dimensões de um corpo, como por exemplo, seu comprimento. Considere uma haste metálica de comprimento L_0 e à temperatura t_0 .

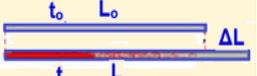
Quando aquecida terá comprimento L a uma temperatura t .



Características da dilatação linear

- A dilatação linear ΔL é diretamente proporcional à variação de temperatura Δt .
- A dilatação linear ΔL é diretamente proporcional ao comprimento inicial L_0 .
- A dilatação linear ΔL depende do material de que é constituído o corpo.

Matematicamente:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \gg L - L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot (t - t_0) \gg L = L_0 + L_0 \cdot \alpha \cdot (t - t_0)$$


Sendo:

ΔL ► dilatação linear (de quanto dilatou o comprimento ou uma dimensão)

α >>> coeficiente de dilatação linear médio, característica do material que constitui a barra.

L_0 >>> comprimento inicial

L >>> comprimento final

Δt >>> intervalo de temperatura

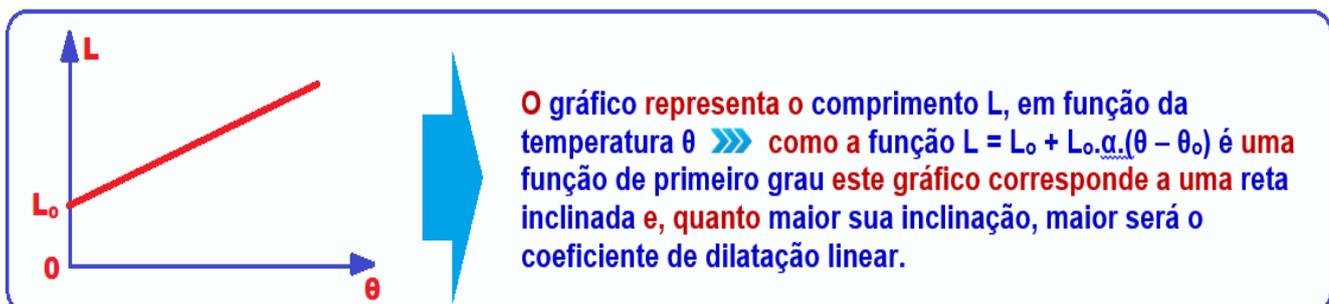
Unidades do coeficiente de dilatação linear α

Isolando α na equação $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$ >>> $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta t}$ >>> como L_0 e ΔL devem ter a mesma unidade, elas se cancelam >>> então a unidade em que se exprime o coeficiente de dilatação linear é o

inverso do grau ($\frac{1}{^\circ\text{C}}$) ou $^\circ\text{C}^{-1}$; 1K ou K^{-1} , etc.).

Observe que o coeficiente de dilatação linear representa a dilatação de um corpo de comprimento unitário, quando sua temperatura varia de um grau.

Gráfico do comprimento L em função da temperatura θ



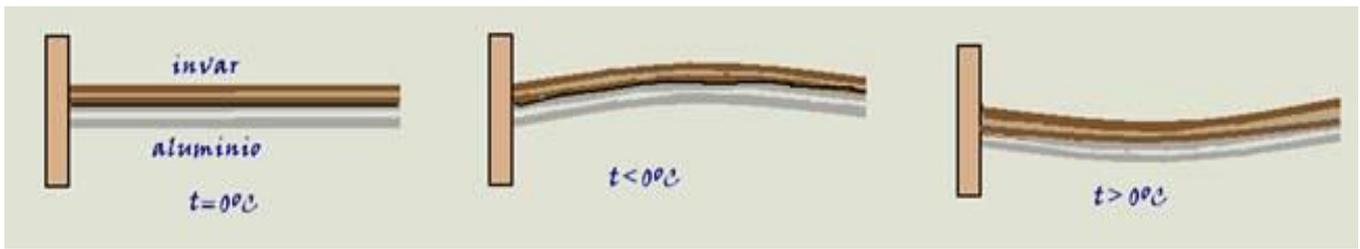
Aplicações práticas de dilatação linear



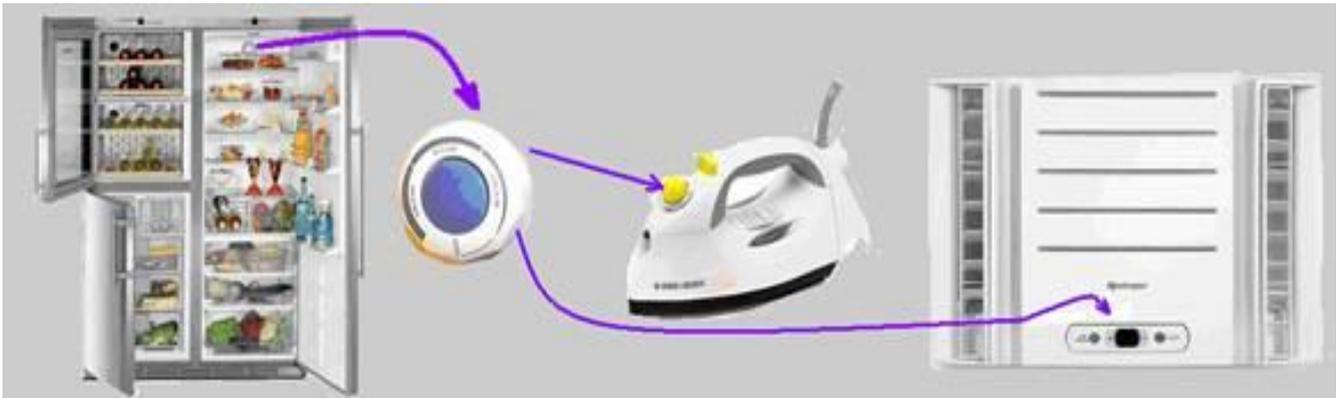
Lâminas bimetálicas

Quando você solda duas barras de materiais diferentes você obtém uma lâmina bimetálica e, se você as submeter à mesma variação de temperatura, o sistema vai curvar-se para o lado da barra de menor coeficiente de dilatação, quando aquecida e para o lado da barra de maior coeficiente de dilatação, quando resfriada.

Observe nas figuras abaixo uma lâmina bimetálica constituída de alumínio ($\alpha_{\text{alumínio}}=22.10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) e invar (liga de ferro e níquel – $\alpha_{\text{invar}}=1,0 .10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) e observe como a lâmina se inclina quando a temperatura aumenta ou diminui.



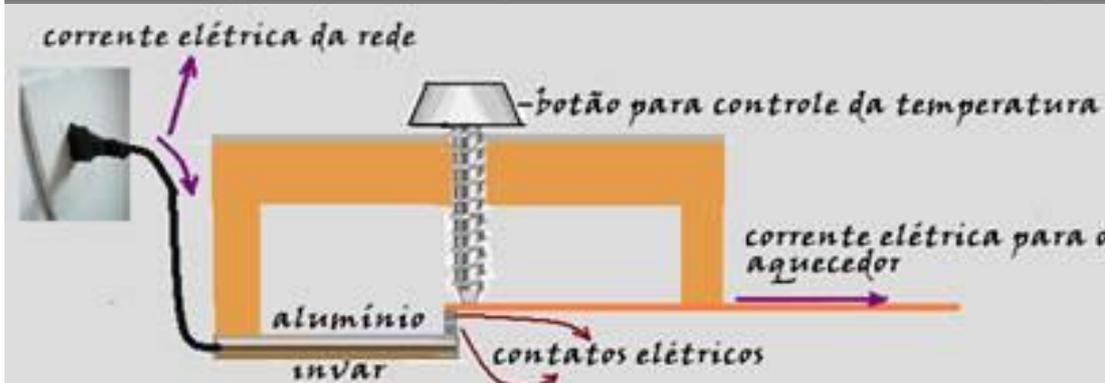
As lâminas bimetálicas são muito utilizadas nos relés térmicos (termostatos – dispositivos que



desligam automaticamente um circuito quando a temperatura atinge determinado valor) para controlar a temperatura de um dado ambiente, nas geladeiras, freezers, ferro elétrico automático, aparelhos de ar condicionado, fornos de fogões elétricos, etc.

Quando a temperatura do ambiente superar certo limite, o termostato deve desligar o aquecedor fazendo sua lâmina bimetálica envergar, abrindo os contatos, e desligando o aparelho da rede elétrica.

Quando a temperatura cair abaixo de certo limite, o aquecedor deve ser novamente ligado com a lâmina curvando-se em sentido oposto e fecha os



contatos.

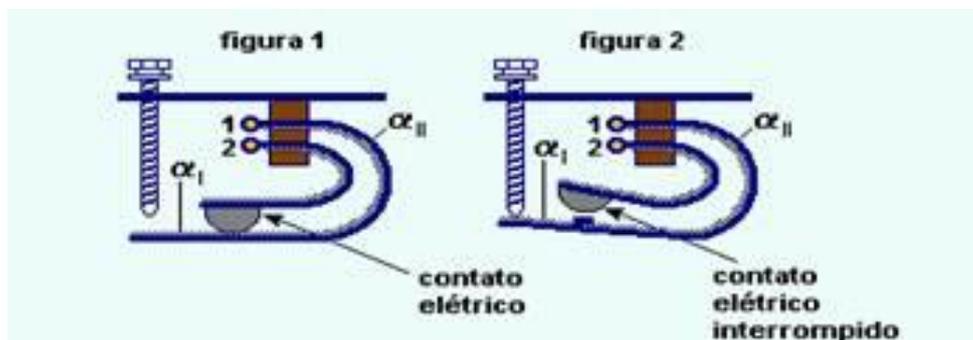
Esse mesmo processo é utilizado na prevenção de incêndio por motivo de sobrecarga elétrica,

desligando o circuito quando a temperatura atingir certos limites.



Nos ferros elétricos automáticos, a temperatura de funcionamento, que é previamente regulada por um parafuso, é controlada por um termostato constituído de duas lâminas bimetálicas de igual composição.

Os dois metais que formam cada uma das lâminas têm coeficientes de dilatação α_I (o mais interno) e α_{II} (o mais externo). As duas lâminas estão encurvadas e dispostas em contato elétrico, uma no interior da outra, como indicam as figuras.



A corrente, suposta contínua, entra pelo ponto 1 e sai pelo ponto 2, conforme a figura 1, aquecendo a resistência.

À medida que a temperatura aumenta, as lâminas vão se

encurvando, devido à dilatação dos metais, sem interromper o contato.

Quando a temperatura desejada é alcançada, uma das lâminas é detida pelo parafuso, enquanto a outra continua encurvando-se, interrompendo o contato entre elas, conforme a figura 2.

Observe que as lâminas estão se encurvando para dentro, então $\alpha_2 > \alpha_1$ e, quanto mais baixo estiver o contato (mais apertado o parafuso), menor será a dilatação das lâminas e conseqüentemente menor será a temperatura.



Lâmpada Pisca-pisca

Quando você liga a lâmpada, a corrente elétrica flui da lâmina bimetálica para o filamento no qual



ela está em contato, que, por sua vez flui para todos os outros, tornando-os incandescentes e acendendo a lâmpada.

Quando a lâmina bimetálica ficar suficientemente quente ela se encurvará, interrompendo a corrente elétrica e apagando a lâmpada.

Em seguida ela se resfria e se curva, restabelecendo o contato e acendendo novamente a lâmpada.

E assim por diante.



Termômetro de lâmina bimetálica



Constituído por duas lâminas bimetálicas com metais diferentes, e soldadas uma com a outra, conforme a figura.

Sendo os metais diferentes, quando aquecidos eles sofrem diferentes dilatações, provocando um encurvamento diferente da lâmina para

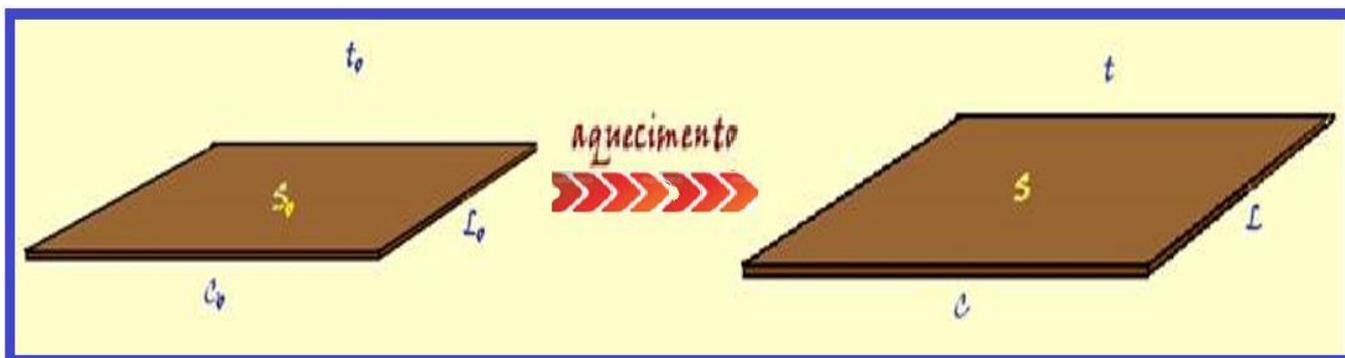
cada variação de temperatura.

São muito usados no controle de temperaturas de fornos, saunas, etc.

Dilatação superficial dos sólidos

Um corpo sólido sofre dilatação superficial quando sofre aumento em duas de suas dimensões.

Considere uma placa metálica de comprimento C_0 , largura L_0 e espessura desprezível, que se encontra a uma temperatura t_0 .

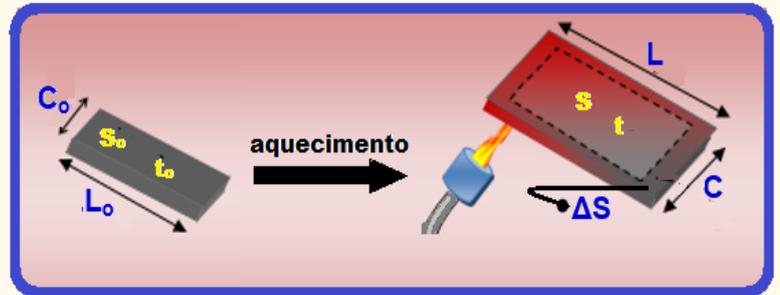


A área de sua superfície antes do aquecimento será $S_0 = C_0 \cdot L_0$ e após o aquecimento será $S = C \cdot L$.

Todas as leis válidas para a dilatação linear são também válidas para a dilatação superficial, ou seja:

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta t$$

$$S = S_0 + S_0 \cdot \beta \cdot (t - t_0)$$

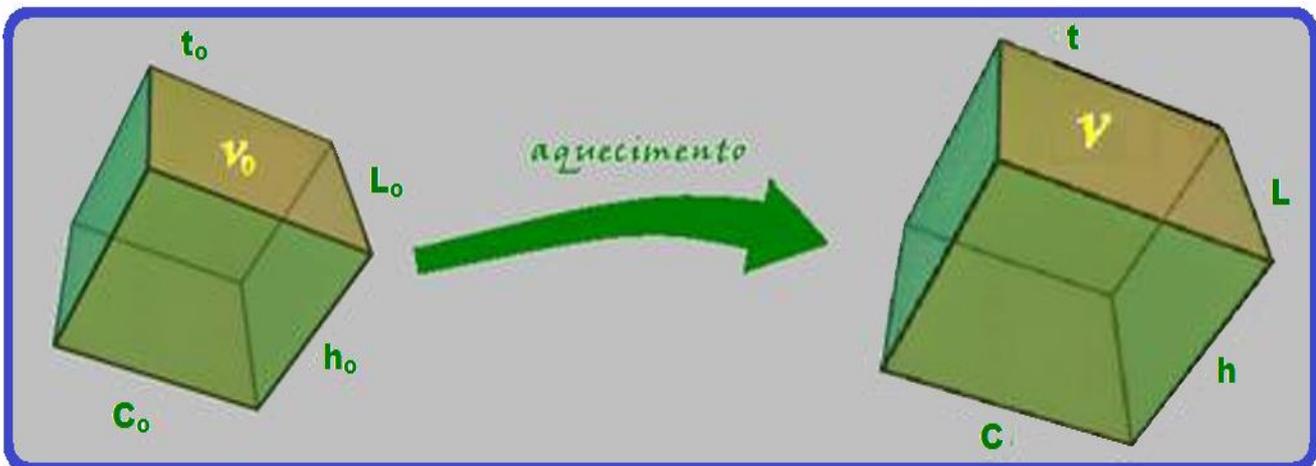


ΔS >>> dilatação superficial S_0 >>> área de superfície inicial Δt >>> intervalo de temperatura
 β >>> coeficiente de dilatação superficial

Na expressão acima, a letra grega β (beta) é uma grandeza constante, **característica do material**, denominada coeficiente de dilatação superficial médio.

Dilatação volumétrica ou cúbica dos sólidos

A dilatação volumétrica ou cúbica ocorre quando, devido a uma elevação de temperatura, um corpo

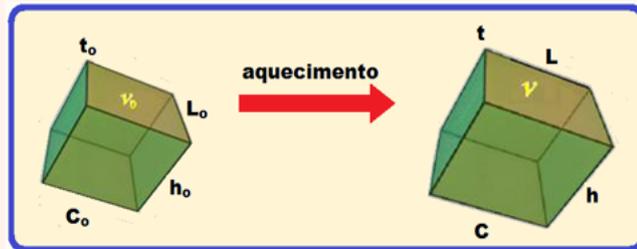


sofre um aumento em suas três dimensões (volume).

Todas as leis válidas para as dilatações linear e superficial são também válidas para a dilatação volumétrica, ou seja:

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

$$V = V_0 + V_0 \cdot \gamma \cdot (t - t_0)$$



ΔV >>> dilatação volumétrica V_0 >>> volume inicial Δt >>> intervalo de temperatura médio
 V >>> volume final γ >>> coeficiente de dilatação volumétrica

Relação entre os coeficientes de dilatação linear, superficial e volumétrica.

$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$$

Dilatação dos líquidos

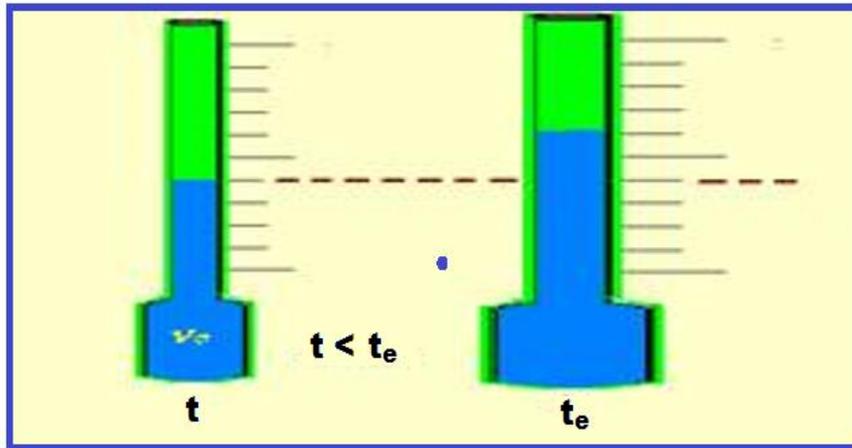
Os líquidos são amorfos, ou seja, não possuem forma própria, adquirindo o formato do recipiente



onde estão contidos.

Por esse motivo sofrem apenas dilatação volumétrica.

Dilatação aparente dos líquidos



Na figura, você tem um tubo de vidro graduado, com um líquido em seu interior. Após a dilatação, o aumento observado na graduação da coluna líquida não corresponde ao aumento real, pois observe que o recipiente também se dilatou. Assim, a dilatação marcada pela escala do tubo de vidro não corresponde à dilatação real e sim à dilatação aparente.

Dilatação real ou absoluta

Nela, leva-se em conta apenas a dilatação do líquido, sem considerar a dilatação do recipiente.

Pode-se verificar que um mesmo líquido, em diferentes frascos, possui um só coeficiente de dilatação absoluta ou real, característico desse líquido.

Porém, tem vários coeficientes de dilatação aparente, dependendo da natureza dos frascos que a encerram.

Dilatação do frasco

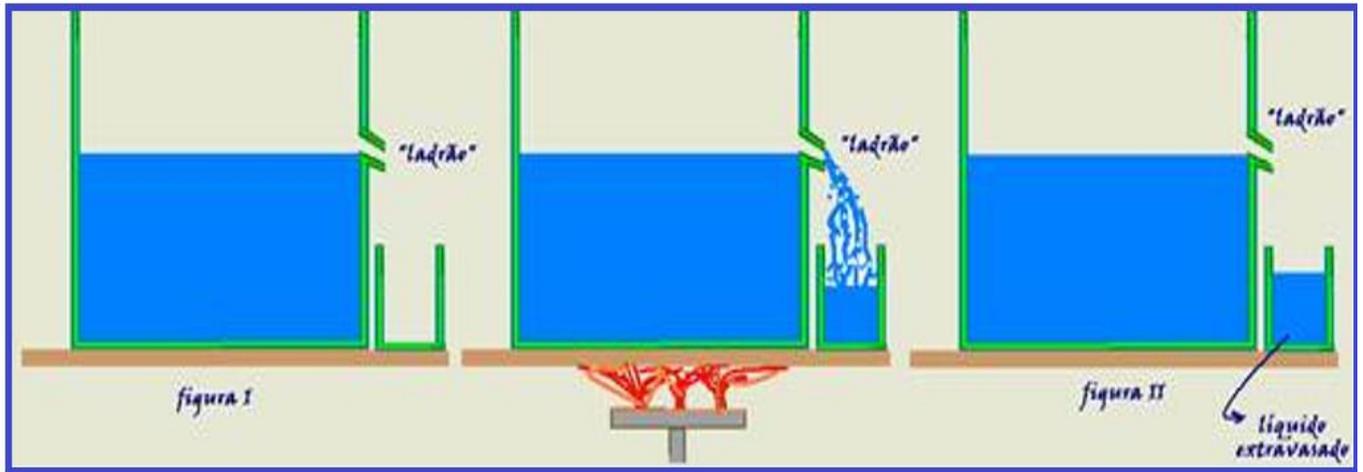
Lembre-se de que o frasco se comporta como se fosse maciço e constituído do mesmo material das paredes do recipiente.

Assim, o coeficiente de dilatação que se deve usar é o coeficiente de dilatação do material de que é feito o frasco.

Equações que envolvem a dilatação dos líquidos

Observe atentamente as explicações a seguir:

O frasco da figura abaixo contém um “ladrão” com o líquido preenchendo o recipiente até seu nível (figura I).



Após o conjunto ser aquecido de Δt , como normalmente os líquidos se dilatam mais que os sólidos, parte do líquido extravasa pelo “ladrão” (figura II).

Esse volume de líquido extravasado corresponde à dilatação aparente do líquido (ΔV_{ap}), de volume inicial V_o e coeficiente de dilatação volumétrica aparente (γ_{ap}) e não à dilatação real do líquido, já que o frasco também se dilata.

Se você conhecer a dilatação do frasco (ΔV_f) que corresponde à quanto seu volume aumentou, poderá determinar a dilatação real sofrida pelo líquido.

Exemplo numérico:

Se o volume do frasco que contém o líquido (até o nível do “ladrão), aumentar, por exemplo, de 1 cm^3 ($\Delta V_f = 1 \text{ cm}^3$) e, se o volume de líquido extravasado for de 3 cm^3 ($\Delta V_{ap} = 3 \text{ cm}^3$), você pode obter a dilatação real do líquido (ΔV_R), pois, $\Delta V_R = \Delta V_{ap} + \Delta V_f \ggg \Delta V_R = 3 + 1 = 4 \text{ cm}^3$.

Equações:

▶▶▶ Dilatação real do líquido $\ggg \Delta V_R = V_o \cdot \gamma_{líquido} \cdot \Delta t$ $\gg (V_o \ggg$ volume inicial do líquido)

▶▶▶ Dilatação aparente (volume de líquido extravasado) $\ggg \Delta V_{ap} = V_o \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta t$ $\gg (V_o \ggg$ volume inicial do líquido)

▶▶▶ Dilatação do frasco (recipiente) $\ggg \Delta V_f = V_o \cdot \gamma_{frasco} \cdot \Delta t$ $\gg (V_o \ggg$ volume inicial do líquido)

▶▶▶ $\Delta V_R = \Delta V_{ap} + \Delta V_f$ (veja exemplo numérico acima)

▶▶▶ $\gamma_R = \gamma_{ap} + \gamma_{frasco}$ (γ_R é o coeficiente de dilatação volumétrica real do líquido γ_{ap} é o coeficiente de dilatação volumétrica aparente e γ_{frasco} é o coeficiente de dilatação volumétrica do frasco).

Analise alguns exercícios resolvidos sobre dilatação dos líquidos



Um frasco de capacidade para 10 litros está completamente cheio de glicerina e encontra-se à temperatura de 10°C.

Aquecendo-se o frasco com a glicerina até atingir 90°C, observa-se que 352 mL de glicerina transborda do frasco.

Sabendo-se que o coeficiente de dilatação volumétrica da glicerina é

$5,0 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, calcule o coeficiente de dilatação linear do frasco é $^\circ\text{C}^{-1}$.

São dados: $V_0 = 10 \text{ L}$ (do frasco e da glicerina) $\triangleright t_0 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\triangleright t = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\triangleright \Delta V_{ap} = 352 \text{ mL} = 352$.

10^{-3} L $\triangleright \gamma_{\text{glicerina}} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

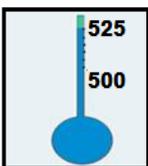
O volume de glicerina que extravasou corresponde à dilatação aparente $\triangleright \Delta V_{ap} = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta t$ $\triangleright \triangleright \triangleright$

$$352 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot \gamma_{ap} \cdot (90 - 10) \triangleright \gamma_{ap} = \frac{352 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^2} \triangleright \gamma_{ap} = 44 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\gamma_{\text{glicerina}} = \gamma_{ap} + \gamma_f \triangleright 5,0 \cdot 10^{-4} = 44 \cdot 10^{-5} + \gamma_f \triangleright \gamma_f = 5,0 \cdot 10^{-4} - 4,4 \cdot 10^{-4} \triangleright \gamma_f = 6,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (coeficiente de dilatação volumétrica do frasco).}$$

Acontece que o exercício quer o coeficiente de dilatação linear do frasco $\alpha_f = \gamma_f/3$

$$\alpha_f = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{3} \triangleright \alpha_f = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



Um líquido é aquecido de 0°C a 50°C, verificando-se na escala do frasco que o volume passa de 500cm³ a 525cm³.

Sendo o coeficiente de dilatação volumétrica do vidro $\gamma_v = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, determine o coeficiente de dilatação do líquido.

A dilatação aparente corresponde ao aumento na indicação da escala $\triangleright \Delta V_{ap} =$

$$525 - 500 = 25 \text{ cm}^3 \triangleright \Delta V_{ap} = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta t \triangleright 25 = 500 \cdot \gamma_{ap} \cdot 50 \triangleright \gamma_{ap} = \frac{25}{25 \cdot 10^3} \triangleright \gamma_{ap} = 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\gamma_{\text{líq}} = \gamma_v + \gamma_{ap} \triangleright \gamma_{\text{líq}} = 0,001 + 0,00001 \triangleright \gamma_{\text{líq}} = 0,00101 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



Um recipiente de vidro tem capacidade de 100cm³ a 10°C e contém, a essa temperatura, 99cm³ de um certo líquido de coeficiente de dilatação cúbica $\gamma =$



$2.10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. A que temperatura o recipiente estará completamente cheio de líquido?

(Considere o coeficiente de dilatação cúbica do vidro como sendo

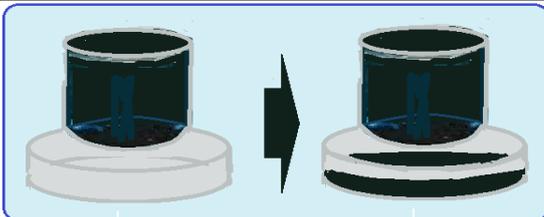
$10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Quando o recipiente estiver completamente cheio de líquido, eles (recipiente e líquido) deverão ter o mesmo volume $\ggg \Delta V_{\text{vidro}} = \Delta V_{\text{líquido}} \ggg 100(1 + 10^{-5}(t - 10)) = 99.(1 + 2.10^{-4}).(t - 10) \ggg$

$t = 19,6.10^{-2} / 18,6.10^{-3} \ggg t \approx 10,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.



Um recipiente de vidro encontra-se completamente cheio de um líquido a $0 \text{ } ^\circ\text{C}$.



Quando o

conjunto é aquecido até $80 \text{ } ^\circ\text{C}$, o volume do líquido que transborda corresponde a 4% do volume

que o líquido possuía a $0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Sabendo que o

coeficiente de dilatação volumétrica do vidro é igual

a $27.10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, determine o coeficiente de dilatação real do líquido.

$V_o =$ volume inicial do recipiente = volume inicial do líquido a $0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Dilatação do vidro com $V_o =$ volume inicial do líquido $\ggg V = V_o.(1 + \gamma.(t - t_o)) \ggg V = V_o.(1 + 27.10^{-6}.80) \ggg V = 1,00216.V_o$ (volume final do recipiente).

O líquido se dilatou V' que é o volume do recipiente V + o volume de líquido derramado que é de 4% de V_o .

$V' = V + 0,04V_o \ggg$ Dilatação do líquido $\ggg V' = V_o.(1 + \gamma'.\Delta t)$ onde γ' é o coeficiente de dilatação aparente do líquido.

$V' = V + 0,04V_o \ggg V' = (1,00216V_o) + 0,04V_o \ggg V' = 1,04216V_o$

$V' = V_o.(1 + \gamma'.\Delta t) \ggg 1,04216V_o = V_o(1 + \gamma'.80) \ggg 1,04216 = 1 + 80\gamma' \ggg$

$80\gamma' = 0,04216 \ggg \gamma' = 5,27.10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

O que você deve saber, orientações e dicas



$$\Delta L = L_o.\alpha.\Delta t$$

$$\ggg L - L_o = L_o.\alpha.(t - t_o)$$

$$\ggg L = L_o + L_o.\alpha.(t - t_o)$$



Sendo:

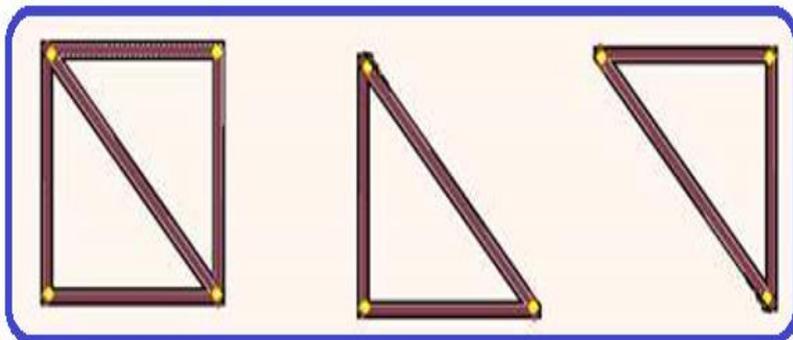
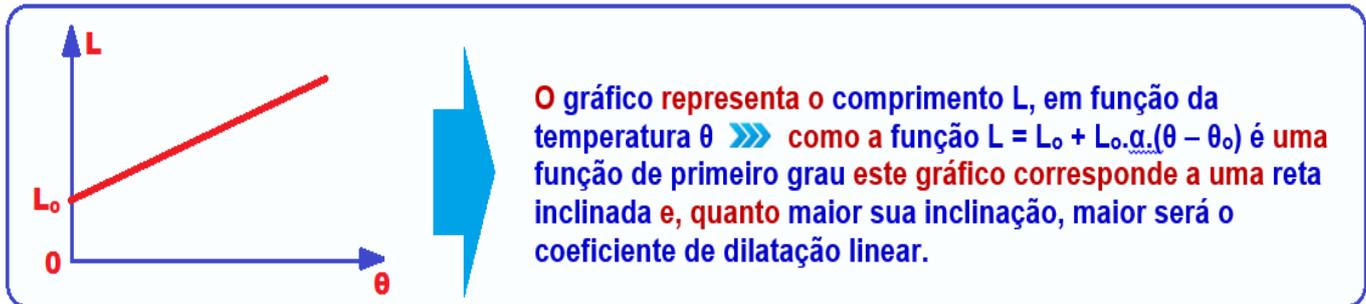
$\Delta L \ggg$ dilatação linear (de quanto dilatou o comprimento ou uma dimensão)

α >>> coeficiente de dilatação linear médio, característica do material que constitui a barra.

L_0 >>> comprimento inicial

L >>> comprimento final

Δt >>> intervalo de temperatura



Se as armações metálicas das figuras forem de mesmo material, homogêneas e de secção transversal constante e se sofrerem

a mesma variação de temperatura (por exemplo, sendo aquecidas), elas não se deformarão, os pontos de

contato não trocarão forças entre si, elas manterão o formato inicial, mas com dimensões maiores e, todos os ângulos internos permanecerão os mesmos.

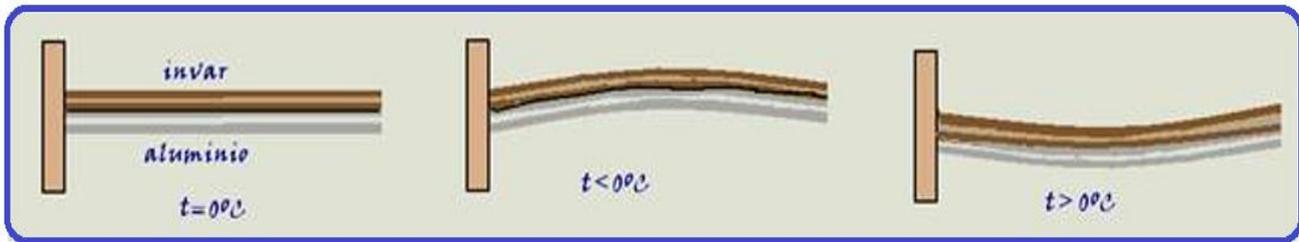
Observe que seus comprimentos não se dilatam por igual, a hipotenusa se dilata mais que os catetos.



Lâminas bimetálicas

Quando você solda duas barras de materiais diferentes você obtém uma lâmina bimetálica e, se você as submeter à mesma variação de temperatura, o sistema vai curvar-se para o lado da barra de menor coeficiente de dilatação, quando aquecida e para o lado da barra de maior coeficiente de dilatação, quando resfriada.

Observe nas figuras abaixo uma lâmina bimetálica constituída de alumínio ($\alpha_{\text{alumínio}} = 22 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) e



invar (liga de ferro e níquel, $\alpha_{\text{invar}} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) e observe como a lâmina se inclina quando a temperatura aumenta ou diminui.



Utilidades das lâminas bimetálicas

As lâminas bimetálicas são muito utilizadas nos relés térmicos (termostatos, que são dispositivos que desligam automaticamente um circuito quando a temperatura atinge determinado valor) para controlar a temperatura de um dado ambiente, nas geladeiras, freezers, ferro elétrico automático, aparelhos de ar condicionado, fornos de fogões elétricos, etc.

Quando a temperatura do ambiente superar certo limite, o termostato deve desligar o aquecedor fazendo sua lâmina bimetálica envergar abrindo os contatos, e desligando o aparelho da rede elétrica.

Quando a temperatura cair abaixo de certo limite, o aquecedor deve ser



novamente ligado com a lâmpada curvando-se em sentido oposto e fecha os contatos.

Esse mesmo processo é utilizado na prevenção de incêndio por motivo de

sobrecarga elétrica, desligando o circuito quando a temperatura atingir certos limites.





O fato de barras de ferro inseridas em concreto nas construções não provocarem rachaduras no concreto explica-se pela semelhança que existe entre os valores do coeficiente de dilatação linear desses materiais, caso contrário um se dilataria mais que o outro e o concreto racharia.



Um cientista está à procura de um material que tenha um coeficiente de dilatação alto. O objetivo dele é produzir vigas desse material para utilizá-las como suportes para os telhados das casas.

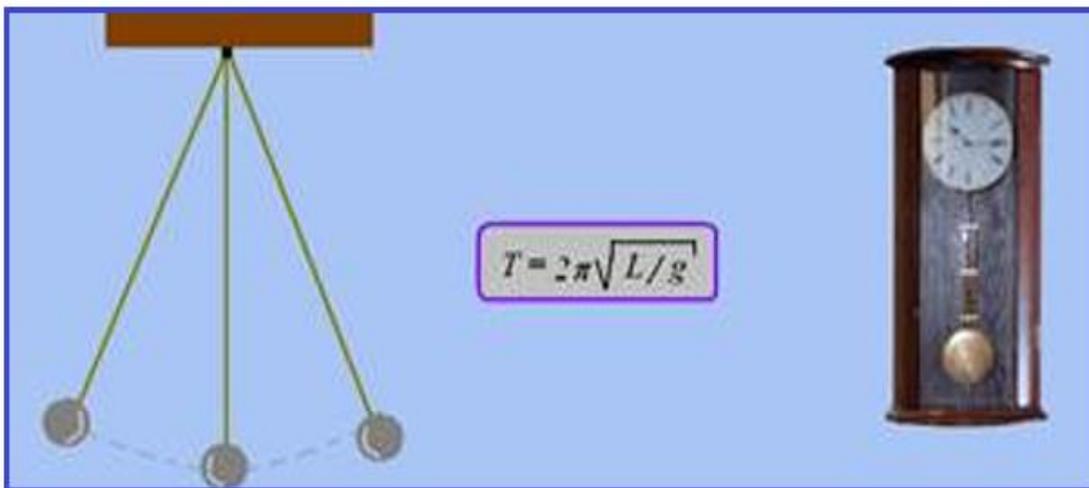
Assim, nos dias muito quentes, as vigas dilatar-se-iam bastante, elevando o telhado e permitindo uma certa circulação de ar pela casa, refrescando o ambiente. Nos dias frios, as vigas encolheriam e o telhado abaixaria, não permitindo a circulação de ar.



Pêndulo simples

Trata-se de corpo de massa m suspenso por um fio inextensível e de massa desprezível.

Quando afastado de sua posição de equilíbrio e solto, o pêndulo oscilará em um plano vertical sob à ação da gravidade g; o movimento é periódico e oscilatório e



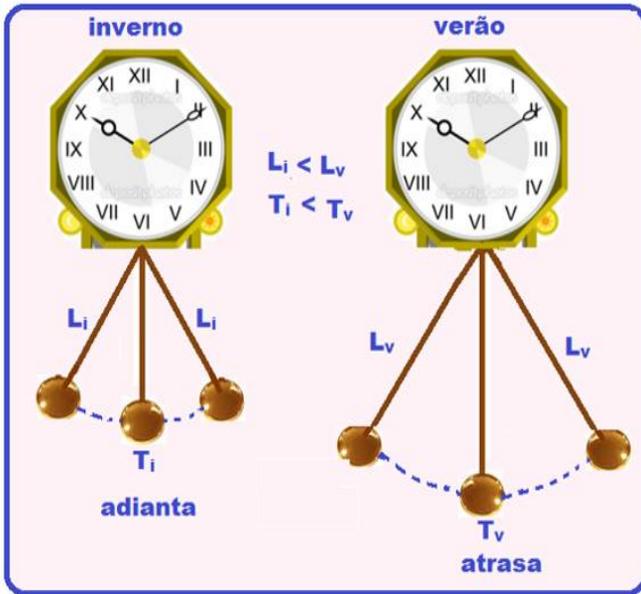
o seu período (tempo que ele demora para efetuar um “vai e vem” completo) é fornecido por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

O Pêndulo Simples, através da equação

acima, também fornece um método para medições do valor da aceleração da gravidade g num dado local, medindo-se o comprimento do fio L e o período de oscilação T, substituindo esses dois dados na equação acima você acha o valor da aceleração da gravidade g nesse local.

Observe que o período T, é independente da massa m do corpo suspenso (não aparece na fórmula).



Na expressão $T=2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$, o período T é

diretamente proporcional a \sqrt{L} e inversamente proporcional a \sqrt{g} .

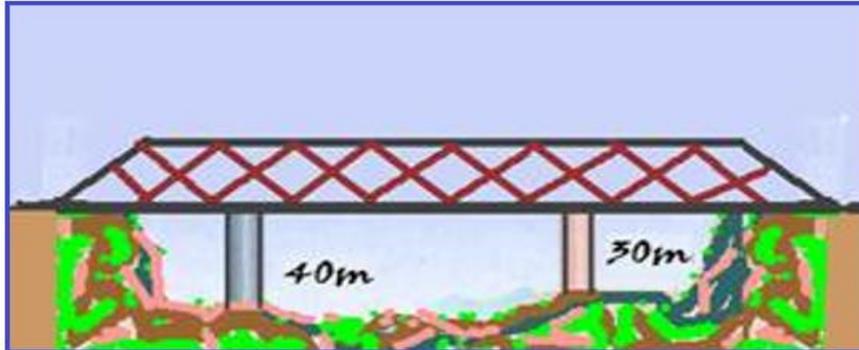
Assim, se o fio do pêndulo for substituído por uma haste metálica, ela se dilatará no verão (aumentando L e aumentando T) fazendo com que o pêndulo se **atrasa no verão** e se **adiante no inverno** (L diminui e T diminui).

Na Lua, menor g , maior T , ele se atrasa.



Veja a resolução desse exercício:

A figura mostra uma ponte apoiada sobre dois pilares feitos de materiais diferentes.



Como se vê, o pilar mais longo, de comprimento $L_1 = 40$ m, possui coeficiente de dilatação linear $\alpha = 18 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

O pilar mais curto tem comprimento $L_2 = 30$ m. Para

que a ponte permaneça sempre na horizontal, determine o coeficiente linear do material do segundo pilar.

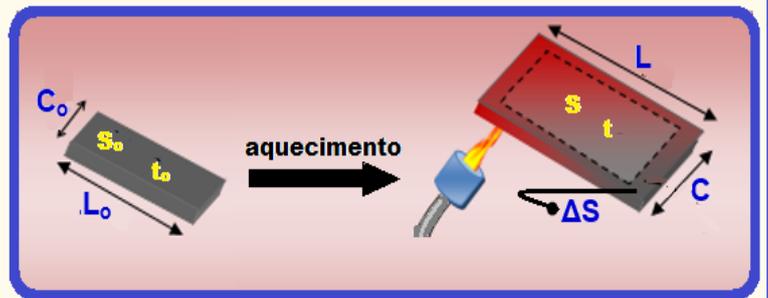
Para que a ponte permaneça sempre na horizontal, os dois pilares devem sofrer a mesma dilatação para a mesma variação de temperatura $\ggg \Delta L_1 =$

$$\Delta L_2 \ggg L_{01} \cdot \alpha_1 \cdot \Delta t = L_{02} \cdot \alpha_2 \cdot \Delta t \ggg 40 \cdot 18 \cdot 10^{-6} = 30 \cdot \alpha_2 \ggg \alpha_2 = 24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$



$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta t$$

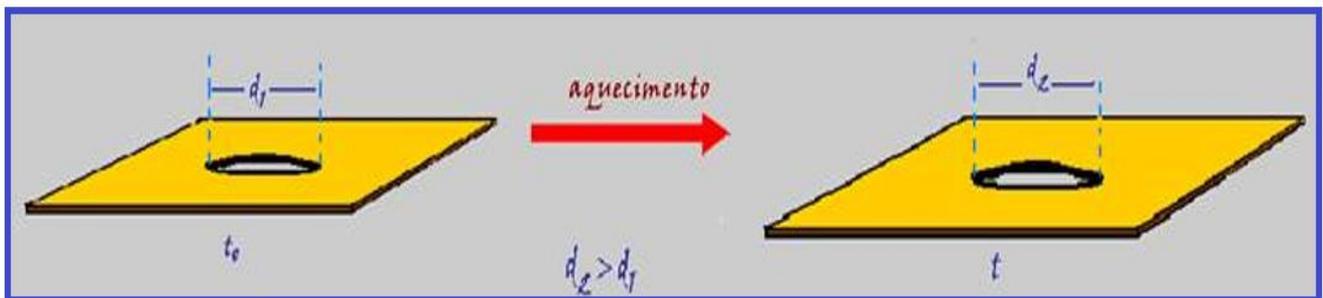
$$S = S_0 + S_0 \cdot \beta \cdot (t - t_0)$$



ΔS >>> dilatação superficial S_0 >>> área de superfície inicial Δt >>> intervalo de temperatura
 β >>> coeficiente de dilatação superficial



Se uma placa metálica com orifício for aquecida, verifica-se que o orifício aumenta, como se fosse



constituído pelo material da placa, pois tudo se passa como se o furo tivesse um coeficiente de dilatação superficial igual àquele da substância da placa.



Se você despejar água fervente num copo de vidro, ele pode se quebrar, pois a dilatação não é uniforme, a parte interna se dilata mais que a externa.



O mesmo poderia ocorrer se você despejasse água gelada num copo quente e, nesse caso a parte interna se contrai mais que a externa.

Se você despejar água fervente num copo de vidro até a metade, ele pode quebrar mais facilmente do que quando cheio completamente, porque a temperatura dele muda uniformemente, o que causa a quebra do copo é o fato de que a parte de baixo fique mais quente e se dilate mais do que a de cima, podendo provocar a ruptura.





Observe também que se você tiver dois copos de diferentes coeficientes de dilatação, o de menor coeficiente apresenta maior

dificuldade de se quebrar quando aquecido, pois se dilata menos.



É muito comum acontecer de, quando copos iguais são empilhados, colocando-se um dentro do outro, dois deles ficarem emperrados, tornando-se difícil separá-los. Considerando o efeito da dilatação térmica, é possível retirar um copo de dentro do outro se no copo interno for despejada água fria e o copo externo for mergulhado em água bem quente, pois a água fria contrai o interno e água quente dilata o externo.



$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta t$$
$$V = V_0 + V_0 \cdot \gamma \cdot (t - t_0)$$

ΔV >>> dilatação volumétrica V_0 >>> volume inicial Δt >>> intervalo de temperatura médio
 V >>> volume final γ >>> coeficiente de dilatação volumétrica



Se as duas esferas da figura abaixo forem idênticas (mesmas dimensões e mesmo material) e sofrerem a mesma variação de temperatura, elas sofrem a



mesma dilatação volumétrica.

Corpos ocios se dilatam como se fossem maciços e sua dilatação é calculada utilizando o coeficiente de dilatação volumétrica do material que constitui sua superfície.

O mesmo acontece se ele tiver um furo, e se a esfera com o furo for aquecida, verifica-se que o furo aumenta, como se fosse constituído pelo material da esfera.

Assim, o furo se comporta como tivesse o mesmo coeficiente de dilatação volumétrica que o da substância que constitui a esfera.



Equações utilizadas na dilatação de líquidos

►►► Dilatação real do líquido ►►► $\Delta V_R = V_o \cdot \gamma_{\text{líquido}} \cdot \Delta t$ > (V_o ►►► volume inicial do líquido)

►►► Dilatação aparente (volume de líquido extravasado) ►►► $\Delta V_{ap} = V_o \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta t$ > (V_o ►►► volume inicial do líquido)

►►► Dilatação do frasco (recipiente) ►►► $\Delta V_f = V_o \cdot \gamma_{\text{frasco}} \cdot \Delta t$ > (V_o ►►► volume inicial do líquido)

►►► $\Delta V_R = \Delta V_{ap} + \Delta V_f$ (veja exemplo numérico acima)

►►► $\gamma_R = \gamma_{ap} + \gamma_{\text{frasco}}$ (γ_R é o coeficiente de dilatação volumétrica real do líquido γ_{ap} é o coeficiente de dilatação volumétrica aparente e γ_{frasco} é o coeficiente de dilatação volumétrica do frasco).



O coeficiente de dilatação aparente depende da natureza do líquido e do material que constitui o recipiente que o contém.

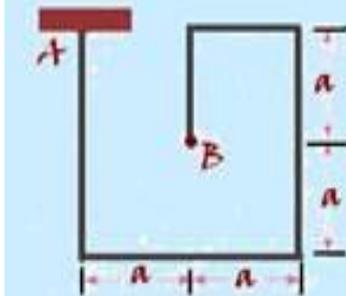
Exercícios de vestibulares com resolução comentada sobre Dilatação linear, superficial, volumétrica e dilatação dos líquidos

Exercícios de vestibulares com resolução comentada sobre

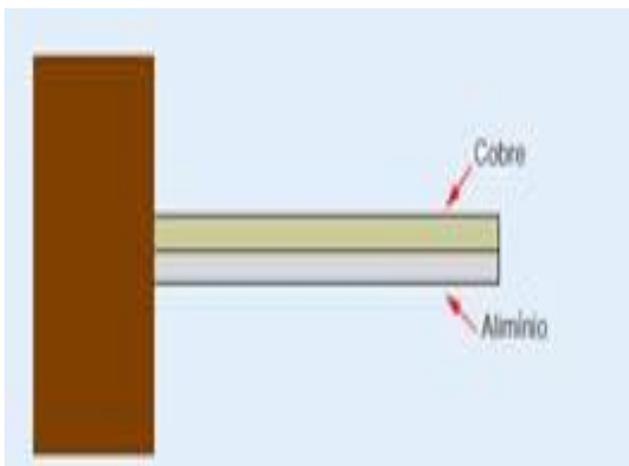
Dilatação linear, superficial, volumétrica e dilatação dos líquidos

01-(Uema) Um arame de aço, dobrado conforme a figura, está engastado no teto, no ponto A. Aumentando a sua temperatura de maneira homogênea, a extremidade B terá um deslocamento que será mais bem representado

por qual dos vetores?



02-(UNESP-SP) A lâmina bimetálica da figura abaixo é feita de cobre ($\alpha = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) e de alumínio ($\alpha = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$). Uma das partes não pode deslizar sobre a outra e o sistema está engastado numa parede.



Se na temperatura ambiente ($27 \text{ } ^\circ\text{C}$) ela é horizontal, a afirmativa correta sobre o comportamento da lâmina (α é o coeficiente de dilatação linear) é:

a) Sempre se curva para baixo quando muda a temperatura.

b) Sempre se curva para cima quando

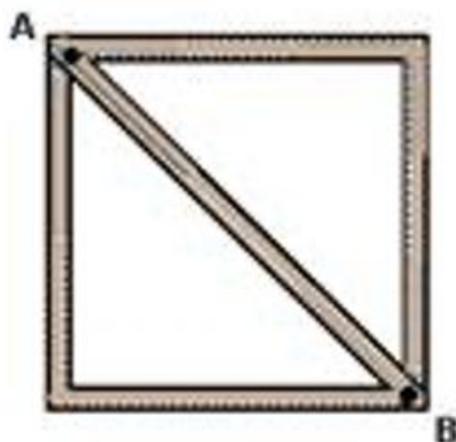
muda a temperatura.

c) Curva-se para baixo se $\theta > 27 \text{ } ^\circ\text{C}$ e para cima de $\theta < 27 \text{ } ^\circ\text{C}$.

d) Curva-se para cima se $\theta > 27 \text{ } ^\circ\text{C}$ e para baixo se $\theta < 27 \text{ } ^\circ\text{C}$.

e) Somente se curva se $\theta > 27 \text{ } ^\circ\text{C}$.

03-(FGV-SP) Um serralheiro monta, com o mesmo tipo de vergalhão de ferro, a armação esquematizada.



A barra transversal que liga os pontos A e B não exerce forças sobre esses pontos. Se a temperatura da armação for aumentada, a barra transversal

a) continua não exercendo forças sobre os pontos A e B.

b) empurrará os pontos A e B, pois ficará $\sqrt{2}$ vezes maior que o novo tamanho que deveria assumir.

c) empurrará os pontos A e B, pois ficará $L_0\alpha\Delta t$ vezes maior que o novo tamanho que deveria assumir.

d) tracionará os pontos A e B, pois ficará $\sqrt{2}$ vezes menor que o novo tamanho que deveria assumir.

e) tracionará os pontos A e B, pois ficará $L\alpha\Delta t$ vezes menor que o novo tamanho que deveria assumir.

04-(UFAL) O fato de barras de ferro contidas em uma viga de concreto não provocarem

rachaduras no concreto explica-se pela semelhança que existe entre os valores do

a) calor específico desses materiais.

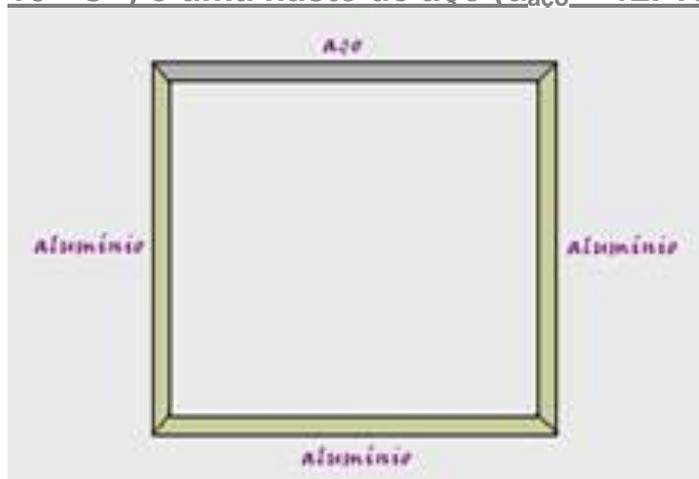
b) calor de fusão desses materiais.

c) coeficiente de condutividade térmica desses materiais.

d) coeficiente de dilatação linear desses materiais.

e) coeficiente de atrito desses materiais.

05-(UFRJ-RJ) Um quadrado foi montado com três hastes de alumínio ($\alpha_{Al} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$) e uma haste de aço ($\alpha_{aco} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$), e todas inicialmente à mesma temperatura.



O sistema é, então, submetido a um processo de aquecimento, de forma que a variação de temperatura é a mesma em todas as hastes.

Podemos afirmar que, ao final do processo de aquecimento, a figura formada pelas hastes estará mais próxima de um:

a) quadrado.

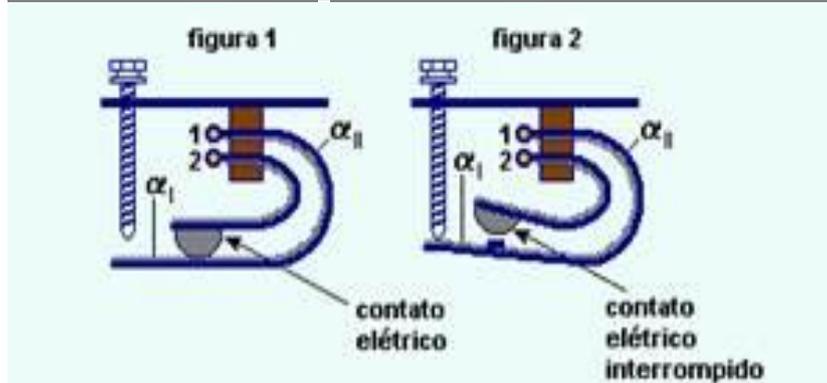
b) retângulo.

c) losango.

d) trapézio retângulo.

e) trapézio isósceles.

06- (UFF-RJ) Nos ferros elétricos automáticos, a temperatura de funcionamento, que é previamente regulada por um parafuso, é controlada por um termostato constituído de duas lâminas bimetálicas de igual composição. Os dois metais que formam cada uma das lâminas têm coeficientes de dilatação α_1 – o mais interno – α_2 . As duas lâminas estão encurvadas e dispostas em contato



elétrico, uma no interior da outra, como indicam as figuras a seguir.

A corrente, suposta contínua, entra pelo ponto 1 e sai pelo ponto 2, conforme a figura 1, aquecendo a resistência. À medida que a temperatura aumenta, as lâminas vão se

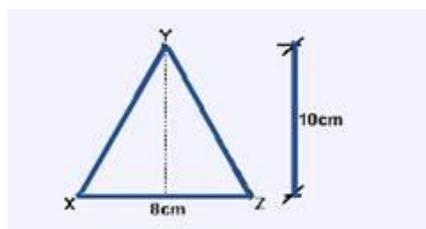
encurvando, devido à dilatação dos metais, sem interromper o contato. Quando a temperatura desejada é alcançada, uma das lâminas é detida pelo parafuso, enquanto a outra continua encurvando-se, interrompendo o contato entre elas, conforme a figura 2.

Com relação à temperatura do ferro regulada pelo parafuso e aos coeficientes de dilatação dos metais das lâminas, é correto afirmar que, quanto mais apertado o parafuso:

- a) menor será a temperatura de funcionamento e $\alpha_1 > \alpha_2$ _____
- b) maior será a temperatura de funcionamento e $\alpha_1 < \alpha_2$ _____
- c) maior será a temperatura de funcionamento e $\alpha_1 > \alpha_2$ _____
- d) menor será a temperatura de funcionamento e $\alpha_1 < \alpha_2$ _____
- e) menor será a temperatura de funcionamento e $\alpha_1 = \alpha_2$ _____

-

07-(UECE-CE) Três barras retas de chumbo são interligadas de modo a formarem um triângulo isósceles de base 8cm e altura 10cm.



Elevando a temperatura do sistema:

- a) a base e os lados se dilatam igualmente _____
- b) os ângulos se mantêm _____
- c) a área se conserva _____
- d) o ângulo do vértice varia mais que os ângulos da base. _____

08-(Olimpíada Paulista de Física) É muito comum acontecer de, quando copos iguais são empilhados, colocando-se um dentro do outro, dois deles ficarem emperrados, tornando-se difícil separá-los. Considerando o efeito da dilatação térmica, pode-se afirmar que é possível retirar um copo de dentro do outro se:

- a) os copos emperrados forem mergulhados em água bem quente.
- b) no copo interno for despejada água quente e o copo externo for mergulhado em água bem fria.
- c) os copos emperrados forem mergulhados em água bem fria.
- d) no copo interno for despejada água fria e o copo externo for mergulhado em água bem quente.
- e) não é possível separar os dois copos emperrados considerando o efeito de dilatação térmica.

09-(UFF-RJ) A figura representa um dispositivo, que possui uma lâmina

bimetálica enrolada em forma de espiral, utilizado para acusar superaquecimento.

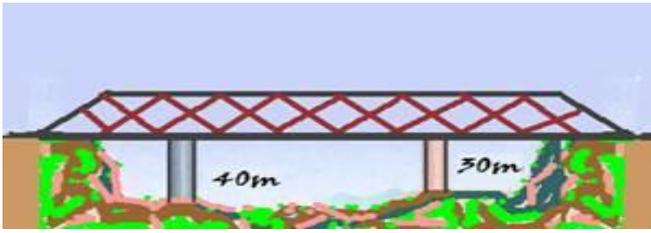


Um ponteiro está acoplado à espiral cuja extremidade interna é fixa. A lâmina é constituída por dois metais, fortemente ligados, com coeficientes de dilatação linear distintos, α_1 e α_2 , indicados, respectivamente, pelas regiões azul e vermelha da espiral.

Assinale a opção que expressa corretamente o funcionamento do dispositivo quando a temperatura aumenta.

- a) independentemente da relação entre α_1 e α_2 , a espiral sempre se fecha e o ponteiro gira no sentido horário.
- b) com $\alpha_1 < \alpha_2$, a espiral se fecha e o ponteiro gira no sentido horário.
- c) com $\alpha_1 > \alpha_2$, a espiral se abre e o ponteiro gira no sentido horário.
- d) com $\alpha_1 < \alpha_2$, a espiral se abre e o ponteiro gira no sentido horário.
- e) com $\alpha_1 > \alpha_2$, a espiral se fecha e o ponteiro gira no sentido horário.

10-(FUNREI-MG) A figura mostra uma ponte apoiada sobre dois pilares feitos de materiais diferentes.



Como se vê, o pilar mais longo, de comprimento $L_1 = 40$ m, possui coeficiente de dilatação linear $\alpha = 18 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. O pilar mais curto tem comprimento

$L_2 = 30$ m. Para que a ponte permaneça sempre na horizontal, determine o coeficiente linear do material do segundo pilar.

11-(PUC-RJ) A imprensa tem noticiado as temperaturas anormalmente altas que vêm ocorrendo no atual verão, no hemisfério norte. Assinale a opção que indica a dilatação (em cm) que um trilho de 100 m sofreria devido a uma variação de



temperatura igual a $20 \text{ } ^\circ\text{C}$, sabendo que o coeficiente linear de dilatação térmica do trilho vale $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ por grau Celsius.

a) 3,6 _____

b) 2,4 _____

c) 1,2 _____

d) $1,2 \cdot 10^{-3}$ _____

e) $2,4 \cdot 10^{-3}$ _____

12-(UEL-PR) O coeficiente de dilatação linear do aço é $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Os trilhos de uma via férrea têm 12m cada um na temperatura de 0°C . Sabendo-se que a temperatura máxima na região onde se encontra a estrada é 40°C , o



espaçamento mínimo entre dois trilhos consecutivos deve ser, aproximadamente, de:

a) 0,40 cm _____

b) 0,44 cm _____

c) 0,46 cm _____

d) 0,48 cm _____

e) 0,53 cm _____

13-(MACKENZIE) Ao se aquecer de $1,0^{\circ}\text{C}$ uma haste metálica de $1,0\text{m}$, o seu comprimento aumenta de $2,0 \cdot 10^{-2}\text{mm}$. O aumento do comprimento de outra haste do mesmo metal, de medida inicial 80cm , quando a aquecemos de 20°C , é:

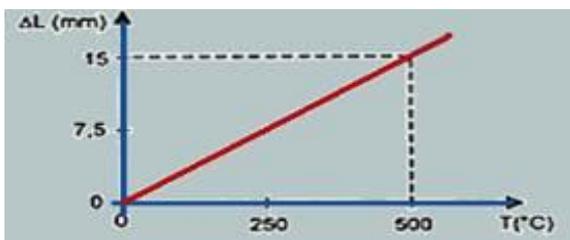
- a) $0,23\text{mm}$ b) $0,32\text{ mm}$ c) $0,56\text{ mm}$ d) $0,65\text{ mm}$ e) $0,76\text{ mm}$

14-(UNESP-SP) A dilatação térmica dos sólidos é um fenômeno importante em diversas aplicações de engenharia, como construções de pontes, prédios e estradas de ferro. Considere o caso dos trilhos de trem serem de aço, cujo coeficiente de dilatação é $\alpha = 11 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Se a 10°C o comprimento de um trilho é de 30m , de quanto aumentaria o seu comprimento se a temperatura aumentasse para 40°C ?



- a) $11 \cdot 10^{-4}\text{ m}$ _____
 b) $33 \cdot 10^{-4}\text{ m}$ _____
 c) $99 \cdot 10^{-4}\text{ m}$ _____
 d) $132 \cdot 10^{-4}\text{ m}$ _____
 e) $165 \cdot 10^{-4}\text{ m}$ _____

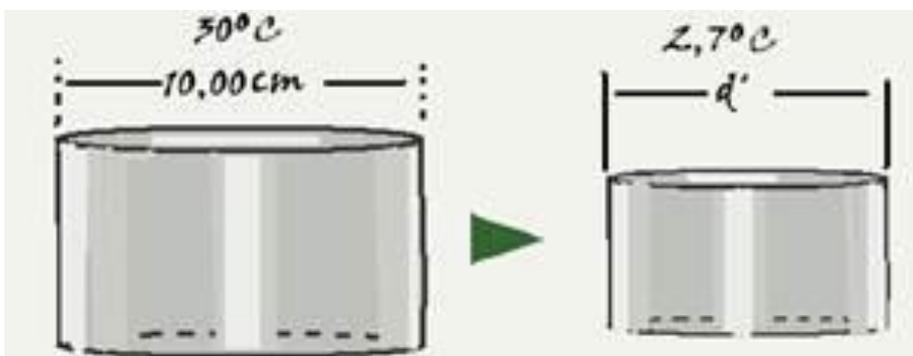
15-(UFPE-PE) – O gráfico abaixo representa a variação, em milímetros, do comprimento de uma barra



metálica, de tamanho inicial igual a $1,000\text{m}$, aquecida em um forno industrial.

Qual é o valor do coeficiente de dilatação térmica linear do material de que é feita a barra, em unidades de $10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

16-(UFRRJ-RJ) Um cilindro de aço, que se encontra em um ambiente cuja temperatura é de 30°C ,



tem como medida de seu diâmetro $10,00\text{ cm}$. Levado para outro ambiente cuja temperatura é de $2,7^{\circ}\text{C}$, ele sofre uma contração térmica.

Considere: coeficiente de dilatação linear do aço $\alpha = 11 \cdot 10^{-6} (\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1})$

Calcule o diâmetro final do cilindro.

17-(UFRS-RS) Uma barra de aço e uma barra de vidro têm o mesmo comprimento à temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, mas, a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, seus comprimentos diferem de $0,1\text{ cm}$. (Considere os coeficientes de dilatação linear do aço e do vidro iguais a $12 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ e $8 \cdot 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, respectivamente.)

Qual é o comprimento das duas barras à temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$?

- a) 50 cm. b) 83 cm. c) 125 cm. d) 250 cm. e) 400 cm.

18-(UFU-MG) O gráfico a seguir representa o comprimento L , em função da temperatura θ , de dois fios metálicos finos A e B.



Com base nessas informações, é correto afirmar que

- a) os coeficientes de dilatação lineares dos fios A e B são iguais.
 b) o coeficiente de dilatação linear do fio B é maior que o do fio A.
 c) o coeficiente de dilatação linear

do fio A é maior que o do fio B.

d) os comprimentos dos dois fios em $\theta = 0$ são diferentes.

19-(UNESP-SP) 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

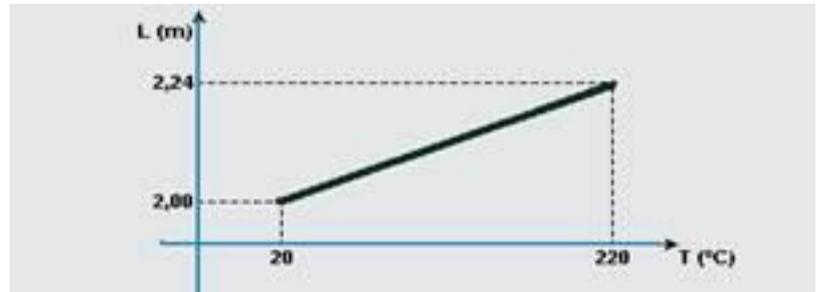


20-(UFPR-PR) Um cientista está à procura de um material que tenha um coeficiente de dilatação alto. O objetivo dele é produzir vigas desse material para

utilizá-las como suportes para os telhados das casas. Assim, nos dias muito quentes, as vigas dilatar-se-iam bastante, elevando o telhado e permitindo uma certa circulação de ar pela casa, refrescando o ambiente. Nos dias frios, as vigas encolheriam e o telhado abaixaria, não permitindo a circulação de ar. Após algumas experiências, ele obteve um composto com o qual fez uma barra. Em seguida, o cientista mediu o comprimento L da barra em função da temperatura T e obteve o gráfico a seguir:



T e obteve o gráfico a seguir:

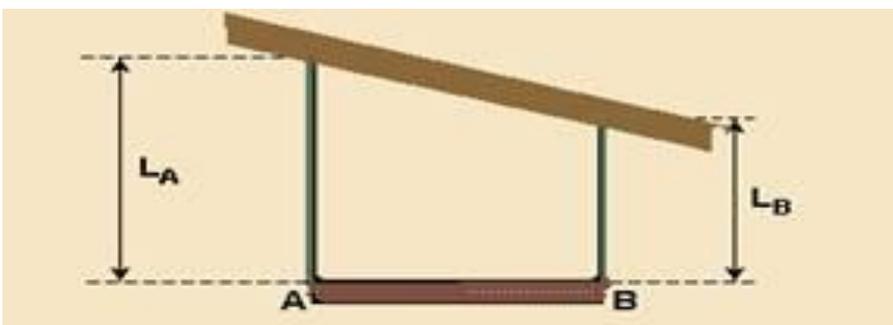


Analisando o gráfico, é correto afirmar que o coeficiente de dilatação linear do material produzido pelo cientista vale:

- a) $\alpha = 2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.
- b) $\alpha = 3 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.
- c) $\alpha = 4 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.
- d) $\alpha = 5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.
- e) $\alpha = 6 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

21-(UFPE-PE) A figura mostra um balanço AB suspenso por fios, presos ao teto.

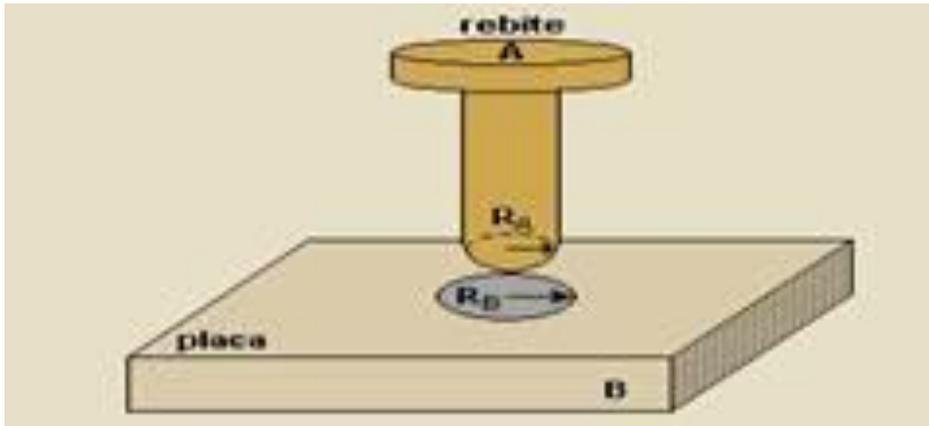
Os fios têm coeficientes de dilatação linear $\alpha_A = 1,5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ e $\alpha_B = 2,0 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, e comprimentos L_A e L_B , respectivamente, na temperatura T_0 . Considere $L_B = 72$



cm e determine o comprimento L_A , em cm, para que o balanço permaneça sempre na horizontal (paralelo ao solo), em qualquer temperatura.

22-(UFSC-SC) Um aluno de ensino médio está projetando um experimento sobre a dilatação dos sólidos. Ele utiliza um rebite de material A e uma placa de material B, de coeficientes de dilatação térmica, respectivamente, iguais a α_A e α_B . A placa contém um orifício em seu centro, conforme indicado na figura. O

raio R_A do rebite é menor que o raio R_B do orifício e ambos os corpos se encontram em equilíbrio térmico com o meio.



Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

(01) Se $\alpha_A > \alpha_B$ a folga irá aumentar se ambos forem igualmente resfriados.

(02) Se $\alpha_A > \alpha_B$ a folga ficará inalterada se

ambos forem igualmente aquecidos.

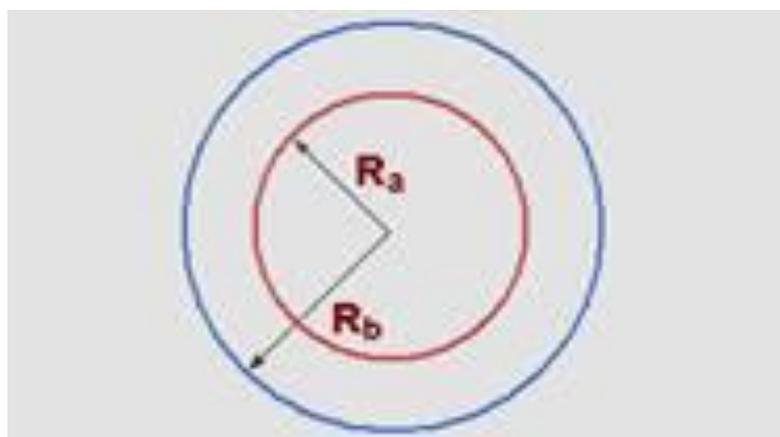
(04) Se $\alpha_A < \alpha_B$ e aquecermos apenas o rebite, a folga aumentará.

(08) Se $\alpha_A = \alpha_B$ a folga ficará inalterada se ambos forem igualmente aquecidos.

(16) Se $\alpha_A = \alpha_B$ e aquecermos somente a placa, a folga aumentará.

(32) Se $\alpha_A > \alpha_B$ a folga aumentará se apenas a placa for aquecida.

-



23-(UFRS-RS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.

A figura que segue representa um anel de alumínio homogêneo, de raio interno R_a e raio externo R_b , que se encontra à temperatura ambiente.

Se o anel for aquecido até a temperatura de 200 °C, o raio R_a e o raio R_b

a) aumentará – aumentará

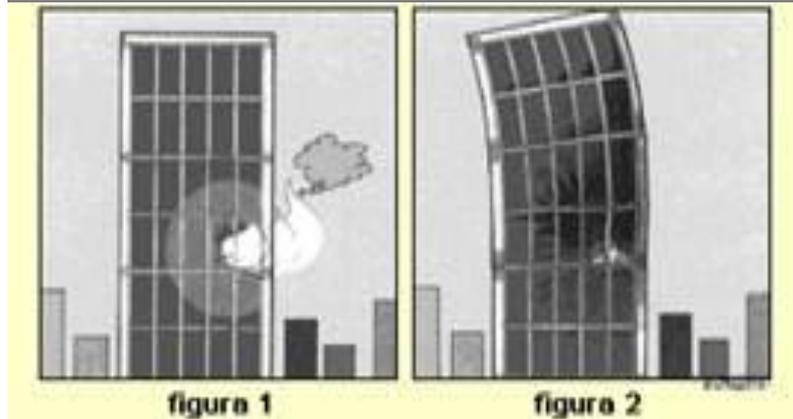
b) aumentará – permanecerá constante

c) permanecerá constante – aumentará

d) diminuirá – aumentará

e) diminuirá – permanecerá constante

24-(UFRJ-RJ) 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

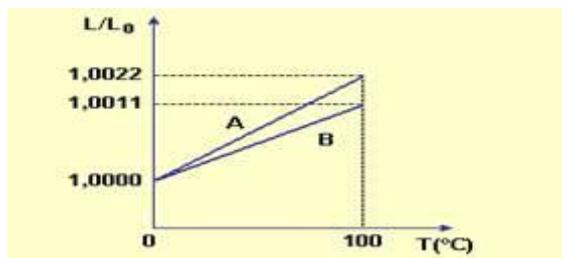


edifício sofreu uma deformação, como ilustra a figura 2.

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

25-(UFC-CE) Duas barras, A e B,

construídas de materiais diferentes, são aquecidas de 0 a 100 °C.



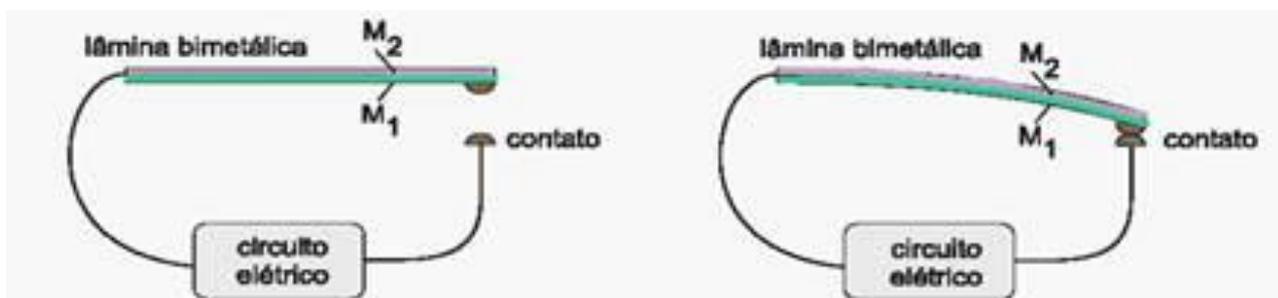
Com base na figura a seguir, a qual fornece informações sobre as dilatações lineares sofridas pelas barras, determine:

a) os coeficientes de dilatação linear das barras A e B.

b) a razão entre os coeficientes de dilatação linear das barras A e B.

26-(UFMG-MG) Uma lâmina bimetálica é constituída de duas placas de materiais diferentes, M1 e M2, presas uma a outra.

Essa lâmina pode ser utilizada como interruptor térmico para ligar ou desligar um circuito elétrico, como representado, esquematicamente na figura I.



Quando a temperatura das placas aumenta, elas dilatam-se e a lâmina curva-se, fechando o circuito elétrico, como mostrado na figura II. Esta tabela mostra o coeficiente de dilatação linear α de diferentes materiais:

Material	α ($10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
Aço	11
Alumínio	24
Bronze	19
Cobre	17
Níquel	13

Considere que o material M1 é cobre e o outro, M2, deve ser escolhido entre os listados nessa tabela. Para que o circuito seja ligado com o menor aumento de temperatura, o material da lâmina M2 deve ser o

- a) aço b) alumínio c) bronze d) cobre e) níquel

27- (UFRN-RN) Uma prensa mecânica passou tanto tempo fora de uso que seu parafuso central, constituído de alumínio, emperrou na região de contato com o



suporte de ferro, conforme mostrado nas figuras 1 e 2.

Chamado para

desemperrar o parafuso, um mecânico, após verificar, numa tabela, os coeficientes de dilatação volumétrica do alumínio e do ferro, resolveu o problema.

Informações necessárias para a solução da questão:

- Coeficiente de dilatação linear do alumínio (Al): $24,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Coeficiente de dilatação linear do ferro (Fe): $11,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- A variação de comprimento de um sólido, ΔL , devido a uma variação de temperatura, ΔT , dada por $\Delta L = (L - L_0) = \alpha L_0 \Delta T$, em que L e L_0 são, respectivamente, os comprimentos final e inicial do sólido e α é o seu coeficiente de dilatação linear.

a) Para desemperrar o parafuso considerando os coeficientes de dilatação do Al e do Fe, o mecânico esfriou ou aqueceu o conjunto? Justifique sua resposta.

b) Supondo que, inicialmente, os diâmetros do parafuso e do furo do suporte eram iguais, determine a razão entre as variações dos seus diâmetros após uma variação de temperatura igual a 100°C .

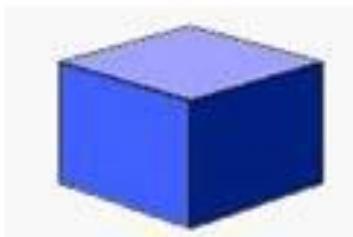
28-(PUC-SP) A tampa de zinco de um frasco de vidro agarrou no gargalo de rosca externa e não foi possível soltá-la.



Sendo os coeficientes de dilatação linear do zinco e do vidro, respectivamente, iguais a $30 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ e $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, como proceder?

Justifique sua resposta. Temos à disposição um caldeirão com água quente e outro com água gelada.

29-(UEL-PR) O volume de um bloco metálico sofre um aumento de 0,60% quando sua temperatura varia de 200°C . O coeficiente de dilatação de dilatação linear médio desse metal, em $^\circ\text{C}^{-1}$, vale:



a) $1,0 \cdot 10^{-5}$ _____

b) $3,0 \cdot 10^{-5}$ _____

c) $1,0 \cdot 10^{-6}$ _____

d) $3,0 \cdot 10^{-4}$ _____

e) $3,0 \cdot 10^{-3}$ _____

30-(MACKENZIE-SP) A massa específica de um sólido é $10,00 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ a 100°C e $10,03 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ a 32°F . O coeficiente de dilatação linear do sólido é igual a:

a) $5,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ _____

b) $10 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ _____

c) $15 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ _____

d) $20 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ _____

e) $30 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ _____

31-(UFRJ-RJ)



Gui Pádua, um brasileiro de 28 anos, quer bater o recorde mundial de tempo em queda livre, o período entre o salto em si e a abertura do pára-quedas. A marca pertence, desde 1960, ao americano Joseph Kittinger, que “despencou” durante quatro minutos e 32 segundos.

A façanha do brasileiro só será possível graças a uma roupa especial, que deixa o sujeito parecido com um morcego e faz com que a descida seja em diagonal. Com isso, Pádua deverá cair com velocidade bem menor que Kittinger, 220 km/h, em média. O salto será feito de um avião Hércules da Aeronáutica posicionado a 12 km de altura em relação ao solo, onde a temperatura é de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ele vai abrir o pára-quedas quando faltar 1 minuto para chegar ao chão, 5 minutos depois de ter saltado.

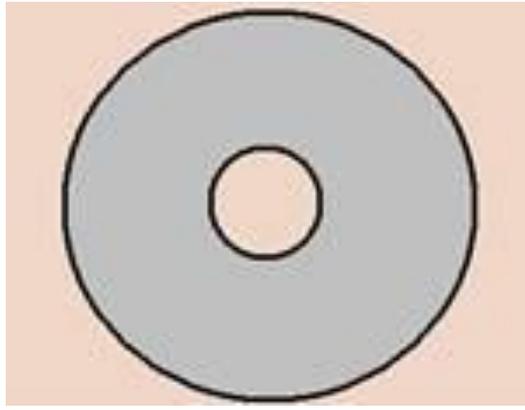
Revista Época, 11 ago. 2003 (adaptado).

Considere as informações apresentadas na reportagem acima e imagine que, no mesmo instante em que Gui Pádua saltar do avião, seja solta em queda livre, junto com ele, uma chapa de metal de 500 cm^2 de área, que cairá sobre uma elevação de 955m de altura em relação ao solo (despreze a resistência do ar e considere a aceleração da gravidade $g = 10,0\text{ m/s}^2$).

a) Qual será a diferença entre o tempo que a chapa levará para atingir a elevação e o tempo de queda de Gui Pádua, desde o momento do salto até o instante de abertura de seu pára-quedas?

b) Considere que a placa, quando lançada, esteja a mesma temperatura externa do avião ($-55\text{ }^{\circ}\text{C}$) e que o coeficiente de dilatação linear do metal que a constitui seja igual a $2,4 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Sendo a temperatura local de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, qual a dilatação por ela sofrida ao atingir a elevação?

32-(UNESP-SP) Uma placa circular metálica apresenta um orifício, também circular, concêntrico. Se ao ser aquecida uniformemente



a placa circular metálica tem sua parte externa aumentada em 4%, a circunferência do orifício concêntrico irá:

- a) aumentar em 8%
- b) aumentar em 4%
- c) diminuir em 4%
- d) diminuir em 8%
- e) diminuir em 16%

33-(UFRR) O coeficiente de dilatação dos metais é da ordem de $10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Uma chapa metálica tem um orifício circular. A chapa é aquecida de 25°C para 50°C . Como consequência do aquecimento, o diâmetro do orifício:

- a) reduz-se à metade
- b) dobra
- c) não se altera
- d) aumenta um pouco
- e) diminui um pouco

34-(UFPB) Se o diâmetro de uma moeda aumenta 0,2% quando sua temperatura é elevada em 100°C , os aumentos percentuais na espessura, na área e no volume serão respectivamente:



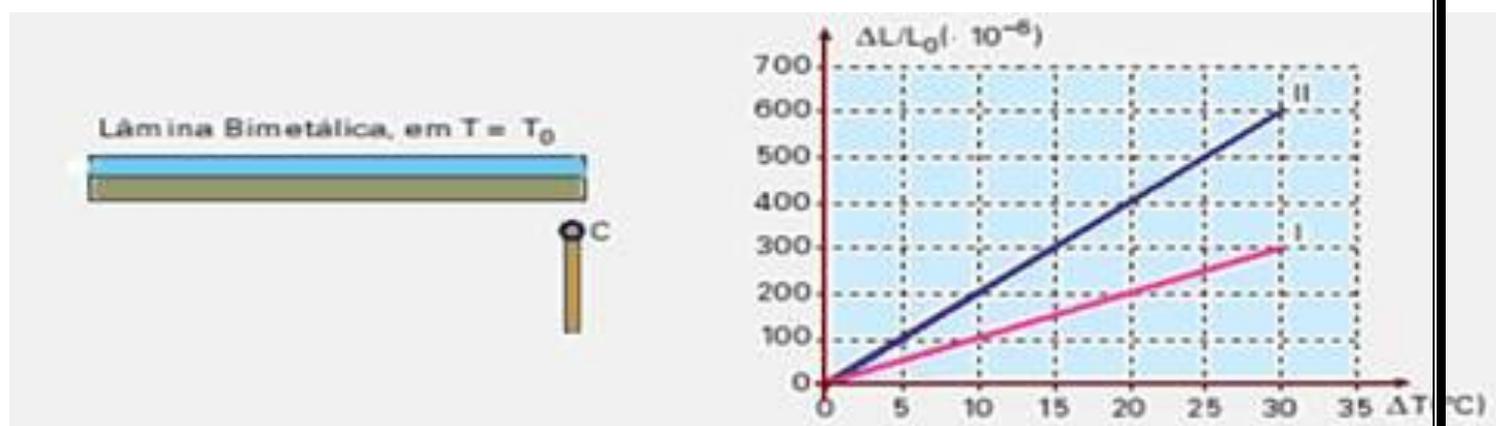
- a) 0,1%, 0,2%, 0,2%
- b) 0,2%, 0,2%, 0,2%

c) 0,2%, 0,4%, 0,5%

d) 0,2%, 0,4%, 0,6%

e) 0,3%, 0,4%, 0,8%

35-(UNESP-SP) A figura mostra uma lâmina bi metálica de comprimento L_0 na temperatura T_0 que deve tocar o contato C quando aquecida. A lâmina é feita dos metais I e II, cujas variações relativas de comprimento $\Delta L/L_0$ em função da variação de temperatura $\Delta T = T - T_0$ encontram-se no gráfico.



Determine:

a) o coeficiente de dilatação dos metais I e II;

b) qual dos metais deve ser utilizado na parte superior da lâmina para que o dispositivo funcione como desejado? Justifique sua resposta.

36-(UEMS-MS) Uma certa quantidade de chá fervente é despejada em um recipiente de vidro.



O recipiente quebra-se provavelmente devido a:

a) O coeficiente de dilatação do recipiente é muito elevado

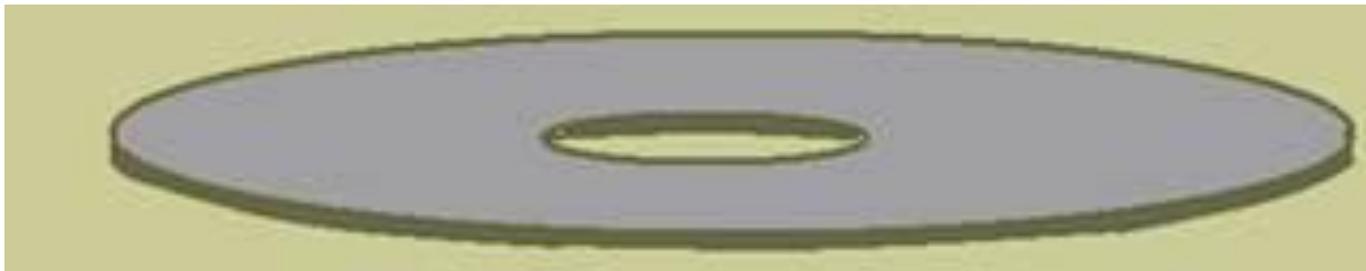
b) O recipiente permite que o calor se propague com facilidade

c) Dilatação não uniforme do corpo do recipiente

d) Pontos de fusão do recipiente e de ebulição do chá são semelhantes

e) Temperatura do ambiente externo ao copo.

37-(UNIC-MT) Uma chapa de alumínio tem um furo central de 100cm de raio, estando numa temperatura de 12°C.



Sabendo-se que $\alpha_{al}=22.10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, a nova área do furo quando a chapa for aquecida até 122°C será:

a) 2,425 m²

b) 3,140 m²

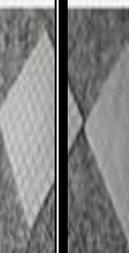
c) 4,155 m²

d) 3,155 m²

e) 5,425

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

Material	Coefficiente de dilatação linear ($^\circ\text{C}^{-1}$)	Material	Coefficiente de dilatação Volumar ($^\circ\text{C}^{-1}$)
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

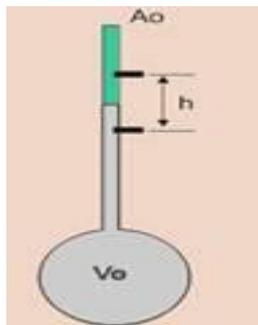
de 15 °C o comprimento da passarela é igual a 50 m. Qual a variação de comprimento dela, num dia em que a temperatura passa de 15 °C para 45 °C?

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.

39-(UFG-GO) 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 tubo cilíndrico fechado de área A_o 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: $T_i = 12 \text{ °C}$ — $A_o = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ — $V_o = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ — $h = 6,0 \text{ cm}$ — $a_{\text{Hg}} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$

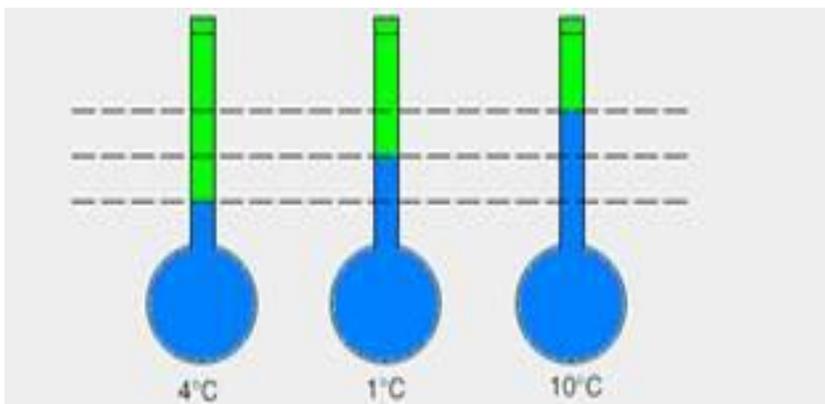
40-(UFB) Dois recipientes de mesmo volume A e B possuem coeficientes de dilatação γ_A e γ_B , tal que $\gamma_A > \gamma_B$. Ambos contêm a mesma quantidade de um mesmo líquido.



a) Se o nível do líquido é o mesmo nos dois recipientes, para uma mesma elevação de temperatura, em qual deles o nível final será maior?

b) O que aconteceria com o nível do líquido nos dois recipientes se o coeficiente de dilatação dos dois fosse o mesmo?

41-(UFLA-MG) Um bulbo de vidro conectado a um tubo fino, com coeficiente de dilatação desprezível, contendo certa massa de água na fase líquida, é mostrado a seguir em três situações de temperatura. Na primeira, o sistema está a 4 °C; na



segunda, a 1 °C e, na terceira, a 10 °C. Conforme a temperatura, a água ocupa uma certa porção do tubo.

Tal fenômeno é explicado:

a) pelo aumento de volume da água de 0 °C a 4 °C, seguido da diminuição do volume a partir de 4 °C.

b) pela diminuição da densidade da água de 0 °C a 4 °C, seguido do aumento da densidade a partir de 4 °C.

c) pelo aumento do volume da água a partir de 0 °C.

d) pelo aumento da densidade da água de 0 °C a 4 °C, seguido da diminuição da densidade a partir de 4 °C.

e) pela diminuição do volume da água a partir de 0 °C.

42-(UFRS-RS) Em certo instante, um termômetro de mercúrio com paredes de vidro, que se encontra à temperatura ambiente, é imerso em um vaso que contém água a 100 °C.



Observa-se que, no início, o nível da coluna de mercúrio cai um pouco e, depois, se eleva muito acima do nível inicial. Qual das alternativas apresenta uma explicação correta para esse fato?

a) A dilatação do vidro das paredes do termômetro se inicia antes da dilatação do mercúrio.

b) O coeficiente de dilatação volumétrica do vidro das paredes do termômetro é maior que o do mercúrio.

c) A tensão superficial do mercúrio aumenta em razão do aumento da temperatura.

d) A temperatura ambiente, o mercúrio apresenta um coeficiente de dilatação volumétrica negativo, tal como a

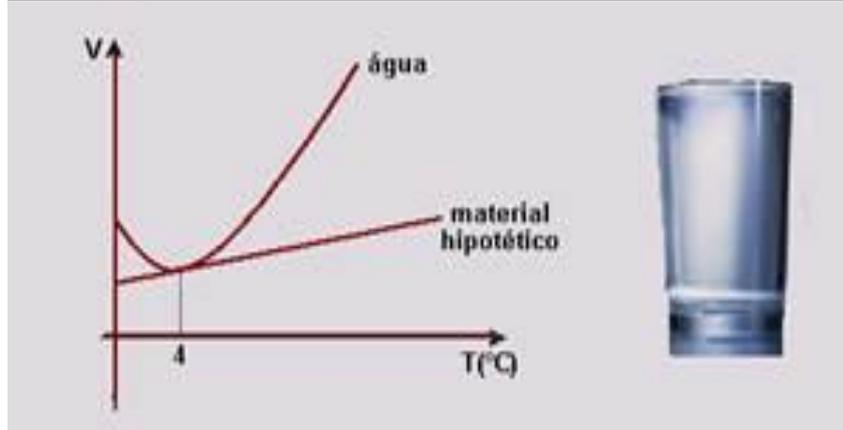
água entre 0 °C e 4 °C.

e) O calor específico do vidro das paredes do termômetro é menor que o do mercúrio.

43-(UFPEL-RS) A água, substância fundamental para a vida no Planeta, apresenta uma grande quantidade de comportamentos anômalos.

Suponha que um recipiente, feito com um determinado material hipotético, se

encontre completamente cheio de água a 4°C.



De acordo com o gráfico e seus conhecimentos, é correto afirmar que

a) apenas a diminuição de temperatura fará com que a água transborde.

b) tanto o aumento da temperatura quanto sua

diminuição não provocarão o transbordamento da água.

c) qualquer variação de temperatura fará com que a água transborde.

d) a água transbordará apenas para temperaturas negativas.

e) a água não transbordará com um aumento de temperatura, somente se o calor específico da substância for menor que o da água.

44-(UESB-BA) Um tanque cheio de gasolina de um automóvel, quando exposto ao sol por algum tempo, derrama uma certa



quantidade desse combustível. Desse fato, conclui-se que:

a) só a gasolina se dilatou.

b) a quantidade de gasolina derramada representa sua dilatação real.

c) a quantidade de gasolina derramada

representa sua dilatação aparente.

d) o tanque dilatou mais que a gasolina.

e) a dilatação aparente da gasolina é igual à dilatação do tanque.

45-(PUC-MG) Uma esfera de aço, oca, foi construída de tal forma que, quando completamente mergulhada em óleo diesel à temperatura de 25°C, permanece em equilíbrio, sem afundar nem emergir. Suponha agora que a temperatura do sistema, formada



pela bola e pelo óleo diesel, seja lentamente alterada, de forma que seja sempre mantido o equilíbrio térmico. Sabe-se que o coeficiente de dilatação linear do aço é $\alpha_{\text{aço}} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e que o coeficiente de dilatação volumétrica do

óleo diesel é $\alpha_{\text{óleo}}=9,5 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Sobre essa situação, é INCORRETO afirmar que:

a) antes da variação da temperatura, a razão entre a massa e o volume da esfera é igual à densidade do óleo diesel.

b) se houver elevação da temperatura, a esfera tenderá a flutuar.

c) se houver elevação da temperatura, tanto o óleo diesel quanto a esfera sofrerão dilatação.

d) caso haja diminuição da temperatura do sistema, a razão entre a massa e o volume da esfera se tornará menor do que a densidade do óleo diesel.

e) se houver diminuição da temperatura do sistema, tanto o óleo diesel quanto a esfera diminuirão de volume.

46-(PUC-MG) Um recipiente de vidro está completamente cheio de um determinado líquido. O conjunto é aquecido fazendo com que transborde um pouco desse líquido. A quantidade de líquido transbordado representa a dilatação:



a) do líquido, apenas.

b) do líquido menos a dilatação do recipiente.

c) do recipiente, apenas.

d) do recipiente mais a dilatação do líquido

47-(UFMS-MS) Um motorista retira o carro da garagem, que está a 15°C , passa pelo posto de gasolina e enche o tanque. Em seguida, deixa o carro estacionado ao sol. Após um certo tempo, ao voltar ao carro, verifica que a temperatura do carro é 40°C e que vazou uma certa quantidade de gasolina do tanque. É correto afirmar que:

01. o volume do tanque de combustível do carro diminuiu.

02. a gasolina sofreu dilatação

04. a gasolina e o tanque sofreram dilatação

08. o volume de gasolina que vazou é igual à variação de volume da gasolina.

16. a dilatação real da gasolina foi menor do que a dilatação do tanque.

Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

48-(UFSCAR-SP) Com motores mais potentes, caminhões com duas carretas têm se tornado muito comuns nas estradas brasileiras.

O caminhão esquematizado a seguir acelera uniformemente com aceleração de valor a . Nessas condições,

– o motor do cavalo aplica sobre o conjunto uma força constante de intensidade F_i ;

– a interação entre as partes unidas pelos engates 1 e 2 têm intensidades respectivamente iguais a f_1 e f_2 ;

– as massas do cavalo, da carreta número 1 e da carreta número 2 são, nessa ordem, m , m_1 e m_2 ;

– a resistência do ar ao movimento da carreta pode ser considerada desprezível.



Antes de iniciar o transporte de combustíveis, os dois tanques inicialmente vazios se encontravam à temperatura de $15\text{ }^\circ\text{C}$, bem como os líquidos que neles seriam derramados. No primeiro tanque, foram despejados $15\ 000\ \text{L}$ de gasolina e, no segundo, $20\ 000\ \text{L}$ de álcool. Durante o transporte, a forte insolação fez com que a temperatura no interior dos tanques chegasse a $30\text{ }^\circ\text{C}$.

Dados: GASOLINA: coeficiente de dilatação volumétrica: $9,6 \cdot 10^{-4}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ —
ÁLCOOL: densidade: $0,8\ \text{g/cm}^3$ – calor específico: $0,6\ \text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$

Considerando desde o momento do carregamento até o momento da chegada ao destino, determine:

a) a variação do volume de gasolina.

b) a quantidade de calor capaz de elevar a temperatura do álcool até $30\text{ }^\circ\text{C}$.

49-(UNESP-SP) 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 $2,0 \cdot 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. 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.

50-(UFPR-PR) Uma taça de alumínio de 120 cm^3 contém 119 cm^3 de glicerina a $21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Considere o coeficiente de dilatação linear do alumínio como sendo de $2,3 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$ e o coeficiente de dilatação volumétrica da glicerina de $5,1 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$.



Se a temperatura do sistema taça-glicerina for aumentada para $39\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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.

51-(UFPEL-RS) Os postos de gasolina, são normalmente abastecidos por um caminhão-tanque. Nessa ação cotidiana, muitas situações interessantes podem ser observadas.

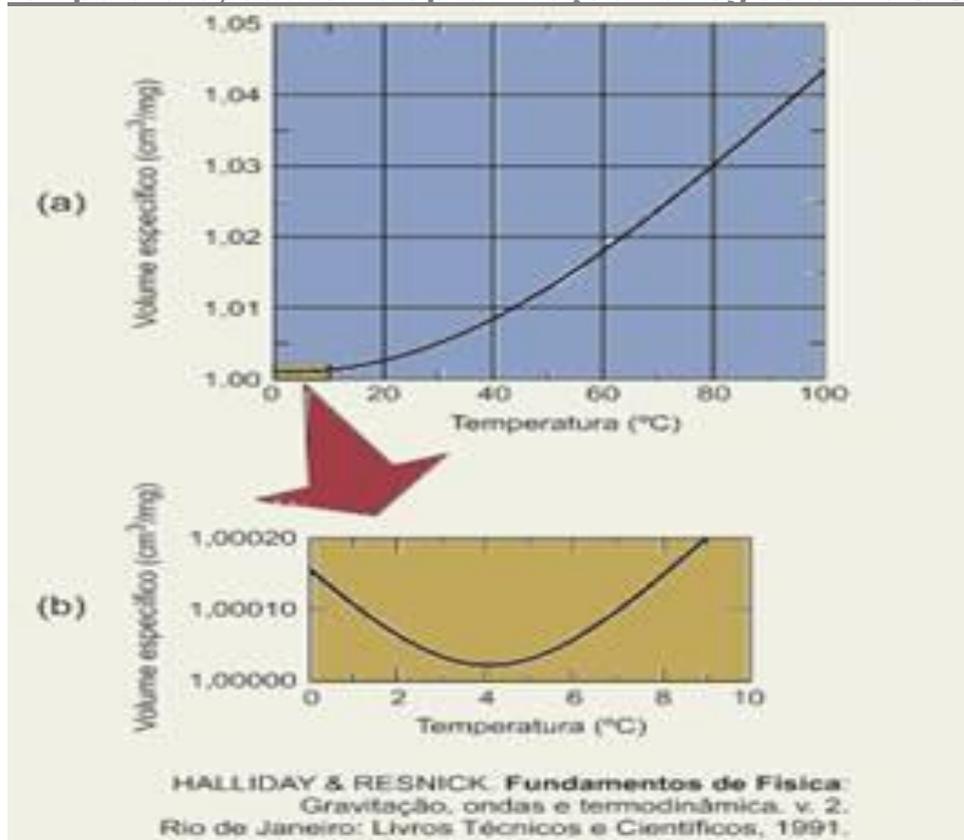


Um caminhão-tanque, cuja capacidade é de 40.000 litros de gasolina, foi carregado completamente, num dia em que a temperatura ambiente era de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. No instante em que chegou para abastecer o posto de gasolina, a temperatura ambiente era de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, devido a uma frente fria, e o motorista observou que o tanque não estava completamente cheio.

Sabendo que o coeficiente de dilatação da gasolina é $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ e considerando desprezível a dilatação do tanque, é correto afirmar que o volume do ar, em litros, que o motorista encontrou no tanque do caminhão foi de

- a) 40.880. b) 8.800. c) 31.200. d)
4.088. e) 880.

52-(ENEM-MEC) De maneira geral, se a temperatura de um líquido comum aumenta, ele sofre dilatação. O mesmo não ocorre com a água, se ela estiver a uma temperatura próxima a de seu ponto de congelamento. O gráfico mostra como o volume específico (inverso da densidade) da água varia em função da temperatura, com uma aproximação na região entre 0°C e 10°C , ou seja, nas



proximidades do ponto de congelamento da água.

A partir do gráfico, é correto concluir que o volume ocupado por certa massa de água

a) diminui em menos de 3% ao se resfriar de 100°C a 0°C . b) aumenta em mais de 0,4% ao se resfriar de 4°C a 0°C .

c) diminui em menos de 0,04% ao se aquecer de 0°C a 4°C . d) aumenta em mais de 4% ao se aquecer de

4°C a 9°C .

e) aumenta em menos de 3% ao se aquecer de 0°C a 100°C .

53-(UNESP-SP) Um recipiente de vidro tem capacidade de 100cm^3 a 10°C e contém, a essa temperatura, 99cm^3 de um certo líquido de coeficiente de dilatação cúbica $\gamma=2 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. A que temperatura o recipiente estará completamente cheio de líquido?



(Considere o coeficiente de dilatação cúbica do vidro como sendo $10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.



54-(UFU-MG) Um frasco de capacidade para 10 litros está completamente cheio de glicerina e encontra-se à temperatura de 10°C .

Aquecendo-se o frasco com a glicerina até atingir 90°C , observa-se que 352 ml de glicerina transborda do frasco. Sabendo-se que o coeficiente de dilatação volumétrica da glicerina é $5,0 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, o coeficiente de dilatação linear do frasco é, em $^\circ\text{C}^{-1}$.

a) $6,0 \times 10^{-5}$

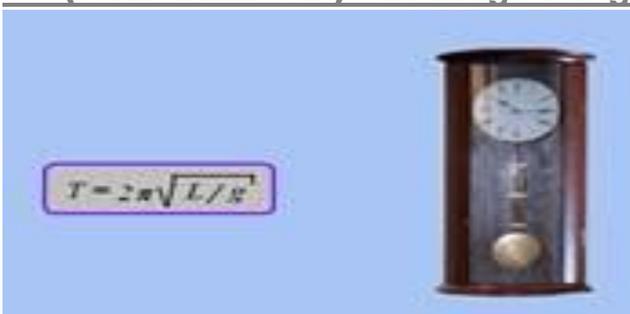
b) $2,0 \times 10^{-5}$

c) $4,4 \times 10^{-4}$

d) $1,5 \times 10^{-4}$

e) $3,0 \times 10^{-4}$

55-(UNICAMP-SP) Um antigo relógio de pêndulo é calibrado no frio inverno gaúcho. Considere que o período desse relógio é dado por:



Onde L é o comprimento do pêndulo e g a aceleração da gravidade, pergunta-se:

a) Este relógio atrasará ou adiantará quando transportado para o quente verão

nordestino?

b) Se o relógio for transportado do nordeste para a superfície da Lua, nas mesmas condições de temperatura, ele atrasará ou adiantará?

Justifique suas respostas.

56-(UEG-GO) Um relógio de pêndulo é usado em uma determinada região onde há consideráveis variações de temperatura entre o verão e o inverno. Considerando que o coeficiente de dilatação linear do pêndulo é α , responda às seguintes perguntas:

a) Um relógio de pêndulo se adianta no verão e se atrasa no inverno? Justifique.

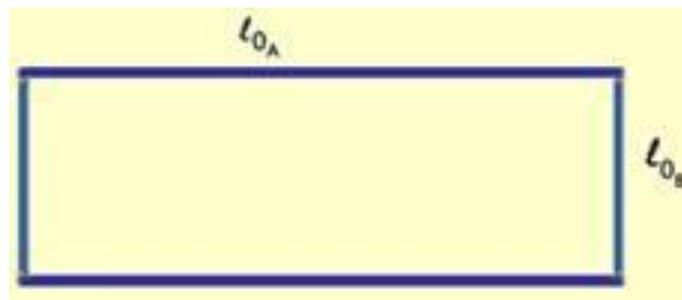
b) Qual a relação matemática entre os períodos de oscilação do pêndulo no verão e no inverno em função da variação de temperatura e do coeficiente de dilatação linear (α)?



57-(UFRS-RS) Um líquido é aquecido de 0°C a 50°C , verificando-se na escala do frasco que o volume passa de 500cm^3 a 525cm^3 .

Sendo o coeficiente de dilatação volumétrica do vidro $\gamma_V=1,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, determine o coeficiente de dilatação do líquido.

58-(UERJ-RJ) A figura abaixo 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.

59-(UFBA-BA) 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 e 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 230,0mm e a 230,1mm e que o coeficiente de dilatação linear dos aros é $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ °C}^{-1}$.

60-(UDESC-SC) A tabela abaixo apresenta uma relação de substâncias e os

seus respectivos valores de coeficiente de dilatação linear e condutividade térmica, ambos medidos à temperatura de 20 °C.

Substância	Coefficiente de Dilatação Linear ($10^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	Condutividade Térmica (W/mK)
Gelo	51	2
Chumbo	29	35
Alumínio	24	240
Cobre	17	400
Concreto	12	0,8
Vidro Comum	9	0,7

Assinale a alternativa correta, tomando como base as informações acima.

a) Barras do mesmo comprimento dos metais listados na tabela sofrerão dilatações iguais, quando

submetidas a uma variação de temperatura de 20 °C.

b) A condutividade térmica das substâncias permanece constante, independentemente da temperatura em que estas se encontram.

c) Substâncias que possuem maior condutividade térmica também apresentam maiores coeficientes de dilatação.

d) Dentre as substâncias listadas na tabela, o cobre é a melhor opção para fazer isolamentos térmicos.

e) Duas chapas de dimensões iguais, uma de alumínio e outra de concreto, são submetidas à mesma variação de temperatura. Consta-se então que a variação de dilatação superficial da chapa de alumínio é duas vezes maior que a da chapa de concreto.

61-(UFRGS) Dois cubos metálicos com dimensões idênticas, um de ouro (A), outro de chumbo (B), estão sobre uma placa aquecedora, inicialmente em

temperatura ambiente.

Propriedades térmicas	A ouro	B chumbo
Condutividade térmica (W/m.K)	317	35
Coefficiente de dilatação linear ($10^{-6}/K$)	15	29
Calor específico (J/kg.K)	130	130
Densidade / Massa específica (kg/m^3)	19600	11400

A tabela a seguir apresenta algumas das propriedades térmicas desses dois materiais.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as

lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.

No topo de cada cubo é colocada uma cabeça de fósforo que fica em contato direto com o cubo. Os dois cubos são aquecidos a uma temperatura final levemente superior à de ignição do fósforo.

Com base nos dados da tabela, conclui-se que o fósforo acenderá primeiro no cubo _____ e que a aresta do cubo A será _____ do cubo B no estado de equilíbrio térmico.

a) A – menor que a

b) A – maior que a

c) B – maior que a

d) B – menor que a

e) A – igual à

62-(UFRN-RN) A figura 1, abaixo, mostra o esquema de um termostato que utiliza uma lâmina bi metálica composta por dois metais diferentes – ferro e cobre – soldados um sobre o outro. Quando uma corrente elétrica aquece a lâmina acima de uma determinada temperatura, os metais sofrem deformações, que os encurvam, desfazendo o contato do termostato e interrompendo a corrente elétrica, conforme mostra a figura 2.



Figura 1

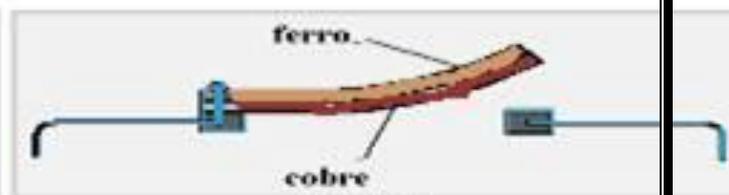


Figura 2

A partir dessas informações, é correto afirmar que a lâmina bi metálica encurva-se para cima devido ao fato de

a) o coeficiente de dilatação térmica do cobre ser maior que o do ferro.

b) o coeficiente de dilatação térmica do cobre ser menor que o do ferro.

c) a condutividade térmica do cobre ser maior que a do ferro.

d) a condutividade térmica do cobre ser menor que a do ferro.

63-(MACKENZIE-SP) Uma chapa metálica de área 1 m^2 , ao sofrer certo aquecimento, dilata de $0,36 \text{ mm}^2$. Com a mesma variação de temperatura, um cubo de mesmo material, com volume inicial de 1 dm^3 , dilatará

a) $0,72 \text{ mm}^3$

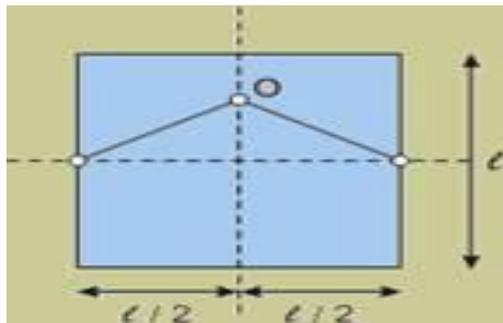
b) $0,54 \text{ mm}^3$

c) 0,36 mm³

d) 0,27 mm³

e) 0,18 mm³

64-(ITA-SP) Um quadro quadrado de lado ℓ e massa m , feito de um material de coeficiente de dilatação superficial β , e pendurado no pino O por uma corda inextensível, de massa desprezível, com as extremidades fixadas no meio das arestas laterais do quadro, conforme a figura. A força de tração máxima que a corda pode suportar é F . A seguir, o quadro é submetido a uma variação de temperatura ΔT , dilatando. Considerando desprezível a variação no comprimento



da corda devida à dilatação, podemos afirmar que o comprimento mínimo da corda para que o quadro possa ser pendurado com segurança é dado por

a) $\frac{2/F\sqrt{\beta\Delta T}}{mg}$

b) $\frac{2/F(1+\beta\Delta T)}{mg}$

c) $\frac{2/F(1+\beta\Delta T)}{\sqrt{4F^2 - m^2g^2}}$

65-(UFG-GO) 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

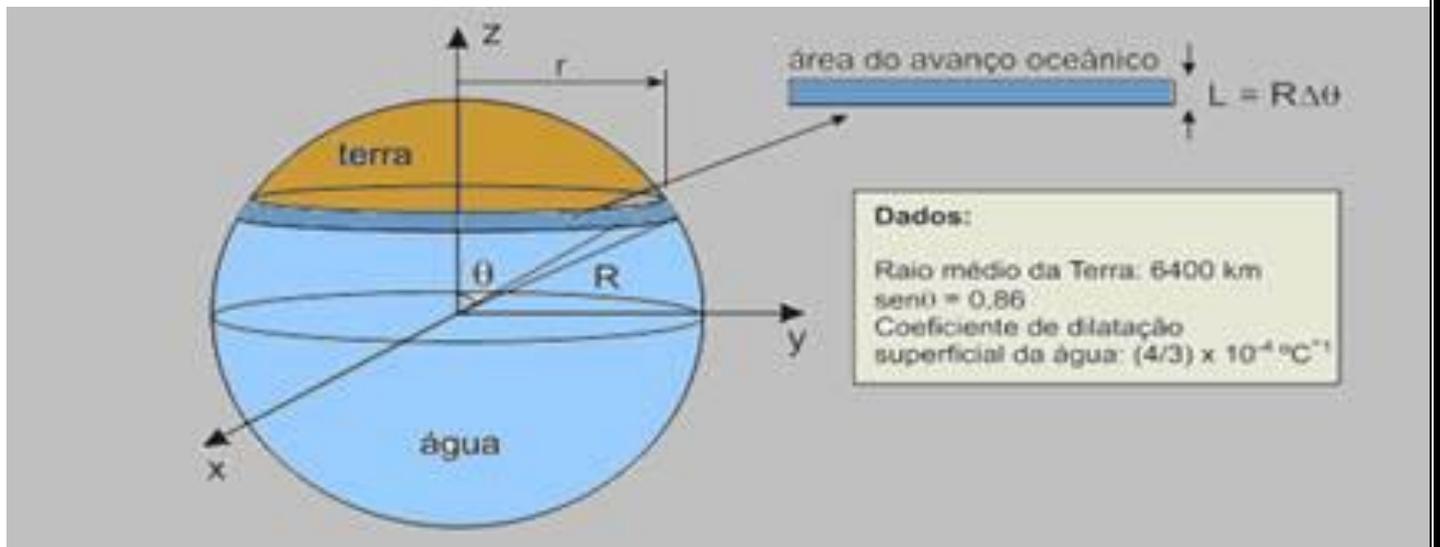


alumínio, que tem coeficiente de dilatação superficial de $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Dados: $b = 5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $DT_{\text{eixo}} = -50 \text{ } ^\circ\text{C}$; área inicial do orifício = A_0 ; área inicial da seção do eixo = $1,02 A_0$.

66-(UFG-GO) 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.



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

Dados: $b = 5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; $DT_{\text{eixo}} = -50 \text{ }^\circ\text{C}$; área inicial do orifício = A_0 ; área inicial da secção do eixo = $1,02 A_0$.

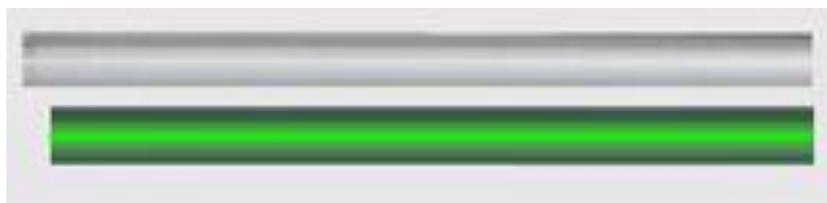
67-(UFC-CE) Um triângulo retângulo isósceles é montado com arames de materiais distintos, de



modo que nos catetos o material possui coeficiente de dilatação térmica linear $A\sqrt{2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, enquanto na hipotenusa o material possui coeficiente de dilatação térmica linear $A/\sqrt{2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Determine a variação de temperatura para

que o triângulo torne-se equilátero.

68-(MACKENZIE-SP)



A 20°C , o comprimento de uma haste A é 99% do comprimento de outra haste B, à mesma temperatura. Os materiais das hastes

A e B têm alto ponto de fusão e coeficientes de dilatação linear respectivamente iguais a $\alpha_A = 10 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ e $\alpha_B = 9,1 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. A temperatura em que as hastes terão o mesmo comprimento será

g) 810°C

p) 1150°C

c) 1510°C

q) 1110°C

e) 1830°C

69-(FGV-SP)



Na Terra, o período de oscilação de um pêndulo, isto é, o tempo que ele demanda para completar um ciclo completo, corresponde, com boa aproximação, à raiz quadrada do quádruplo do comprimento do pêndulo. O pêndulo de um carrilhão, ao oscilar, bate o segundo e é constituído por uma fina haste de aço de massa desprezível, unida a um grande disco de bronze, que guarda em seu centro o centro de massa do conjunto haste-disco. Suponha que a 20°C , o centro de massa do conjunto esteja a 1 metro do eixo de oscilação, condição que faz o mecanismo funcionar com exatidão na medida do tempo.



Considerando que o coeficiente de dilatação linear do aço é $10 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ e supondo que o centro de massa da haste-disco se mantenha sempre no centro do disco se a temperatura do conjunto haste-disco subir 10°C , a medida do tempo, correspondente a meio ciclo de oscilação do pêndulo, se tornará

a) $\sqrt{1,0001}$ s, fazendo com que o relógio adiante.

b) $\sqrt{2,0002}$ s, fazendo com que o relógio adiante.

c) $\sqrt{1,0001}$ s, fazendo com que o relógio atrase.

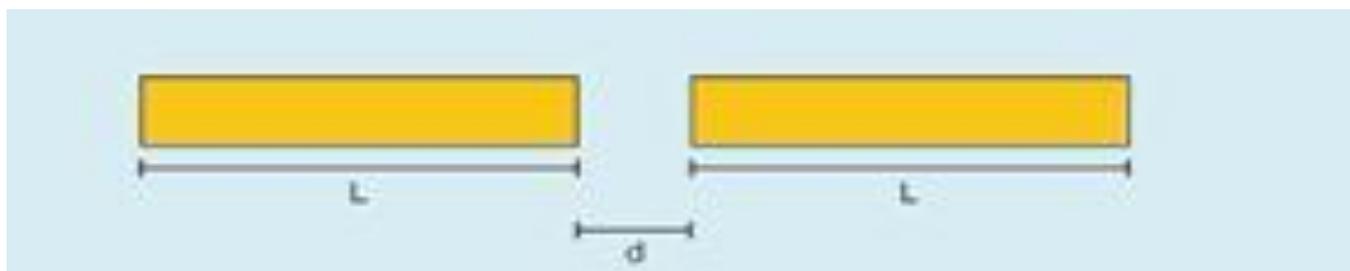
d) $\sqrt{2,0002}$ s, fazendo com que o relógio atrase.

e) $\sqrt{3,0003}$ s, fazendo com que o relógio atrase.

70-(UNIMONTES-MG)



Uma barra de comprimento $L = 50$ m, feita de um material X, sofre variação de temperatura de 20°C , e seu comprimento varia em $0,02\%$. Considere duas barras do mesmo material X e de mesmo comprimento L , posicionadas, uma em frente à outra, separadas por uma distância $d = 1$ cm (veja a figura). Admitindo-se que cada barra cresça de forma homogênea, determine a variação de



temperatura necessária para que a distância d , entre elas, se anule.

71-(UEPG-PR)



Dilatação térmica é o fenômeno pelo qual variam as dimensões geométricas de um corpo quando este experimenta uma variação de temperatura. Sobre esse fenômeno físico, assinale o que for correto.

01) Em geral, as dimensões de um corpo aumentam quando a temperatura aumenta.

02) Um corpo oco se dilata como se fosse maciço.

04) A tensão térmica explica por que um recipiente de vidro grosso comum quebra quando é colocada água em ebulição em seu interior.

08) A dilatação térmica de um corpo é inversamente proporcional ao coeficiente de dilatação térmica do material que o constitui.

16) Dilatação aparente corresponde à dilatação observada em um líquido contido em um recipiente.

-

72-(UEPG-PR)



Considere uma garrafa de vidro totalmente cheia com água, hermeticamente fechada, submetida a alterações de temperatura.



Nesse contexto, assinale o que for correto.

01) Diminuindo a temperatura do sistema, desde que a água permaneça líquida, o volume da água diminui em relação ao volume da garrafa, criando um espaço vazio no seu interior.

02) Se a variação de temperatura for de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a garrafa não se romperá.

04) Sendo o coeficiente de dilatação da água menor que o coeficiente de dilatação do vidro, a dilatação observada na água não é real.

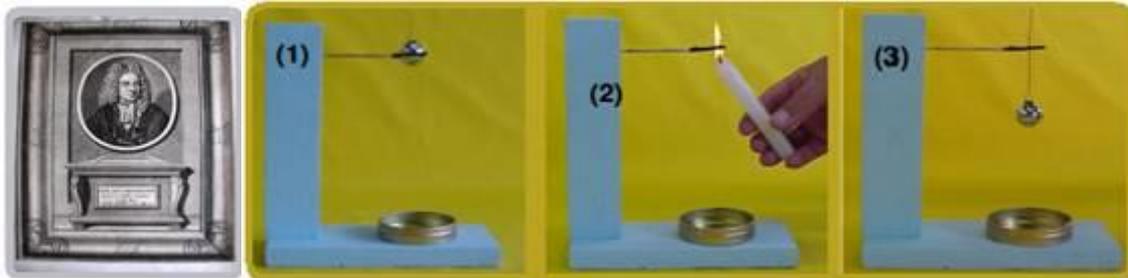
08) Aquecido o sistema, o volume interno da garrafa aumenta, enquanto que o volume de água permanece o mesmo.

-

As questões 73 e 74 são baseadas no texto a seguir:



Willen Gravesand(1688-1742). fisico holandês, foi professor de matemática, de astronomia e de física. Sendo



reconhecido dentre as suas contribuições científicas pelo famoso anel de Gravesand, experimento que se constitui de

Fonte: <http://comcienciafisicaorg/oteiros/calor/anel-de-gravesande>

uma esfera metálica, suspensa ou presa por uma haste e um anel metálico, conforme ilustrado acima.

73-(UEPB-PB)



Verifica-se na figura acima que inicialmente, não é possível passar a esfera através do anel de metal. Porém, após aquecer o anel de metal, a esfera passa facilmente. A alternativa que explica corretamente esse fenômeno é:

a) O aumento de temperatura, causado pela chama da vela no anel de metal, aumenta a agitação térmica das partículas do metal, o que provoca um aumento do diâmetro do anel, facilitando a passagem da esfera.

b) O calor fornecido pela vela ao anel metálico faz com que o tamanho da esfera diminua, quando em contato com o anel, facilitando a passagem da esfera.

c) O calor fornecido pela esfera ao anel metálico provoca uma redução no nível de agitação térmica das partículas do metal, o que provoca um aumento do diâmetro do anel, facilitando a passagem da esfera.

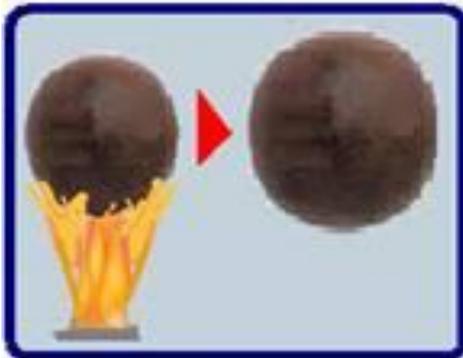
d) O aumento de temperatura no anel de metal causado pela chama da vela aumenta a agitação térmica das partículas do metal, o que provoca uma redução do diâmetro do anel, facilitando a passagem da esfera.

e) Não é possível acontecer tal fenômeno, uma vez que, após o anel ser aquecido, haverá uma diminuição do mesmo, impedindo a passagem da esfera de metal.

74-(UEPB-PB)



O experimento do anel de Gravesand pode ser usado para comprovar a dilatação volumétrica de um sólido. Considerando que, em outro artefato experimental, uma esfera metálica tinha, a 10°C . um raio de $5,0\text{ cm}$, que a esfera



foi feita com aço de coeficiente de dilatação linear a $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}$ e adotando $\pi=3$, a dilatação volumétrica sofrida pela esfera, se sua temperatura for elevada para $110 \text{ }^{\circ}\text{C}$, é:

a) $1,13 \text{ cm}^3$

b) $1,00 \text{ cm}^3$

c) $500,00 \text{ cm}^3$

d) $9,00 \text{ cm}^3$

e) $2,25 \text{ cm}^3$

75-(UNIOESTE-PR)



O funcionário de uma ferrovia precisa instalar um segmento de trilho para recompor uma linha férrea. O comprimento sem trilho é de $25,00\text{ m}$. O funcionário sabe que a temperatura no local da instalação varia de 10°C , no inverno, a $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, no verão. O coeficiente de dilatação térmica do aço, material do qual o trilho é fabricado, é igual a $14 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Se a manutenção ocorrer no



inverno, qual dos valores listados abaixo aproxima-se mais do máximo comprimento que o

funcionário deve cortar o trilho para encaixar no espaço a ser preenchido?

- A. 25,00 m. _____
- B. 24,90 m. _____
- C. 25,01 m. _____
- D. 24,99 m. _____

E. 24,95 m.

76-(UDESC-SC)



Em um dia típico de verão utiliza-se uma régua metálica para medir o comprimento de um lápis.

Após medir esse comprimento, coloca-

se a régua metálica no congelador a uma temperatura de -10°C e esperam-se cerca de 15 min para, novamente, medir o comprimento do mesmo lápis. O comprimento medido nesta situação, com relação ao medido anteriormente, será:

- a.() maior, porque a régua sofreu uma contração. _____
- b.() menor, porque a régua sofreu uma dilatação. _____
- c.() maior, porque a régua se expandiu. _____

d.() menor, porque a régua se contraiu.

e.() o mesmo, porque o comprimento do lápis não se alterou.

77-(UENP-PR)



As duas ilustrações a seguir estão relacionadas com a dilatação térmica dos sólidos, sendo que a figura da esquerda mostra água quente sendo derramada em um pote de vidro fechado com tampa de metal; e a outra mostra o aquecimento de uma porca em um parafuso. Ambas as ilustrações



têm o objetivo de mostrar o desprendimento da tampa e da porca. Sobre esse assunto, analise as afirmativas abaixo.

I. O desprendimento só é possível porque o coeficiente de dilatação da tampa é menor do que o coeficiente do vidro.

II. Tanto a tampa quanto a porca devem ter coeficientes de dilatação maiores do que os coeficientes do vidro e do parafuso, respectivamente.

III. Se a água despejada no pote fosse gelada, a tampa iria ficar mais firmemente encaixada.

IV. Para desatarraxar, a distância entre os átomos da porca deverá ser maior do que a distância entre os átomos do parafuso.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmativa(s):

a) I e III _____

b) I, III e IV

c) II

d) II e IV

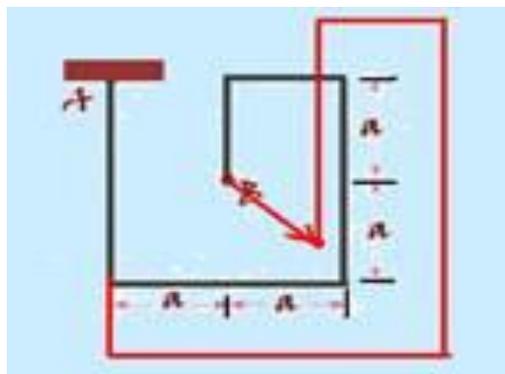
e) II, III e IV

Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre dilatação linear, superficial e volumétrica dos sólidos e dilatação dos líquidos.

Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre

dilatação linear, superficial e volumétrica dos sólidos e dilatação dos líquidos.

01- Como A está fixo, as dimensões do sistema devem aumentar, pois está sendo aquecido e o ponto B deve afastar-se de A (veja a figura)



R- B

02- Quando a temperatura aumenta ($\theta > 27\text{ }^{\circ}\text{C}$) o alumínio se dilata mais e ela se curva para cima e quando a temperatura diminui ($\theta < 27\text{ }^{\circ}\text{C}$) o alumínio se dilata menos e ela se curva para baixo —

R- D

03- Sendo a barra de mesmo material (mesmo coeficiente de dilatação) e como sofre a mesma variação de temperatura, todos os seus pontos sofrerão a mesma dilatação e ela não será deformada — R- A

04- R- D — veja teoria

05- A dilatação do alumínio é o dobro da dilatação do aço — veja figura



R- E

06- Observe que as lâminas estão se encurvando para dentro, então $\alpha_2 > \alpha_1$ e, quanto mais baixo estiver o contato (mais apertado o parafuso), menor será a dilatação das lâminas e conseqüentemente menor será a temperatura — R- D

07- R- B — veja teoria

08- Água fria contrai o interno e água quente dilata o externo — R- D

09- Sendo α_1 (azul) maior que α_2 (vermelho), com o aquecimento, a lâmina azul se dilata mais que a vermelha e a espiral se fecha (contrai) fazendo o ponteiro girar no sentido horário — R- E

10- Para que a ponte permaneça sempre na horizontal, os dois pilares devem sofrer a mesma dilatação para a mesma variação de temperatura — $\Delta L_1 = \Delta L_2$ — $L_{01} \cdot \alpha_1 \cdot \Delta t = L_{02} \cdot \alpha_2 \cdot \Delta t$ — $40 \cdot 18 \cdot 10^{-6} = 30 \cdot \alpha_2$ — $\alpha_2 = 24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

11- $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t = 100 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 20$ — $\Delta L = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2,4 \text{ cm}$ — R- B

12- $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t = 12 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 40 = 528 \cdot 10^{-5} = 52.800 \cdot 10^{-5}$ — $\Delta L = 0,528 \text{ cm}$ — R- E

13- cálculo do coeficiente de dilatação da haste — $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$ — $2 \cdot 10^{-2} = 10^3 \cdot \alpha \cdot 1$ — $\alpha = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ — $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t =$

$800 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 20 = 32.000 \cdot 10^{-5} = 0,32 \text{ mm}$ — R- B

14- $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$ — $\Delta L = 30 \cdot (11 \cdot 10^{-6}) \cdot (40 - 10) = 99 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ — R- C

15- $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$ — $15 = 1.000 \cdot \alpha \cdot (500 - 0)$ — R- $\alpha = 30 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

16- $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$ — $\Delta L = 10 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot (2,7 - 30)$ — $\Delta L = 110 \cdot 10^{-6} \cdot (-27,3)$ — $\Delta L = -0,00303$ — $L = 10,00 - 0,00303$ — $L = 9,99697 \text{ cm}$

17- aço de 0°C a 100°C — $L_{\text{aço}} = L_0(1 + \alpha \cdot \Delta t) = L_0 + L_0 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 100$ — $L_{\text{aço}} = 1,0012 L_0$ — vidro de 0°C a 100°C — $L_{\text{vidro}} = L_0(1 + \alpha \cdot \Delta t) = L_0 + L_0 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 100$

$$\frac{6 \cdot 100}{L_0} \text{ — } L_{\text{aço}} = 1,0008 L_0 \text{ — } L_{\text{aço}} - L_{\text{vidro}} = 0,1 \text{ — } 1,0012 L_0 - 1,0008 L_0 = 0,1 \text{ — } L_0 = 0,1 / 0,0004 = 0,25 \cdot 10^3 = 250 \text{ cm — R- D}$$

18- A reta A tem maior inclinação — R- C

19- Como o coeficiente de dilatação linear do latão é maior que o do aço, o latão se dilata mais quando aquecido e se contrai mais

quando resfriado — R- C

$$\mathbf{20- } \alpha = \Delta L / L_0 \Delta t = 0,24 / 2.200 \text{ — } \alpha = 0,24 / 400 \text{ — } \alpha = 0,0006 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ — R- E}$$

21- Para que o balanço permaneça sempre na horizontal, independente da temperatura, eles devem, para qualquer variação de temperatura, sofrer sempre a mesma dilatação ΔL — $\Delta L_A = \Delta L_B$ — $L_A \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta t = 72 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta t$ — $L_A = 144 \cdot 10^5 / 1,5 \cdot 10^{-5}$ —

$$\underline{L_A = 96 \text{ cm}}$$

22- Quanto maior o coeficiente de dilatação mais o corpo se dilata quando aquecido e mais se contrai quando resfriado.

(01) A se dilata mais que B — Correta

(02) Falsa — veja (01)

(04) A folga diminuirá — Falsa

(08) Possuem diferentes L_0 — Falsa

(16) Apenas a placa se dilatará — Correta

(32) Apenas a placa se dilatará — Correta

$$\mathbf{R- (01 + 16 + 32) = 49}$$

23- R- A — veja teoria

24- 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.

$$\mathbf{25- a) } \alpha_A = \Delta L_A / L_{0A} \Delta t_A = 0,0022 / 1,0022 \cdot 100 \text{ — } \alpha_A = 22 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ — } \alpha_B = \Delta L_B / B \Delta t_A = 0,0011 / 1,0011 \cdot 100 \text{ — } \alpha_B = 11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\mathbf{b) } \alpha_A / \alpha_B = 22 \cdot 10^{-6} / 11 \cdot 10^{-6} \text{ — } \alpha_A / \alpha_B = 2$$

26- Para que o circuito seja ligado com menor aumento de temperatura você deve escolher o que se dilata muito mais que o cobre, que no caso é o alumínio — R- B

27- a) Esfriou o conjunto, o alumínio tem maior coeficiente de dilatação e se contrai mais que o ferro.

b) $\Delta L_{Al} = L_o \cdot \alpha_{Al} \cdot \Delta t$ — $\Delta L_{Fe} = L_o \cdot \alpha_{Fe} \cdot \Delta t$ — $\Delta L_{Al} / \Delta L_{Fe} = 24 \cdot 10^{-6} / 11 \cdot 10^{-6} \approx 2,2$ — R- 2,2

28- Deve-se mergulhar a tampa do frasco na água quente. O zinco irá dilatar mais que o vidro, soltando-se do gargalo.

29- $\Delta V = 0,006V_o$ — $\Delta V = V_o \cdot \gamma \cdot \Delta t$ — $0,006V_o = V_o \cdot \gamma \cdot 200$ — $\gamma = 3 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ — $\alpha/1 = \gamma/3$ — $\alpha/1 = 3 \cdot 10^{-5} / 3$ — $\alpha = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ —

R- A

30- a massa é a mesma para qualquer temperatura — $d = m/V$ — volume inicial — $10 = m/V_o$ — $V_o = m/10$ — volume final — $32^\circ\text{F} = 0^\circ\text{C}$ — $10,03 = m/V$ — $V = m/10,03$ — $32^\circ\text{F} = 0^\circ\text{C}$ — $V = V_o \cdot (1 + \gamma(t - t_o))$ — $m/10,03 = (m/10) \cdot (1 + \gamma(0 - 100))$ — $1/10,03 = 1/10 - 100\gamma/10$ — $1003\gamma = 0,03$ — $\gamma = 2,99 \cdot 10^{-5} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ — $\alpha/1 = \gamma/3$ — $\alpha/1 = 3 \cdot 10^{-5} / 3$ — $\alpha = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ — R- B

31- a) Tempo que a chapa demora para atingir a elevação — $\Delta S = V_o t + gt^2/2$ — $11.045 = 0 \cdot t + 10 \cdot t^2/2$ — $t = \sqrt{2.209}$ — $t = 47\text{s}$ — até abrir o pára-quedas ele demorou 5 minutos = $5 \cdot 60 = 300\text{s}$ — $\Delta t = 300 - 47 = 253\text{s}$ — $\Delta t = 253\text{s}$

b) $\Delta S = S_o \cdot \beta \cdot \Delta t = 500 \cdot 4,8 \cdot 10^{-5} \cdot (40 - -55)$ — $\Delta S = 2,28\text{cm}^2$

32- O orifício se dilata na mesma proporção que a chapa, ou seja, de 4% — R- B

33- $\Delta l = L_o \cdot \alpha \cdot \Delta t = L_o \cdot 10^{-5} \cdot 25$ — $\Delta L = 25 \cdot 10^{-5} L_o$ — R- D

34- $\Delta d = 0,02d_o$ — $\Delta d = d_o \cdot \alpha \cdot \Delta t$ — $0,02 \cdot d_o = d_o \cdot \alpha \cdot 100$ — $\alpha = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

espessura — $\Delta L = L_o \alpha \Delta t$ — $\Delta L/L_o = \alpha \Delta t = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 100$ — $\Delta L/L_o = 2 \cdot 10^{-3} = 0,2\%$

área — $\Delta S = S_o \cdot \beta \cdot \Delta t$ — $\Delta S/S_o = 2\alpha \Delta t = 2 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 100$ — $\Delta S/S_o = 4 \cdot 10^{-3} = 0,4\%$

volume — $\Delta V = V_o \cdot \gamma \cdot \Delta t$ — $\Delta V/V_o = \gamma \cdot \Delta t = 3 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 100$ — $\Delta V/V_o = 6 \cdot 10^{-3} = 0,6\%$

R- D

35- a) $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$ — $\alpha = \Delta L / (L_0 \cdot \Delta T)$ — metal I — $\alpha_I = 300 \cdot 10^{-6} / 30$ — $\alpha_I = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$



metal II — $\alpha_{II} = 600 \cdot 10^{-6} / 30$ — $\alpha_{II} = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

b) A lâmina II deve estar

na parte superior que deve se dilatar mais para que o dispositivo se encurve para baixo, pois ela tem maior coeficiente de dilatação.

36- R- C

37- $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T = 2.22 \cdot 10^{-6} \cdot 110 = 484 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ — $R = 1 + 0,00484 = 1,00484 \text{ m}$ — $S = \pi R^2 = 3,1416 \cdot (1,00484)^2$ — $S = 3,172 \text{ m}^2$

R-D

38- a) $DL = a \cdot L_0 \cdot DT$ → $DL = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot (45 - 15) = 16500 \cdot 10^{-6} = 0,0165 \text{ m} = 1,65 \text{ cm}$

b) $\Delta V = g \cdot V_0 \cdot DT$ → $DV = 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot 20000 \cdot (10 - 35) = - 4800000 \cdot 10^{-4} = - 480 \text{ litros}$

c) $\Delta L = a \cdot L_0 \cdot DT$ → $DL = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 1.50 = 600 \cdot 10^{-6} = 0,0006 \text{ m} = 0,06 \text{ cm} = 0,6 \text{ mm}$

39- $\Delta V = V_0 \cdot (3\alpha_{Hg}) \cdot DT$ — $DV = V_0 \cdot (3\alpha_{Hg}) \cdot DT$ — $\Delta T = \Delta V / 3\alpha_{Hg} \cdot V_0 = A_0 \cdot h / 3\alpha_{Hg} \cdot V_0$ — $\Delta T = 10^{-7} \cdot 6 \cdot 10^{-2} / (3 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-5}) = 6 \cdot 10^{-9} / 120 \cdot 10^{-11}$ — $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ — $\Delta T = T_f - T_i$ — $5 = T_f - 12$ — $T_f = 17^\circ\text{C}$

10⁻⁶ · 10⁻⁵) = 6 · 10⁻⁹ / 120 · 10⁻¹¹ — $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ — $\Delta T = T_f - T_i$ — $5 = T_f - 12$ — $T_f = 17^\circ\text{C}$

40- a) O recipiente B porque se dilata menos.

b) O nível do líquido continuaria sendo o mesmo nos dois recipientes.

41- Sendo a densidade inversamente proporcional ao volume — R- D

42- R- A

43- Observe no gráfico que, se você diminuir a temperatura do sistema, o volume do recipiente fica menor que o da água e ela transborda e que se você aumentar a temperatura do sistema, o volume da água fica maior que o do recipiente, e ela transborda — R- C

44- R- C — veja teoria

45- a) Correta — elas possuem a mesma densidade — estão em equilíbrio estático — o peso da esfera é igual ao empuxo.

b) Correta — sofrem dilatação volumétrica e a esfera se dilata mais que o óleo, deslocando mais líquido e aumentando o empuxo.

c) Correta

d) Falsa — a esfera se contrai mais que o óleo diesel, seu volume diminui mais e sua densidade aumenta ficando maior que a do óleo diesel.

e) Correta

R- D

46- $\Delta L_{\text{líquido}} = \Delta L_{\text{aparente(transferido)}} + \Delta L_{\text{frasco}} - \Delta L_{\text{aparente(transferido)}} = \Delta L_{\text{líquido}} - \Delta L_{\text{recipiente}}$ — R- B

47- 01. Falso — como a temperatura aumentou o volume do tanque também aumentou

02. Correto — a temperatura aumentou

04. Correta

08. Falsa — o tanque também se dilatou

16. Falsa — foi maior, pois parte da gasolina vazou

R- (02 + 04)=06

48- a) $\Delta V_{\text{gas}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{gas}} \cdot \Delta t = 15.000 \cdot 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot (30 - 15)$ — $\Delta V_{\text{gas}} = 216 \text{ L}$

b) $d = 0,8 \text{ g/cm}^3 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ g/L}$ — $d = m/V$ — $0,8 \cdot 10^3 = m/20.000$ — $m = 16 \cdot 10^5 \text{ g}$ — $Q = m \cdot c \cdot \Delta t = 16 \cdot 10^5 \cdot 0,6 \cdot 15$ — $Q = 1,44 \cdot 10^8 \text{ cal}$

49- $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$ — $\Delta V = 2 \cdot 10^{-4} \cdot (S \cdot 20) \cdot 4$ — $S \cdot \Delta h = 160 \cdot S \cdot 10^{-4}$ — $\Delta h = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,6 \text{ cm}$ — $\Delta h = 1,6 \text{ cm}$

50- $\Delta V_{\text{taça}} = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T = 120 \cdot 2,3 \cdot 10^{-4} \cdot 18 = 0,49 \text{ cm}^3$ — $V_{\text{al}} = 120,49 \text{ cm}^3$ — $\Delta V_{\text{glic}} = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T = 5,1 \cdot 10^{-4} \cdot 119 \cdot 18 = 1,092 \text{ cm}^3$ —

$10^{-4} \cdot 119 \cdot 18 = 1,092 \text{ cm}^3$ —

$V_{\text{glic}} = 120,092 \text{ cm}^3$ — a glicerina não transbordará pois a taça passará a ter um volume de 120,49 centímetros cúbicos, enquanto que o volume total da glicerina passará a ser de 120,092 centímetros cúbicos. Esta diferença $120,49 - 120,092 = 0,398$ centímetros cúbicos é quanto ainda se poderia preencher de glicerina, na temperatura final.

51- $\Delta V = \gamma \cdot V_o \cdot \Delta T = 4 \cdot 10^4 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \text{ — } \Delta V = 880L \text{ — R- E}$

52- Analisando o gráfico, notamos que o volume específico diminui de 0 °C até 4°C, aumentando a partir dessa temperatura.

Aproximando os valores lidos no gráfico, constatamos uma redução de 1,00015 cm³/g para 1,00000 cm³/g de 0 °C a 4 °C, ou seja, de 0,00015 cm³/g. Isso representa uma redução percentual de 0,015%, o que é menos que 0,04 % — R- C

53- Quando o recipiente estiver completamente cheio de líquido, eles deverão ter o mesmo volume — $\Delta V_V = \Delta V_L \text{ — } 100(1 + 10^{-5}(t - 10)) = 99 \cdot (1 + 2 \cdot 10^{-4})(t - 10) \text{ — } t = 19,6 \cdot 10^{-2} / 18,6 \cdot 10^{-3} \text{ — } t \approx 10,5^\circ\text{C}$

54- O volume de glicerina que extravasou corresponde à dilatação aparente — $\Delta V_{ap} = V_o \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta t \text{ — } 352 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot \gamma_{ap} \cdot (90 - 10) \text{ —}$

$\gamma_{ap} = 352 \cdot 10^{-3} / 8 \cdot 10^2 \text{ — } \gamma_{ap} = 44 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ — } \gamma_g = \gamma_{ap} + \gamma_f \text{ — } 5,0 \cdot 10^{-4} = 44 \cdot 10^{-5} + \gamma_f \text{ —}$
 $\gamma_f = 5,0 \cdot 10^{-4} - 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ — } \gamma_f = 6,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ —}$

$\alpha_f = 6 \cdot 10^{-5} / 3 \text{ — } \alpha_f = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ — R- B}$

a) Como o comprimento do pêndulo aumenta, pois ele se dilata devido à elevação da temperatura e como raiz quadrada de L é diretamente proporcional à T, o período aumentará e o relógio atrasará.

b) Sendo T inversamente proporcional a \sqrt{g} e como g diminui ($g_{lma} < g_{Tma}$), o período aumentará e o relógio atrasará

55-

56-

a) Como o comprimento do pêndulo aumenta, pois ele se dilata devido à elevação da temperatura e como raiz quadrada de L é diretamente proporcional à T, o período aumentará e o relógio atrasará.

b) $T = 2\pi\sqrt{L/g} \text{ — } L = L_o \cdot \alpha \cdot \Delta t \text{ — } T = 2\pi\sqrt{(L_o \cdot \alpha \cdot \Delta t/g)}$

57- $\Delta V_{ap} = V_o \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta t \text{ — } 25 = 500 \cdot \gamma_{ap} \cdot 50 \text{ — } \gamma_{ap} = 25 / 25 \cdot 10^3 \text{ — } \gamma_{ap} = 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ — } \gamma_{líq} = \gamma_V \text{ — } \gamma_{líq} = 0,001 + 0,00001 \text{ —}$

$\gamma_{líq} = 0,00101 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

58- Cálculo de ℓ_{0A} e de ℓ_{0B} — $\ell_{0A} \cdot \ell_{0B} = 75 \text{ — } 3\ell_{0B} \cdot \ell_{0B} = 75 \text{ — } \ell_{0B} = 5\text{cm e}$
 $\ell_{0A} = 15\text{cm} \text{ —}$

Após o aquecimento, os comprimentos finais das hastes são iguais, pois a figura transforma-se em um quadrado — $\ell_A = \ell_B \text{ —}$

$\ell = \ell_o(1 + \alpha\Delta t) \text{ — } 15 \cdot (1 + \alpha_A\Delta t) = 5 \cdot (1 + \alpha_B\Delta t) \text{ — a relação entre os coeficientes de dilatação das hastes equivale a 9 e a variação da temperatura a 300 (320° - 20°) — logo — } 15 \cdot (1 + 300 \cdot \alpha_B/9) = 5 \cdot (1 + 300\alpha_B) \text{ — } 15 + 500\alpha_B = 5 + 155\alpha_B \text{ —}$

$$\alpha_B = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

59- A expressão matemática que fornece o diâmetro do aro após aquecido ou resfriado vale — $d = d_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)$ — ao aquecer de 1°C o aro da rede no lado do time visitante eles provocaram uma dilatação em seu diâmetro modificando-o para — $d = 230,1(1 + 4,8 \cdot 10^{-4} \cdot (21 - 20)) = 230,21\text{mm}$ — o que facilita a marcação de pontos pelo time local, já que o diâmetro do aro foi aumentado.

Por outro lado ao resfriar o aro da cesta em seu lado eles provocaram uma contração deste, reduzindo-o para — $d = 230,1(1 + 4,8 \cdot 10^{-4} \cdot (19 - 20)) = 229,99\text{mm}$ — assim, o time visitante não conseguirá marcar pontos, uma vez que o aro tem 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 está reclamando dessas atitudes dos anfitriões em utilizar conhecimentos científicos para fraudar o resultado da partida.

60- Observe que o valor do coeficiente de dilatação do alumínio é o dobro do coeficiente de dilatação do concreto e, como elas tem as mesmas dimensões iniciais e sofrem a mesma variação de temperatura, a chapa de alumínio se dilata duas vezes mais do que a de concreto — R- E

61- O fósforo acenderá primeiro no cubo que atingir a temperatura final de ignição mais rapidamente, ou seja, aquele que possuir maior condutividade térmica. Neste caso é o cubo feito de ouro, o cubo A. Quanto ao tamanho da aresta do cubo ela dilatará conforme seu coeficiente de dilatação, que é maior no chumbo. Assim a aresta do cubo A será menor que a do cubo B — R- A

62- O cobre deve se dilatar mais e deve ter maior coeficiente de dilatação — R- A

63- Dados: $A_0 = 1 \text{ m}^2 = 106 \text{ mm}^2$; $DA = 0,36 \text{ mm}^2$ e $V_0 = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-6} \text{ mm}^3$ — $DA = A_0 \cdot 2 \text{ a } DT$ — $0,36 = 10^{-6} \cdot 2 \text{ a } DT$ —

$DT = 0,36 / 2 \cdot 10^{-6} = 0,18 / 10^{-6}$ — $DV = V_0 \cdot 3 \alpha \cdot DT$ — $\Delta V = 10^{-6} \cdot 3 \cdot 0,18 / 10^{-6}$ — $DV = 0,54 \text{ mm}^3$ — R- B

64- Veja o esquema abaixo:

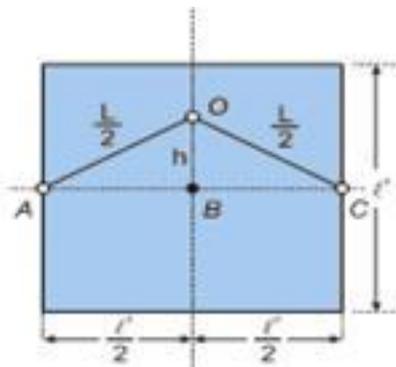


Fig 1

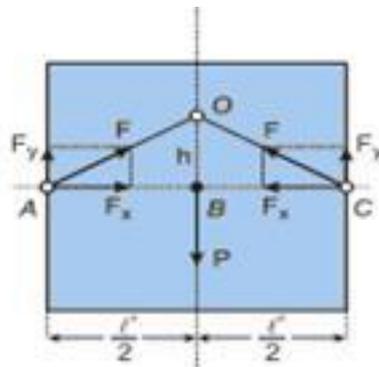


Fig 2

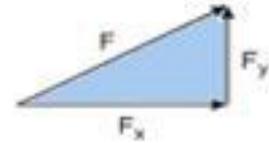


Fig 3

Nas figuras acima — l : lado inicial do quadrado — l' : lado do quadrado depois do aquecimento — L : comprimento da corda — h : distância OB — na Fig 1, no triângulo ABO, aplicando o teorema de Pitágoras — $h^2 + l'^2/4 = L^2/4$ — $h^2 = L^2/4 - l'^2/4$ — $h = 1/2 \cdot \sqrt{L^2 - l'^2}$ (I) — na Fig 2, como o quadro está em equilíbrio, a resultante das forças é nula — assim — $2 F_y = P$ — $2 F_y = mg$ — $F_y = mg/2$ (II) — o triângulo ABO da Fig 1 é semelhante ao triângulo das forças na Fig 3 — então — $F_y/h = F/l'/2$ — substituindo nessa expressão as equações (I) e (II)

$$\frac{mg/2}{\frac{1}{2}\sqrt{L^2 - l'^2}} = \frac{2F}{L} \Rightarrow \frac{mg}{\sqrt{L^2 - l'^2}} = \frac{2F}{L} \quad \dots \quad mgL = 2F\sqrt{L^2 - l'^2} \quad \dots \quad m^2g^2L^2 = 4F^2[L^2 - l'^2] \quad \dots \quad m^2g^2L^2 = 4F^2L^2 - 4F^2l'^2$$

$$\dots \quad L^2(4F^2 - m^2g^2) = 4F^2l'^2 \quad \dots \quad A' = A(1 + \beta \Delta T) \quad \dots \quad A' = l'^2 \quad \text{e} \quad A = l^2 \quad \dots \quad \text{substituindo na expressão acima} \quad \dots$$

$$l'^2 = l^2(1 + \beta \Delta T) \quad \dots \quad L^2 = \frac{4F^2l^2\sqrt{1 + \beta \Delta T}}{4F^2 - m^2g^2} \quad \dots \quad L = \frac{2lF\sqrt{1 + \beta \Delta T}}{\sqrt{4F^2 - m^2g^2}}$$

R- E

65- A expressão da dilatação superficial é: $A = A_0 (1 + b \Delta T)$. Como as áreas finais terão que ser iguais — $A_{\text{eixo}} = A_{\text{orif}} \Rightarrow 1,02 A_0 [(1 + 5 \cdot 10^{-5})(-50)] = A_0 (1 + 5 \cdot 10^{-5}) \Delta T$ — $1,02 - 2,55 \cdot 10^{-3} = 1 + 5 \cdot 10^{-5} \Delta T$ — $\Delta T = 0,02 - 2,55 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-6}$ — $\Delta T = 349^\circ\text{C}$

66- Dados: $R = 6.400 \text{ km} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$; $L = 6,4 \text{ m}$; $b = \frac{4}{3} \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $A_{\text{agua}} =$

$$75\% A_{\text{Terra}} = \frac{3}{4} (4\pi R^2) = 3\pi R^2$$

Da figura dada: $\sin q = \frac{r}{R}$ p $r = R \sin q$

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

$DA = (2 p r) L = (2 p R \sin q) L$. Mas:

$DA = A_{\text{agua}} b \Delta T$. Igualando essas duas expressões:

(2 p R sen q) L = 3πR² b DT. fazendo os cancelamentos e isolando DT, vem:

$$DT = \frac{2 L \text{sen} \theta}{3 \pi R^2 b} \text{ . Substituindo os valores dados, temos:}$$

$$DT = \frac{2}{3} \times \frac{(6,4)(0,86)}{\left(\frac{4}{3} \times 10^{-4}\right)(6,4 \times 10^5)} \quad \text{p} \quad DT = \frac{1}{2} \times \frac{0,86}{10^5} \text{ .}$$

$$DT = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C.}$$

67- $a_{\text{cat}} = A \sqrt{2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $a_{\text{hip}} = \frac{A}{\sqrt{2}} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. — 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 —

$a^2 = L_0^2 + L_0^2 = 2 L_0^2$ p $a = \sqrt{2} L_0$. (I) — para que o triângulo se torne equilátero, de lado L , temos — $a(1 + a_{\text{hip}} DT) = L_0(1 + a_{\text{cat}} DT)$ — substituindo os dados e a

expressão (I), vem — $\sqrt{2} L_0 \left(1 + \frac{A}{\sqrt{2}} DT\right) = L_0(1 + A \sqrt{2} DT)$ p $\sqrt{2} + A DT = 1 + A \sqrt{2}$

$$DT \text{ — } (\sqrt{2} - 1) A DT = \sqrt{2} - 1 \text{ — } DT = \frac{1}{A} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

68- $\ell_{0A} = 0,99 \ell_{0B}$ — $\ell_A = \ell_{0A}(1 + \alpha_A \Delta t)$ — $\ell_A = 0,99 \ell_{0B}(1 + \alpha_A \Delta t)$ — $\ell_B = \ell_{0B}(1 + \alpha_B \Delta t)$ — quando o comprimento for o mesmo



$$\text{— } \ell_A = \ell_B \text{ — } 0,99 \ell_{0B}(1 + \alpha_A \Delta t) = \ell_B = \ell_{0B}(1 + \alpha_B \Delta t) \text{ — } 0,99 \ell_{0B}(1 + 10 \cdot 10^{-5} \Delta t) = \ell_{0B}(1 + 9,1 \cdot 10^{-5} \Delta t) \text{ — } \Delta t = 1.250 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ —}$$

$$\Delta t = t - t_0 \text{ — } 1.250 = t - 20 \text{ — } t = 1.270 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ — R- C}$$

69- Novo comprimento ℓ do pêndulo quando a temperatura subir de $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ — $\ell = \ell_0(1 + \alpha(t - t_0))$ — $\ell = 10(1 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot 10)$ —

$\ell = 1,0001 \text{ m}$ — cálculo do período T que pelo enunciado vale $T = \sqrt{4\ell}$ — $T = \sqrt{4 \cdot 1,0001}$ — $T = 2 \cdot \sqrt{1,0001} \text{ s}$ — para meio ciclo de oscilação o período será $T = \sqrt{1,0001} \text{ s}$ — se, para cada meia oscilação o período aumenta de $T = \sqrt{1,0001} \text{ s}$, o relógio irá atrasar — R- C

70- Cálculo do coeficiente de dilatação linear do material — $L_0 = 50 \text{ m}$ — $L = 50 + 50 \times 0,02/100$ — $L = 50,01 \text{ m}$ — $\Delta L = L - L_0 = L_0 \alpha \Delta \theta$ — $0,01 = 50 \cdot \alpha \cdot 20$ — $\alpha = 10^{-2}/10^3$ — $\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ — o espaço (d) entre as barras é preenchido pelas duas metades das dilatações (ΔL) de cada barra — $d = 2 \cdot \Delta L/2 = 2 \cdot (0,01)/2$ — $d = 0,01 = 10^{-2} \text{ cm}$ — $\Delta L = d = L_0 \alpha \Delta \theta$ — $10^{-2} = 50 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta \theta$ —

$$\Delta\theta = 10^{-2}/50 \times 10^{-5} = 1.000/50 \quad \text{—} \quad \Delta\theta = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

71- Todas estão corretas, com exceção da 08 que está errada pois, pela expressão $\Delta V = V_0 \cdot \lambda \cdot \Delta\theta$ você observa que o coeficiente de dilatação térmica (λ) é diretamente proporcional à dilatação (ΔV) — R- (01 + 02 + 04 + 16) = 23

72- 01. Correta — embora esse “espaço vazio” deva, depois de algum tempo, ser preenchido com vapor d’água que se formará devido à baixa pressão.

02. Falsa — à temperatura de $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$, a água será congelada, aumentará de volume, estourando a garrafa.

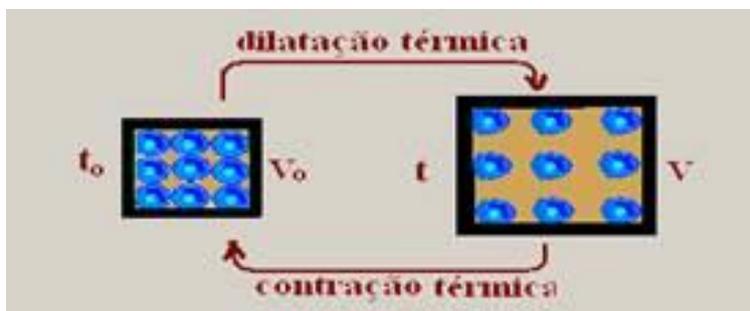
04. Correta — essa dilatação observada é chamada de dilatação aparente — a dilatação real é soma da dilatação aparente com a dilatação da garrafa.

08. Falsa — tanto a água como a garrafa aumentam de volume.

$$\text{R- (01 + 04) = 05}$$

73- R- A.

74- Dilatometria – Estuda a dilatação dos corpos – Quando a temperatura de um sólido aumenta, surge um aumento da amplitude das vibrações atômicas e da distância média entre os átomos e moléculas que o constituem e então eles se



dilatam. Se a temperatura diminui, ocorre o fenômeno inverso, ou seja, eles se contraem.

16- Relação entre os coeficientes de dilatação linear (α), superficial (β) e volumétrica (γ) — $\alpha/1 = \beta/2 = \gamma/3$ — $1,5 \cdot 10^{-3}/1 = \gamma/3$ — $\gamma = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ — volume inicial da esfera — $V_0 = (4/3) \cdot \pi \cdot R^3 = (4/3) \cdot 3 \cdot (5)^3$ — $V_0 = 500 = 5 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$ — $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta = 5 \cdot 10^2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot (110 - 10)$ — $\Delta V = 225 \text{ cm}^3$ — R- E.

75- Quando a temperatura do trilho passar de $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ para $40 \text{ } ^\circ\text{C}$ um comprimento de trilho de $l_0 = 25 \text{ m}$ sofrerá uma dilatação linear de — $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot (\theta - \theta_0) = 25 \cdot 14 \cdot 10^{-6} \cdot (40 - 10) = 10500 \cdot 10^{-6}$ — $\Delta L = 0,01 \text{ m}$ — o máximo comprimento do trilho a ser colocado deve ser — $L = 25,00 - 0,01 = 24,99 \text{ m}$ — R- D.

76- Depois que a régua foi resfriada ela se contraiu e o espaço entre cada unidade diminuiu fazendo com que a medida do mesmo lápis



antes de resfriar a régua (o lápis mede quase 8cm)



depois que a régua foi resfriada (o lápis mede mais que 8cm)

aumento — R- A

77- Para qualquer tipo de dilatação no caso volumétrica, quanto maior o coeficiente de dilatação, maior será o volume dilatado, pois $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta \theta$ sendo γ o coeficiente de dilatação:

I. Falsa — a tampa deve se dilatar mais, ou seja, possuir maior coeficiente de dilatação.

II. Correta — ambos devem se dilatar mais para se desprenderem.

III. Correta — como a tampa possui maior coeficiente de dilatação ela se dilata mais pra aumento de temperatura ou se contrai mais para diminuição de temperatura.

IV. Correta — quanto maior a distância entre os átomos maior será a facilidade para se dilatar ou contrair com a variação de temperatura. — R- E

Processos de propagação de calor

Processos de propagação de calor

O calor se propaga **sempre que há** diferença de temperatura entre dois ou mais corpos.

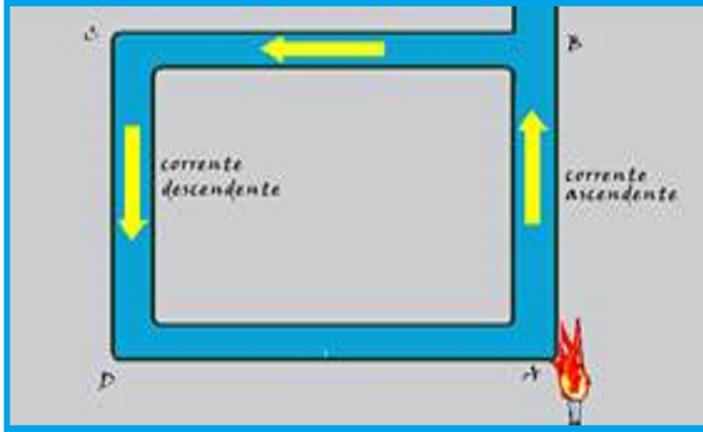
Essa propagação ocorre **sempre** do corpo de maior para o de menor temperatura.

Essa transferência ocorre por três processos

Convecção térmica

Trata-se da transferência de energia térmica (calor) pela matéria em movimento devido à diferença de densidades dessa matéria.

Essa matéria só pode ser fluida (líquido, gás ou vapor). Observe a figura onde se tem tubos de vidro contendo água líquida.



A água em A, aquecida, expande-se, fica menos densa, mais leve e sobe o trecho AB. A água mais fria, mais densa e mais pesada do trecho CD desce e ainda empurra para cima a água quente do ramo AB. Obtém-se então uma circulação de água na qual a transferência de calor é feita através da matéria (no caso, água) e que recebe o nome decorrente de convecção.

Mais exemplos:



O congelador deve ficar na parte superior da geladeira pois o ar frio mais denso (mais pesado) desce e o ar quente menos denso (mais leve) sobe, originando no interior da geladeira, correntes de convecção.



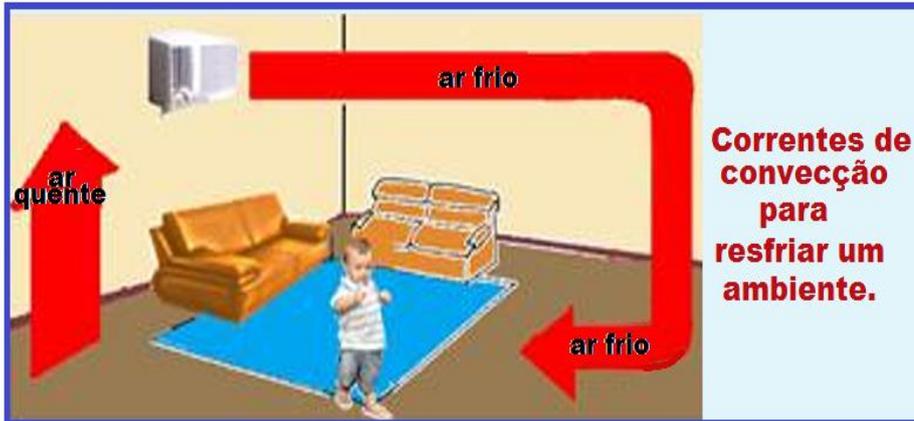
A fonte de calor (chama) aquece a água da parte inferior fazendo com que essa água fique menos densa, mais leve e sobe enquanto que a água mais fria, mais densa, mais pesada da parte superior desce, originando correntes de convecção no interior do líquido.

Essas correntes permanecem até que toda água atinja a mesma temperatura, quando cessam.





As correntes de convecção **também ocorrem** na atmosfera originando correntes de ar **que se** deslocam das regiões mais aquecidas, de baixa pressão para as mais frias, de alta pressão.



Correntes de convecção para resfriar um ambiente.

O aparelho de ar condicionado deve ficar na parte mais alta do recinto, para que o ar frio mais denso, mais pesado desça.



Exaustor eólico

O vento faz as palhetas do rotor girarem, o que provoca uma ligeira queda de pressão, que provoca a retirada do ar quente, gases, fumaças, etc. do ambiente, levando-os para fora.



Caso não haja vento ele funciona apenas por convecção térmica, devido a diferença térmica entre o ar interno e o externo.

A massa de ar quente, por ser mais leve, desloca-se na direção do exaustor, exercendo pressão nas palhetas do rotor, movimentando-o.



As brisas litorâneas são também consequência da convecção. Durante o dia, a terra fica mais



dia - brisa sopra do mar para a terra



noite - brisa sopra da terra para o mar

quente, o ar que fica próximo dela se aquece e sobe, produzindo uma zona de baixa pressão, “puxando” o ar que está sobre o mar. A noite ocorre o contrário.



Inversão térmica

Ocorre quando as camadas de ar próximas à superfície da Terra, **que deveriam ser mais quentes para**



poderem se expandir e levar os poluentes, ficam mais frias (daí o nome de inversão térmica). Assim, o ar frio fica retido na superfície, aprisionado pelo ar quente, impedindo as correntes de convecção, pois o ar frio que fica em baixo é mais denso e mais pesado e encontra dificuldades para subir, o que retém os poluentes próximos à superfície.

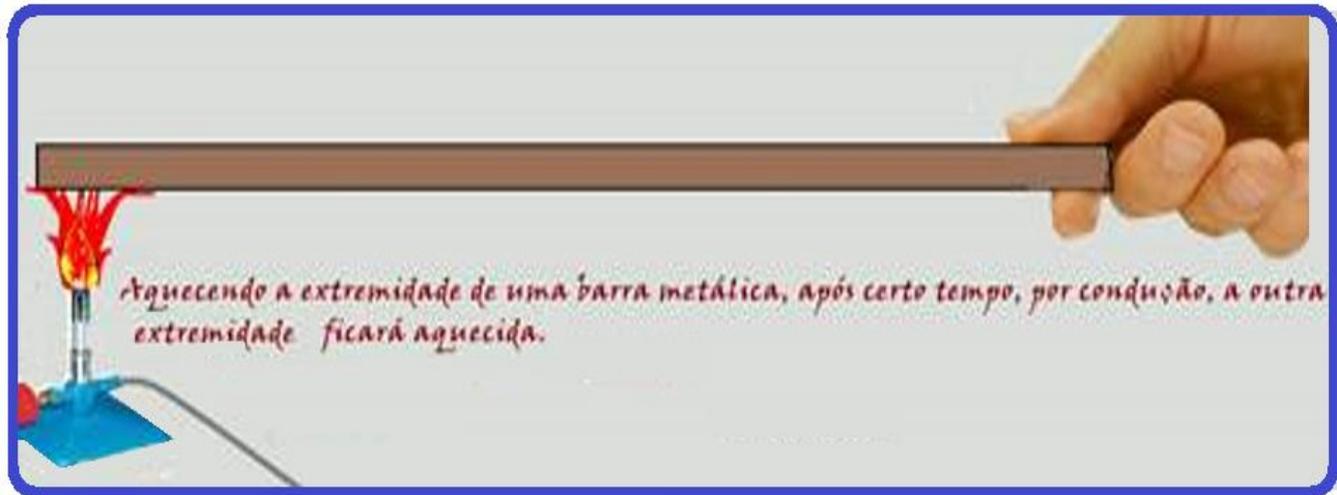
Essa poluição provoca problemas de saúde como bronquite, pneumonia, asma, cansaço, etc. que atingem os indivíduos mais frágeis como idosos, crianças e doentes.



A convecção térmica não ocorre no vácuo, pois necessita de um meio material para se propagar.

Condução térmica

O calor é conduzido de um ponto a outro do corpo sem que haja deslocamento das partículas.



Explicando microscopicamente o fenômeno: a região próxima da chama tem o movimento vibratório de suas moléculas aumentado, adquirindo assim maior energia cinética, que é transferida através de choques às partículas vizinhas, que também aumentam seu movimento vibratório. Através desse transporte de energia, toda a barra é aquecida.

Informações:



A condução não ocorre no vácuo, pois ela precisa de um meio material (com matéria) para se propagar.



Os metais são bons condutores de calor e utilizados na fabricação de aparelhos que permitem aquecer rapidamente outros corpos, principalmente os líquidos. Os metais são excelentes condutores de calor devido ao fato de possuírem os elétrons mais externos “fracamente” ligados, tornando-se livres para transportar energia por meio de colisões através do metal.



Corpos maus condutores de calor: vidro, borracha, isopor, lã, algodão, gelo, peles de alguns,

animais, gases, cortiça, poliestireno, fibra cerâmica (composta de Alumina e Sílica), lã de vidro (um componente fabricado em alto forno a partir de sílica e sódio, aglomerados por resinas sintéticas), etc.



Esses maus condutores de calor (isolantes térmicos), possuem os elétrons mais externos de seus átomos firmemente ligados.



Os líquidos e gases, em geral, são maus condutores de calor.

O ar, por exemplo, é um ótimo isolante térmico.

As roupas de lã, os pelos dos animais, o isopor, a serragem são ótimos isolantes térmicos, pois



retêm o ar entre suas fibras.



A neve é outro exemplo de um bom isolante térmico. Isto acontece porque os flocos de neve são formados por cristais, que se acumulam formando camadas fofas aprisionando o ar.



plantas, evitando o congelamento.

Nas regiões de montanhas, a neve é importante para manter ou engrossar o fluxo dos rios, pelo seu degelo gradual, na primavera e verão.



No frio, a aves costumam eriçar suas penas para captar o ar entre eles e se aquecerem, ficando mais “gordinhos” e mantendo uma pequena camada de ar sobre seus corpos.

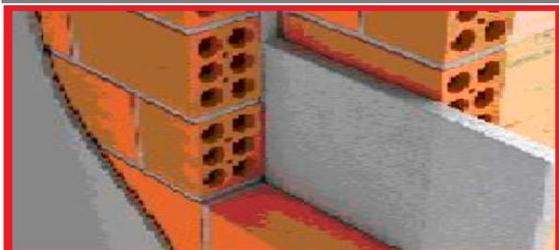


Para adaptar-se ao frio, mamíferos (como nós) e aves eriçam seus pelos ou penas (quer dizer arrepiam-se!).

Isto acontece porque o arrepio faz aumentar o isolamento térmico. Quanto mais pelos ou penas o animal tiver, melhor será esse sistema de proteção.



Nas construções, para melhor isolamento térmico e acústico, aconselha-se utilizar paredes duplas com tijolos de cerâmica, deixando uma caixa de ar entre as paredes e colocando entre os tijolos cerâmicos uma placa composta de espuma rígida de poliestireno (isopor) que é um comprovado material isolante, sendo aplicado na construção civil visando economia energética. É também aplicado em edifícios por ser leve, resistente, fácil de operar e possuir baixo custo.



custo.



O gelo é um excelente isolante térmico. Os esquimós o utilizam para fazerem suas moradias que se denominam iglus.



Normalmente a parte interna é forrada com peles de foca, deixando o recinto bastante confortável.

A iluminação é garantida por uma janela feita ou de um bloco de gelo transparente ou de pele de foca ou de baleia.

O calor da fogueira derrete parte dos blocos, mas a água escorre e congela novamente, reforçando a vedação das paredes de gelo.

Na entrada do iglu, é construído um pequeno túnel para impedir que o vento chegue ao interior



Um mergulhador utiliza uma roupa de neoprene que evitam a perda do calor do corpo. O neoprene é formado por um tipo de borracha que contém milhares de



minúsculas bolhas em seu interior.

Graças a essa característica, a água que entra na roupa não sai, logo ela é aquecida pela temperatura corporal e cria uma

barreira isolante entre o mergulhador e o meio líquido no qual ele está envolto.



Os beduínos do deserto usam roupas grossas e de lã (isolante térmicos) para que seu corpo,



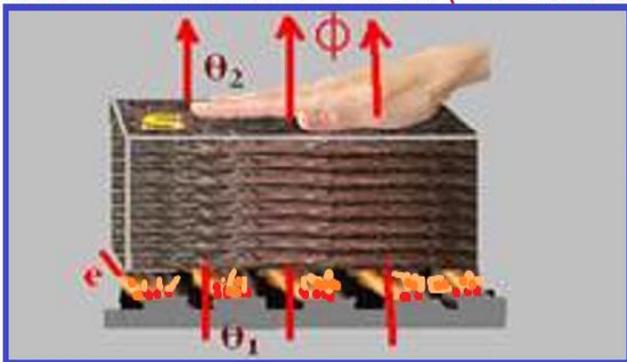
durante o dia, mantenha a temperatura interna de 36,5°C e não receba calor do meio exterior que pode chegar a até 45°C e, durante a noite quando as temperaturas são muito baixas, impeçam a perda de calor para o meio externo.



Os cabos dos utensílios domésticos são feitos com materiais constituídos por isolantes térmicos.

Lei da condução térmica de calor

Considere dois ambientes distintos (mão e fonte térmica) a temperaturas constantes, θ_1 e θ_2 , separados por uma barra de área S e espessura e .



Define-se fluxo de calor Φ como sendo a quantidade de calor que atravessa a superfície S

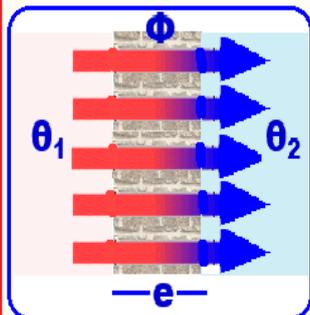
pelo intervalo de tempo $\ggg \Phi = \frac{Q}{\Delta t}$.

Constata-se experimentalmente que essa quantidade de calor Q depende da área S da barra (parede), da espessura e da mesma e , da diferença de temperatura de temperatura $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$.

Lei de Fourier

As relações acima são expressas pela lei de Fourier através da equação

$$\Phi = \frac{K.S.(\theta_1 - \theta_2)}{e}$$



$\Phi \gg$ fluxo de calor

$K \gg$ constante (condutividade térmica)

$(\theta_1 - \theta_2) \gg$ diferença de temperatura entre dois ambientes distintos

$S \gg$ área da barra que separa os dois ambientes distintos

$e \gg$ espessura da barra

A constante K é denominada de coeficiente de condutividade térmica é uma característica da natureza do material que separa os dois meios.

Normalmente o fluxo de calor é expresso em calorias por segundo (cal/s) e, como ele é proporcional a Φ (veja fórmula) seu valor é elevado para os bons condutores (por exemplo, prata, $K = 0,99$ cal/s.cm.°C) e baixo para os bons isolantes (por exemplo, ar, $K=0,000061$ cal/s.cm.°C).

Informações:



Quando a temperatura ambiente de uma sala está, por exemplo, a 28°C, e você (temperatura de 36,5°C) coloca uma mão na maçaneta de uma porta e a outra na madeira da mesma, a maçaneta lhe parece mais fria que o metal apesar dos dois estarem a mesma temperatura, porque o metal é melhor condutor de calor, retirando mais calor de seu corpo que a madeira.



O contrário ocorreria se você estivesse numa sauna cujo ambiente, por exemplo, está a 42°C, o metal lhe parecerá mais quente pois, agora ele lhe fornece mais calor que a madeira pois é melhor condutor térmico.



A ponta de um cigarro aceso, quando encostada a uma folha fina de papel, embaixo da qual está uma moeda, não consegue queimá-la porque a alta condutibilidade térmica da moeda absorve todo calor do cigarro, sem que haja tempo para o papel se queimar.

Irradiação térmica

É o fenômeno pelo qual a energia emitida pelo Sol chega até a Terra através do vácuo. Realiza-se através de ondas eletromagnéticas que são compostas por diversas ondas de frequências diferentes (raios cósmicos, raios X, raios ultravioleta, luz visível, raios infravermelhos, microondas, etc.), chamadas radiações térmicas.



Qualquer corpo que possua temperatura superior ao zero absoluto (0K ou -273°C) emite energia radiante e as que se transformam mais facilmente em calor quando absorvidas pelo receptor são as infravermelhas, denominadas também de ondas de calor.

Informações:



A radiação ocorre também no ar, como você pode observar na figura onde a mão está recebendo calor por irradiação.



Estufa

Estufa agrícola >>> Quando a energia radiante atinge a superfície de um corpo uma parte é absorvida (cerca de 65%), outra refletida (cerca de 35%).

A parte absorvida fica retida no corpo sob forma de calor (energia térmica).

As radiações solares diretas (radiações de luz visíveis) não são filtradas pelos vidros ou lonas plásticas transparentes, atravessando-as (se refratando) com facilidade.

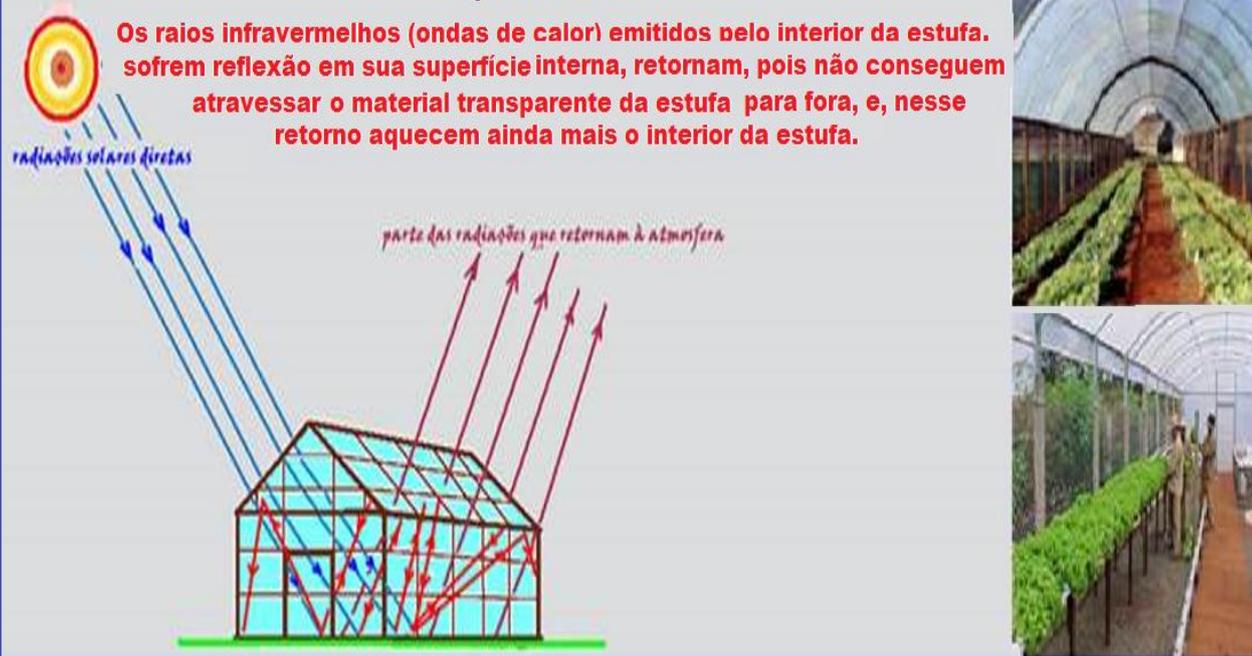
Essa luz solar carrega em si grande quantidade de energia, capaz de ser transmitida para o interior da estufa sendo retida em seu interior e superfície, aquecendo-as.

Esse processo de condução de calor é conhecido como irradiação.

Isso acontece quando a luz solar nos aquece dentro de casa, mesmo quando as janelas estão fechadas ou quando estamos dentro do carro sob o sol.

A facilidade que a radiação direta tem em atravessar a superfície de vidro ou das lonas transparentes não se repete para a parcela de energia refletida, que retorna ao ambiente externo.

As radiações solares diretas atravessam o material transparente da estufa e chegam ao seu interior, aquecendo-o.



O vidro ou lona transparente tem uma grande capacidade de “prender” este calor, pois são transparentes para a luz visível e opaco para as radiações infravermelhas. Por isso o interior fica mais quente que o exterior.



Quando a energia radiante atinge a superfície de um corpo uma parte é absorvida, outra refletida e outra refratada.

A parte absorvida fica retida no corpo sob forma de calor (energia térmica).

Quando a maior parte da energia é absorvida e pouca parcela é refletida ou refratada o corpo é chamado de opaco, ou seja, ele é mau refletor e mau refrator. São os corpos escuros, principalmente o negro. Todo bom absorvedor é bom emissor.

O contrário ocorre com os corpos claros e polidos, que são bons refletores de calor, maus absorventes e maus emissores.

Exemplos:

»» As panelas e frigideiras devem ter fundo negro, para absorverem maior quantidade de calor.

»» No inverno deve-se usar de preferência roupas escuras e no verão roupas claras.

O que você deve saber, informações e dicas



Entender e memorizar os conceitos dos três processos de propagação de calor e as informações fornecidas.

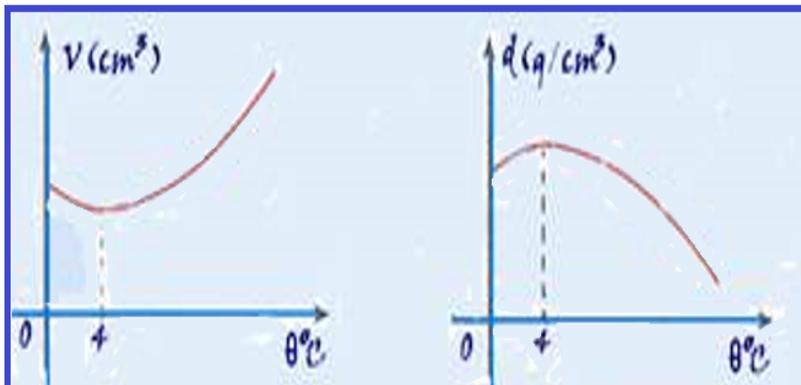


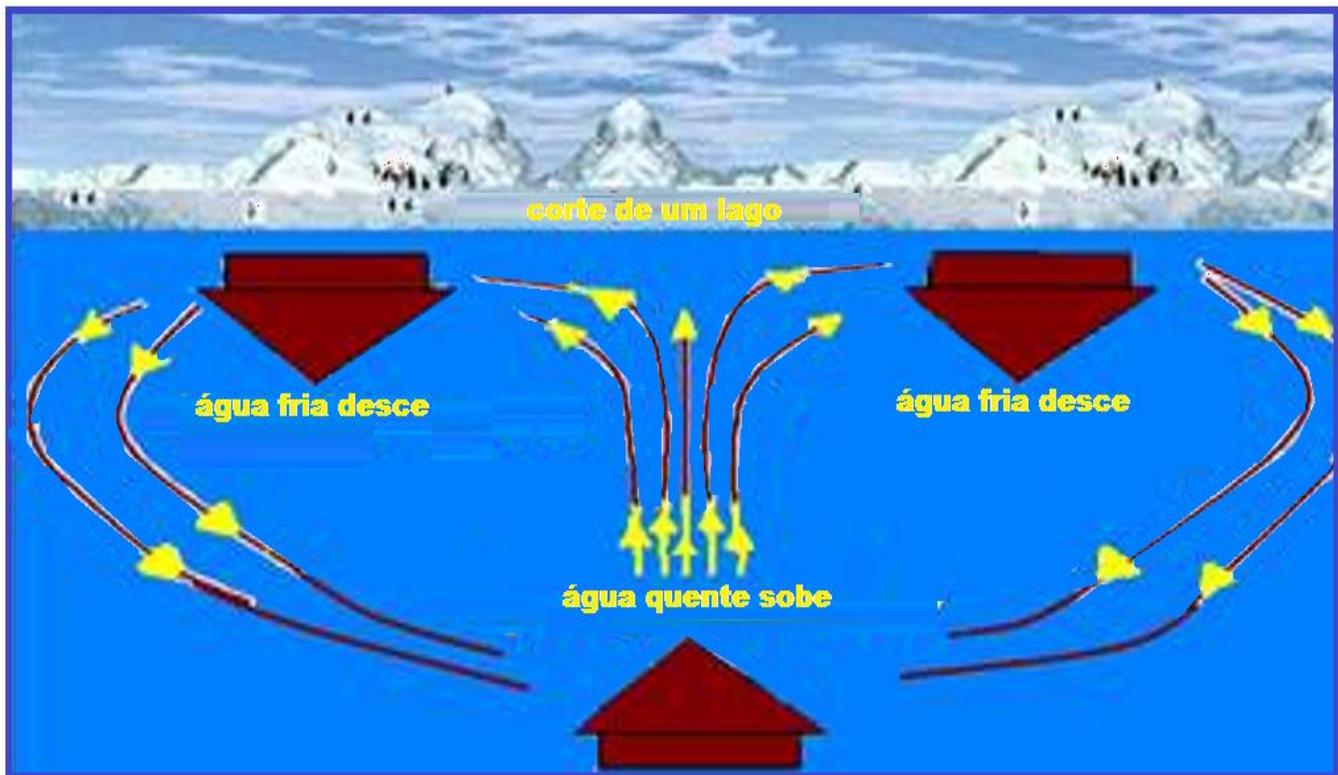
Uma das razões que faz a água, próxima à superfície livre de alguns lagos, congelar no inverno, em regiões de baixas temperaturas, é o

fato de que ao ser resfriada, no intervalo aproximado de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ela sofre um processo de dilatação.

Com isso seu volume aumenta e sua densidade diminui.

A água da superfície, mais fria e mais densa, desce (correntes descendentes) e a água das profundezas, mais quente e menos densa sobe (correntes ascendentes).





Essas correntes de convecção continuam seu movimento até toda água atingir a temperatura de 4°C (densidade máxima) quando cessam, porque toda água agora tem a mesma densidade.

Mas, se a temperatura da superfície continua diminuindo até abaixo de 0°C , a água da superfície se



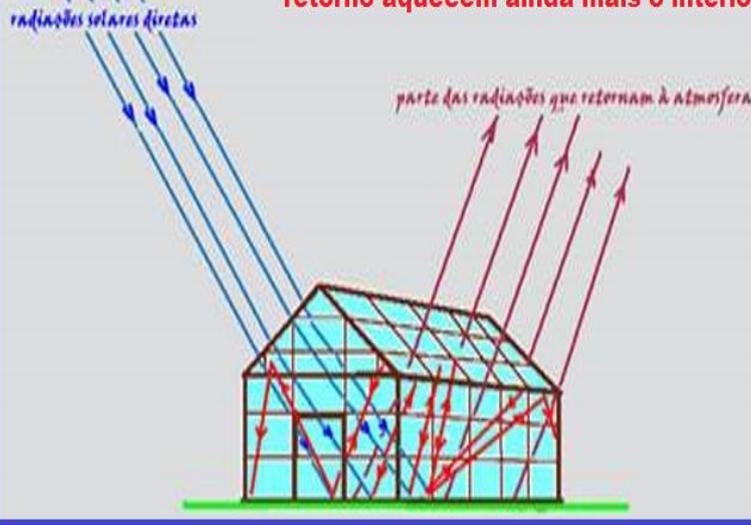
congela e esse gelo isola por condução o ambiente acima da superfície da água (a menos de 0°C) das águas abaixo da mesma que estão (a 4°C).

Devido a esse fenômeno é possível a vida nas profundezas de lagos e mares, mesmo estando coberta de gelo a sua superfície.



As radiações solares diretas atravessam o material transparente da estufa e chegam ao seu interior, aquecendo-o.

Os raios infravermelhos (ondas de calor) emitidos pelo interior da estufa, sofrem reflexão em sua superfície interna, retornam, pois não conseguem atravessar o material transparente da estufa para fora, e, nesse retorno aquecem ainda mais o interior da estufa.



A energia total emitida por radiação é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta do

Lei de Stefan-Boltzmann

Todos os corpos ou substâncias emitem radiação proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta

Fluxo total de Energia emitido: F_{tot} [W m⁻²]:

$$F_{tot} = \epsilon \sigma T^4$$

ϵ – emissividade (0 ~ 1); depende do tipo de substância
 σ – constante de Stefan-Boltzmann = 5.67×10^{-8} [W m⁻² K⁻⁴]
 T – temperatura absoluta do objeto emissor [K]

emissor

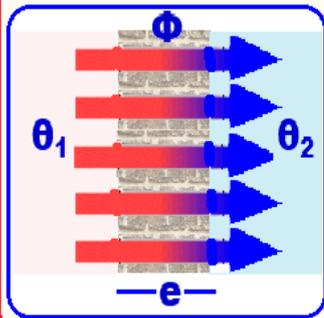


Corpos escuros são bons absorventes de calor e corpos claros e polidos são bons refletores de calor.



Lei de Fourier

$$\Phi = \frac{K.S.(\theta_1 - \theta_2)}{e}$$



- Φ > fluxo de calor
- K > constante (condutividade térmica)
- $(\theta_1 - \theta_2)$ > diferença de temperatura entre dois ambientes distintos
- S > área da barra que separa os dois ambientes distintos
- e > espessura da barra



Efeito estufa

Ao penetrarem na atmosfera terrestre e atingirem sua superfície, parte dos raios luminosos provenientes do Sol são absorvidos e transformados em calor (cerca de 65%), outros são refletidos para o espaço, mas só parte destes chega a deixar a Terra, pois são refletidos de volta pelos chamados “Gases de Efeito Estufa” (dióxido de carbono, metano, clorofluorcarbonetos- CFCs- e óxidos de azoto), sob forma de raios infravermelhos (ondas de calor).

O efeito é benéfico ao planeta Terra, mantendo sua temperatura nas condições que propiciam a vida, pois, sem ele a temperatura na Terra seria da ordem de -20°C.



Entretanto, nos últimos anos, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera tem aumentado cerca de 0,4% anualmente; este aumento se deve à utilização de petróleo, gás e carvão e à destruição das florestas tropicais.

Esse aumento do dióxido de carbono na atmosfera permite a saída das radiações visíveis e impede a saída das radiações infravermelhas (ondas de calor), aquecendo a Terra e trazendo graves consequências para o nível dos oceanos e para o clima.



Garrafa térmica

Há aproximadamente um século, foi inventada por James Dewar e foi construída de maneira que evite a transmissão de calor pelos três processos (condução, convecção e irradiação).



A condução térmica é evitada pelo vácuo entre as paredes duplas e pela tampa de material isolante. A irradiação é evitada pelas paredes espelhadas que refletem as radiações tanto interna como externamente. A convecção é evitada pelo vácuo entre as paredes duplas.



Em uma sala fechada e isolada termicamente, uma geladeira, em funcionamento, tem, num dado instante, sua porta completamente aberta.

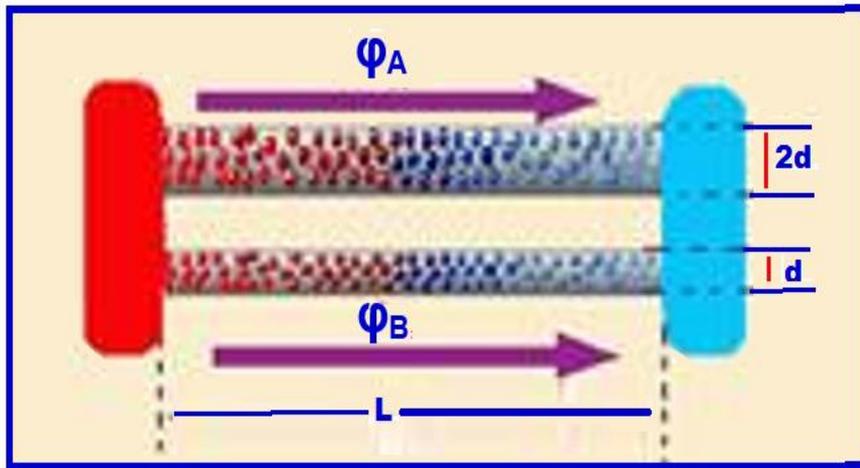


Antes da abertura dessa porta, a temperatura da sala é maior que a do interior da geladeira.

Após a abertura da porta, a temperatura da sala, diminui, pois quando você abre a porta da geladeira, a temperatura em seu interior é menor que a do ambiente da sala e, como o calor se transfere do corpo de maior para o de menor temperatura, inicialmente a temperatura da sala irá diminuir.

Posteriormente, com a geladeira ligada, ela fica retirando calor de seu interior e o transferindo para o ambiente e, então a temperatura da sala irá aumentando.



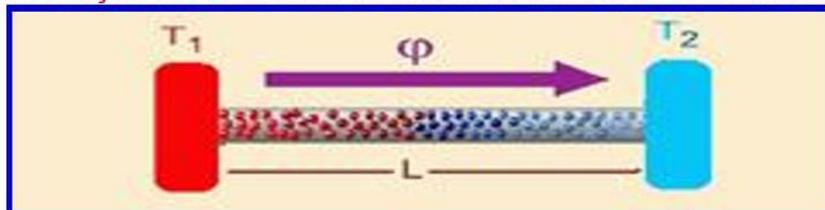


Dois cilindros feitos de materiais A e B têm os mesmos comprimentos; os respectivos diâmetros estão relacionados por $d_A = 2d_B$.

Quando se mantém a mesma diferença de temperatura entre suas extremidades, eles conduzem calor à mesma taxa.

Determine a relação entre as condutividades térmicas dos materiais dos dois cilindros.

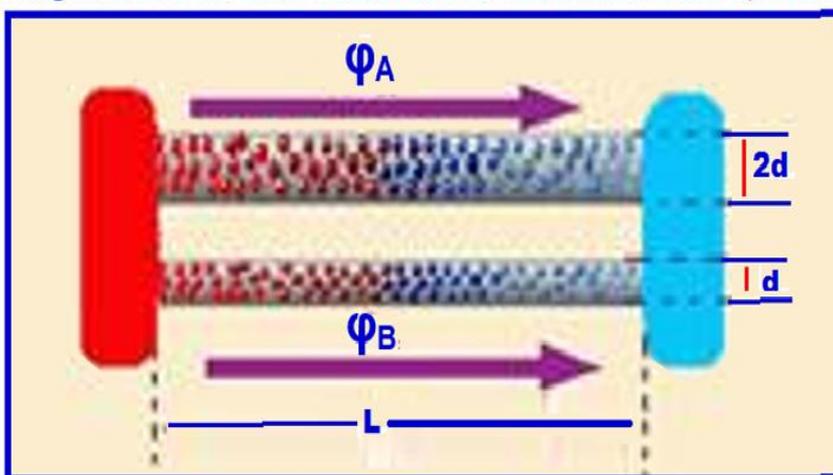
Resolução: Para uma barra termicamente condutora mantida com suas extremidades inseridas em



duas fontes de calor mantidas a temperaturas constantes, o fluxo de calor através da barra é dado pela Lei de Fourier »»

$$\phi = \frac{K \cdot A \cdot (T_1 - T_2)}{L}$$

A figura mostra as duas barras citadas conduzindo calor e, como pelo enunciado eles conduzem



calor à mesma taxa $Q_A = Q_B$ o que implica que $\phi_A = \phi_B$, pois o fluxo de calor (ou fluxo térmico) ϕ através de uma superfície de área A é definido como a quantidade de calor (Q) por unidade de tempo

$$\phi = Q/\Delta t$$

$$A_A = \pi R_A^2 = \pi \cdot (2d)^2$$

$$A_B = \pi \cdot (d)^2$$

$$\phi_A = \frac{K_A \cdot A_A \cdot \Delta t}{L}$$

$$\phi_B = \frac{K_B \cdot A_B \cdot \Delta t}{L}$$

$$\phi_A = \phi_B \Rightarrow \frac{K_A \cdot A_A \cdot \Delta t}{L} = \frac{K_B \cdot A_B \cdot \Delta t}{L} \Rightarrow \frac{K_A \cdot A_A \cdot \Delta t}{L} = \frac{K_B \cdot A_B \cdot \Delta t}{L} \Rightarrow \frac{K_A \cdot \pi \cdot (2d)^2 \cdot \Delta t}{L} = \frac{K_B \cdot \pi \cdot (d)^2 \cdot \Delta t}{L}$$

$$\Rightarrow K_A \cdot \pi \cdot 4d^2 \cdot \Delta t / L = K_B \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \Delta t / L \Rightarrow 4K_A = K_B \Rightarrow K_A = \frac{K_B}{4}$$



Secagem de alimentos em estufas caseiras.

Nesse processo, a umidade é retirada gradativamente devido ao fluxo de ar quente. De um modo caseiro, todos podem construir uma estufa para secagem de alimentos tal qual a desenhada a seguir.



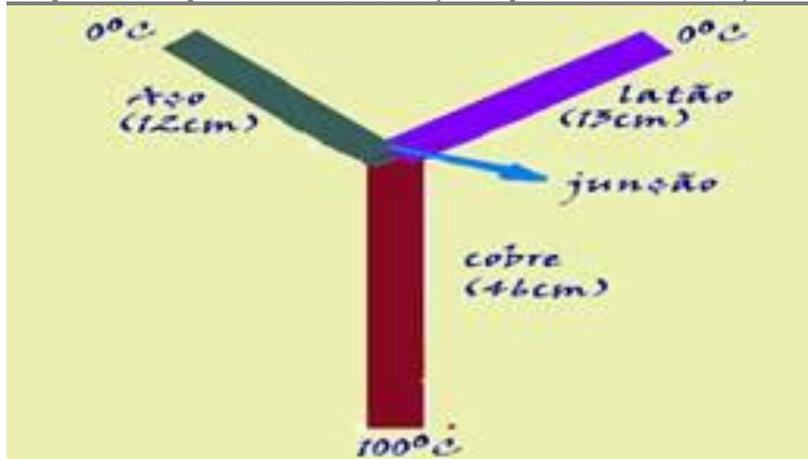
Estufa caseira para secagem de alimentos mostrando o interior da câmara de aquecimento e o interior da câmara de secagem onde são colocados os alimentos

Explicando seu funcionamento: Denomina-se convecção térmica o processo de transferência de calor que acontece graças a movimentação de um material >>> observe que é exatamente isso que acontece no exemplo mostrado >>> o material que se move pelo ambiente da estufa é o ar e, o ar frio é aquecido na câmara de aquecimento, fica mais quente (menos denso) e sobe, passando pela câmara de secagem >>> a movimentação do ar, mais quente e mais frio, cria as chamadas correntes de convecção.

A evaporação é a passagem lenta do líquido para o gasoso, acontece mais rapidamente com o auxílio do vento (ar em movimento), principalmente, no caso, ar quente.



Têm-se três cilindros de mesmas secções transversais, de cobre, latão e aço, cujos comprimentos são, respectivamente, de 46cm, 13cm e 12cm. Soldam-se os



cilindros, formando o perfil em Y, indicado na figura.

(Todos ligados em todos em formato de Y). O extremo livre do cilindro de cobre é mantido a 100°C, e os dos cilindros de latão e aço a 0°C. Supor que a superfície lateral dos cilindros esteja isolada termicamente. As condutibilidades térmicas do cobre, latão e aço valem,

respectivamente: 0,92, 0,26 e 0,12, expressas em $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$. No estado estacionário de condução, qual a temperatura da junção?

Sendo a mesma secção transversal (A é a mesma para todos) >>> como eles estão isolados termicamente a quantidade de calor e consequentemente o fluxo de calor que o cobre (a 100°C) fornece é igual à soma dos fluxos recebidos pelo aço e pelo latão.

$$\Phi_{\text{cobre}} = \Phi_{\text{aço}} + \Phi_{\text{latão}} \Rightarrow \frac{K_{\text{cobre}} \cdot A \cdot \Delta\theta_{\text{cobre}}}{e_{\text{cobre}}} = \frac{K_{\text{aço}} \cdot A \cdot \Delta\theta_{\text{aço}}}{e_{\text{aço}}} + \frac{K_{\text{latão}} \cdot A \cdot \Delta\theta_{\text{latão}}}{e_{\text{latão}}} \Rightarrow \frac{0,92 \cdot A \cdot (100 - \theta)}{46} =$$

$$\frac{0,12 \cdot A \cdot (\theta - 0)}{12} + \frac{0,26 \cdot A \cdot (\theta - 0)}{13} \Rightarrow 0,02(100 - \theta) = 0,01\theta + 0,02\theta \Rightarrow 2 - 0,02\theta = 0,01\theta + 0,02\theta \Rightarrow$$

$$\theta = \frac{2}{0,05} \Rightarrow \theta = 40^{\circ}\text{C}.$$



Um automóvel possui uma mistura aquosa em seu sistema de arrefecimento.

Essa mistura é bombeada fazendo circular o calor do motor até o radiador, onde o calor é dissipado para o meio ambiente. Um motorista liga o motor desse automóvel e parte para sua viagem. Decorridos 10 minutos, ele observa, no indicador de temperatura do painel, que a mistura chega ao radiador com 90°C e permanece em torno desse valor durante a viagem. Isso ocorre porque o fluxo de calor entre dois ambientes a diferentes temperaturas é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre eles. Assim, quanto maior for a diferença de temperatura entre o radiador e o meio ambiente, maior o fluxo de dissipação de calor

Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre Processos de propagação de calor

Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre

Processos de propagação de calor

01- Trata-se da irradiação térmica onde as ondas de calor provenientes do Sol, por meio das ondas eletromagnéticas, atravessam uma grande distância, no vácuo, até chegar à Terra e transferir a ela o calor vindo do Sol.

02- I. Falsa — se ele for metálico (condutor) ele permite maior transferência de calor para o exterior.

II. Correta — veja teoria

III. Correta — cor escura absorve maior quantidade de energia radiante.

R- E

03- A lâmpada aquece o ar que está logo acima dela, que fica menos denso, mais leve e sobe (por convecção) passando entre as pás do ventilador e girando-o — R- A

04- R- D — veja teoria

05- Nas geladeiras, as correntes de convecção é que refrigeram os alimentos que estão na parte inferior.

R- D — veja teoria

06- R- A — veja teoria

07- Trata-se de um exaustor eólico onde o vento faz as palhetas do rotor girarem, o que provoca uma ligeira queda de pressão, que provoca a retirada do ar quente, gases, fumaças, etc. do ambiente, levando-os para fora. Caso não haja vento ele funciona apenas por convecção



térmica, devido a diferença térmica entre o ar interno e o externo. A massa de ar quente, por ser mais leve, desloca-se na direção do exaustor, exercendo pressão nas palhetas do rotor, movimentando-o — R- A

08- I. Correta

II. Correta

III. Como estão no mesmo ambiente, estão em equilíbrio térmico com ele e possuem a mesma temperatura — Falsa

09- R- E

10- R- D

11- A lã é um péssimo condutor de calor, devido ao ar que ela capta entre suas fibras — R- B

12- Como a temperatura de Ana permaneceu constante (aproximadamente 36,5°C, que é a temperatura média do ser humano) e ela troca (no caso cede calor ao ambiente), a região onde ela cede menos calor ao ambiente é a região onde a temperatura é maior — R- A

13- O tabuleiro é melhor condutor de calor que o bolinho e retira calor da mão que está em contato com ele mais rapidamente —

R-B

14- I. Correta — para captarem o ar entre sua penas pois o ar é isolante térmico.

II. Correta — são aproveitadas por planadores e por pássaros

III. Correta — Para que seja mínima a transferência por radiação, as superfícies das paredes são revestidas de prata, o que as torna altamente espelhadas. Assim as radiações são refletidas internamente sem que haja transmissão para o exterior. Como o vidro é muito frágil, o vaso é acondicionado em um recipiente de metal ou plástico. A rolha para fechamento da garrafa é geralmente oca e feita de borracha ou plástico, que oferecem bom isolamento térmico.

R- A

15- As radiações solares diretas (radiações de luz visíveis) não são filtradas pelas lonas plásticas transparentes, atravessando-as com facilidade. Isso acontece quando a luz solar nos aquece dentro de casa, mesmo quando as janelas estão fechadas ou quando estamos dentro do carro sob o sol. Essa luz solar carrega em si grande quantidade de energia, capaz de ser transmitida para o interior da estufa. Esse processo de condução de calor é conhecido como irradiação.

A facilidade que a radiação direta tem em atravessar a superfície das lonas transparentes não se repete para a parcela de energia refletida. A lona tem uma grande capacidade de “prender” este calor (radiações infravermelhas). Por isso o interior fica mais quente que o exterior — R- B

16- (01) Falsa — prego e ar estão numa mesma temperatura, acontece que o prego é melhor condutor e fornece mais calor à pele que o ar, que é isolante.

(02) Correta — veja (01)

(04) Falsa — o ar tem maior calor específico que o prego (sua temperatura aumenta ou diminui com maior dificuldade)

(08) Falsa — Falsa — veja (01).

(16) Correta — veja (01)

R- (02 + 16)=18

17- R- B — veja teoria

18- 1 – Correta — na condução o calor se transmite de molécula em molécula e a convecção ocorre devido ao movimento de matéria que estão sob diferentes temperaturas.

2 – Falsa — ocorre e fluidos (sólidos e líquidos).

3 – Correta — veja teoria

R- D

19- R- C — veja teoria

20- O ar acima da lâmpada fica mais quente, mais leve e sobe formando correntes de convecção que giram a ventoinha — R- B

21- I. Correta — é para favorecer as correntes de convecção

II. Falsa — o gelo é isolante térmico

III. Correto — quanto mais facilitar a saída de calor, mais frios ficarão os alimentos

R- D

22- I. Correta — a água quente, menos densa, mais leve, fica na parte superior.

II. Correta — se o vidro fosse condutor o calor da chama desceria por ele, por condução..

III. Correta — ela evita trocas de calor por condução

R- D

23- Corpos negros absorvem mais calor — R- C

24- Do coletor a água quente, mais leve, menos densa, sobe até o reservatório, de onde a água fria, mais densa, mais pesada desce até o coletor para ser novamente aquecida — R- B

25- Como impede trocas de calor com o meio externo, trata-se de um processo adiabático — R- D

26- R- C — veja teoria

27- Haverá trocas de calor entre eles, pois suas temperaturas são diferentes e o vácuo impede as trocas de calor por condução e convecção — R- E

28- R-B — veja teoria

29- 01. Correta — são correntes de convecção.

02. Correta — o negro absorve calor.

04. Correta — veja teoria

08. Falsa — ocorre sim, os canos, as placas coletoras transmitem calor por condução à água.

16. Falsa — ocorre também, a água quente transmite calor à água fria por condução.

R- (01) + (02) + (04) = 07

30- R- B — veja teoria

31- Antes de Serginho deitar, todo o ambiente, além dos cobertores e cama estavam a uma temperatura inferior à de seu corpo (37°C) — depois que deitou, após certo tempo, cama, ar entre ele e o cobertor e a parte interna do cobertor entraram em equilíbrio térmico com seu corpo, ficando todos a 37°C, pois os cobertores são isolantes térmicos — R- B

32- R- C — veja teoria

33- R- C — veja teoria

34- R- A — veja teoria

35- Leia atentamente o texto e observe os dados da tabela — R- C

36- R- A — veja teoria

37- vidro — $\Phi_{\text{vidro}} = Q/\Delta t = KA\Delta\theta/e\Delta t = 1A\Delta\theta/2,5\Delta t$ — tijolo —
 $\Phi_{\text{vidro}} = Q/\Delta t = 0,12A\Delta\theta/180\Delta t = 0,1A\Delta\theta/150\Delta t$ — $\Phi_{\text{vidro}}/\Phi_{\text{tijolo}} =$
 $= 1A\Delta\theta/2,5\Delta t \times 150\Delta t/A.\Delta\theta = 150/0,25 = 600$ — R- D

38- Mesma secção transversal (A é a mesma) — como eles estão isolados termicamente a quantidade de calor e conseqüentemente o fluxo de calor que o cobre fornece é igual à soma dos fluxos recebidos pelo aço e pelo latão —
 $K_{\text{cobre}} \cdot A \cdot \Delta\theta_{\text{cobre}}/e_{\text{cobre}} = K_{\text{aço}} \cdot A \cdot \Delta\theta_{\text{aço}}/e_{\text{aço}} + K_{\text{latão}} \cdot A \cdot \Delta\theta_{\text{latão}}/e_{\text{latão}}$ — $0,92 \cdot A \cdot (100 - \theta)/46 = 0,12 \cdot A \cdot (\theta - 0)/12 + 0,26 \cdot A \cdot (\theta - 0)/13$ — $2 - 0,02\theta = 0,01\theta + 0,02\theta$ —
 $\theta = 2/0,05$ — $\theta = 40^\circ\text{C}$

39- A perda mensal da parede de 4cm comparada com a perda mensal da parede de 10cm fornece um acréscimo de 20kWh na perda energética mensal o que corresponde a 10% do consumo total de eletricidade que é de 200kWh — R- C

40- $\Phi = K \cdot A \cdot \Delta\theta/e = 2 \cdot 100 \cdot (47 - 27)/5 \cdot 10^{-2}$ — $\Phi = 8,0 \cdot 10^4 \text{W (J/s)}$

41- $\Phi = K \cdot A \cdot \Delta\theta/e$ — $K = \Phi e/A \cdot \Delta\theta$ — $K = \text{W} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ — $K = \text{J}/\text{smK}$ — R- D

42- $\Phi = K \cdot A \cdot \Delta\theta/e$ — maior fluxo, maior $\Delta\theta$ — o fluxo é diretamente proporcional à K e inversamente proporcional a e — R- D

43- É indiferente utilizar o produto A ou B, pois, de acordo com a lei de Fourier, $\Phi=K.A.\Delta\theta/e$, o fluxo de calor depende diretamente do coeficiente de condutibilidade térmica K e inversamente da espessura e — assim, nos dois casos o fluxo de calor é o mesmo

44- R- C — veja teoria

45- R- D — veja teoria

46- a) O efeito estufa é um aquecimento natural da atmosfera provocado pela retenção de calor nas nuvens e outras partículas em suspensão. O que se discute nas últimas décadas é o possível aumento de temperatura provocado pelo lançamento de partículas que resultam da queima de combustíveis fósseis e outros materiais.

b) O autor se baseia nas normais medidas entre 1951 e 1980, em relação às do período 1921-1950, que mostram uma pequena redução de $-0,3^{\circ}\text{C}$ na temperatura.

47- R- A — veja teoria

48- R- A — veja teoria

49- Apenas a 16 está errada, pois, como estão em equilíbrio térmico, estão à mesma temperatura e não há fluxo de calor entre eles.
(01 + 02 + 04 + 08) = 15

50- O fluxo de calor entre dois ambientes a diferentes temperaturas é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre eles. Assim, quanto maior for a diferença de temperatura entre o radiador e o meio ambiente, maior o fluxo de dissipação de calor.

R- B

51- Quando está frio, usamos lã, que é um isolante térmico, para impedir que o calor se propague do nosso corpo (mais quente) para o meio ambiente (mais frio). No caso dos povos do deserto, eles usam lã para impedir a passagem do calor do meio ambiente (mais quente) para os próprios corpos (mais frios). A cor branca apresenta maior índice de refletividade de luz, diminuindo a absorção e, conseqüentemente, o aquecimento do tecido.

R- C

52- R- E — veja teoria

53- A lâmpada incandescente gera mais radiação infravermelha (ondas térmicas) — R- D

54- 01. Correta

02. Correta

04- Correta — $\Phi=Q/\Delta t$

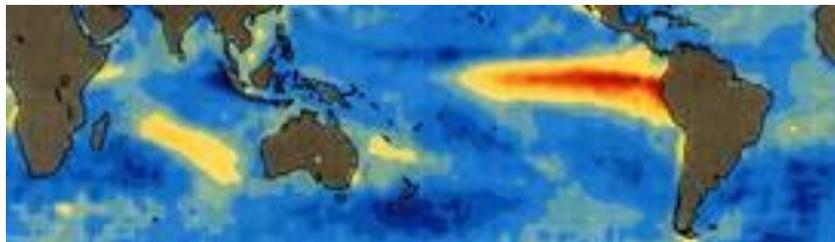
08- Correta

16- Falsa — é nulo

R- (01 + 02 + 04 + 08)= 15

55- R- E — veja teoria

56- Observe na figura que a corrente ascendente (ar quente sobe) está na costa da América do Sul.



R- A

57- Admitindo que a potência elétrica total consumida é a mesma para os cinco fornos, e que eficiência seja sinônimo de rendimento, o forno com maior eficiência é aquele capaz de fornecer a maior potência útil às diferentes amostras, isto é, ceder a maior quantidade de energia no menor intervalo de tempo, pois P_o (potência)= W (energia)/ Δt (intervalo de tempo) — R- C

58- De acordo com o enunciado, o desaparecimento da faixa no planeta relaciona-se ao movimento das diversas camadas de nuvens em sua atmosfera devido às diferenças de temperaturas entre elas — uma possível explicação é a alteração na densidade das nuvens do planeta, pois nuvens menos densas, com maiores temperaturas se posicionam em altitudes maiores — R- E

59- O efeito estufa e as “ilhas de calor” causam o aumento da temperatura local, impondo a necessidade de maior refrigeração, tanto em indústrias cujas máquinas devem operar em certas faixas de temperatura, quanto em residências, a fim de garantir conforto térmico aos seus habitantes. Logo, haverá aumento do consumo de energia elétrica — R- D

60-

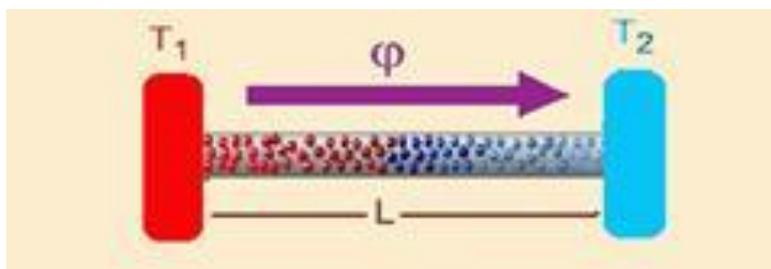
Energia liberada por litro de metanol queimado $\left. \begin{array}{l} 0,79\text{g} \text{ --- } 1\text{mL} \\ x \text{ --- } 1000\text{mL} - 1\text{L} \end{array} \right\} x = 790\text{g} \rightarrow 1\text{ mol metanol} \text{ --- } \frac{32\text{g}}{790\text{g}} \text{ libera } 726\text{ kJ}$

$y = \frac{790 \cdot 726}{32} \rightarrow y = 17923\text{ kJ} = 17,9\text{MJ}$ Energia liberada por litro de etanol queimado $\left. \begin{array}{l} 0,79\text{g} \text{ --- } 1\text{mL} \\ z \text{ --- } 1000\text{mL} \end{array} \right\} = 790\text{g}$

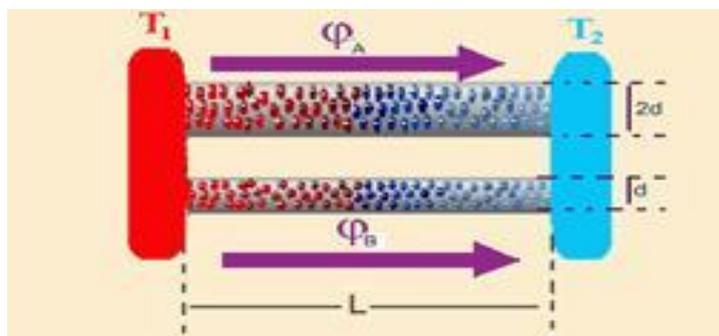
$\left. \begin{array}{l} 1\text{ mol etanol} \text{ --- } 46\text{g} \text{ libera } 1367\text{kJ} \\ 790\text{g} \text{ --- } w \end{array} \right\} w = \frac{1367 \cdot 790}{46} \rightarrow w = 23476\text{ kJ} = 23,5\text{ MJ}$ considerando que o volume de

dois combustíveis é o mesmo, é mais vantajoso utilizar o etanol, pois a sua combustão completa libera maior quantidade de energia \rightarrow R- D

61- Observe uma barra termicamente condutora mantida com suas extremidades inseridas em duas fontes de calor mantidas a



temperaturas constantes — o fluxo de calor através da barra é dado pela Lei de Fourier — $\phi = K.A.(T_1 - T_2)/L$ — a figura abaixo mostra as duas barras citadas conduzindo calor:



$\phi_A = \phi_B$, pois o fluxo de calor (ou fluxo térmico) ϕ através de uma superfície de área S é definido como a quantidade de calor (Q) por unidade de tempo (t) por unidade de área (S) — $\phi = Q/t.s$ — observe que, nesse caso, como as grandezas são as mesmas o fluxo de calor também será o mesmo — $K_A \cdot \{\pi(2d)^2/4\} \cdot \Delta T/L = K_B \cdot \{\pi(d)^2/4\} \cdot \Delta T/L$ — $4K_A = K_B$ — $K_A = K_B/4$ — R- A

62- Fluxo de calor (ou fluxo térmico) ϕ_{calor} através de uma superfície de área S é definido como a quantidade de calor (Q) por unidade de tempo (t) por unidade de área (S) — $\phi_{\text{calor}} = Q/t.s$ — observe que, nesse caso, como as grandezas são as mesmas o fluxo de calor também será o mesmo — R- D

63- Calor necessário para fundir o gelo — $Q = mL = 9 \cdot 10^{-3} \cdot 3,5 \cdot 10^5$ — $Q = 3.150\text{J}$ — lei de Fourier — $Q/\Delta t = K.A.\Delta\theta/\ell$ —

$K = Q.\ell/\Delta t.A.\Delta\theta = 3.150 \times 0,6/600 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 100$ — $K = 210\text{ W/mK}$ — R- E

64- Dados — $V = 400 \text{ L}$ — $m = 400 \text{ kg}$ — $I = 130 \text{ W/m}^2$ — $\Delta T = 60 - 15 = 45$
 $^{\circ}\text{C}$ — considerando: — densidade da água — $d = 1 \text{ kg/L}$ — calor específico
sensível da água — $c = 4.200 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ — intensidade de radiação média dada
seja diária, ou seja, para um tempo de 24 h — assim — $\Delta t = 24 \times 3.600 = 86.400$
s — a intensidade de radiação é dada pela relação entre a potência radiada e a
área de captação — $I = P/A = Q/A \cdot \Delta t$ — $A = 400 \times 4.200 \times 45 / 86.400 \times 130$ —
 $A = 6,73 \text{ m}^2$ — R- E

65- 01. Correta — O calor se propaga sempre que há diferença de temperatura
entre dois ou mais corpos. Essa propagação ocorre sempre do corpo de maior
para o de menor temperatura.

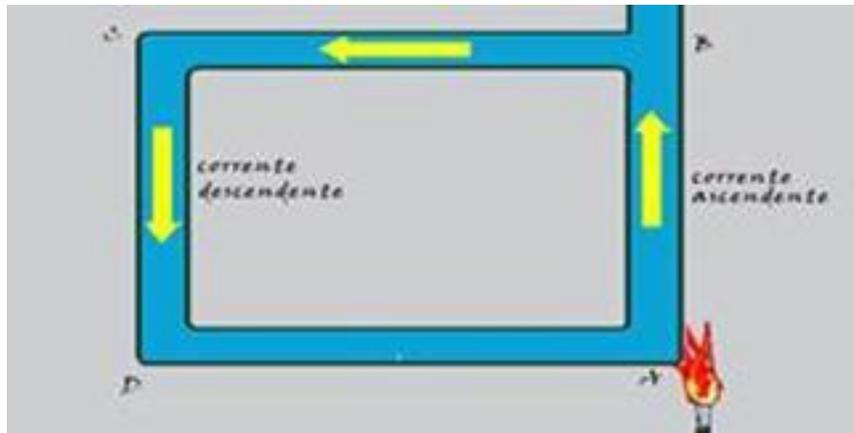
02. Correta — Substituindo $m=1\text{g}$ e $\Delta t=1^{\circ}\text{C}$ na expressão $Q=m \cdot c \cdot \Delta t$ —
 $Q=1 \cdot c \cdot 1$ — $Q=c$ — ou seja, o calor específico de uma substância é a
quantidade de calor necessária para fazer a temperatura da massa de 1g dessa
substância sofrer uma variação de temperatura de 1°C .

04. Correta — O calor é conduzido de um ponto a outro do corpo sem que haja
deslocamento das partículas.



Explicando microscopicamente o fenômeno: a região próxima da chama tem o
movimento vibratório de suas moléculas aumentado, adquirindo assim maior
energia cinética, que é transferida através de choques às partículas vizinhas, que
também aumentam seu movimento vibratório. Através desse transporte de
energia, toda a barra é aquecida — a condução não ocorre no vácuo, pois ela
precisa de um meio material para se propagar.

08. Correta — Trata-se da transferência de energia térmica (calor) pela matéria
em movimento devido à diferença de densidades dessa matéria — essa matéria
só pode ser fluida (líquido, gás ou vapor) — observe a figura abaixo onde se
tem tubos de vidro contendo água líquida.



A água em A, aquecida, expande-se, fica menos densa, mais leve e sobe o trecho AB. A água mais fria, mais densa e mais pesada do trecho CD desce e ainda empurra para cima a água quente do ramo AB. Obtém-se então uma circulação de água na qual a transferência de calor é feita através da matéria (no caso, água) e que recebe o nome de corrente de convecção.

16. Falsa — É o fenômeno pelo qual a energia emitida pelo Sol chega até a Terra através do vácuo



— realiza-se através de ondas eletromagnéticas que são compostas por diversas ondas de frequências diferentes (raios cósmicos, raios X, raios ultravioleta, luz visível, raios infravermelhos, microondas, etc.).

Corretas: 01, 02, 04 e 08 — Soma=15.

66-Denomina-se convecção térmica o processo de transferência de calor que acontece graças a movimentação de um material — observe que é exatamente isso que acontece no exemplo mostrado — o material que se move pelo ambiente é o ar e, o ar frio é aquecido na câmara de aquecimento, fica mais quente (menos denso) e sobe, passando pela câmara de secagem — a movimentação do ar, mais quente e mais frio, cria as chamadas correntes de convecção. a evaporação é a passagem lenta do líquido para o gasoso, acontece mais rapidamente com o auxílio do vento (ar em movimento), principalmente, no caso, ar quente.

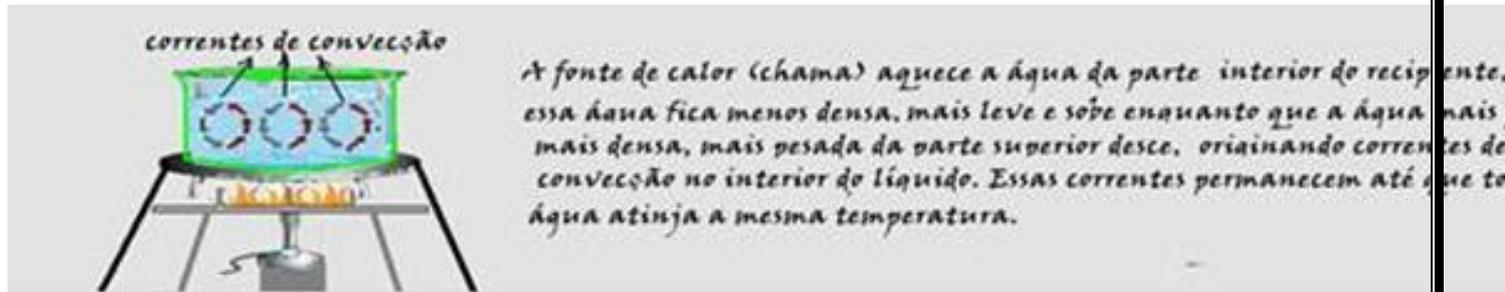
67- Quando você abre a porta da geladeira, a temperatura em seu interior é menor que a do ambiente da sala e, como o calor se transfere do corpo de maior para o de menor temperatura, inicialmente a temperatura da sala irá diminuir —

posteriormente, com a geladeira ligada, ela fica retirando calor de seu interior e o transferindo para o ambiente e, então a temperatura da sala irá aumentando — R- C

68-(COLÉGIO NAVAL)

Veja teoria abaixo:

•



•

O aparelho de ar condicionado deve ficar na parte mais alta do recinto, para que a ar frio mais denso, mais pesado



desça.

•

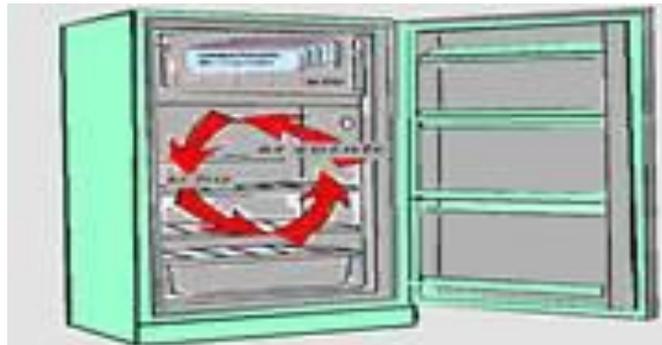
Garrafa térmica – Há aproximadamente um século, foi inventada por James Dewar e foi construída de maneira que evite a transmissão de calor pelos três processos (condução, convecção e irradiação).



A condução térmica é evitada pelo vácuo entre as paredes duplas e pela tampa de material isolante. A irradiação é evitada pelas paredes espelhadas que refletem as radiações tanto interna como externamente. A convecção é evitada pelo vácuo entre as paredes duplas.



O congelador deve ficar na parte superior da geladeira, pois o ar frio mais denso (mais pesado) desce e o ar quente menos denso



(mais leve) sobe, originando no interior da geladeira, correntes de convecção.



Para facilitar a retirada de uma tampa metálica presa num vidro pode-se derramar água quente na tampa para que o calor, transmitido por condução provoque a dilatação da mesma.

R- A.