

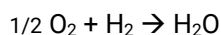
Leis ponderais e Cálculo de fórmulas

Resumo

Descobertas por cientistas como Lavoisier, Dalton e Gay-Lussac, estas ajudam-nos a estabelecer algumas bases para o entendimento das relações de massa ou volume em uma transformação química.

Lei de Lavoisier (Lei da conservação das massas)

Observe a transformação química abaixo



$$16\text{g} + 2\text{g} = 18\text{g}$$

Lendo a reação acima: 16g de oxigênio reage com 2g de hidrogênio para produzir 18g de água.

Repare que as massas somadas dos reagentes equivalem à massa do produto. A quantidade e natureza dos átomos são as mesmas, apenas houve um rearranjo/recombinação entre eles.

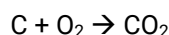
Esses números seguem uma observação realizada por Lavoisier que é enunciada na forma da Lei de Conservação das Massas, onde nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.

Segundo as observações de Antoine Laurent Lavoisier:

“Em um sistema fechado, a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos”

“Na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.”

Lei de Proust (Lei das proporções fixas)



12g de carbono + 32g de oxigênio = 44g de gás carbônico

Analisemos apenas a razão entre as massas de C e O no composto CO₂:

12g de carbono / 32g de oxigênio = 2.667g de carbono / 1g de oxigênio

Segundo Proust, esta razão, em massa, é fixa para qualquer quantidade de CO₂ analisada. E generalizando, a proporção de massa entre elementos em qualquer composto será fixa para qualquer quantidade avaliada.

Vejamos o caso da H₂O:

2g de hidrogênio + 16g de oxigênio = 18g de H₂O

Reação mostrada no início do material.

Assim, 16g de O / 2g de H = 8g de O / 1g de H

Segundo Proust, se tivermos 80 g de O em um copo de água pura, podemos afirmar que há 10g de H no recipiente.

Lei de Dalton (Lei das proporções múltiplas)

Essa lei vale para situações onde um par de elementos forma compostos com diferentes proporções do tipo AB, AB₂, AB₃...

Veja o caso do CO e CO₂

A razão de massa entre C e O nesses dois casos é:

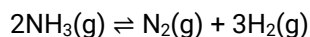
Para CO. 1.333g de O / 1g de C

Para CO₂. 2,667g de O / 1g de C

Repare que a segunda razão é 2x a primeira. Ou seja, se compararmos as razões acima, conseguiremos expressá-las como pequenos múltiplos inteiros. Outra afirmação da lei diz que quando elementos se ligam, eles o fazem em uma proporção de pequenos números inteiros.

Lei de Gay-Lussac (Lei volumétrica)

Válida para reações gasosas, estabelece que os volumes entre as substâncias em uma reação, nas mesmas temperatura e pressão, mantêm uma relação volumar constante.



2 volumes de NH₃(g) \rightleftharpoons 1 volume de N₂(g) + 3 volumes de H₂(g)

obs. 1 mol equivale a um volume

A relação de volume entre NH₃ e N₂ é de:

2 volumes de NH₃ / 1 volume de N₂

Assim, se sabemos que 50 litros de NH₃ foram consumidos, inferimos que 25 litros de N₂ foi produzido. Isso porque a relação é fixa e se mantém para qualquer volume consumido ou produzido dos componentes da reação.

Fórmula Molecular

É a combinação de símbolos químicos e índices que expressam o número de átomos de cada elemento que compõe uma molécula e a proporção em que eles se encontram.

Exemplo: H₂O

Com a fórmula molecular nesse exemplo, podemos observar que a molécula de água é formada por 2 átomos de hidrogênio e 1 átomo de oxigênio.

Além da fórmula molecular, temos outros dois tipos de fórmula:

Fórmula mínima (empírica) e fórmula percentual (centesimal)

Fórmula mínima (empírica)

Esta fórmula indica a menor relação possível entre os elementos formadores de um composto químico com os menores números inteiros possíveis.

Exemplo:

Glicose, fórmula molecular, $C_6H_{12}O_6$, fórmula mínima, CH_2O . Ou seja, a proporção mínima entre os elementos é 1:2:1.

Água oxigenada, fórmula molecular, H_2O_2 , fórmula mínima, HO . Ou seja, a proporção mínima entre os elementos é 1:1.

Dessa forma, é possível que várias substâncias apresentem a mesma fórmula mínima. Por exemplo, o ácido acético apresenta fórmula molecular $C_2H_4O_2$ e fórmula mínima CH_2O igual a da glicose.

Fórmula percentual (centesimal)

Indica a porcentagem, em termos de massa, entre os elementos em uma substância. Com a fórmula percentual é possível calcular a fórmula mínima.

Continuemos com a H_2O como exemplo:

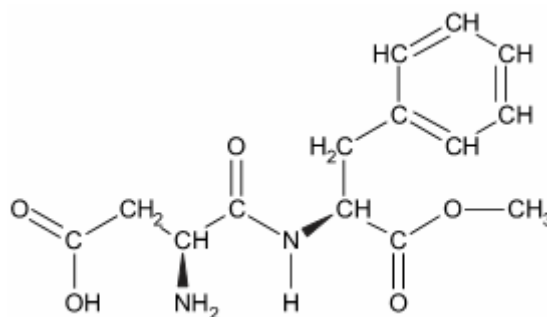
Em 1 mol de H_2O , temos 2g de H e 16g de O, totalizando 18g de água, correto?

Assim, se dividirmos 2 por 18, obteremos a porcentagem de H em 1 mol de H_2O , de 11,11%. Por complementaridade, 88,89% é de O. Assim, a fórmula centesimal ficaria, após arredondamento, $H_{11\%}O_{89\%}$. Isso indica que, ao pesarmos um determinado volume de água, saberemos que 11% deste peso se refere a átomos de H, e 89% a átomos de O.

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

1. A má alimentação é responsável por diversos problemas de saúde no ser humano como, por exemplo, a obesidade. Para contornar, em parte, essa situação, a indústria alimentícia produz alimentos classificados como “*light*”, que apresentam uma diferença para menos de 25% no valor energético ou de nutrientes do produto original, e os que são classificados como “*diet*”, formulados com modificações no conteúdo de nutrientes. O aspartame é utilizado como adoçante artificial tanto nos alimentos “*light*” quanto nos alimentos “*diet*”.



Assinale a opção que apresenta correta e respectivamente a fórmula molecular e a massa molar aproximada do aspartame.

Dados: C = 12; H = 1; N = 14; O = 16

- a) C₁₄H₁₆N₂O₅ e 292 g/mol.
- b) C₁₃H₁₈N₂O₅ e 282 g/mol.
- c) C₁₄H₇N₂O₅ e 283 g/mol.
- d) C₁₄H₁₈N₂O₅ e 294 g/mol.
- e) C₁₃H₁₈N₂O₅ e 294 g/mol.
2. A fórmula empírica de um composto orgânico derivado de alcano, usado como propelente e herbicida, que apresenta em massa a seguinte composição: 23,8% de C; 5,9% de H e 70,3% de Cl, é
- Dados:** C = 12; H = 1; Cl = 35,5.
- a) CH₂Cl₂
- b) CHCl₃
- c) C₂H₅Cl
- d) CH₃Cl
- e) C₂H₄Cl₂

3. Determinado óxido de urânio é a base para geração de energia através de reatores nucleares e sua amostra pura é composta por 24,64 g de Urânio e 3,36 g de Oxigênio. Considerando-se essas informações, a fórmula mínima desse composto deve ser

Dado: $MA(O) = 16 \text{ g/mol}$

$MA(U) = 238 \text{ g/mol}$

- a) UO
 - b) UO_2
 - c) U_2O_3
 - d) U_2O
 - e) U_2O_5
4. Sabe-se que, quando uma pessoa fuma um cigarro, pode inalar de 0,1 até 0,2 mg de nicotina. Descobriu-se em laboratório que cada miligrama de nicotina contém 74,00% de carbono, 8,65% de hidrogênio e 17,30% de nitrogênio. A fórmula mínima da nicotina é:
- a) C_6H_7N
 - b) C_5H_7N
 - c) $C_{10}H_{12}N$
 - d) $C_5H_3N_2$
 - e) $C_4H_3N_2$
5. O cacodilo, que tem um odor forte de alho e é usado na manufatura de ácido cacodílico, um herbicida para a cultura do algodão, tem a seguinte composição percentual em massa: 22,88% de C, 5,76% de H e 71,36% de As, e massa molar $209,96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Qual é a fórmula molecular do cacodilo?
- a) $C_4H_{12}As_2$
 - b) $C_3H_{24}As_2$
 - c) $C_8H_{39}As$
 - d) $C_9H_{27}As$
 - e) $C_{10}H_{15}As$

6. Quando definem moléculas, os livros geralmente apresentam conceitos como: “a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades”. A partir de definições desse tipo, a ideia transmitida ao estudante é a de que o constituinte isolado (moléculas) contém os atributos do todo. É como dizer que uma molécula de água possui densidade, pressão de vapor, tensão superficial, ponto de fusão, ponto de ebulição, etc. Tais propriedades pertencem ao conjunto, isto é, manifestam-se nas relações que as moléculas mantêm entre si.

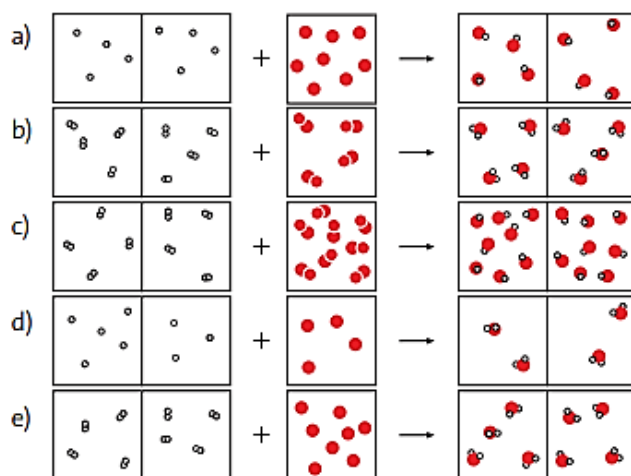
Adaptado de: OLIVEIRA, R. J. O mito da substância. Química nova na escola, n. 1, 1995.

O texto evidencia a chamada visão substancialista que ainda se encontra presente no ensino da Química. A seguir estão relacionadas algumas afirmativas pertinentes ao assunto.

- I. O ouro é dourado, pois seus átomos são dourados.
- II. Uma substância “macia” não pode ser feita de moléculas “rígidas”.
- III. Uma substância pura possui pontos de ebulição e fusão constantes, em virtude das interações entre suas moléculas.
- IV. A expansão dos objetos com a temperatura ocorre porque os átomos se expandem. Dessas afirmativas, estão apoiadas na visão substancialista criticada pelo autor apenas

- a) I e II.
- b) III e IV.
- c) I, II e III.
- d) I, II e IV.
- e) II, III e IV.

7. Em um artigo publicado em 1808, Gay-Lussac relatou que dois volumes de hidrogênio reagem com um volume de oxigênio, produzindo dois volumes de vapor de água (volumes medidos nas mesmas condições de pressão e temperatura). Em outro artigo, publicado em 1811, Avogadro afirmou que volumes iguais, de quaisquer gases, sob as mesmas condições de pressão e temperatura, contêm o mesmo número de moléculas. Entre as representações a seguir, a que está de acordo com o exposto e com as fórmulas moleculares atuais do hidrogênio e do oxigênio é:



8. A cafeína é um alcaloide presente nos grãos de café e nas folhas de chá, atuando como estimulante do sistema nervoso central. Um mol de cafeína contém $4,8 \cdot 10^{24}$ átomos de carbono, $10 \cdot 10^{24}$ átomos de hidrogênio, 56 g de nitrogênio e $1,2 \cdot 10^{24}$ átomos de oxigênio. A fórmula molecular da cafeína é:

- a) $C_6H_{10}N_5O_{12}$.
- b) $C_{48}H_{10}N_{56}O_{12}$.
- c) $C_8H_{10}N_4O_2$.
- d) $C_5H_5N_6O_2$.
- e) $C_8H_{10}N_2O_2$.

9. Considere a reação a seguir em fase gasosa:



Fazendo-se reagir 4 L de gás nitrogênio com 9 L de gás hidrogênio em condições de pressão e temperatura constantes, pode-se afirmar que:

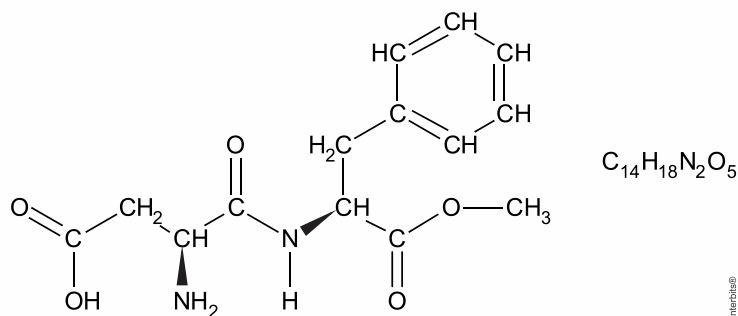
- a) os reagentes estão em quantidades proporcionais à indicada na reação.
- b) o gás nitrogênio está em excesso.
- c) após o fim da reação, os reagentes são totalmente convertidos em gás amônia.
- d) a reação se processa com aumento do volume total.
- e) após o fim da reação, são formados 8 L de gás amônia.

10. Em uma experiência, feita nas mesmas condições de temperatura e pressão, verificou-se que a decomposição de 2 L de um cloreto de arsênio gasoso produziu arsênio sólido e 3 L de cloro gasoso. Quantos átomos de cloro havia na molécula de cloreto de arsênio? Dado: a molécula de cloro gasoso é formada por 2 átomos de cloro.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

Gabarito

1. D



$$C_{14}H_{18}N_2O_5 = 14 \times 12 + 18 \times 1 + 2 \times 14 + 5 \times 16$$

$$C_{14}H_{18}N_2O_5 = 294$$

$$M_{C_{14}H_{18}N_2O_5} = 294 \text{ g/mol}$$

2. D

$$C_{23,8\%}H_{5,9\%}Cl_{70,3\%}$$

$$C \frac{23,8 \text{ g}}{12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} \quad H \frac{5,9 \text{ g}}{1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} \quad Cl \frac{70,3 \text{ g}}{35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}$$

$$C_{1,98 \text{ mol}}H_{5,9 \text{ mol}}Cl_{1,98 \text{ mol}} \quad (\div 1,98) \Rightarrow CH_3Cl$$

3. B

$$n_U = \frac{m}{M} = \frac{24,64 \text{ g}}{238 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,1035 \text{ mol}$$

$$n_O = \frac{m}{M} = \frac{3,36 \text{ g}}{16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,21 \text{ mol}$$

$$U \frac{0,1035}{0,1035} \quad O \frac{0,21}{0,1035} \Rightarrow UO_2$$

1 ≈2

4. B

Dividindo-se as percentagens pelos respectivos pesos atômicos:

$$C = \frac{74}{12} = 6,16$$

$$H = \frac{8,65}{1} = 8,65$$

$$N = \frac{17,30}{14} = 1,23$$

Em seguida, divide-se os resultados pelo menor valor:

$$C = \frac{6,16}{1,23} = 5$$

$$H = \frac{8,65}{1,23} = 7$$

$$N = \frac{1,23}{1,23} = 1$$

Fórmula mínima: C_5H_7N

5. A

Fórmula percentual: C 22,88% H 5,76% As 71,36%

$$\text{carbono} = \frac{22,88}{12} \rightarrow \text{carbono} \approx 1,90$$

$$\text{hidrogênio} = \frac{5,76}{1} \rightarrow \text{hidrogênio} = 5,76$$

$$\text{arsênio} = \frac{71,36}{75} \rightarrow \text{arsênio} \approx 0,95$$

Dividindo todos os números pelo menor deles:

$$\text{carbono} = \frac{1,90}{0,95} \rightarrow \text{carbono} = 2$$

$$\text{hidrogênio} = \frac{5,76}{0,95} \rightarrow \text{hidrogênio} = 6$$

$$\text{arsênio} = \frac{0,95}{0,95} \rightarrow \text{arsênio} \approx 1$$

Fórmula mínima: $\text{C}_2\text{H}_6\text{As}$

Massa da fórmula mínima = 105 g/mol

$n \cdot \text{massa da fórmula mínima} = \text{massa molar}$

$$n \cdot 105 = 209,96 \rightarrow n \approx 2$$

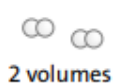
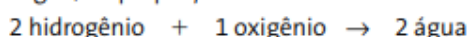
Fórmula molecular: $\text{C}_4\text{H}_{12}\text{As}_2$

6. D

- I. Sim. De acordo com a visão substancialista o átomo de ouro é a menor parte do ouro capaz de guardar as suas propriedades, portanto, nessa visão o átomo de ouro é dourado.
- II. Sim. De acordo com a visão substancialista, a molécula é a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades, portanto, nessa visão uma molécula rígida não pode formar uma substância macia.
- III. Não. A afirmativa III indica que as propriedades das substâncias, como ponto de fusão e de ebulição, dependem das interações entre as moléculas (o que é verdade); não são propriedades de cada molécula em particular.
- IV. Sim. De acordo com a visão substancialista, os objetos se expandem com o aumento da temperatura, porque os átomos que formam esse objeto se expandem.

7. B

A reação de formação da água ocorre segundo a equação a seguir, na proporção em volume indicada:



8. C

$6 \cdot 10^{23}$ átomos de C _____ 1 mol de C

$48 \cdot 10^{23}$ átomos de C _____ X

$$X = 8$$

- 10 mol de átomos de hidrogênio, 56 g de nitrogênio

14g de N _____ 1 mol

56g de N _____ Y

$$Y = 4 \text{ mol}$$

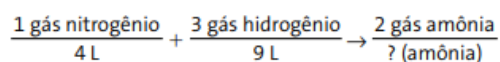
$6 \cdot 10^{23}$ átomos _____ 1 mol de O_2

$12 \cdot 10^{23}$ átomos _____ Z

$$Z = 2 \text{ mol}$$

Fórmula da cafeína = $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$

9. B



Pela equação química temos que:

1 L de gás nitrogênio _____ 3 L de gás hidrogênio

x _____ 9 L de gás hidrogênio

$$x = \frac{9 \cdot 1}{3} \rightarrow x = 3 \text{ L de gás nitrogênio}$$

Há excesso de 1 L de gás nitrogênio.

10. C

cloreto de arsênio \rightarrow arsênio + cloro

2 L cloreto de arsênio _____ 3 L de cloro

2 volumes _____ 3 volumes

2 \cdot x moléculas _____ 3 \cdot x moléculas



Conforme informa o enunciado, cada molécula de cloro possui dois átomos de cloro. Temos então 6 átomos de cloro para distribuir em 2 moléculas de cloreto de arsênio; portanto, cada molécula dessa substância deve ter 3 átomos de cloro.

Sempre que desenhar um modelo na lousa, lembre o aluno de que os átomos estão fora de escala e que as cores são fantasia porque átomo e moléculas não têm cor (a cor é propriedade de corpos macroscópicos, ou seja, depende da interação entre um número muito grande de átomos e moléculas).