

Coeficiente de dilatação linear

IF/UnB - Física 2 Experimental

Objetivos: determinar experimentalmente o coeficiente de dilatação térmica linear do latão, do aço, e do alumínio.

MATERIAL

- 3 dilatômetros lineares com tubos de latão, aço e alumínio, respectivamente;
- Circulador de água com aquecedor e controle de temperatura;
- Termômetro.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um sólido é formado por um conjunto de átomos interligados por forças interatômicas. As propriedades elásticas e térmicas de um sólido são frequentemente descritas a partir de um modelo simples do tipo massa-mola, em que os átomos são considerados como as massas e as forças de coesão entre eles são descritas por molas (veja fig.1).

Molas perfeitas obedecem à lei de Hooke, que diz que a força exercida por uma mola é contrária e proporcional à distensão, ou seja

$$F(x) = -k(x - x_0), \quad (1)$$

em que $(x - x_0)$ descreve o quanto ela é distendida em relação ao seu comprimento de equilíbrio x_0 , que corresponde à distância interatômica média. O comprimento L de um sólido que possui N ligações entre os átomos ao longo de uma de suas arestas será portanto, $L = Nx_0$. A compressibilidade, uma propriedade mecânica que descreve o quanto um sólido pode ser deformado pela aplicação de uma força externa, está relacionada à força de coesão entre os átomos e, portanto, no modelo, depende da constante de mola k .

Numa dada temperatura, cada átomo possui energia cinética e, portanto, está em constante movimento, oscilando em torno da sua posição de equilíbrio. Sua energia passa ciclicamente de cinética para potencial elástica e de volta à cinética. A energia potencial elástica correspondente à essa força restauradora é descrita por

$$U(x) = \frac{1}{2}k(x - x_0)^2. \quad (2)$$

A posição de equilíbrio x_0 é aquela que corresponde à menor energia potencial elástica. Assim, todos os átomos oscilam em torno dessa posição, independentemente da quantidade de energia cinética que possuam. O resultado disso é que ao se aumentar a temperatura, cresce a energia cinética dos átomos, mas eles continuam, na média, com a mesma posição de equilíbrio e, como consequência, o sólido não dilata com o aumento da temperatura, mantendo o seu comprimento original $L = Nx_0$. Isso mostra que o modelo de molas ideais, cujo potencial é parabólico, não fornece uma boa descrição para o problema da dilatação linear. O problema pode ser resolvido com um potencial não parabólico. A figura 2 mostra um potencial mais realista, em que o aumento da energia cinética faz mover o ponto médio da oscilação para valores maiores, produzindo assim a dilatação.

Para pequenos aumentos de temperatura $\Delta T = T - T_0$, o ponto médio de oscilação cresce uma pequena fração do comprimento original

$$\frac{\Delta x}{\bar{x}_0} = \frac{(\bar{x}(T) - \bar{x}(T_0))}{\bar{x}(T_0)} \quad (3)$$

que, em primeira aproximação, é proporcional ao aumento de temperatura. A constante de proporcionalidade α , conhecida como coeficiente de dilatação térmica linear, depende da forma do potencial. Quanto mais harmônico o potencial, menor é o seu valor. A constante de proporcionalidade é a razão entre o aumento fracional da distância

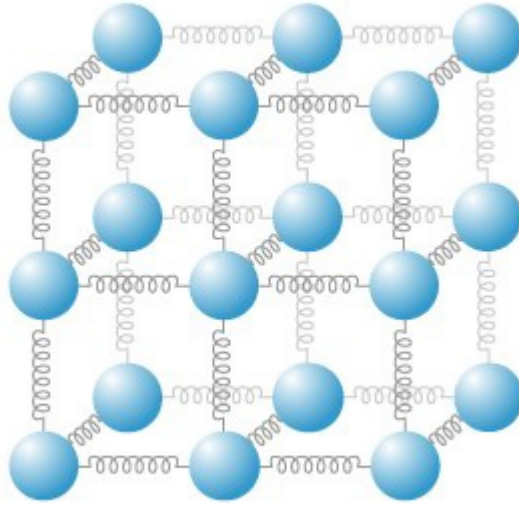


Figura 1. Modelo tipo massa-mola de um sólido.

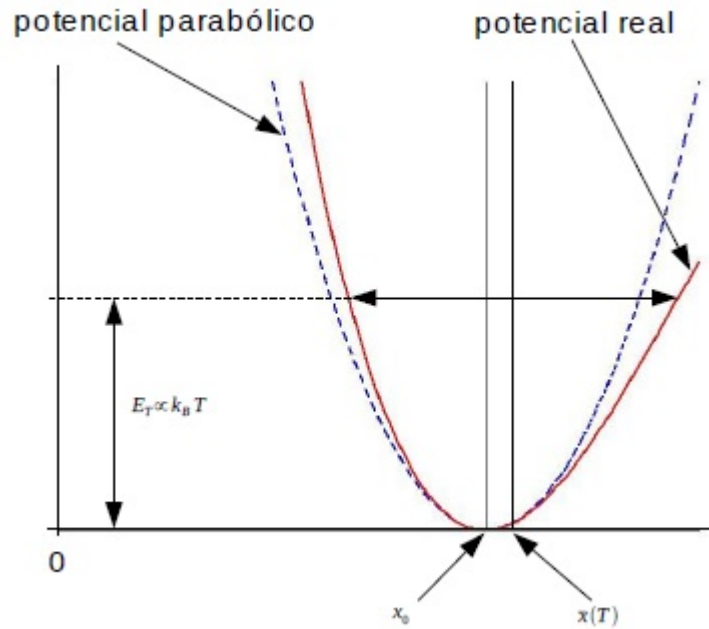


Figura 2. Energia potencial elástica de um conjunto de átomos. A curva tracejada corresponde a um potencial parabólico que dá origem a um movimento harmônico e a curva sólida corresponde a um potencial mais realista.

interatômica $\Delta x/x_0$ e o respectivo aumento de temperatura ΔT . Como o comprimento do sólido corresponde à soma das distâncias interatômicas, essa relação pode ser expressa em termos dos comprimentos macroscópicos como

$$\alpha = \frac{1}{\bar{x}(T_0)} \frac{dx}{dT} \approx \left(\frac{1}{L_0} \right) \frac{(L - L_0)}{(T - T_0)} = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T}, \quad (4)$$

em que L_0 , ΔL e ΔT são, respectivamente, o comprimento inicial (antes da temperatura variar), a variação do comprimento e a variação da temperatura.

A determinação do coeficiente de dilatação de um sólido requer a medida do seu comprimento inicial L_0 , da variação de temperatura ΔT à que ele foi submetido e da sua consequente dilatação ΔL . Ao fazer um gráfico em que se registra

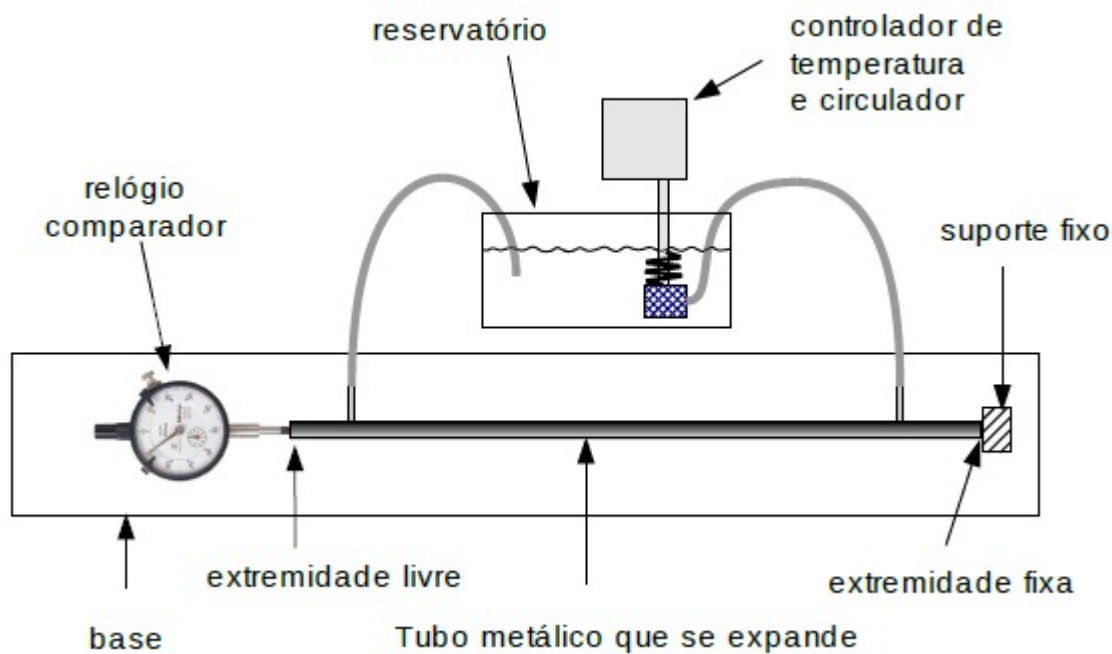


Figura 3. Dilatômetro conectado ao circulator de água com controlador de temperatura.

a variação fracional do comprimento em função da variação da temperatura, espera-se uma linha reta cuja inclinação é o próprio coeficiente de dilatação linear.

DILATÔMETRO

O dilatômetro, mostrado na figura 3, consiste em um tubo feito do material que se quer determinar o coeficiente de dilatação linear, por dentro do qual se faz circular água em uma dada temperatura. Na medida em que se aumenta a temperatura, o tubo se expande e essa expansão pode ser medida por meio de um relógio comparador. O relógio comparador é um instrumento de precisão que registra movimentos micrométricos no fuso (veja figura 4), cuja ponta está em contato com a extremidade do tubo. Quando o tubo se dilata, empurra a ponta de contato, que faz girar o ponteiro principal do comparador. Cada divisão na escala do relógio comparador corresponde a um movimento de 0,01 mm.

O circulator, além de possuir uma bomba que permite circular água pelo dilatômetro, possui uma resistência de aquecimento e um termostato que desliga o aquecedor quando se atinge a temperatura escolhida no seu painel de controle. Quando a temperatura está estabilizada no valor desejado, a luz no painel fica piscando. Dessa forma pode-se manter uma temperatura constante durante a medida. O sistema permite variar a temperatura de um valor baixo até um valor alto, mas não permite resfriar a água circulante, que deve ser trocada por água fria quando se quiser fazer novas medidas.

PROCEDIMENTOS

Observe todas as partes do seu kit, verifique se ele está completo e dê início aos procedimentos listados a seguir.

1. Pressione levemente o fuso do relógio comparador para observar o movimento do ponteiro. Verifique que a ponta de contato esteja encaixada na extremidade livre do tubo.
2. Verifique o parafuso próximo a extremidade livre, ele não deve estar apertado para que não prenda a barra e cause erro de medida.



Figura 4. Relógio comparador.

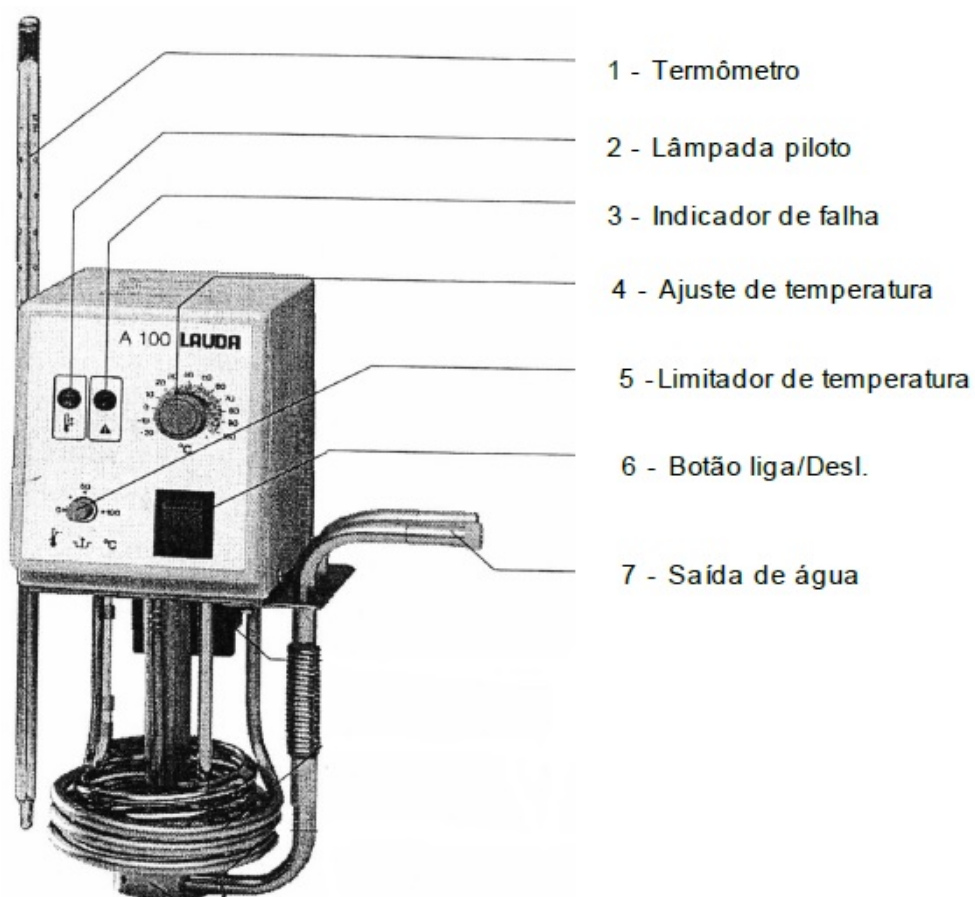


Figura 5. Circulador e aquecedor.

3. Anote o tipo de tubo que se encontra montado no dilatômetro da sua bancada.
4. Meça o comprimento do tubo e anote.
5. Certifique-se de que a tubulação que leva a água do circulador ao tubo e a que a leva do tubo ao reservatório estejam no lugar correto para evitar derramamento de água na bancada.
6. Preencha o reservatório com água até que a serpentina esteja completamente coberta.
7. Gire o botão do controle de temperatura para a menor temperatura do controle e ligue o circulador.
8. Coloque o termômetro na cuba e meça a temperatura inicial.
9. Gire o aro do relógio comparador para que o ponteiro leia 0 (zero).
10. Suba a temperatura de 5 em 5 graus até atingir cerca de 70 °C. Após a alteração, espere até que a luz amarela no painel do circulador fique piscando, neste momento a temperatura deve estar estabilizada e o ponteiro do relógio não mais se altera.
11. Anote o valor lido no relógio comparador.
12. Repita o passos 10 e 11 até a temperatura máxima. Terminado a coleta de dados, troque os dados com outros grupos para os metais restantes.
13. Quando tiver os três conjuntos de medida - referentes ao aço, alumínio e latão -, faça um único gráfico que contenha as três curvas da variação fracional do comprimento dos tubos em função da variação da temperatura.
14. Faça uma regressão linear e obtenha o coeficiente de dilatação térmica linear dos três metais. Certifique-se de que entendeu o gráfico

BIBLIOGRAFIA

- Halliday, D. & Resnick, R. Fundamentos de Física - 1 - Mecânica, LTC, Rio de Janeiro.
-