

CALOR DE TRANSFORMAÇÃO

I - INTRODUÇÃO

As substâncias podem se apresentar em diversos estados ou fases de agregação, que dependem da maneira como os átomos ou moléculas se arranjam com relação a seus vizinhos. Os estados de agregação mais comuns são o sólido, o líquido e o gasoso. Quando a substância tem o seu estado de agregação alterado, dizemos que ela sofreu uma transição de fase. As temperaturas de transição de fase dependem de cada substância. A situação mais conhecida se refere aos três estados da água: gelo, água normal e vapor de água. Mas todas as substâncias têm estes três estados. O chumbo, por exemplo, pode se liquefazer a uma temperatura de 328°C, que é chamada temperatura de fusão. Na temperatura de vaporização de 1744°C, a pressão atmosférica, o chumbo passa para o estado gasoso. Note que a temperatura de ebulição depende da pressão, diminuindo de valor com a pressão.

Quando um corpo troca calor ele normalmente tem sua temperatura variada. No entanto, quando ele atinge uma temperatura de transição de fase ele troca calor sem ter sua temperatura alterada. Isto porque a mudança de estado requer a absorção ou liberação de calor. Esta quantidade de calor necessária para que a transição se efetive depende da substância e é denominada de calor latente ou calor de transformação. Normalmente chamamos calor da fusão e calor de vaporização. No processo inverso a mesma quantidade de calor é liberada. O calor latente L mede a quantidade de calor por unidade de massa L necessário para haver a transição de fase:

$$Q = L\Delta m . \quad (1)$$

onde Q é o calor trocado e Δm a massa transformada.

A tabela abaixo registra a temperatura de transição de fase e correspondente calor latente para algumas substâncias.

Substância	Ponto de Fusão (K)	Calor de Fusão (J/g)	Ponto de Ebulição (K)	Calor de Vaporização (J/g)
Hidrogênio	14,0	58,0	20,3	455
Oxigênio	58,0	13,9	90,2	413
Mercúrio	234	11,4	630	296
Água	273	333	373	2256
Chumbo	601	23,2	2017	858
Prata	1235	105	2323	2336
Cobre	1356	207	2868	4730

Neste experimento você vai medir o calor latente de fusão e o de vaporização para a água.

CALOR DE VAPORIZAÇÃO

Mede-se o calor de vaporização fervendo água por um determinado tempo t_e com um aquecedor. A massa da água é medida antes e depois. Assim se determina a massa transformada Δm e o calor absorvido Q .

$$Q = Pt_e = L\Delta m ; \quad L = \frac{Q}{\Delta m} . \quad (2)$$

Na expressão acima P indica a potência do aquecedor usado para aquecer a água. Uma outra maneira para se medir o valor de L é medir o tempo total t_t em que o aquecedor ficou ligado. Neste caso deve-se levar em conta que parte do calor absorvido pela água foi consumido para aumentar a sua temperatura e parte foi usada na evaporação da parcela Δm

$$Q = P t_i = L \Delta m + [(m_{\text{água}} c_{\text{água}} + m_{\text{caixa}} c_{Al})(100^\circ\text{C} - T_{\text{inicial}})]. \quad (3)$$

CALOR DE FUSÃO

Mede-se o calor de fusão promovendo-se a troca de calor em um calorímetro entre uma massa de água a temperatura inicial conhecida e um pedaço de gelo a uma temperatura inicial também conhecida. As massas de gelo e água têm que ser tais que o gelo deve derreter totalmente no processo. Assim o calor absorvido pelo gelo pode ser expresso como:

$$Q_{\text{abs}} = m_{\text{gelo}} [c_{\text{gelo}} (0^\circ\text{C} - T_{i,\text{gelo}}) + L + c_{\text{água}} (T_f - 0^\circ\text{C})]. \quad (4)$$

O calor cedido pela água é:

$$Q_{\text{ced}} = m_{\text{água}} c_{\text{água}} (T_f - T_{i,\text{água}}). \quad (5)$$

Assumindo que não há perda de calor para o meio externo impomos que $Q_{\text{abs}} + Q_{\text{ced}} = 0$, obtendo-se a expressão:

$$L = -\frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{gelo}}} c_{\text{água}} (T_f - T_{i,\text{água}}) - c_{\text{gelo}} (0^\circ\text{C} - T_{i,\text{gelo}}) - c_{\text{água}} (T_f - 0^\circ\text{C}). \quad (6)$$

II - MATERIAL NECESSÁRIO

1. Calorímetro para calor de vaporização.
2. Calorímetro para calor de fusão
3. Termômetro
4. Aquecedor
5. Becker calibrado ou balança
6. Relógio

III – PROCEDIMENTO

1 - CALOR DE VAPORIZAÇÃO

Pese uma massa inicial m de cerca de 1,5 Kg (1,5 litros) de água e coloque dentro do calorímetro. Coloque o aquecedor no calorímetro e pese o conjunto água+aquecedor+calorímetro. Meça a temperatura inicial da água e ligue o aquecedor, registrando todos os dados iniciais na tabela. Anote na tabela a temperatura da água em intervalo de 1 minuto. Quando a temperatura atingir 100 °C deixe a água ferver por mais 10 minutos. Observe se a temperatura realmente estabilizou ou se ela apresenta variações. Após este intervalo desligue o aquecedor, retire o termômetro do calorímetro e torne a pesar o conjunto água+aquecedor+calorímetro.

2 - CALOR DE FUSÃO

Pese uma massa inicial m_o de água cerca de 80 gr, e coloque no calorímetro pequeno. Meça também o peso do conjunto água+calorímetro. Meça a temperatura da água no interior do calorímetro e registre os dados na tabela. Registre a temperatura no interior do recipiente com gelo, retire uma pedra de lá e coloque dentro do calorímetro. Anote o valor da temperatura no interior do calorímetro de minuto em minuto até ela estabilizar. Depois retire o termômetro do interior do calorímetro e pese de novo o conjunto água+calorímetro.

IV – TRATAMENTO DOS DADOS

1 - CALOR DE VAPORIZAÇÃO

Trace em um papel milimetrado a temperatura no interior do calorímetro em função do tempo. Determine o tempo total de aquecimento e o tempo em que a água ficou em estado de ebulição. Com base nestes dados, utilize as expressões derivadas na Introdução e obtenha o valor do calor latente de vaporização pelos dois métodos: usando apenas o tempo em que a água ficou em ebulição e o tempo total de aquecimento. Compare os resultados com o valor experimental tabelado.

2 - CALOR DE FUSÃO

Determine a massa da pedra de gelo. Usando a expressão derivada na Introdução obtenha o valor do calor latente de fusão e compare com o valor tabelado. Utilize os valores abaixo para o calor específico da água e do gelo:

$$C_{\text{água}} = 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$$