

CONSTANTE DE AVOGADRO

É simples determiná-la em sala de aula

Gerson de Souza Mól
Geraldo A. Luzes Ferreira
Roberto Ribeiro da Silva
Hércules F. Laranja

A seção “Experimentação no ensino de química” descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes utilizados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola. Este artigo descreve um experimento simples para a determinação da constante de Avogadro em sala de aula.

► constante de Avogadro, mol, eletrólise ◀

A constante de Avogadro (e não número de Avogadro) é uma das mais importantes constantes físico-químicas, fundamental para o entendimento de vários conceitos químicos. No entanto, alguns livros didáticos de química do ensino médio a apresentam, quando trabalham o conceito de mol, como sendo simplesmente um número determinado experimentalmente a partir de um padrão adotado. Outros tratam-na, erroneamente, como sendo o número de átomos contidos em um átomo-grama, um mol de átomos de qualquer elemento ou um número determinado por ‘contagem indireta’ de átomos presentes em 12 g de carbono (que funciona como a ‘dúzia’ do químico). É também apresentada como um número que homenageia o cientista Lorenzo

Amedeo Avogadro, ou como um número que pode ser determinado com razoável precisão por métodos como eletrólise, emissões radioativas, raios X etc. A maioria dos livros falha em fornecer aos alunos uma idéia real de como é feita tal determinação, ficando muitas vezes a idéia de que é um número mágico que surge não se sabe de onde. Uma exceção é o livro *Unidades modulares de química*, que apresenta em descrição rápida uma forma de calcular a constante de Avogadro, determinando-se a carga que passa por um circuito em que é depositada certa quantidade de sódio metálico num dos eletrodos. Entretanto, por exigir um tratamento técnico cuidadoso, tal experimento não é de fácil realização para uma turma de ensino médio.

O objetivo deste texto é relatar um experimento simples (eletrólise da água) que pode ser realizado com material de fácil obtenção e usado para cálculo da constante de Avogadro, cujo valor recomendado é $6,02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Materiais e reagentes

- Dois eletrodos de fio de cobre de 2,5 mm de diâmetro descascados nas extremidades (Fig. 1)
- Duas seringas de injeção, de 5,0 mL
- Um pedaço de isopor para servir de suporte para as seringas
- Solução de hidróxido de sódio 10 g/L
- Uma bateria de 6 V de moto (ou quatro pilhas grandes novas)
- Um recipiente plástico (pode ser o fundo de uma garrafa de refrigerante descartável 2 L)
- Um cronômetro (ou relógio que marque segundos)
- Um multímetro (amperímetro com escala de 0 a 250 mA)
- Fios para as ligações

Procedimento

O experimento consiste na realização da eletrólise da água conforme o esquema de montagem mostrado na Fig. 1. As seringas (com as pontas tampadas com silicone ou parafina e encaixadas na pequena placa de isopor) devem ser enchidas com a solução eletrolítica e colocadas no frasco contendo a solução. Não devem conter bolhas de ar. O circuito é ligado e, no mesmo instante, o cronômetro disparado. Quando o volume de hidrogênio completar 5,0 mL, deve-se ler o tempo e desligar o circuito. O valor da corrente (que deve ser constante durante todo o procedimento) deve ficar entre 30 mA e 100 mA. Para ajustá-la, caso necessário, varias modificações podem ser feitas na montagem, como por exemplo na

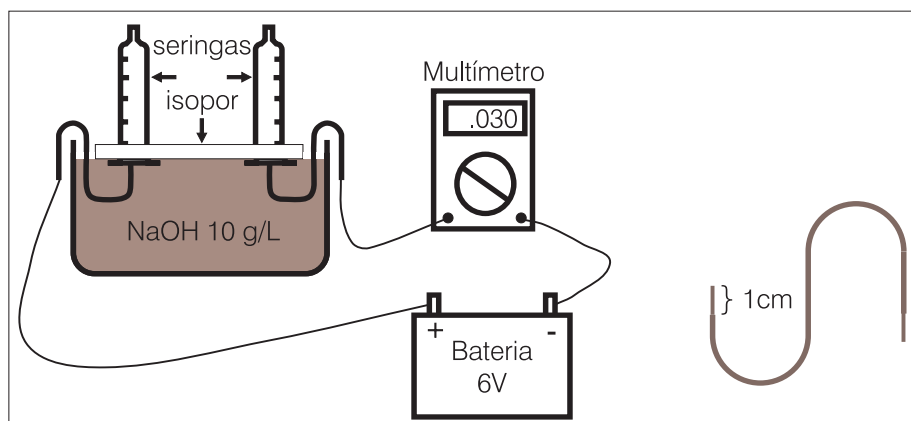


Figura 1: Esquema de montagem de experimento para determinação da constante de Avogadro, com destaque para o eletrodo de fio de cobre.

concentração da solução, no tamanho da parte exposta do eletrodo, na distância entre eles etc. A ponta do eletrodo que fica no interior da seringa deve ficar totalmente submersa ao término da experiência.

Resultados

Alguns dados coletados em experimentos realizados desta forma são apresentados na Tabela 1. O cálculo da média e do desvio padrão dos dados da Tabela 1 fornecem o valor da constante igual a $6,6 \pm 0,3 \times 10^{23}$. O desvio observado pode ser atribuído a erros na medida da corrente, do tempo e do volume. O Quadro 2 apresenta valores de $N_A / 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ obtidos em determinações feitas por grupos de quatro alunos do segundo ano do ensino médio do Centro Educacional Setor Leste - FEDF, que forneceram o valor de $5,9 \pm 0,9 \times 10^{23}$.

Conclusões

Este experimento permite a determinação simples da constante de Avogadro, possibilitando que um aluno do ensino médio o realize com facilidade, além de permitir que outros conceitos sejam trabalhados.

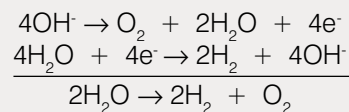
Vários eletrodos e soluções foram testados na tentativa de encontrar uma forma mais simples com melhores resultados. A concentração de hidróxido de sódio que forneceu uma melhor relação entre os volumes dos gases produzidos foi a de 10 g/L. É possível realizar o experimento com soluções mais diluídas (menos corrosivas) ou com outros eletrólitos, como o cloreto de sódio.

Questões propostas

1. Por que, nestas condições, a relação entre os volumes dos gases

Reações envolvidas

equação da semi-reação no ânodo
equação da semi-reação no cátodo
equação da reação global



Cálculos

Para efeito de cálculos, vamos considerar os dados da primeira linha da Tabela 1.

$$pV = n_{\text{H}_2} RT$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{pV}{RT} = \frac{663 \text{ mmHg} \times \frac{101.325 \text{ Pa}}{760 \text{ mmHg}} \times 5,0 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \times 300 \text{ K}}$$

$$n_{\text{H}_2} = 1,77 \times 10^{-4} \text{ mol Pa} \frac{\text{m}^3}{\text{J}}$$

$$n_{\text{H}_2} = 1,77 \times 10^{-4} \text{ mol H}_2$$

$$n_{\text{H}_2} = 1,77 \times 10^{-4} \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ mol e}^-}{1 \text{ mol H}_2} = 3,54 \times 10^{-4} \text{ mol e}^-$$

$$Q = i \times t = 0,070 \text{ A} \times 501 \text{ s} \times \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ A s}} = 35,1 \text{ C}$$

$$N_{\text{e}^-} = \frac{Q}{e} = 35,1 \text{ C} \times \frac{1 \text{ e}^-}{1,6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 21,9 \times 10^{19} \text{ e}^-$$

$$N_{\text{e}^-} = N_A \times n_{\text{e}^-} \longrightarrow N_A = \frac{N_{\text{e}^-}}{n_{\text{e}^-}} = \frac{21,9 \times 10^{19} \text{ e}^-}{3,54 \times 10^{-4} \text{ mol e}^-}$$

$$N_A = 6,2 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

ou, resumidamente ($R = 8,3145 \text{ J/Kmol}$, temperatura em K, corrente em A, tempo em s, pressão em Pa, volume em m^3 e carga do elétron em C):

$$N_A = \frac{R T i t}{2 p V e} \text{ mol}^{-1}$$

hidrogênio e oxigênio não é exatamente 2:1?

2. Mudando-se o metal utilizado como eletrodo, haverá alteração na relação encontrada entre os volumes dos dois gases? Justifique.

3. O que muda nos cálculos se estes forem feitos com base no volume de oxigênio produzido?

Gerson de Souza Mól é mestre em química analítica e professor assistente do Departamento de Química da UFMG.

Geraldo A. L. Ferreira é doutor em química agrícola e ambiental e professor aposentado do Departamento de Química da UnB.

Roberto Ribeiro da Silva é doutor em química orgânica e professor adjunto do Departamento de Química da UnB.

Hércules F. Laranja é aluno do curso de licenciatura em química da UnB e professor do ensino médio.

Para saber mais

AMBROGI, A., VERSOLATO, E.F., LISBOA, J.C.F. *Unidades Modulares de Química*. São Paulo: Hamburg, 1987. 258 p.

SZÉLL, T., DENIS, D., JOUAS, J.P. et al. An approximate determination of Avogadro's constant. *Journal of Chemical Education*, v. 57, n. 10, p. 735-736, 1980.

ROCHA-FILHO, R.C., SILVA, R.R. *Introdução aos cálculos da química*. São Paulo: Makron Books, 1992. 275 p.

Volume (mL)	Tempo (s)	Corrente (A)	Constante de Avogadro (mol^{-1})
5,0	501	0,070	$6,2 \times 10^{23}$
5,0	731	0,050	$6,4 \times 10^{23}$
5,0	486	0,075	$6,4 \times 10^{23}$
5,0	688	0,060	$7,2 \times 10^{23}$
5,0	625	0,060	$6,6 \times 10^{23}$

Tabela 1: Dados obtidos na determinação da constante de Avogadro utilizando-se solução de NaOH 10 g/L a 300 K e 88,4 kPa (663 mmHg).

7,29	6,40	6,81	6,07	6,96	5,98	5,10	5,12	6,15	6,51	7,51
5,06	6,09	5,40	4,89	5,02	5,66	7,66	5,50	4,30	5,44	5,40

Quadro 1: Valores de $N_A / 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ obtidos por alunos do ensino médio.