

**Centro de Formação de Entre Homem e Cavado
Amares e Terras de Bouro**

Trabalho Prático na Perspectiva dos Novos Programas de Física, Química, Matemática e Biologia.
Uma Abordagem à Experimentação usando sensores

Determinação da Entalpia de Neutralização da Reacção $\text{NaOH (aq)} + \text{HCl (aq)}$

Formandas:

Ana Paula Francisco

Elisabete Silva

Gioconda Gregório

Formadores:

Abel Eça e Fernanda Neri

Maio de 2006

Escola Secundária de Amares

ÍNDICE

| | |
|---|------------------------|
| Questão central | Pág. 2 |
| Objectivo de ensino | Pág. 2 |
| Objectivos de aprendizagem | Pág. 2 |
| Enquadramento da actividade experimental | Pág. 2 e 3 |
| Introdução teórica | Pág. 3 e 4 |
| Materiais, equipamentos e reagentes | Pág. 4 |
| Questões pré-laboratoriais | Pág. 4 e 5 |
| Procedimento experimental | Pág. 5 |
| Análise de resultados | Pág. 5 e 6 |
| Observações | Pág. 6 |
| Esquema de montagem | Pág. 6 e 7 |
| Tabelas de registo de dados | Pág. 8 |
| Gráficos obtidos | Pág. 9 |
| Questões pós-laboratoriais | Pág. 9 e 10 |
| Comportamentos a observar no decurso da actividade experimental | Pág. 10 e 11 |
| Grelha de observação directa do desempenho em aula | Pág. 11 |
| Grelha de observação/aluno | Pág. 12 |
| Conclusão | Pág. 12 e 13 |
| Bibliografia | Pág. 13 |
| Relatório a pedir ao aluno | Pág. 15,16 e 17 |
| Grelha de auto correcção de relatório | Pág. 17 |
| Grelha de correcção do relatório | Pág. 18 |
| Ficha do trabalho experimental | Pág. 19 e 20 |

Trabalho Experimental

“ Determinação da Entalpia de Neutralização de NaOH (aq) + HCl (aq)”

(Química 12º ano)

Notas para professores

QUESTÃO CENTRAL

Como se pode medir a energia libertada numa reacção química?

OBJECTIVO DE ENSINO

Determinação da variação de entalpia na reacção de neutralização de soluções aquosas de hidróxido de sódio e de ácido clorídrico.

OBJECTIVOS DE APRENDIZAGEM

- Realizar uma reacção de neutralização termométrica.
- Efectuar cálculos estequiométricos envolvendo o conceito de entalpia de reacção.
- Elaborar um gráfico de temperatura em função do pH.
- Verificar que o ponto de equivalência corresponde à temperatura mais elevada registada no decorrer da reacção.
- Determinação da entalpia da reacção de neutralização entre NaOH (aq) e HCl (aq).
- Comparar os valores de entalpia obtidos com o valor teórico.
- Compreender princípios básicos de funcionamento da calorimetria e factores que influenciam a sua precisão.

ENQUADRAMENTO DA ACTIVIDADE EXPERIMENTAL

Esta actividade experimental enquadra-se no programa de Química do 12º Ano (APL 2.3), com a qual se pretende desenvolver as seguintes competências:

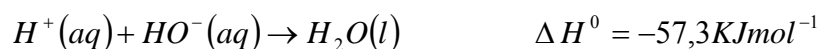
- Associar variação (mensurável) de entalpia ΔH ao calor absorvido/libertado por um sistema, a pressão constante.

- Associar valores negativos/positivos de ΔH a reacções exotérmicas/endotérmicas em que a entalpia dos reagentes é superior/inferior à entalpia dos produtos de reacção.
- Interpretar diagramas de variação de entalpia.
- Reconhecer que as variações de entalpia são normalmente referidas a processos que ocorrem sob um conjunto de condições padrão, estabelecidas pela IUPAC: pressão de 1 bar (gases), estado puro para líquidos e sólidos, concentração molar 1 mol dm^{-3} para soluções e forma alotrópica mais estável a 25°C para elementos.
- Identificar entalpia padrão de reacções $\Delta_r H^\circ$ como a variação de entalpia de uma reacção que ocorre sob as condições padrão e por mole de reacção.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

A entalpia de neutralização é o calor produzido quando um ácido e uma base reagem, em solução aquosa, para produzir uma mole de água. A entalpia de neutralização pode ser calculada utilizando uma titulação termométrica onde o aumento da temperatura verificado, à medida que se adiciona a base ao ácido atinge o valor máximo quando ácido e base estão nas mesmas proporções estequiométricas o que permite detectar o ponto de equivalência.

Os ácidos e as bases fortes estão totalmente dissociados/ionizados em solução aquosa diluída, pelo que a reacção pode traduzir-se pela equação:



$$\Delta H = \frac{q_{\text{neut.}}}{n} \text{KJmol}^{-1}$$

em que: $q_{\text{neut.}}$ é o calor de neutralização e n é o número de moles de água.

Esta determinação baseia-se na lei da conservação da energia; para que se verifique esta lei, é necessário que a reacção seja realizada num recipiente o mais isolado possível, para que as trocas de calor com o exterior sejam desprezáveis (transformação adiabática).

Assim, a energia libertada na reacção de neutralização $q_{\text{neut.}}$ é integralmente transferida para a solução $q_{\text{sol.}}$, cuja temperatura aumenta.

$$q_{\text{neut.}} + q_{\text{sol.}} = 0$$

em que q_{sol} pode ser calculado pela equação:

$$q_{sol.} = m_{sol.} \times c_{sol.} \times \Delta T$$

onde:

$m_{sol.}$ – massa da solução (soluções de NaOH e de HCl)

$c_{sol.}$ – capacidade calorífica mássica da solução

$\Delta T = T_{final} - T_{inicial}$ da solução

MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E REAGENTES

- Máquina de calcular TI84 Plus
- CBL2, dispositivo de recolha de dados
- Cabo de ligação máquina de calcular
- Sensor de temperatura
- Sensor de pH
- Agitador magnético
- Garras para buretas e suporte universal
- Bureta 25mL
- Pipeta volumétrica de 20 mL
- Garrafa termos
- Indicador ácido-base (solução alcoólica de fenolftaleína)
- Solução de HCl 2,0 mol/dm³
- Solução de NaOH 2,0 mol/dm³

QUESTÕES PRÉ-LABORATORIAIS

1. Para titular 25 mL de HCl (aq) 2,0 mol/dm³, utiliza-se NaOH (aq) com uma concentração 2,0 mol/dm³. Que volume de NaOH (aq) deverá ser adicionado à solução de HCl (aq) para atingir o ponto de equivalência?

Resposta:

$$n_{ácido} = n_{base}$$

$$c_a v_a = c_b v_b$$

$$2 \times 0,025 = 2 \times v_b$$

$$v_b = 0,025mL$$

2. Por que será necessário providenciar um sistema reaccional adiabático, isto é, em que não haja trocas de calor com o exterior para realizar uma titulação termométrica.

Resposta:

Para garantir que toda a energia é transferida para a solução, pois só assim podemos calcular o calor de neutralização uma vez que $-q_{\text{sol}} = q_{\text{neu}}$.

PROCEDIMENTO

- 1) Colocar dentro da garrafa termos o agitador magnético.
- 2) Lavar a bureta com NaOH.
- 3) Encher a bureta, com os devidos cuidados, com 25 mL de NaOH 2 mol/dm³.
- 4) Pipetar 25 mL de HCl 2 mol/dm³ para a termos.
- 5) Adicionar 70mL de água ao ácido.
- 6) Inserir a sonda de pH e temperatura e colocar debaixo da bureta, colocar algumas gotas de fenolftaleina.
- 7) Conectar um sensor de temperatura ao canal 2 do CBL e o sensor de pH ao canal 1. Usar o cabo de ligação para conectar a interface à calculadora gráfica TI84 Plus.
- 8) Ligar a calculadora e executar a aplicação (APPS) EASY DATA, ENTER, pressionar CLEAR para restaurar o programa.
- 9) Registrar o pH inicial da solução ácida. Nota: numa primeira fase da titulação o pH não varia pois antes do ponto de equivalência temos uma solução tamponizada, perto do ponto de equivalência temos uma variação brusca de pH, e para esta titulação o pH no fim da reacção é 7.
- 10) Registrar a temperatura inicial da solução ácida e da solução básica.
- 11) Ligar o agitador magnético com velocidade moderada.
- 12) Seleccionar START no ecrã principal (ZOOM).
- 13) Iniciar a titulação, abrindo a torneira da bureta, deixando cair gota a gota a solução de NaOH (aq) da bureta.
- 14) No final da titulação, pressionar STOP na calculadora.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

- 1) Para visionar o gráfico, pressionar PLOT e escolher o tipo de gráfico.
 - a) Temperatura /tempo
 - b) pH/tempo

- 2) Seleccionar MAIN e fazer QUIT para sair do programa.
- 3) Ao sair verificar que aparece na lista L₁ o tempo, na lista L₂ o pH e na lista L₃ a temperatura.
- 4) Seleccionar OK, pressionar tecla STAT seguido de 1, seleccione EDITAR, e por fim a tecla ENTER.
- 5) Seleccionar STAT, em seguida PLOT, pressionar ENTER, prima ACT (para activar o gráfico) e escolher o gráfico deslocando o cursor x=L₂ e y=L₃.
- 6) Pressionar GRAPH e/ou ZOOM 9 se o gráfico aparecer desajustado.

OBSERVAÇÕES

- a. É importante medir a temperatura inicial de ácido e base e verificar que se encontram à mesma temperatura ou temperaturas muito próximas, ou seja, temperatura ambiente.
- b. A agitação deve ser moderada, no entanto, há o risco da agitação não ser homogénea e não se medir correctamente o valor da temperatura.
- c. A actividade deve ser realizada num curto intervalo de tempo, para evitar perdas de energia uma vez que as condições em termo de isolamento não são as mais adequadas.
- d. Adicionamos água ao ácido dentro da garrafa termos, para que os sensores fiquem mergulhados na solução.

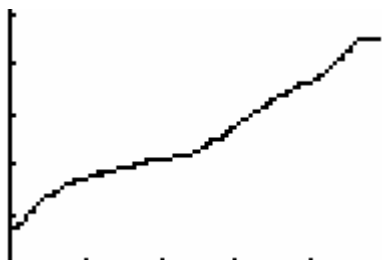
ESQUEMA DE MONTAGEM



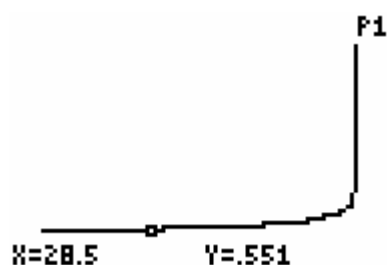


GRÁFICOS OBTIDOS

1- Gráfico da temperatura em função do tempo



2- Gráfico da temperatura em função do pH



QUESTÕES PÓS-LABORATORIAIS

Considerando que a densidade e o calor específico das soluções são aproximadamente os da água, temos:

1. Trace um gráfico da temperatura em função do pH da solução. Qual foi a temperatura máxima atingida?

Resposta:

$$T_{\text{máx}} = 31,6^{\circ}\text{C}$$

2. A partir da análise do gráfico, verifique se o valor da temperatura máxima coincide com o ponto de equivalência.

3. Calcule a entalpia de neutralização da reacção expressa em kJ/mol.

Resposta:

$$V_{\text{total}} = 25 + 25 + 70 = 120\text{mL}$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} \approx 1\text{gcm}^{-3}$$

$$q_{sol.} = m_{sol} \times c_{sol} \times \Delta T$$

$$Q = 120 \times 4,184 \times (31,6 - 26,4)$$

$$Q = 2610,8 \text{ J}$$

$$Q = 2,6108 \text{ kJ}$$

$$n_{\text{ácido}} = 2 \times 0,025 \rightarrow n_{\text{ácido}} = 0,05 \text{ mol}$$

o número de moles de ácido é igual ao número de moles de água formada durante a reacção (ver estequiometria da reacção)

$$\Delta H = \frac{q_{neut.}}{n} \text{ KJmol}^{-1}$$

$$\Delta H^{\circ}n = 2,6108/0,05$$

$$\Delta H^{\circ}n = - 52,22 \text{ kJ/mol}$$

4. Compare o valor obtido com o valor da entalpia padrão de neutralização teórico ($\Delta H_n = -57,1$ kJ/mol). A que se devem essas diferenças?

Resposta:

Valor obtido $\Delta H^{\circ}n = - 52,22$ kJ/mol

Valor teórico $\Delta H^{\circ}n = - 57,30$ kJ/mol

5. Porque é que a velocidade de agitação deve ser moderada?

Resposta:

A agitação deve ser moderada devido à conversão de trabalho em energia.

COMPORTAMENTOS A OBSERVAR NO DECURSO DO TRABALHO EXPERIMENTAL

- Cumpre regras de segurança e protecção pessoal
- Utiliza correctamente a balança
- Lava a bureta com NaOH
- Enche a bureta com NaOH
- Utiliza a pipeta para medir o volume de ácido
- Manuseia correctamente a pipeta
- Faz o esquema da montagem

- Indica o valor inicial da temperatura do ácido e da base.
- Indica o valor de pH do ácido.
- Manuseia correctamente os sensores.
- Verifica e anota os canais aos quais estão ligados.
- Manuseia correctamente Máquina de calcular TI84 Plus.
- Faz correctamente a leitura e análise do gráfico pH/tempo.
- Através das listas obtidas consegue traçar o gráfico Temperatura/tempo.
- Faz análise correcta do gráfico.
- Consegue transferir as informações obtidas para o computador

GRELHA DE OBSERVAÇÃO DIRECTA DO DESEMPENHO EM AULA

| Parâmetros Grupos | Assiduidade Pontualidade | Reconhecimento Manuseamento do material | Empenhamento Superação de dificuldades | Comportamento | Cumprimento das tarefas | Registo de dados | Aplicação Método científico |
|----------------------|-----------------------------|---|--|---------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Legenda: **MB** (Muito Bom) **S** (Satisfatório) + (Sim) **ER** (Erro raciocínio) **C** (Certo)
B (Bom) **NS** (Não satisfatório) - (Não) **EC** (Erro cálculo) **E** (Errado)

GRELHA DE OBSERVAÇÃO / ALUNO

Nome: _____ Turma _____ Ano: _____ N.º _____

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| Actividade n.º | | | | | |
| Data | | | | | |
| Destreza manual | | | | | |
| Regras de segurança | | | | | |
| Autonomia de execução | | | | | |
| Colaboração em grupo | | | | | |
| Espírito de observação | | | | | |
| Criatividade | | | | | |
| Planeamento das tarefas | | | | | |
| Organização do trabalho de acordo com o tempo proposto | | | | | |

MB (Muito Bom) **S** (Satisfatório) **B** (Bom) **NS** (Não satisfatório)

CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho pretende-se que o aluno consiga:

- Realizar uma reacção de neutralização, usando sensores de temperatura e pH.
- Elaborar o gráfico com máquina calcular gráfica ligada aos sensores.
- Verificar que o ponto de equivalência corresponde à temperatura mais elevada no decorrer da reacção.
- Efectuar cálculos estequiométricos envolvendo o conceito de entalpia de reacção.
- Comparar e justificar as diferença do valor de entalpia obtido com o valor teórico.

São estes os principais contributos da actividade para a aprendizagem do aluno.

A utilização de sensores neste trabalho experimental permitiu realizar esta actividade em menos tempo, permitindo repeti-la várias vezes por forma a melhorar os resultados, as condições de realização e a técnica.

Sem dúvida que a partir do momento em que as escolas estiverem preparadas com o material necessário, o processo de ensino aprendizagem é melhorado.

BIBLIOGRAFIA

Simões, Teresa Sobrinho, Queirós, Maria Alexandra e Simões, Maria Otilde (2005). Química em Contexto. Porto Editora.

Gil, Victor, Paiva, João, Ferreira, António José e Vale, João (2005). 12Q. Texto Editores.

Dantas, Maria da Conceição e Ramalho, Marta Duarte (2005). Jogo de partículas. Texto Editores.

Programa Nacional de Química do 12ºano

Aluno

Esquema de montagem

Registo de observações/medições

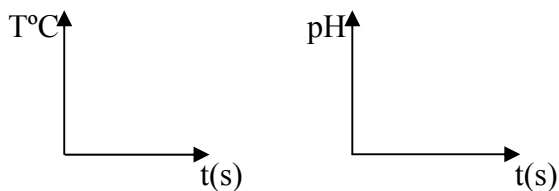
| Temperatura inicial(°C) | | PH inicial | Temperatura máxima |
|-------------------------|----------------|---------------|--------------------|
| Solução ácida | Solução básica | Solução ácida | |
| | | | |

Tabela 1

| L1 → tempo (s) | L2 → Temperatura(°C) | L3 → pH |
|----------------|----------------------|---------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Tabela 2

Compare os três gráficos. Desenhe os gráficos nos eixos indicados.



Tratamento dos resultados

Cálculos

Interpretação dos resultados

Conclusão

Bibliografia

AUTO CORRECÇÃO DO RELATÓRIO

| Auto correcção do Relatório | <i>Sim</i> | <i>Não</i> |
|---|------------|------------|
| 1. Descrevi o objectivo do trabalho. | | |
| 2. Registei todo o material usado. | | |
| 3. No procedimento : | | |
| 3.1) Alterei o protocolo; | | |
| 4. Esquematizei por imagens todas as fases do procedimento. | | |
| 5. Legendei os esquemas. | | |
| 6. Registei o que observei no final da experiência. | | |
| 7. Na interpretação dos resultados: | | |
| 7.1) Expliquei a razão dos resultados obtidos; | | |
| 7.2) Justifiquei as condições ambientais onde decorreu a experiência. | | |
| 8. Tirei as conclusões , tendo em conta o objectivo do trabalho. | | |
| 9. Reli, com atenção, todo o trabalho antes de o entregar. | | |

Grelha de Correção do relatório

| Parâmetros Grupos | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Exprime-se com correção | | | | |
| Explicita os objectivos do trabalho | | | | |
| Regista as precauções tomadas e o material utilizado | | | | |
| Regista todas as observações efectuadas | | | | |
| Apresenta rigor nos cálculos | | | | |
| Interpreta e analisa criticamente os resultados | | | | |
| Apresenta conclusões | | | | |
| Bibliografia | | | | |
| Avaliação | | | | |

Legenda: I- insuficiente S- Suficiente B- Bom MB- Muito Bom

Ficha do Trabalho Experimental

“ Determinação da Entalpia de Neutralização de NaOH (aq) + HCl (aq)” (Química 12º ano)

- 1- Escreva a equação de neutralização da reacção.

- 2- Trace um gráfico da temperatura em função do pH da solução. Qual foi a temperatura máxima atingida?

- 3- A partir da análise do gráfico, verifique se o valor da temperatura máxima coincide com o ponto de equivalência.

-
-
- 4- Calcule a entalpia de neutralização da reacção expressa em kJ/mol.

Dados: c (água) = 4,18 J/g°C

ρ (água) = 1g/cm³

- 5- Compare o valor obtido com o valor da entalpia padrão de neutralização teórico ($\Delta H_n = -57,1$ kJ/mol). A que se devem essas diferenças?

-
-
-
- 6- Porque é que a velocidade de agitação deve ser moderada?

7- Classifica esta reacção sob o ponto de vista energético?

Escola Secundária de Amares, 11 de Maio de 2006

(Ana Paula Francisco)

(Elisabete Silva)

(Gioconda Gregório)