

5. CALOR DE REAÇÃO

I. INTRODUÇÃO

A termoquímica estuda as transferências de calor associadas às reações químicas ou às mudanças no estado físico das substâncias. *Calor de reação* é o nome dado à quantidade de calor liberado ou absorvido em uma reação química ou mudança de estado. Para medi-lo, utiliza-se um equipamento denominado de *calorímetro*.

Um processo *exotérmico* é aquele no qual calor é liberado pelo *sistema* (reação química) para o *ambiente*. Por exemplo, a queima de um pedaço de carvão. Processos *endotérmicos* são aqueles nos quais o sistema absorve calor do ambiente. Por exemplo, a fusão do gelo é um processo endotérmico.

Neste experimento o calorímetro empregado não possui uma fronteira entre o *sistema* (reação química) e o *ambiente* (a água utilizada como solvente). Dessa forma, o calor, q , liberado ou absorvido pela reação química irá alterar a temperatura da água. O seu valor pode ser calculado pela equação:

$$q = mc(\Delta T)$$

onde: q é calor (J)
 m = massa (kg)
 c = calor específico (J kg⁻¹ K⁻¹)
 ΔT = variação de temperatura (K)

O *calor específico*, c , de uma substância é a quantidade de energia necessária para aumentar de um grau (Kelvin) a temperatura de um grama de uma substância (de 15 °C a 16 °C). Para a água o seu valor é de $4,18 \times 10^3$ J kg⁻¹ K⁻¹.

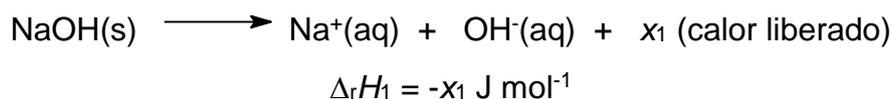
O calor, q , liberado ou absorvido por uma reação química, à pressão constante é definido como a variação de entalpia do sistema, ΔH , sendo positivo para os processos endotérmicos e negativo para os exotérmicos.

II. OBJETIVOS

Esta prática visa introduzir o conceito de entalpia de reação, $\Delta_r H$, e a aplicação da Lei de Hess. Para isto será medida a quantidade de calor absorvida ou liberada em três reações químicas, a saber, reação 1: dissolução do hidróxido de sódio sólido em água; reação 2: hidróxido de sódio sólido com uma solução aquosa de cloreto de hidrogênio; e reação 3: solução aquosa de hidróxido de sódio com solução aquosa de cloreto de hidrogênio.

III. PARTE EXPERIMENTAL

III.1 Determinação do calor na reação nº1



Colocar em um copo de 120 mL de poliestireno expandido (calorímetro) 50,0 mL de água destilada e medir a temperatura da água, com um termômetro, até alcançar uma temperatura constante (aproximadamente igual à temperatura ambiente ou ligeiramente inferior). Anotar esta temperatura.

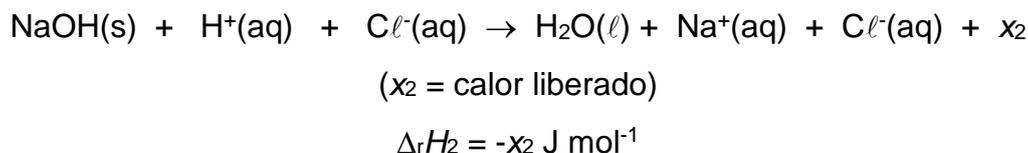
Coloque o copo com a água na balança, tare, e adicione, com o auxílio de uma espátula, de 1,8 a 2,2 g de NaOH sólido. Anote o peso exato de NaOH adicionado.

Agite por rotação (**não use o termômetro**) até que todo o hidróxido de sódio se dissolva. Verifique a temperatura máxima alcançada, anotando-a com precisão de 0,2 °C. Calcule a variação de temperatura.

Calcule a concentração da solução de hidróxido de sódio obtida.

OBS.: Após o experimento, descartar o resíduo gerado em um béquer de 400 mL (gaveta do aluno).

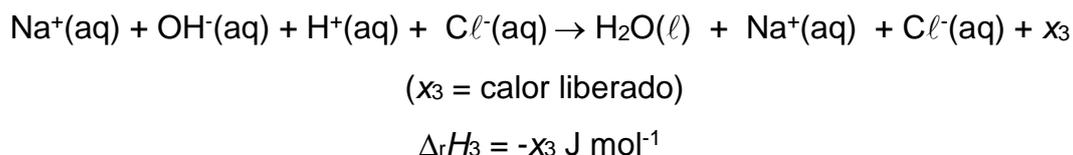
III. 2 Determinação do calor na reação nº 2



Em outro copo de poliestireno de 120 mL, repita todo o procedimento do item II.1 substituindo os 50,0 mL de água destilada por 50,0 mL de HCl 2,00 mol L⁻¹.

OBS.: Após o experimento, descartar o resíduo gerado no mesmo béquer de 400 mL (gaveta do aluno).

III.3 Determinação do calor na reação nº 3



Em dois outros copos de poliestireno, coloque separadamente, 40,0 mL de solução 2,0 mol L⁻¹ de HCl e 40,0 mL de solução 2,0 mol L⁻¹ de NaOH.

Verifique a temperatura das duas soluções; ambas devem estar à mesma temperatura (igual à ambiente ou ligeiramente inferior). Não se esqueça de lavar e secar o termômetro antes de transferi-lo de uma solução para outra.

Adicione, com agitação, a solução de NaOH à de HCl. Anote a temperatura máxima alcançada e calcule a sua variação.

OBS.: Após o experimento, descartar o resíduo gerado no mesmo béquer de 400 mL (gaveta do aluno).

III.4 Tratamento de resíduo gerado na aula de calor de reação.

O tema abordado na aula foi sobre calor de reação e no mesmo foram utilizados ácidos e bases fortes (hidróxido de sódio e ácido clorídrico) para a realização das práticas.

Diante disso, responda:

- 1- Considerando-se as fichas de segurança do ácido clorídrico e do hidróxido de sódio, aponte os itens mais relevantes que se devem ter cuidado ao manusear estes reagentes. Justifique.
- 2- Qual estimativa esperada no valor do pH da solução resultante ao se misturar os resíduos gerados nos três experimentos?
- 3- Levando em consideração que o laboratório 631 reproduza esta aula para 9 turmas diferentes e que em cada turma tenha 20 alunos, quantos litros de resíduo são produzidos nesta aula? Faça uma estimativa.
- 4- O que pode ser feito para a minimização da geração deste resíduo? Estes resíduos podem ser descartados diretamente na pia se não forem submetidos a nenhum tratamento prévio?
- 5- Qual medida pode ser adotada para tratar para o resíduo gerado e possibilitar o seu descarte? Faça os cálculos. (momento para debate)
- 6- De acordo com a resolução do CONAMA 430/2011* para descarte de efluentes, os resíduos tratados neste experimento podem ser descartados no sistema pluvial (na pia)? Justifique.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 430/2011)* que complementa a Resolução nº 357/2005, o qual dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes reporta na Seção II, artigo 16: “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedecem as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis”:

*CONAMA, **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Resolução nº 357, 2005. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução nº 393, de 2009.

I - Condições de lançamento de efluentes:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura: inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL L⁻¹ em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e) óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg L⁻¹; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg L⁻¹;
- f) ausência de materiais flutuantes; e
- g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20 °C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;

Metodologia

Neutralização dos Resíduos gerados por ácidos e bases, utilizando NaOH ou (HCl /H₂SO₄).

Utilize papel indicador para identificar o valor do pH do resíduo final. Diante do valor, faça a neutralização, garantindo que o valor do pH da solução resultante situe-se entre 6 e 8. Após a neutralização, verifique a temperatura. Por fim, dobre o volume adicionando água no béquer e descarte lentamente na pia sob água corrente.

IV. CÁLCULOS E QUESTÕES

1 – Para cada reação, calcule:

- a) a quantidade de calor liberado;
- b) o número de moles de NaOH utilizado;
- c) a quantidade total de calor liberado, por mol de NaOH .

2 – Expressar os resultados como entalpia de reação, $\Delta_r H_1$, $\Delta_r H_2$ e $\Delta_r H_3$.

3 – Considerando os resultados obtidos:

a) compare $\Delta_r H_2$, com a soma ($\Delta_r H_1 + \Delta_r H_3$) e explique;

b) calcule a diferença percentual entre $\Delta_r H_2$ e ($\Delta_r H_1 + \Delta_r H_3$), supondo que $\Delta_r H_2$ seja o correto. Explique a origem desta diferença.

4 – Usando 5,3 g de NaOH na reação nº 1, qual seria o calor liberado? Qual o efeito do uso desta massa sobre o $\Delta_r H_1$ (J mol^{-1}) calculado?

5 – Na reação nº 2, usando-se 1,38 g de NaOH, qual seria o calor liberado? Qual o efeito do uso desta massa sobre o $\Delta_r H_2$ (J mol^{-1}) calculado?

6 – Na reação nº 3:

a) usando-se 50,0 mL de solução de NaOH $2,0 \text{ mol L}^{-1}$ e 50,0 mL de solução de HCl $2,0 \text{ mol L}^{-1}$, qual seria o calor liberado? Qual o efeito do uso destes volumes de solução sobre o $\Delta_r H_3$ (J mol^{-1}) calculado?

b) usando-se 40,0 mL de solução de NaOH $2,0 \text{ mol L}^{-1}$ e 60,0 mL de solução de HCl $2,0 \text{ mol L}^{-1}$, qual seria o calor liberado? Qual o efeito do uso destes volumes de solução sobre o $\Delta_r H_3$ (J mol^{-1}) calculado?

V. LEITURAS RECOMENDADAS

1. BROWN, T.L.; LeMAY Jr., H.E.; BURSTEN, B.E.; BURDGE, J.R. Química – A Ciência Central, 9ª ed., Pearson Education do Brasil Ltda: São Paulo, 2005. Itens. 5.4 a 5.7, pgs. 150-165.

2. KOTZ, J.C.; TREICHEL, P.M.; WEAVER, G.C. Química Geral e Reações Químicas, 6ª ed., Cengage Learning Edições Ltda: São Paulo, 2010. Itens. 6.5 a 6.8, pgs. 217 a 230.

3. RUSSELL, J.B. Química Geral, Vol. 1, 2ª ed., Pearson Education do Brasil Ltda: São Paulo, 1994. Itens. 3.3 a 3.4, pgs. 121 a 132.