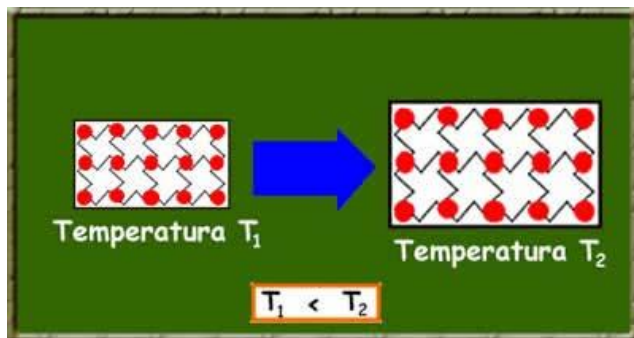


Dilatação térmica dos sólidos e líquidos

Dilatação térmica é o fenômeno pelo qual um corpo sofre uma variação nas suas dimensões, quando sujeito a uma variação de temperatura.

Todos os corpos existentes na natureza, sólidos, líquidos ou gasosos, quando em processo de aquecimento ou resfriamento, ficam sujeitos à dilatação ou contração térmica. O processo de contração e dilatação dos corpos ocorre em virtude do aumento ou diminuição do grau de agitação das moléculas que constituem os corpos. Ao aquecer um corpo, por exemplo, devido ao aumento do grau de agitação, as moléculas mais agitadas tendem a se afastar levando a um aumento na distância entre elas. Esse espaçamento maior entre elas se manifesta através do aumento das dimensões do corpo. O contrário ocorre quando os corpos são resfriados. Ao acontecer isso as distâncias entre as moléculas são diminuídas e em consequência disso há diminuição nas dimensões do corpo.

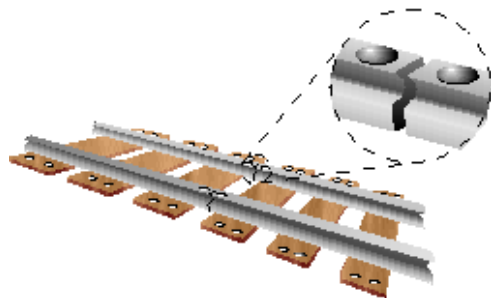
Observe a figura abaixo:



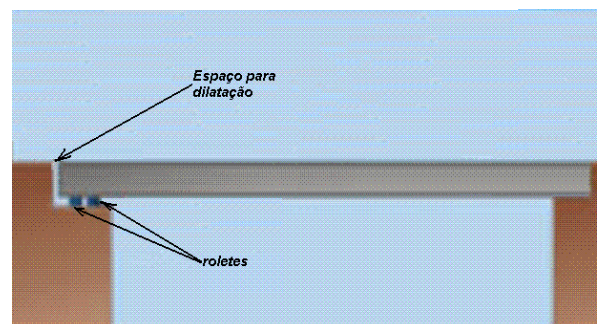
O aumento de temperatura provoca um afastamento das moléculas e um conseqüente aumento do tamanho do corpo.

A dilatação térmica é algo muito comum no nosso dia a dia, pois os objetos são constantemente submetidos a variações de temperatura. Na engenharia, esse fenômeno deve ser considerado na construção de algumas edificações, como por exemplo, na construção de pontes e viadutos. Pode-se perceber ainda, que é devido aos efeitos da dilatação, que se deixam espaços entre os trilhos de trem em uma estrada de ferro. Estes espaços são para que não ocorra deformação da mesma devido a variação de temperatura. Nas quadras de futebol, em pontes e viadutos existem pequenas fendas de dilatação que possibilitam a expansão da estrutura sem que ocorram possíveis trincas e danos na estrutura.

Essas construções costumam ser feitas em partes e, entre essas partes, existe uma pequena folga para que, nos dias quentes, ocorra a dilatação sem nenhuma resistência. Do contrário, teríamos algum comprometimento da estrutura. Quando você tenta abrir um vidro de picles e ele está muito apertado você coloca a tampa na água quente que ela vai se dilatar mais que o vidro e vai abrir, quando você liga o carro numa manhã fria ele faz ruídos estranhos até o metal, de que é feito, de dilatar possibilitando um espaço maior para as peças e a fuselagem do veículo. Até as fendas das calçadas (o espaço entre uma placa e outra) se você perceber se dilatam em dias de verão.



Juntas de dilatação nas linhas férreas

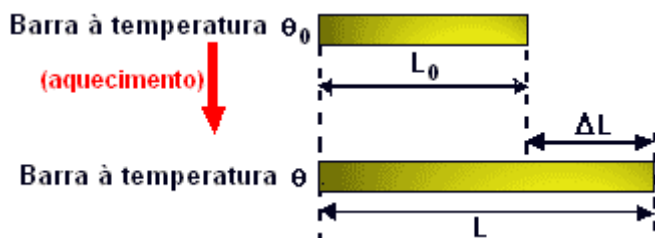


Roletes de compensação térmica sob um dos lados da ponte.

Nos sólidos, o aumento ou diminuição da temperatura provoca alteração nas dimensões lineares, como também nas dimensões superficiais e volumétricas.

Dilatação Linear dos Sólidos

Para compreender a dilatação linear observe a gravura abaixo que demonstra a expansão de uma barra metálica de comprimento L_0 após a mesma ser aquecida. Notamos que seu comprimento passa a um comprimento final igual a L quando sua temperatura passa de um valor θ para um valor θ_0 .



Podemos dizer matematicamente que a dilatação é:

$$L = L_0 + \Delta L$$

Se essa barra metálica for homogênea é fácil compreender que cada unidade de comprimento da barra, após ser aquecida, sofre a mesma dilatação por unidade de variação de temperatura, ou seja, todos os pontos da barra devem sofrer a mesma dilatação se for aquecida igualmente. Por exemplo, imagine duas barras do mesmo material, mas de comprimentos diferentes. Quando aquecemos estas barras notaremos que a maior dilatará mais que menor.

Nota-se ainda que quando a barra é aquecida verifica-se que a variação do comprimento da mesma é proporcional à variação da temperatura sofrida por ela.

Quando aquecemos igualmente duas barras de mesmo comprimento, mas de materiais diferentes, notaremos que a dilatação será diferentes nas barras. Podemos concluir que a dilatação depende do material (substância) da barra.

Assim, podemos escrever a seguinte equação para determinar a variação de comprimento da barra

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

Onde :

ΔL é a variação do comprimento

ΔT é a variação da temperatura

α é uma constante de proporcionalidade denominada de coeficiente de dilatação linear, e a sua unidade é o $^{\circ}\text{C}^{-1}$. Cada material tem um coeficiente de dilatação linear próprio, o do alumínio, por exemplo, é $24 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

A partir das duas equações anteriores podemos determinar uma equação que permita calcular o comprimento final da barra

Como

$$L = L_0 + \Delta L \quad (1) \text{ e } \Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (2)$$

Substituindo a eq. 2 na eq. 1 temos:

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

Colocando L_0 em evidência temos

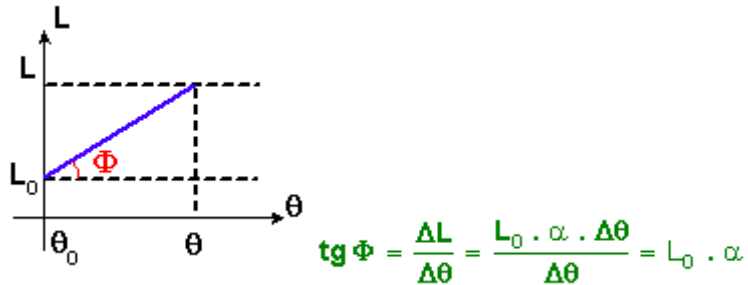
$$L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Obs:

Todos os coeficientes de dilatação, sejam α , β ou γ , têm como unidade: $(\text{temperatura})^{-1} \rightarrow ^{\circ}\text{C}^{-1}$

Gráfico L x T

A equação do comprimento final $L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$, corresponde a uma equação de 1º grau e, portanto o seu gráfico será uma reta inclinada, onde: $L = f(\theta) \rightarrow L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$.



Obs. Sendo assim, nos gráficos comprimento X temperatura, o produto $L_0 \cdot \alpha$ indica a inclinação da reta.

Aplicação

O comprimento de um fio de alumínio é de 40m a 20°C. Sabendo-se que o fio é aquecido até 60°C e que o coeficiente de dilatação térmica linear do alumínio é de $24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, determine:

- A dilatação do fio.
- O comprimento final do fio.

Solução:

a) Dados: $L_i = 40\text{m}$; $t_i = 20^\circ\text{C}$; $t_f = 60^\circ\text{C}$;

$$a = 24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

A dilatação linear do fio é dada por:

$$\Delta L = L_i \Delta t \Rightarrow \Delta L = 40 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (60 - 20)$$

$$\Rightarrow \Delta L = 0,0384\text{m}$$

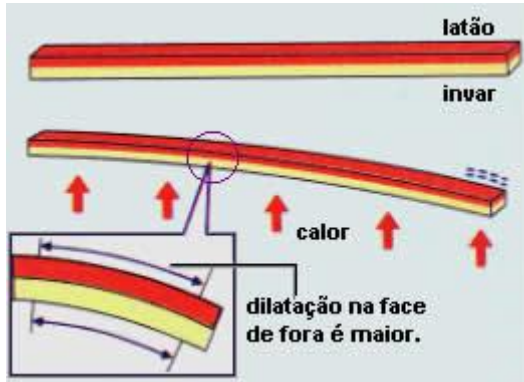
b) $L_f = L_i + \Delta L \Rightarrow L_f = 40 + 0,0384 \Rightarrow$

$$L_f = 40,0384\text{m}$$

Lâminas bimetálicas

Isto é muito útil, quando queremos ligar ou desligar determinado circuito elétrico a partir do momento que alcance certa temperatura, para por exemplo manter uma temperatura máxima. Isto é muito usado em ferros de passar roupas, regulando a abertura da lamina bimetálica.

Uma lâmina bimetálica, como o próprio nome diz, é constituída de duas lâminas de materiais diferentes com comprimentos iguais soldadas (ou coladas) uma a outra. Como as lâminas que a formam possuem coeficientes de dilatação diferentes, quando submetida a uma variação de temperatura, ela sofre uma deformação sempre para o lado que após o aquecimento ou o resfriamento ficar com menor tamanho. Observe a figura abaixo

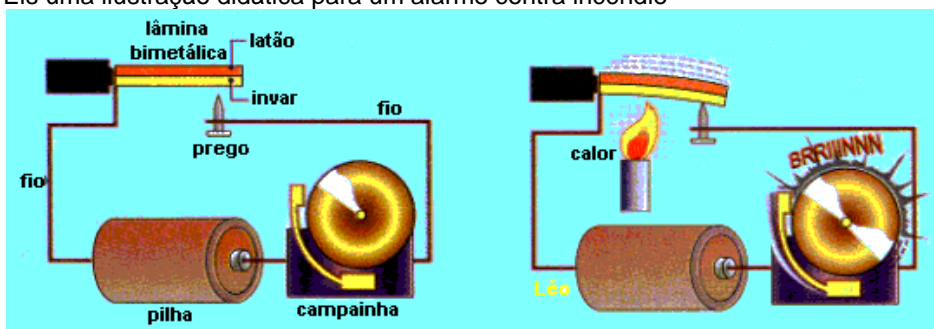


A lâmina é formada por dois materiais com coeficientes de dilatação diferentes (latão e invar). Como o latão tem maior coeficiente de dilatação, se a lâmina for aquecida, ele se dilata mais de forma que a lâmina sofre uma deformação para o lado do invar ou seja, quando a lâmina bimetálica é aquecida, ela deforma para o lado da lâmina de menor coeficiente e do contrário,

Quando resfriada, deforma para o lado da lâmina de maior coeficiente. Mas, Para que ela serve? O uso mais freqüente é em aparelhos que efetuam automaticamente a abertura e o fechamento de um circuito elétrico onde a comutação pode ocorrer para valores preestabelecidos de temperatura

Ao ser percorrida pela corrente elétrica, a lâmina se aquece provocando a dilatação das lâminas que a constituem. Esta dilatação ou contração das lâminas faz com que o circuito elétrico, no qual estão inseridas, seja aberto ou fechado.

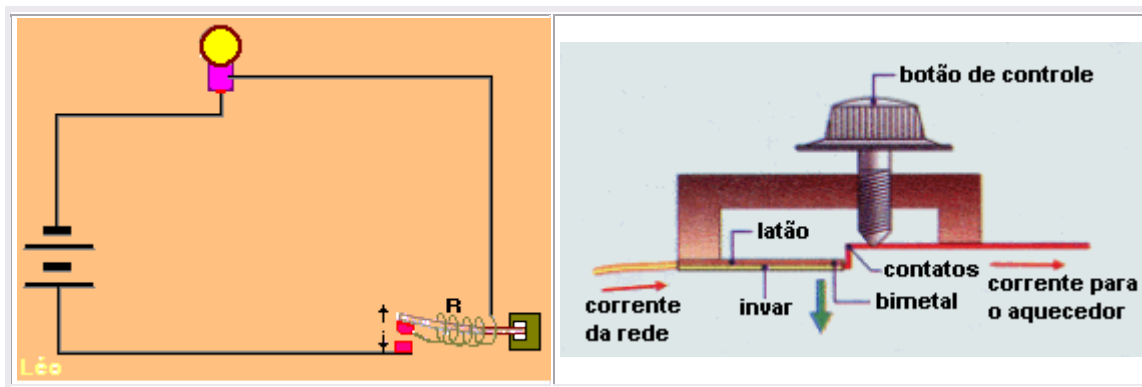
Eis uma ilustração didática para um alarme contra incêndio



Nas geladeiras percebe-se que em um determinado período do seu funcionamento diário ela desliga automaticamente, voltando a funcionar minutos depois.

Nos dispositivos com lâmina bimetálica uma extremidade da lâmina é mantida fixa e é usado o deslocamento da extremidade livre para efetuar alguma ação. Tal deslocamento, eventualmente ampliado, pode ser transmitido a um indicador móvel sobre uma escala graduada: o dispositivo, uma vez calibrado, constitui um **termômetro bimetálico** (muito comum em tampas de fornos dos fogões a gás).

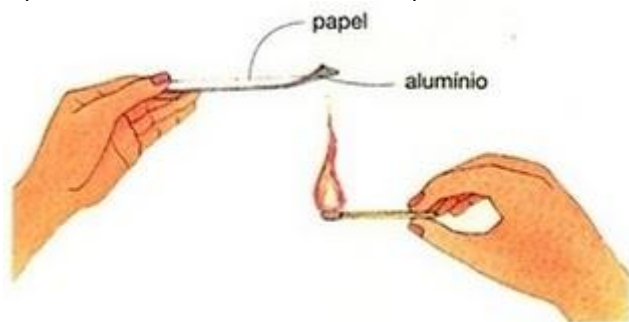
Aplicações típicas e muito difundidas são constituídas pelos interruptores de pulsação automática (intermitentes) nos quais o ligar e desligar de uma ou mais lâmpadas são comandados por uma lâmina bimetálica aquecida por um resistor de resistência R em série com a lâmpada. Os termo-reguladores ou termostatos e os interruptores automáticos de sobrecarga funcionam sob este princípio básico das lâminas bimetálicas (abaixo, à direita). Nas decorações de árvores de natal mediante pequenas lâmpadas, uma das lâmpadas usa o próprio calor dissipado em seu funcionamento para acionar um interruptor bimetálico, em série (abaixo, à esquerda).



Vamos compreender como funciona o termostato, por exemplo, de um aquecedor de ambiente. Você já deve ter percebido que o *elemento chave* desse tal termostato é a lâmina bimetálica. É ela que vai controlar a temperatura do ambiente, ligando e desligando o aquecedor nos momentos oportunos. Quando a temperatura do ambiente superar um certo limite, o termostato deve desligar o aquecedor — sua lâmina bimetálica enverga, abre os contatos, e desliga o aparelho da rede elétrica. Quando a temperatura cair abaixo de certo limite, o aquecedor deve ser religado — a lâmina curva-se em sentido oposto e fecha os contatos. Você pode selecionar a temperatura do liga-desliga mediante um botão de controle.

Experimento

É comum encontrar como invólucro dos cigarros, no interior do maço, uma folha que apresenta duas faces: uma de papel comum e a outra de alumínio, coladas entre si. Faça dois experimentos, o primeiro utilizando papel de alumínio, daqueles de uso doméstico utilizados na cozinha, constituído apenas de alumínio. No segundo experimento, use a folha de maço de cigarros, com alumínio de um lado e papel comum de outro. Corte uma lâmina dos dois tipos de papéis e aproximaram dela uma chama (veja a figura abaixo). Mantenha a chama a uma certa distância, no experimento com o papel extraído do maço de cigarros, para evitar que o papel comum se queime. No primeiro caso, a lâmina não se encurva; no segundo experimento a lâmina se encurva, sempre no mesmo sentido.



Nos dois experimentos, procure explicar o que acontece, lembrando-se de seus conhecimentos sobre dilatação térmica. Considerando a segunda situação e de acordo com o que foi observado, qual dos dois materiais deve ter maior coeficiente de dilatação: o de alumínio ou o de papel?

Dilatação Superficial dos Sólidos

Dilatação superficial é aquela em que predomina a variação em duas dimensões, ou seja, a variação da área. Considere a placa metálica descrita na gravura abaixo:



Inicialmente a temperatura inicial é T_0 , a placa tem área inicial A_0 . Após ser aquecida por uma fonte de calor a sua área ganha novas dimensões, ou seja, ela se expande em razão do aumento no grau de agitação das moléculas que a compõem. Agora com temperatura final t a placa metálica passa a ter área final A . A variação de área sofrida pela placa pode ser determinada da seguinte forma:

$$\Delta A = A - A_0 \text{ (I)}$$

Experimentalmente podemos mostrar que a variação da área sofrida pela placa é proporcional à variação da temperatura sofrida pela mesma, matematicamente temos a seguinte relação que determina a dilatação superficial, veja:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta t \text{ (II)}$$

Onde β é chamado de **coeficiente de dilatação térmica superficial** do material que constitui a placa, ele é igual a duas vezes o valor do coeficiente de dilatação térmica linear (material isotrópico) α

Ou seja, $\beta = 2\alpha$.

Para saber qual a área final da placa após ela ser aquecida podemos substituir a equação I na equação II, temos:

$$A - A_0 = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta t$$

Isolando S do restante da equação surge:

$$A = A_0(1 + \beta \cdot \Delta t).$$

Aplicação

1. Uma placa retangular de alumínio tem 10cm de largura e 40cm de comprimento, à temperatura de 20°C. Essa placa é colocada num ambiente cuja temperatura é de 50°C. Sabendo que $\beta_{al} = 46 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, calcule:

- A dilatação superficial da placa.
- A área da placa nesse ambiente.

Solução:

a) Cálculo da área inicial:

$$A_i = 10 \cdot 40 = 400\text{cm}^2$$

Calculo da dilatação superficial:

$$\Delta A = A_i \beta \Delta t \rightarrow \Delta A = 400 \cdot 46 \cdot 10^{-6} \cdot (50 - 20) \rightarrow$$

$$S = 0,522\text{cm}^2$$

$$\text{b) } A_f = A_i + \Delta A \rightarrow A_f = 400 + 0,522 \rightarrow$$

$$A_f = 400,522\text{cm}^2$$

2. A uma dada temperatura um pino ajusta-se exatamente em um orifício de uma chapa metálica; se somente a chapa for aquecida verifica-se que:

- o pino não mais passará pelo orifício.
- o pino passará facilmente pelo orifício.
- o pino passará sem folga pelo orifício.
- tanto A como C poderão ocorrer.
- nada do que foi dito ocorre.

Resolução:

Ao ser aquecida a chapa metálica aumenta suas dimensões. Aumentando as dimensões da chapa o orifício também aumenta. Assim, como o pino não sofre dilatação, passará facilmente pelo orifício.

Resposta correta letra B

Dilatação volumétrica dos Sólidos

É aquela em que as três dimensões do corpo sofrem variação em três dimensões, ou seja, ocorre a variação do volume do corpo.

Para estudarmos este tipo de dilatação podemos imaginar um cubo metálico de volume inicial V_0 e temperatura inicial θ_0 . Se o aquecermos até a temperatura final, seu volume passará a ter um valor final igual a V .



A dilatação volumétrica ocorreu de forma análoga ao da dilatação linear; portanto podemos obter as seguintes equações:

A variação de volume sofrida pelo cubo pode ser determinada da seguinte forma:

$$\Delta V = V - V_0 \text{ (I)}$$

Experimentalmente podemos mostrar que a variação de volume sofrido pelo cubo é proporcional à variação da temperatura, matematicamente temos a seguinte relação que determina a dilatação volumétrica, veja:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta t \text{ (II)}$$

Onde γ é chamado de **coeficiente de dilatação volumétrica** do material que constitui o cubo, ele é igual a três vezes o valor do coeficiente de dilatação térmica linear (material isotrópico) α veja: $\gamma = 3\alpha$. Para sabermos qual o volume final do cubo após ser aquecido podemos substituir a equação I na equação II, ficando com:

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

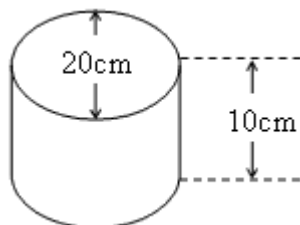
Isolando V do restante da equação surge:

$$V = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta t).$$

Exemplo

O cilindro circular de aço do desenho abaixo se encontra em um laboratório a uma temperatura de -100°C . Quando este chegar à temperatura ambiente (20°C), quanto ele terá dilatado? Dado

$$\alpha_{\text{Aço}} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$



Sabendo que o volume do cilindro é dado por:

$$V = A_{\text{base}} \cdot h$$

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h$$

$$\frac{\text{diâmetro}}{2} = R$$

$$V_0 = \pi \cdot \frac{20}{2} \cdot 10$$

$$V_0 = 100\pi \text{ m}^3$$

$$\Delta V = V_0 \cdot 3 \cdot \alpha \cdot [20 - (-100)]$$

$$\Delta V = 100\pi \cdot 3 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot 120$$

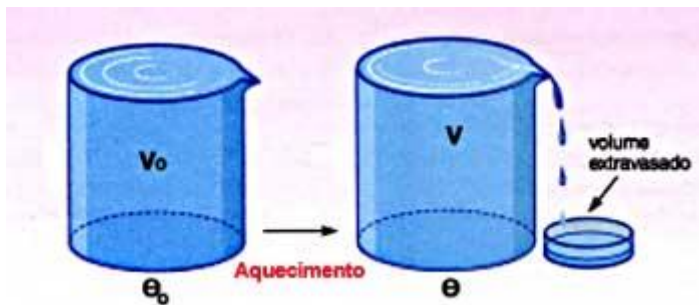
$$\Delta V = 1,24\text{m}^3$$

Dilatação dos líquidos

Os líquidos assim como os sólidos sofrem dilatação ao serem aquecidos e contração ao serem resfriados. Porém, não tem sentido falar em coeficiente de dilatação linear ou superficial de líquidos. Como eles não possuem forma própria, só se determina o coeficiente de dilatação volumétrica.

Outro fato importante quando se fala em dilatação de líquidos, é perceber que devido ao fato de neste estado as moléculas estarem menos fortemente ligadas entre si, eles sofrem maior dilatação e maior contração que os sólidos.

Suponhamos que se queira medir o coeficiente de dilatação real (γ_{real}) de um determinado líquido. Para isso enche-se completamente um recipiente com o líquido, à temperatura inicial T_0 . O volume inicial do recipiente e do líquido é V_0 . Ao se aquecer o conjunto até a temperatura final T , o recipiente e o líquido se dilatam, porém como o líquido sofre uma maior dilatação, certa quantidade de líquido vai ser transbordada pois o coeficiente de dilatação do líquido é maior que o do recipiente. O volume de líquido transbordado neste caso chama-se **dilatação aparente do líquido** (ΔV_{ap}).



A dilatação real (total) do líquido (ΔV_{liq}) é a soma do volume de líquido transbordado (**dilatação aparente** ΔV_{ap}) com a dilatação do recipiente (ΔV_{rec}), ou seja

$$\Delta V_{liq} = \Delta V_{ap} + \Delta V_{rec} \quad (I)$$

Assim, por exemplo, se o recipiente aumentou seu volume em 2 cm^3 ($\Delta V_{rec} = 2 \text{ cm}^3$) e o líquido transbordou 6 cm^3 ($\Delta V_{ap} = 6 \text{ cm}^3$), concluímos que a dilatação real do líquido foi $\Delta V_{real} = 6 + 2 = 8 \text{ cm}^3$. sendo assim, se calcularmos pela equação de dilatação volumétrica as dilatações aparente (ΔV_{ap}) e a do recipiente (ΔV_{rec}) temos:

$$\Delta V_{ap} = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta T \quad (II)$$

$$\Delta V_{rec} = V_0 \cdot \gamma_{rec} \cdot \Delta T \quad (III)$$

Como a dilatação do líquido é determinada por

$$\Delta V_{liq} = V_0 \cdot \gamma_{liq} \cdot \Delta T \quad (IV)$$

Substituindo as equações II, III e IV na eq. I temos:

$$V_0 \cdot \gamma_{liq} \cdot \Delta T = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta T + V_0 \cdot \gamma_{rec} \cdot \Delta T$$

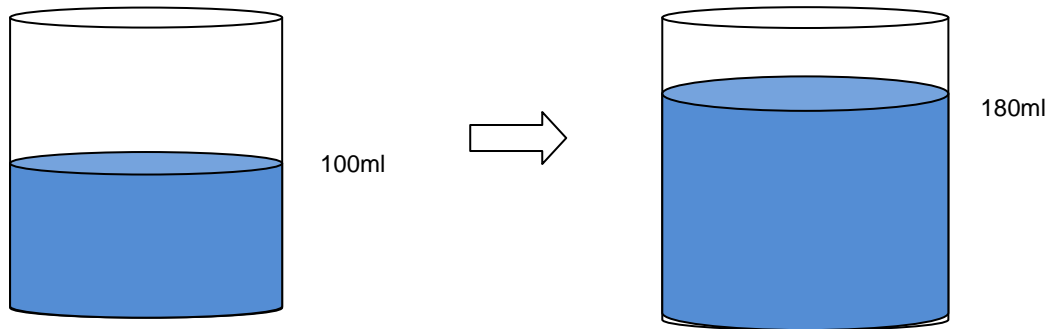
Como o recipiente está cheio, $V_{rec} = V_{ap} = V_{liq}$. Sendo assim temos a seguinte relação

$$\gamma_{liq} = \gamma_{ap} + \gamma_{rec}$$

Portanto, quando o recipiente estiver inicialmente cheio, o coeficiente de dilatação real do líquido é a soma do coeficiente de dilatação aparente do mesmo com o coeficiente de dilatação volumétrica do recipiente.

Mas, e se o recipiente não estiver cheio?

Vejamos o exemplo



Repare que inicialmente temos 100ml de líquido e que depois de aquecido o líquido passou a um volume de 180ml. A olho nu, parece que os 80ml de diferença correspondem a dilatação do líquido, porém, não conseguimos observar (pois houve uma pequena dilatação) é que o recipiente também dilatou. Sendo assim, apesar de não termos volume transbordado, houve uma dilatação aparente (80 ml).

Conclusão: a dilatação aparente de um líquido é aquilo que conseguimos observar e ela só corresponde ao volume transbordado se o recipiente estiver inicialmente cheio

Exemplo:

Uma proveta de vidro é preenchida completamente com 400 cm^3 de um líquido a 20°C . O conjunto é aquecido até 220°C . Há, então, um transbordamento de 40 cm^3 do líquido.

É dado $\gamma_{\text{vidro}} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Calcule:

- o coeficiente de dilatação volumétrica aparente do líquido (γ_{ap})
- o coeficiente de dilatação volumétrica real do líquido (γ_{real})

SOLUÇÃO:

a) O transbordamento do líquido é sua dilatação aparente: $\Delta V_{\text{ap}} = 40 \text{ cm}^3$.

Tem-se também a expressão $\Delta t = 220 - 20 \Rightarrow \Delta t = 200^\circ\text{C}$

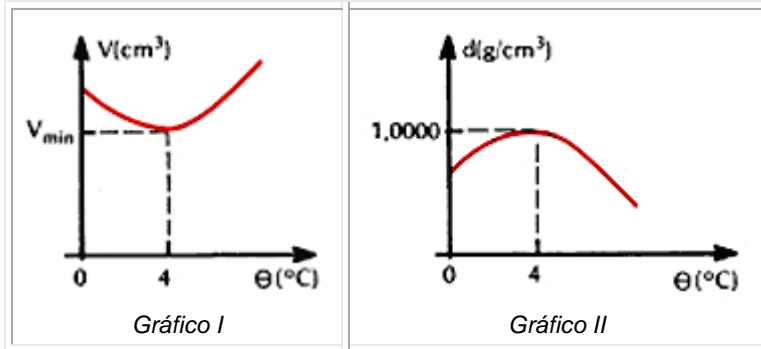
Da expressão da dilatação aparente de líquidos, escreve-se $\gamma_{\text{ap}} = \frac{\Delta V_{\text{ap}}}{V_0 \cdot \Delta t}$.

$$\text{Logo } \gamma_{\text{ap}} = \frac{40}{400 \times 20} = 0,5 \times 10^{-3} \therefore \gamma_{\text{ap}} = 500 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

b) Pela expressão $\gamma_{\text{ap}} + \gamma_{\text{vidro}}$ tem-se: $\gamma = 500 \times 10^{-6} + 24 \times 10^{-6} \Rightarrow \gamma = 424 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

O caso da água

A água é o líquido mais comum, no entanto, seu comportamento em termos de dilatação térmica é uma verdadeira exceção.



O gráfico I mostra esse comportamento: de 0°C até 4°C o volume da água diminui com o aquecimento. Somente a partir de 4°C é que, com o aquecimento, a água aumenta de volume (como acontece aos demais líquidos).

O gráfico II descreve a variação da densidade d da água com a temperatura. Como a densidade de um corpo é a sua massa (m) dividida pelo seu volume (V), ou seja, $d=m/v$, tem-se que a densidade da água é inversamente proporcional ao seu volume durante a variação da temperatura, pois a massa permanece constante.

Assim, de 0°C a 4°C a densidade da água aumenta com o aquecimento, pois seu volume diminui; a partir de 4°C a densidade da água diminui com o aquecimento, porque seu volume aumenta.

A densidade da água é máxima a 4°C e seu valor é $1,0000 \text{ g}/\text{cm}^3$. Em todas as outras temperaturas sua densidade é menor.

Exercícios resolvidos

1. (VUNESP-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) $165 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

RESOLUÇÃO:

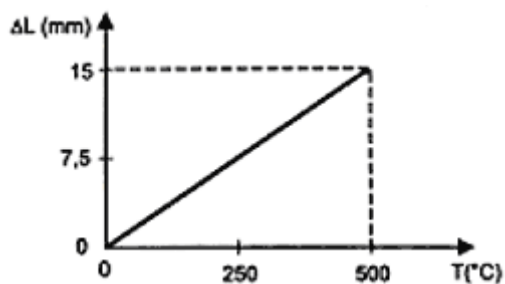
O cálculo da dilatação linear ΔL , do trilho é:

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

$$\Delta L = 30 \cdot (11 \cdot 10^{-6}) \cdot (40 - 10) = 99 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

RESPOSTA: C

2. (UFPE) - O gráfico abaixo representa a variação, em milímetros, do comprimento de uma barra metálica, de tamanho inicial igual a 1,000m, 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 $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.



RESOLUÇÃO:

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

$$15 = 1000 \cdot \alpha \cdot (500 - 0)$$

$$\alpha = 30 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

RESPOSTA: 30

3. O que acontece com o diâmetro do orifício de uma coroa de alumínio quando esta é aquecida?

RESOLUÇÃO

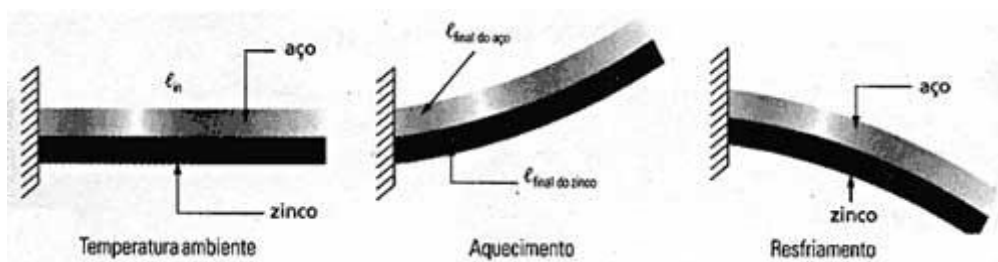
A experiência mostra que o diâmetro desse orifício aumenta. Para entender melhor o fenômeno, imagine a situação equivalente de uma placa circular, de tamanho igual ao do orifício da coroa antes de ser aquecida. Aumentando a temperatura, o diâmetro da placa aumenta.



4. Os componentes de uma lâmina bimetálica são o aço e o zinco. Os coeficientes de dilatação linear desses metais são, respectivamente, $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $2,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Em uma determinada temperatura, a lâmina apresenta-se retilínea. Quando aquecida ou resfriada, ela apresenta uma curvatura. Explique por quê.

RESOLUÇÃO

Como $\alpha_{\text{zinco}} > \alpha_{\text{aço}}$, para um mesmo aumento de temperatura o zinco sofre uma dilatação maior, fazendo com que na lâmina ocorra uma dilatação desigual, produzindo o encurvamento. Como a dilatação do zinco é maior, ele ficará na parte externa da curvatura. No resfriamento, os metais se contraem. O zinco, por ter α maior, sofre maior contração. Assim, a parte de aço ocupa a parte externa da curvatura.



4. Um vendedor de gasolina recebe em seu tanque 2000L de gasolina á temperatura de 30°C. Sabendo-se que posteriormente vendeu toda a gasolina quando a temperatura era de 20°C e que o coeficiente de dilatação da gasolina é igual a $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, qual o prejuízo que sofreu o vendedor? resp.

como a temperatura final é menor q a inicial, a variação fica negativa, temos então:

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

$$\Delta V = 2 \times 10^3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot -10$$

$$\Delta V = - 22 \text{ litros}$$

Houve um a perda de 22l de combustível