DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA ENTALPIA DE VAPORIZAÇÃO DA ÁGUA: UMA ACTIVIDADE EXPERIMENTAL ADEQUADA À DISCIPLINA DE FÍSICA E QUÍMICA A – NÍVEL 1

Mário Valente

Colégio D. Duarte, Rua Visconde de Setúbal, 86, Porto
madmage1@yahoo.com

Nesta contribuição descreve-se uma actividade experimental de realização simples, por nós criada e desenvolvida, envolvendo material facilmente acessível em qualquer laboratório escolar, que consiste na determinação da entalpia de vaporização da água, à pressão ambiente. Envolvendo materiais de aquisição fácil e económica, esta actividade enquadra-se perfeitamente no âmbito da disciplina de Física e Química A – nível 1.

INTRODUÇÃO

Apesar da crescente tendência para a “virtualização” da componente prática do ensino das ciências em geral, e da Física e da Química em particular, consideramos que a “fuga” aos laboratórios, muitas vezes tentativamente justificada das mais diversas formas (por exemplo falta de equipamento e/ou reagentes, falta de tempo, falta de informação), traz consequências muito graves no que concerne à cultura científica das gerações de alunos que neste momento frequentam o ensino secundário, e que se já se reflectem no número de candidatos aos cursos superiores nestas áreas.

Acreditamos que a realização de actividades experimentais, além das constantes nos programas das disciplinas envolvendo Física e Química, promovem a aquisição de prática laboratorial e estimulam a formação de espíritos simultaneamente científicos e experimentalistas, essenciais à aquisição de competências e, em última análise, ao gosto por estas áreas basilares da Ciência. Salientamos que a actividade proposta de seguida se enquadra perfeitamente no âmbito do primeiro ano da disciplina bianual de Física e Química A, do ensino secundário [1].

A determinação experimental de grandezas de valores conhecidos é sempre um desafio interessante para os alunos já que permite a comparação com valores tabelados, passando o trabalho a assumir, além do mais, uma dimensão de desafio: “*será que conseguimos chegar ao valor correcto?*”. Assim, propõe-se, neste artigo, a determinação experimental da entalpia de vaporização da água (à pressão ambiente) por um método simples e de resultados razoavelmente exactos quando comparados com o valor conhecido.

PRÁTICA DE LABORATÓRIO

Esta actividade requer a utilização de *garrafas termos* (de paredes duplas), de aquisição fácil e barata no comércio (por exemplo lojas de artigos orientais), e de termómetros digitais com uma precisão mínima de 0,1 °C, correntemente utilizados em muitos trabalhos de realização obrigatória, em várias disciplinas do ensino secundário.

Inicialmente procede-se ao aquecimento, até à ebulição, de uma dada massa de água (cerca de 500 mL), e à medição da massa da *garrafa termos* vazia (m_0). De seguida coloca-se alguma da água fervente na *garrafa termos*, até cerca de 5 cm do gargalo, tendo o cuidado de não deixar cair água nas paredes exteriores do recipiente. Agita-se **cuidadosamente**(!) a *garrafa termos* durante cerca de 10 s de modo a permitir que a temperatura das paredes interiores do recipiente (e da água nele contida) estabilize. Mede-se então a massa da *garrafa termos* cheia com água (massa inicial, m_i) e a temperatura da água (temperatura inicial, Θ_i). Então, com uma “palhinha”, ou um tubo de borracha, sopra-se gentilmente, durante cerca de 20 s, para a superfície livre da água contida na *garrafa termos* para favorecer a vaporização de alguma água, tendo o cuidado de impedir que a palhinha (ou o tubo) toque quer na água aí contida, quer nas paredes do recipiente. Findo este tempo, determina-se a massa da *garrafa termos* (massa final, m_f) e a correspondente temperatura da água (temperatura final, Θ_f).

A massa de água restante no interior da *garrafa termos* (não vaporizada), calculada segundo:

$$m_a = m_f - m_0 \quad (\text{Eq. 1})$$

cedeu o calor necessário à vaporização (Q_{vap}) da massa de água vaporizada (m_v), que é igual à diferença de massas entre a *garrafa termos* cheia inicial e cheia final, calculada segundo:

$$m_v = m_i - m_f \quad (\text{Eq. 2})$$

Admitindo que a capacidade térmica mássica da água é constante no intervalo de temperaturas considerado (e igual a 4186 J/(kg·°C)), pode-se calcular o calor envolvido no processo de vaporização, segundo:

$$Q_{vap} = 4186 \times m_a \times (\Theta_f - \Theta_i). \quad (\text{Eq. 3})$$

O cálculo da entalpia de vaporização da água pode então ser feito segundo:

$$\Delta H_{vap} = - Q_{vap} \div m_v. \quad (\text{Eq. 4})$$

O sinal negativo presente na equação 4 é devido ao facto da massa de água que vaporizou ter absorvido o calor calculado segundo a equação 3.

Para efeitos de comparação citam-se os resultados de uma experiência típica efectuada no nosso laboratório:

$$m_v = 0,28390 \text{ kg}; m_i = 0,50256 \text{ kg}; m_f = 0,50034 \text{ kg}; \\ \Theta_i = 87,8 \text{ }^\circ\text{C}; \Theta_f = 82,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Assim, segundo a equação 2:

$$m_v = m_i - m_f \\ m_v = 0,50256 \text{ kg} - 0,50034 \text{ kg} = 0,00222 \text{ kg}$$

segundo a equação 1:

$$m_a = m_f - m_o \\ m_a = 0,50034 \text{ kg} - 0,28390 \text{ kg} = 0,21644 \text{ kg}$$

segundo a equação 3:

$$Q_{vap} = 4186 \times m_a \times (\Theta_f - \Theta_i) \\ Q_{vap} = [4186 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}] \times 0,21644 \text{ kg} \times (82,3 \text{ }^\circ\text{C} - 87,8 \text{ }^\circ\text{C}) = \\ = -4,98 \cdot 10^3 \text{ J}$$

e segundo a equação 4:

$$\Delta H_{vap} = -Q_{vap} \div m_v \\ \Delta H_{vap} = 4,98 \cdot 10^3 \text{ J} \div 0,00222 \text{ kg} = 2,24 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$$

ANÁLISE E CRÍTICA DOS RESULTADOS

Numa aula em que vários grupos realizem o trabalho, e para efectuar a análise dos dados, aconselha-se o cálculo da média dos resultados, do correspondente desvio médio (dm) e do erro relativo (ER) associado à determinação experimental (X_e), relativamente ao valor tabelado (X_t) que é $2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ [2].

O desvio médio associado a uma série de n experiências é determinado segundo:

$$dm = \frac{\sum_{i=1}^n |X_e - X_t|}{n} \quad (\text{Eq. 5})$$

O erro relativo é determinado segundo:

$$ER = \frac{|X_t - X_e|}{X_t} \times 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

e considerando os dados do exemplo apresentado, tem-se:

$$ER = (2,26 \cdot 10^6 - 2,24 \cdot 10^6) \times 100 \div 2,26 \cdot 10^6 = 0,885\%$$

Deve salientar-se aos alunos que os resultados experimentais são afectados de erros devido a uma série de razões que, neste caso específico, entre outras, incluem:

- remoção de água por contacto com a palhinha (ou tubo);
- remoção de água por projecção devido a soprar com demasiado vigor;
- remoção de calor por introdução do termómetro na água, na segunda medição;
- para um conjunto de experiências realizadas no nosso laboratório obtivemos o resultado: $2,3(\pm 0,1) \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ ($ER = 3,5\%$).

CONCLUSÃO

A actividade experimental sugerida neste artigo constitui um exemplo de um trabalho experimentalmente bastante acessível, didáctica e pedagogicamente enriquecedor, que permite aos alunos um contacto prático com uma técnica calorimétrica básica, enquanto observam o fenómeno estudado (vaporização da água). É importante notar que os resultados experimentais obtidos são bastante próximos do valor tabelado. O maior cuidado a ter durante a execução laboratorial resume-se a evitar queimaduras térmicas devido a contacto com água a elevada temperatura.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Programa da disciplina de Física e Química A (níveis 1 e 2) 10.º ou 11.º anos: <http://www.dgidec.min-edu.pt/ensinos-ecundario/> (Ministério da Educação e Ciência, acedido em 9-1-2014).
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Enthalpy_of_vaporization (acedido em 9-1-2014).

Publique no boletim QUÍMICA
(bquimica@quimica.uminho.pt)