

Textos Explicativos

Dilatação Térmica

Material de apoio para a Lista de Exercícios — Dilatação de sólidos, líquidos e gases

1. O Porquê Microscópico da Dilatação Térmica

Questão relacionada: 1

Todo corpo é formado por partículas (átomos ou moléculas) que estão em constante vibração ao redor de posições médias. Quando um corpo é aquecido, a energia térmica recebida é transferida a essas partículas, aumentando sua agitação — ou seja, sua energia cinética média.

Com partículas mais agitadas, a distância média entre elas também aumenta: elas passam a vibrar com maior amplitude e a se afastar mais umas das outras. É esse afastamento médio entre as partículas, e não um "inchaço" das partículas em si, que faz com que as dimensões do corpo como um todo — seu comprimento, sua área ou seu volume — aumentem quando ele é aquecido. Esse fenômeno é chamado de dilatação térmica.

2. Dilatação Linear dos Sólidos

Questão relacionada: 2

Quando um sólido tem uma dimensão predominante sobre as outras duas — como o comprimento de uma barra, um fio ou um trilho —, sua dilatação térmica pode ser descrita apenas por essa variação de comprimento, chamada de dilatação linear:

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

Nessa fórmula, ΔL é a variação de comprimento, L_0 é o comprimento inicial, α é o coeficiente de dilatação linear do material (uma propriedade que depende de cada substância) e $\Delta \theta$ é a variação de temperatura.

Exemplo prático: uma barra de aço tem 2 m de comprimento a 20°C, e o coeficiente de dilatação linear do aço é $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Ao ser aquecida até 70°C ($\Delta \theta = 50^\circ\text{C}$), sua variação de comprimento é $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta = 2 \times 12 \times 10^{-6} \times 50 = 0,0012 \text{ m}$. O comprimento final da barra é $L = L_0 + \Delta L = 2 + 0,0012 = 2,0012 \text{ m}$.

3. Dilatação Superficial dos Sólidos

Questão relacionada: 3

Quando um sólido tem forma de uma chapa ou placa — com duas dimensões relevantes (comprimento e largura) — sua dilatação é melhor descrita pela variação de área, chamada de dilatação superficial. O coeficiente de dilatação superficial (β) de um material é sempre o dobro do seu coeficiente de dilatação linear (α), já que a área se dilata simultaneamente nas duas dimensões da chapa:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta, \text{ com } \beta = 2\alpha$$

Exemplo prático: uma chapa metálica quadrada de lado 0,5 m ($A_0 = 0,25 \text{ m}^2$), a 25°C, é aquecida até 125°C ($\Delta \theta = 100^\circ\text{C}$). Sendo o coeficiente de dilatação linear do material $\alpha = 18 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, o coeficiente de dilatação superficial é $\beta = 2\alpha = 36 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. A variação de área é $\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta = 0,25 \times 36 \times 10^{-6} \times 100 = 9 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 9 \text{ cm}^2$.

4. Dilatação Volumétrica dos Sólidos

Questão relacionada: 4

Quando as três dimensões de um sólido são relevantes — como em um cubo ou um bloco —, sua dilatação é descrita pela variação de volume, chamada de dilatação volumétrica (ou cúbica). Da mesma forma que na dilatação superficial, o coeficiente de dilatação volumétrica (γ) de um material é sempre o triplo de seu coeficiente de dilatação linear (α), já que o volume se dilata simultaneamente nas três dimensões do sólido:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta \theta, \text{ com } \gamma = 3\alpha$$

Exemplo prático: um cubo de alumínio de aresta 10 cm ($V_0 = 1000 \text{ cm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$) está a 20°C . Sendo o coeficiente de dilatação linear do alumínio $\alpha = 24 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, o coeficiente de dilatação volumétrica é $\gamma = 3\alpha = 72 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Ao ser aquecido até 120°C ($\Delta\theta = 100^\circ\text{C}$), a variação de volume do cubo é $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta = 0,001 \times 72 \times 10^{-6} \times 100 = 7,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 7,2 \text{ cm}^3$.

5. Dilatação Aparente dos Líquidos

Questão relacionada: 5

Líquidos não têm forma própria, apenas volume — por isso, sua dilatação térmica é sempre volumétrica. Porém, quando um líquido está dentro de um recipiente, o recipiente também se dilata ao ser aquecido, e apenas parte da dilatação real do líquido é observada de fora: essa parte visível — o volume que efetivamente transborda ou que parece ter se dilatado — é chamada de dilatação aparente, e pode ser calculada por:

$$\gamma_{\text{aparente}} = \Delta V_{\text{transbordado}} / (V_0 \cdot \Delta\theta)$$

Exemplo prático: um frasco de vidro está completamente cheio com 1000 cm^3 de um líquido a 20°C . Ao aquecer o conjunto até 80°C ($\Delta\theta = 60^\circ\text{C}$), o líquido transborda 9 cm^3 . O coeficiente de dilatação volumétrica aparente do líquido em relação ao frasco é $\gamma_{\text{aparente}} = \Delta V_{\text{transbordado}} / (V_0 \cdot \Delta\theta) = 9 / (1000 \times 60) = 1,5 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ — um valor menor do que a dilatação real do líquido, já que parte dela foi "absorvida" pela própria dilatação do frasco de vidro.

6. Por Que o Furo Também Dilata

Questão relacionada: 6

Um erro comum é imaginar que, ao aquecer uma placa metálica com um furo no centro, o material ao redor do furo se expandiria "para dentro", diminuindo o tamanho do furo. Na realidade, ocorre exatamente o contrário: o furo também aumenta de tamanho.

Isso acontece porque todas as dimensões de um corpo aquecido se dilatam de forma proporcional, em todas as direções — inclusive o espaço vazio do furo, que se comporta como se estivesse preenchido pelo mesmo material da placa. É como ampliar uma fotografia de toda a peça: cada parte da imagem — incluindo os espaços vazios — aumenta na mesma proporção. Por isso, o furo se dilata junto com o restante da placa, e não ao contrário.

7. Juntas de Dilatação: a Aplicação Prática da Dilatação Linear

Questão relacionada: 7

Estruturas metálicas expostas a grandes variações de temperatura ambiente, como trilhos de trem, pontes e viadutos, são construídas com pequenos espaços entre seus segmentos — as chamadas juntas de dilatação. Esse cuidado de projeto existe justamente por causa da dilatação linear dos materiais que compõem essas estruturas.

Se essas estruturas fossem construídas sem nenhum espaço entre os segmentos, o aumento de temperatura ao longo do dia (ou entre as estações do ano) faria com que os materiais se dilatassem e empurrassem uns contra os outros, gerando tensões internas capazes de deformar, empenar ou até romper a estrutura. As juntas de dilatação permitem que cada segmento se expanda livremente dentro do espaço reservado para isso, sem comprometer a integridade da construção.

8. Dilatação dos Gases e a Lei de Charles/Gay-Lussac

Questões relacionadas: 8 e 9

Diferentemente de sólidos e líquidos, um gás não tem volume nem forma próprios — seu volume depende também da pressão a que está submetido. Quando a pressão de um gás ideal é mantida constante, a relação entre seu volume e sua temperatura absoluta (em kelvin) é descrita pela lei de Charles/Gay-Lussac:

$$V / T = \text{constante} \quad V_1 / T_1 = V_2 / T_2$$

Essa lei mostra que, a pressão constante, o volume de um gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta: se a temperatura absoluta dobra, o volume do gás também dobra; se a temperatura absoluta é reduzida à metade, o volume também se reduz à metade.

Exemplo prático: um gás ocupa um volume de 2 L a 300 K (27°C), sob pressão constante. Ao ser aquecido até 400 K (127°C), seu novo volume é obtido por $V_1/T_1 = V_2/T_2 \rightarrow 2/300 = V_2/400 \rightarrow V_2 = (2 \times 400)/300 = 800/300 \approx 2,67 \text{ L}$ — um aumento de volume proporcional ao aumento da temperatura absoluta, como previsto pela lei.

9. O Comportamento Anômalo da Água

Questão relacionada: 10

A maioria das substâncias se dilata de forma contínua ao ser aquecida, mas a água tem um comportamento diferente em uma faixa específica de temperatura: entre 0°C e 4°C, ao ser aquecida, a água se contrai (seu volume diminui, em vez de aumentar), atingindo sua densidade máxima exatamente a 4°C. Só acima de 4°C a água volta a se dilatar normalmente, como a maioria das substâncias. Esse fenômeno é chamado de dilatação anômala da água.

Essa anomalia tem uma importância ecológica fundamental para a vida aquática em lagos de regiões frias: como a água a 4°C é a mais densa, ela permanece no fundo do lago, enquanto o gelo (menos denso que a água líquida) se forma na superfície. Essa camada de gelo isola termicamente as águas mais profundas do frio externo, permitindo que peixes e outros seres aquáticos sobrevivam na água líquida abaixo da camada de gelo, mesmo durante o inverno mais rigoroso.