

# 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

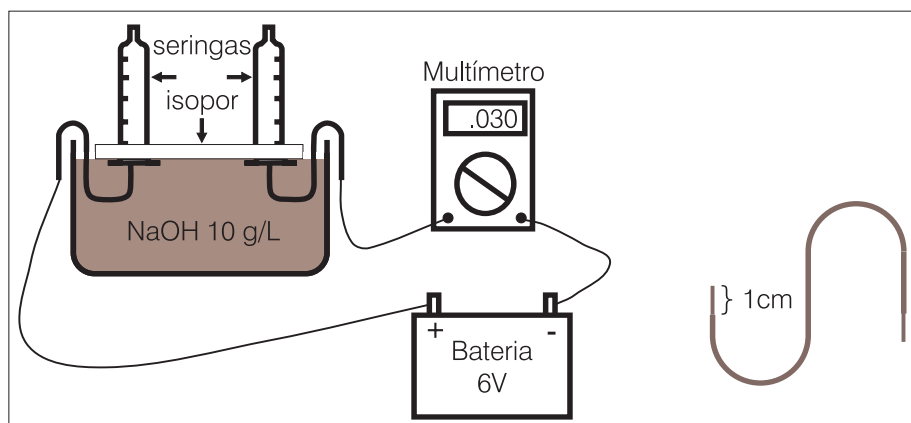


Figura 1: Esquema de montagem de experimento para determinação da constante de Avogadro, com destaque para o eletrodo de fio de cobre.

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.

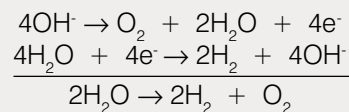
Vários eletrodos e soluções foram testados na tentativa de encontrar uma forma mais simples com melhores resultados. A concentração de hidróxido de sódio que forneceu uma melhor relação entre os volumes dos gases produzidos foi a de 10 g/L. É possível realizar o experimento com soluções mais diluídas (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  $\text{m}^3$  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 ( $\text{mol}^{-1}$ ) |
|-------------|-----------|--------------|---|
| 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.