

Ano Letivo 2016/2017	ESCOLA SECUNDÁRIA PINHAL DO REI Atividade laboratorial 1.1. Volume e número de moléculas de uma gota de água - CORREÇÃO	Física e Química A
-------------------------	---	--------------------

A. Questões pré-laboratoriais

1. Que instrumento de medida deve ser usado para medir a massa?

O instrumento adequado à medição da massa é a balança digital com precisão ao milígrama.

2. Qual o instrumento de medida que pode ser usado para medir o volume de um líquido?

Para medir com maior rigor o volume de líquidos pode-se usar pipetas (volumétricas ou graduadas), buretas graduadas ou balões volumétricos, embora se destinem a aplicações diferentes; para medições menos rigorosas pode-se usar provetas graduadas ou mesmo gobelés, para medições mais grosseiras.

3. Por que motivo não é possível medir o volume e o número de moléculas de uma única gota de água como sugere o título da atividade?

Não é possível medir o volume de uma única gota de água porque é demasiado pequena, inferior à sensibilidade dos instrumentos de medição de volume de que dispomos no laboratório. O número de moléculas também não pode ser medido diretamente porque ainda que as conseguíssemos visualizar a olho nu (o que não é possível devido à sua reduzidíssima dimensão) não disporíamos de tempo suficiente, pois o seu número é demasiado elevado.

4. Apresente uma sugestão para ultrapassar o problema colocado na questão anterior.

Tendo em conta que a medição direta destas grandezas é problemática, teremos que optar por uma medição indireta. A solução é medir o volume de um número razoável de gotas para depois extrapolar o volume de uma única gota. O número de moléculas lá existentes também será determinado indiretamente a partir da massa de uma única gota, cujo valor também terá de ser obtido a partir da medição da massa de um considerável número de gotas.

5. Qual das grandezas, massa ou volume, pode ser usada para determinar o número de moléculas numa gota de água? Que informação adicional é necessário para determinar esse valor?

A grandeza mais apropriada é a massa, pois conhecendo a massa molar da água (que pode ser determinada a partir das massas atómicas relativas médias do hidrogénio e do oxigénio presentes na tabela periódica) podemos determinar a quantidade e, posteriormente, com o número de Avogadro, converter esse valor para número de moléculas. (Note-se que se pode referir que a grandeza apropriada é o volume, mas nesse caso, necessitava conhecer a densidade da água para a temperatura a que se encontra, para que pudesse converter o valor do volume em massa).

B. Registo e tratamento de resultados

Exemplos de valores obtidos na realização da atividade.

Experiência	N.º de gotas de água	Massa de água $\pm 0,001$ g	Volume inicial de água na bureta $\pm 0,03$ mL	Volume final de água na bureta $\pm 0,03$ mL
1	100	5,125	1,60	7,60
2	100	5,247	8,00	13,25
3	100	5,099	10,00	15,15

A massa das gotas de água foi medida com uma balança digital (a medida é indicada por um número), considerando-se a incerteza absoluta igual a uma unidade do último dígito de leitura.

O volume das gotas de água foi medido com uma bureta, um instrumento analógico, logo, considera-se a incerteza absoluta igual a metade do valor da divisão menor da escala.

Assim, tanto o valor da massa como os valores de volume apresentam três algarismos significativos, sendo o último algarismo o algarismo estimado.

Note-se que, como o tamanho das gotas pode variar, podemos encontrar resultados diferentes com instrumentos diferentes, pelo que os dados apresentados são apenas uma sugestão de resolução.

a) o volume de água adicionado ao gobelé.

$$V_{\text{gotas}} = V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}} \Rightarrow V_{\text{gotas}} = 7,60 - 1,60 \Leftrightarrow V_{\text{gotas}} = 6,00 \text{ mL}$$

Como o volume das gotas é obtido de uma diferença, o resultado deve apresentar o mesmo número de casas decimais que a parcela com o número mais reduzido de casas decimais, neste caso, duas.

b) o volume de uma gota de água.

$$V_{1 \text{ gota}} = \frac{V_{\text{gotas}}}{n_{\text{gotas}}} \Leftrightarrow V_{1 \text{ gota}} = \frac{6,00}{100} = 0,0600 \text{ mL}$$

Como o volume de uma gota é obtido de um quociente, o resultado deve apresentar o mesmo número de algarismos significativos do fator com o número mais reduzido de algarismos significativos, neste caso, três.

c) a massa de uma gota de água.

$$m_{1 \text{ gota}} = \frac{m_{\text{gotas}}}{n_{\text{gotas}}} \Leftrightarrow m_{1 \text{ gota}} = \frac{5,12}{100} = 0,0512 \text{ g}$$

Como a massa de uma gota é obtida de um quociente, o resultado deve apresentar o mesmo número de algarismos significativos do fator com o número mais reduzido de algarismos significativos, neste caso, três.

d) o número de moléculas numa gota de água.

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m = n M \Rightarrow 0,0512 = n \times 18,02 \Leftrightarrow n = \frac{0,0512}{18,02} = 0,00284 \text{ mol}$$

Apesar do valor resultar de um quociente, como um dos fatores corresponde a um valor tabelado, o número de algarismos significativos do resultado deverá ser igual ao do valor obtido experimentalmente, ou seja, três.

$$N = n N_A \Leftrightarrow N = 0,00284 \times 6,02 \times 10^{23} = 1,71 \times 10^{21} \text{ moléculas de água}$$

C. Cálculos pós-laboratoriais:

No ficheiro Excel estão os cálculos a realizar nesta atividade.

Experiência	N.º de gotas de água	Massa de água ± 0,001 g	Volume inicial de água na bureta ± 0,03 mL	Volume final de água na bureta ± 0,03 mL
1	100	5,125	1,60	6,75
2	100	5,247	8,00	13,25
3	100	5,099	10,00	15,15

Experiência	Volume de 100 gotas (cm³)	Quantidade química de água em 1 gota (m/M) (mol)	Número médio de moléculas de água numa gota
1	5,15	0,00284	1,71E+21
2	5,25	0,00291	1,75E+21
3	5,15	0,00283	1,70E+21
Média	5,18	0,00286	1,72E+21

Tabela II – Cálculos – Densidade e número de moléculas

Experiência	Massa média de 1 gota (g)	Volume médio de 1 gota (cm ³)	Densidade média de 1 gota (g cm ⁻³)	Número médio de moléculas de água numa gota
1	0,05125	0,0515	0,995	1,71E+21
2	0,05247	0,0525	0,999	1,75E+21
3	0,05099	0,0515	0,990	1,70E+21
Média	0,05157	0,0518	0,995	1,72E+21

Tabela III – Cálculos – Desvios e Erros

Experiência	Desvio da densidade média de 1 gota g cm ⁻³	Erro da densidade média de 1 gota g cm ⁻³	Desvio do número médio de moléculas de água numa gota
1	0,000	0,002	1,07E+19
2	0,005	0,002	3,01E+19
3	0,005	0,007	1,94E+19
Média	0,003	0,004	2,01E+19

D. Questões pós-laboratoriais

1. Indique, justificando, quais as incertezas de leitura dos instrumentos de medida utilizados.

A massa das gotas de água no gobelé foi medida com uma balança digital cuja precisão é 0,01 g e, sendo digital, a incerteza de leitura é igual, ou seja, $\pm 0,001$ g.

Na medição de volume de água com a bureta ocorre uma das duas situações:

- O volume de água foi medido com uma bureta cuja menor divisão da escala era 0,1 mL pelo que a incerteza de leitura será metade, ou seja, $\pm 0,05$ mL.
- A bureta tem inscrito o valor da incerteza do aparelho (No caso das buretas utilizadas: $\pm 0,03$ mL).

2. Qual é a relação entre a massa e o volume das gotas de água? Procure encontrar uma justificação para essa relação.

O volume e a massa das gotas de água são semelhantes, uma vez que a densidade da água é aproximadamente 1 g cm^{-3} (varia ligeiramente com a temperatura).

3. Classifique as medições da massa e do volume das gotas de água e da massa e do volume de uma gota de água como medições diretas ou indiretas.

A medição da massa das gotas é direta, enquanto as medições do volume das gotas e da massa e do volume de uma única gota de água são indiretas.

4. Compare a ordem de grandeza do número de moléculas de água de uma gota com a massa dessa gota.

$m_{1 \text{ gota}} = 0,0512 \text{ g} = 5,12 \times 10^{-2} \text{ g}$ logo, a ordem de grandeza é 10^{-1} ;

$N = 1,72 \times 10^{21}$ moléculas, logo, é da ordem de grandeza 10^{21} .

Assim, a ordem de grandeza do número de moléculas de uma gota de água é 10^{22} vezes superior à ordem de grandeza da massa.

Apesar de a massa já ser pequena, o número de moléculas é extraordinariamente grande.

5. Indique a ordem de grandeza do número de anos que seriam necessários para medir as moléculas de uma gota de água à razão de cem por segundo.

$1 \text{ ano} = 365,25 \times 24 \times 60 \times 60 = 31\,557\,600 \text{ s}$

$N_{\text{moléculas/ano}} = 100 \times 31\,557\,600 = 3\,155\,760\,000 \text{ moléculas/ano}$

$N_{\text{anos}} = \frac{N_{\text{moléculas}}}{N_{\text{moléculas/ano}}} \Leftrightarrow N_{\text{anos}} = \frac{1,72 \times 10^{21}}{3\,155\,760\,000} = 5,46 \times 10^{11} \text{ anos}$, logo, a ordem de grandeza é 10^{11} .

(A ordem de grandeza da Idade Estimada do Universo desde o Big Bang é da ordem de grandeza 10^{10} anos!!! Conclusão: Nem o tempo todo do Universo dava para contar as moléculas de uma gota de água!!!)