



TERMODINÂMICA E TEORIA CINÉTICA

T8. Mecanismos de transmissão do calor

1. OBJECTIVOS

Estudo do fenómeno de condução térmica. Determinação da condutividade térmica do vidro. Verificar a diferença de condução do calor em diferentes materiais. Observar fenómenos de convecção.

2. INTRODUÇÃO TEÓRICA

Num material sujeito a uma diferença de temperatura há uma transferência de calor de forma a contrariá-la de acordo com a 2ª lei da termodinâmica. Este é o fenómeno de condução térmica e é descrito pela seguinte equação:

$$\frac{dq}{dt} = kA\left(\frac{dT}{dx}\right) \quad (2.1)$$

em que $\frac{dq}{dt}$ é a taxa de transferência de calor ao longo do comprimento do condutor térmico, k é a condutividade térmica do material, A é a área do condutor exposto à diferença de temperatura e $\frac{dT}{dx}$ é o gradiente de temperatura ao longo da direcção de transferência de calor x .

As outras três formas principais de dissipação de calor que competem com esta são as seguintes: difusão, convecção e irradiação.

Difusão - É a tendência que as moléculas de um gás ou líquido têm de movimentar-se das zonas de maior concentração para as de menor concentração. Associada a esta transferência de massa está uma transferência de energia sob a forma de energia cinética das moléculas e consequentemente de calor. A variação do número de moléculas por unidade de tempo é dada por:

$$\frac{\Delta n}{\Delta t} = DA\left(\frac{dC}{dx}\right) \quad (2.2)$$

em que D é o coeficiente de difusão, A é a área da secção perpendicular à direcção de difusão x e $\frac{dC}{dx}$ é o gradiente de concentração ao longo dessa distância.

Convecção - Consideremos zonas da atmosfera a temperaturas diferentes. Quando duas massas de ar se encontra, vê-se na prática que há transferência de calor da massa a alta temperatura para a massa de ar a baixa temperatura. Se a área de contacto é dada por A , essa transferência faz-se de acordo com a seguinte lei:

$$\frac{dq}{dt} = KA\Delta T \quad (2.3)$$

em que $\frac{dq}{dt}$ é a transferência de calor por unidade de tempo, K é a constante de convecção e ΔT é a diferença de temperatura entre as massas de ar.

Irradiação - Todos os corpos a uma temperatura superior a 0K emitem energia sobre a forma de radiação electromagnética. A energia electromagnética total emitida por um corpo por unidade de tempo, por unidade de área (P) é conhecida por potência radiativa e está relacionada com a temperatura do corpo (T) de acordo com a lei de Stefan:

$$P = e\sigma T^4 \quad (2.4)$$

em que σ é a constante de Stefan e e é a emissividade do corpo ($e = 1$ para dissipação de calor por outra forma que não seja condução térmica).

No caso que iremos estudar, consideramos a aproximação de não haver dissipação de calor por outra forma que não seja condução térmica.

Temos então um meio separado de outro apenas por uma lamela de vidro de espessura Δx . Um dos meios é considerado um reservatório de temperatura (ambiente - a sua temperatura não se altera). Esse meio na nossa experiência estará à temperatura mais baixa dos dois (T_0), por isso a temperatura de equilíbrio será T_0 . O outro meio é constituído por água quente.

A segunda aproximação que fazemos é a de a temperatura variar linearmente ao longo da espessura Δx . Por isso a equação de Fourier para a perda de calor da água é modificada para:

$$\frac{dq}{dt} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.5)$$

com $\Delta T = T_0 - T$ (T é a temperatura da água) e A a área do vidro exposta à diferença de temperatura. Se tivermos em conta o calor específico da água c e a sua massa m temos:

$$cm \frac{dT}{dt} = kA \frac{T_0 - T}{\Delta x} \quad (2.6)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{kA}{cm\Delta x} (T_0 - T) \quad (2.7)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(T_0 - T)}{\tau} \quad (2.8)$$

esta equação diferencial tem a solução simples de uma exponencial negativa:

$$T = (T_A - T_0)e^{-\frac{t}{\tau}} + T_0 \quad (2.9)$$

em que T_A é a temperatura inicial da água.

Se determinarmos experimentalmente a variação da temperatura da água com o tempo podemos determinar o valor de k .

3. MATERIAL NECESSÁRIO

3.1. Parte 1

1. Calorímetro de esferovite com uma parede de vidro
2. Aquecedor
3. Água
4. Termopar
5. Mostrador digital de temperatura

6. Hotte
7. Cronómetro
8. Jarro
9. Régua

3.2. Parte 2

1. Aparatus de condução de calor simples (cobre, ferro e latão (liga de cobre e zinco))
2. Tubo de vidro
3. Corante
4. Água
5. Aquecedor de gás butano
6. Isqueiro
7. Suporte universal
8. Garras
9. Espátula
10. Lixa
11. Ventoinha
12. Suporte da ventoinha

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1. Parte 1

1. Encha todo o reservatório com água quente. (Determine a massa de água usada).
2. Tabele os valores da temperatura da água em intervalos de tempo regulares escolhidos por si.
É importante não tocar no vidro durante a experiência.
3. Meça a temperatura ambiente.
4. Depois de feitas as medições, meça a área de vidro em contacto com a água. A espessura do vidro é de 3 mm.

4.2. Parte 2

1. Monte os materiais de acordo com a figura 1

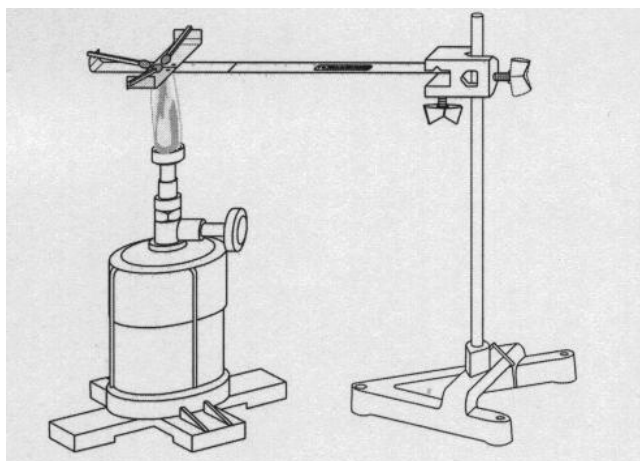


Figura 1

2. Limpe os metais para retirar as camadas de oxidação
3. Coloque o aquecedor de gás butano directamente de baixo do centro da cruz
4. Coloque os fósforos como na figura 1
5. Acenda o aquecedor de gás butano
6. Tome nota da sequência em que os fósforos se incendiaram e do tempo entre cada
7. Monte os materiais de acordo com a figura 2

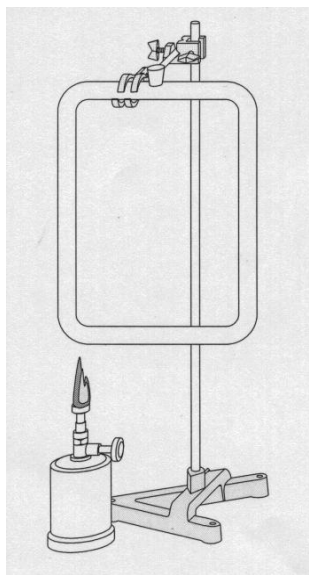


Figura 2

8. Coloque água fria dentro do tubo de vidro

9. Adicione um pouco de corante à água fria
10. Acenda o aquecedor de gás butano e aguarde um pouco
11. Registe o que observa
12. Coloque o gás de butano na outra extremidade inferior do tubo de vidro
13. Registe o que observa
14. Quando terminar a experiência lave o tubo de vidro com água limpa
15. Coloque a ventoinha por cima de uma chama e registe o que acontece

5. QUESTIONÁRIO

TURMA: _____ GRUPO: _____ DATA: _____

5.1. Parte 1

1. Indique todas as grandezas que tem de medir.
2. Por que razão não se pode tocar no vidro durante a experiência?
3. Verifique como varia o logaritmo da temperatura com o tempo. Use estes dados para determinar o valor de τ .
4. Determine a condutividade do vidro. É um resultado exacto?
5. Qual é o erro associado ao valor obtido na questão anterior?
6. Quais poderão ter sido as causas para os erros que surgem?

5.2. Parte 2

1. Consulte bibliografia e compare os valores da condução térmica de cada metal
2. Como explica o fenómeno da condução?
3. Para que serve o corante?
4. Como explica o movimento da água no tubo de vidro? E o da ventoinha?
5. Indique algumas aplicações do fenómeno da convecção no dia-a-dia.