

1

O desenvolvimento da Tabela Periódica culminou na disposição sistemática dos elementos em grupos de acordo com características químicas similares entre si. Os elementos metálicos pertencentes ao Grupo 1 incluem rubídio (Rb), lítio (Li), frâncio (Fr), potássio (K), sódio (Na) e célio (Cs), os quais exibem diferentes reatividades. Quando pequena quantidade de cada elemento do Grupo 1 é adicionada a um frasco contendo água pura, ocorre uma reação química cuja velocidade e liberação de calor são proporcionais à reatividade dos referidos metais. Baseado nas propriedades químicas desses elementos metálicos, responda aos itens a seguir.

- a) Disponha todos os elementos do Grupo 1 em ordem decrescente de reatividade e explique a sequência.
- b) Sabe-se que a adição de elementos metálicos do Grupo 1 promove alteração do pH da água pura. Essa alteração pode ser comprovada mediante o uso de indicadores ácido-base. O quadro a seguir apresenta alguns indicadores ácido-base com suas respectivas faixas de viragem, em função do pH.

Indicadores ácido-base	Mudança de cor	Faixas de viragem (pH)
Alaranjado de metila	Vermelho para amarelo	3,1 – 4,4
Azul de timol	Amarelo para azul	1,2 – 2,8
Fenolftaleína	Incolor para rosa	8,3 – 10,0
Roxo de bromocresol	Amarelo para roxo	5,2 – 6,8

Desconsiderando a possível reação do indicador ácido-base no meio com produtos da reação, indique, entre os indicadores ácido-base relacionados no quadro, qual deles permite comprovar a mudança de pH após a adição de elementos do Grupo 1 em água pura. Justifique sua resposta.

### QUESTÃO 1 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

**Conteúdo programático:** Posição dos elementos na Tabela Periódica em função de suas estruturas. Propriedades ao longo de períodos e famílias. Reações entre ácidos e bases. pH de soluções eletrolíticas.

**Resposta esperada:**

- a) A ordem decrescente de reatividade é  $\text{Fr} > \text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{Na} > \text{Li}$

Os metais do Grupo 1 possuem a seguinte configuração eletrônica na camada de valência:  $ns^1$ , sendo  $n$  o número quântico principal. A reatividade está relacionada com a energia de ionização do elemento, sendo definida como a energia necessária para o elétron mais fracamente atraído pelo núcleo (portanto, do mais alto nível energético) de um átomo no estado gasoso isolado. Portanto, como o frâncio (Fr) está no sétimo período ( $n = 7$ ) do Grupo 1, o único elétron da camada de valência ( $7s^1$ ) está mais fracamente atraído pelo núcleo, necessitando de menor energia para a sua remoção e, consequentemente, exibindo a maior reatividade em relação aos demais. À medida que o valor de  $n$  diminui, o elétron se torna cada vez mais próximo do núcleo, resultando assim em maior atração núcleo-elétron. Desta forma, será necessária maior quantidade de energia para remover o elétron da camada de valência, justificando, assim, a menor reatividade dos elementos nos períodos anteriores.

- b) O indicador ácido-base indicado para comprovar a alteração de pH é a fenolftaleína. A equação química global que representa a reação entre o metal do Grupo (M) e a água pura é dada por:  $\text{M}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{MOH}_{(aq)} + \frac{1}{2}\text{H}_{2(g)}$ . Como a reação ocorre com liberação de base (MOH), apenas a viragem da fenolftaleína (pH variando de 8,3 a 10,0) está acima do valor de pH da água pura (7,0), sendo possível verificar a alteração de cor de incolor (antes da adição do elemento metálico) para rosa (após a adição do metal). Para os demais indicadores ácido-base, a mudança de cor da água pura com a adição do metal não será observada, pois as faixas de pH de viragem estão abaixo do pH 7,0 (pH da água pura).

O conhecimento sobre cálculos estequiométricos é de grande importância nos diferentes campos de atuação da Química. Um cálculo realizado erroneamente pode não impactar financeiramente quando reações químicas são realizadas em escala laboratorial. Porém, quando reações em escala industrial são realizadas com erros estequiométricos, prejuízos financeiros podem ser irreparáveis para a indústria. A indústria farmacêutica explora reações químicas para a formulação de fármacos, como o paracetamol (acetaminofeno), pertencente à classe dos analgésicos e antipiréticos.

Sobre a síntese do paracetamol e com base nos conhecimentos sobre cálculos estequiométricos, responda aos itens a seguir.

- a) O paracetamol pode ser obtido pela reação entre p-aminofenol e anidrido acético.

Escreva a equação química global, ilustrando a fórmula estrutural dos reagentes e produtos, sabendo-se que a fórmula molecular do acetaminofeno é  $C_8H_9O_2N$ .

- b) A indústria farmacêutica realiza constantes testes para detectar a presença de p-aminofenol em formulações farmacêuticas contendo o paracetamol como princípio ativo. A presença do p-aminofenol deve ser evitada, tendo em vista seu caráter tóxico, e pode ser resultado do excesso de reagente na síntese e/ou da decomposição do paracetamol na formulação farmacêutica.

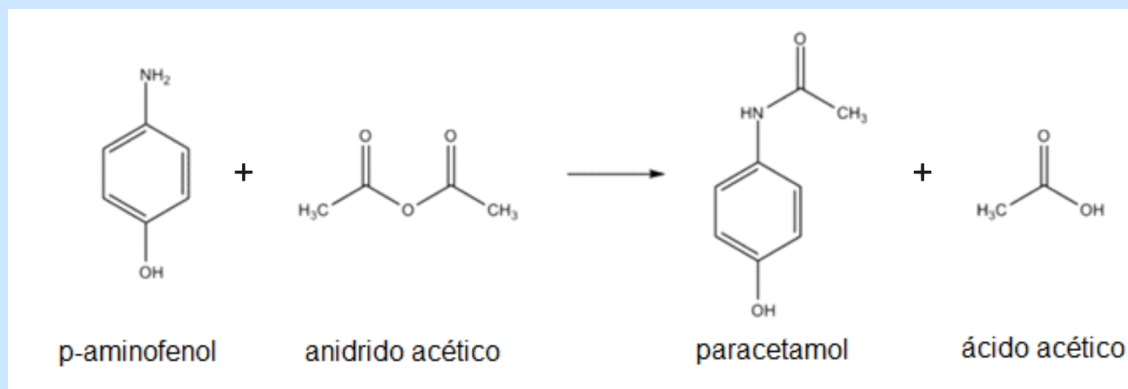
Considerando que uma formulação de paracetamol contém 1 kg desse princípio ativo, que as massas molares são  $H = 1,0 \text{ g}$ ,  $O = 16,0 \text{ g}$ ,  $C = 12,0 \text{ g}$ ,  $N = 14,0 \text{ g}$  e supondo que a decomposição seja de 1% em massa do paracetamol, determine a massa, em gramas, de p-aminofenol na formulação proveniente da decomposição.

### QUESTÃO 2 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

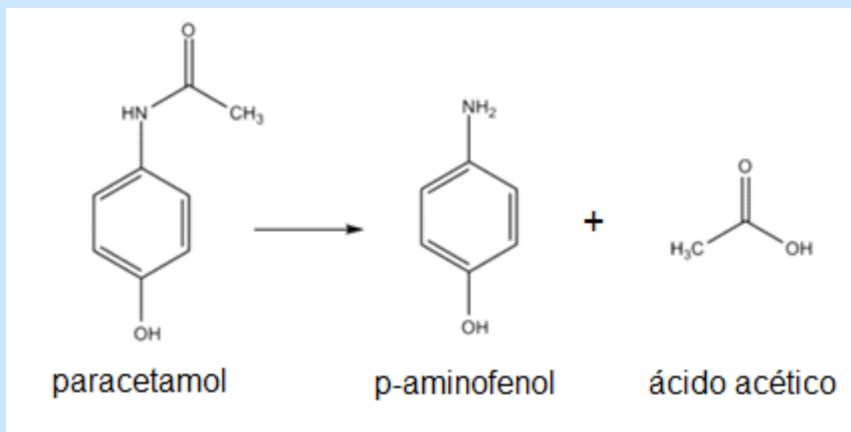
**Conteúdo programático:** Cálculos estequiométricos: leis ponderais e volumétricas das reações químicas. Nomenclatura e propriedades de compostos orgânicos.

**Resposta esperada:**

- a) A equação química contendo a fórmula estrutural dos reagentes e produtos é dada a seguir.



- b) A decomposição do paracetamol é representada pela reação química a seguir.



Pela estequiometria da reação:

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ mol de paracetamol} & \approx & 1 \text{ mol de p-aminofenol} \\ 151 \text{ g} & - & 109 \text{ g} \\ 10 \text{ g} & - & x \\ & & x = 7,21 \end{array}$$

Ou seja, 7,21 g é a massa de p-aminofenol proveniente da decomposição de 1% em massa de 1 kg de paracetamol.

A gasolina é constituída por uma mistura de compostos de carbono, predominantemente por alcanos. O ponto de ebulição desses compostos aumenta, proporcionalmente, com o aumento do número de átomos de carbono presentes nas respectivas estruturas. Entretanto, a presença de ramificações em estruturas de alcanos contendo o mesmo número de átomos de carbono promove diminuição do ponto de ebulição.

De acordo com essas considerações, responda aos itens a seguir.

a) Disponha os alcanos, a seguir em ordem crescente de ponto de ebulição, usando os números de I a V.

- (I) 2-metil-hexano
- (II) heptano
- (III) 3,3-dimetilpentano
- (IV) hexano
- (V) 2-metilpentano

b) Quantos isômeros estruturais possui o hexano?

Represente a fórmula estrutural completa para cada isômero estrutural.

### QUESTÃO 3 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

**Conteúdo programático:** Nomenclatura e propriedades de compostos orgânicos.

**Resposta esperada:**

a) A ordem crescente de ponto de ebulição para os alcanos é representada por:

2-metilpentano < hexano < 3,3-dimetilpentano < 2-metil-hexano < heptano

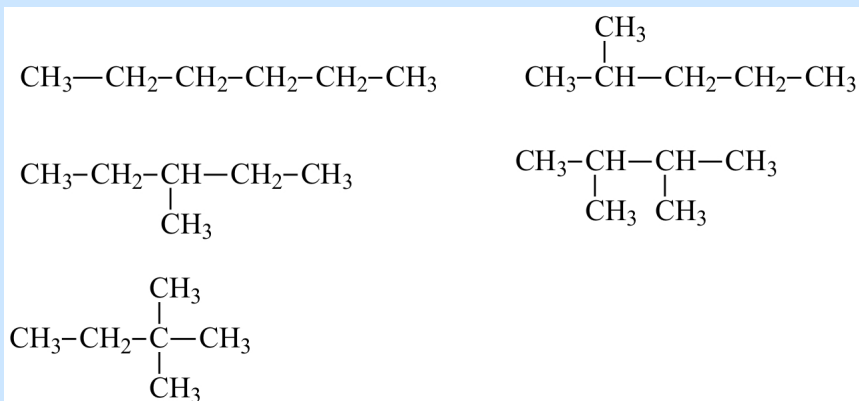
ou

2-metilpentano, hexano, 3,3-dimetilpentano, 2-metil-hexano, heptano

ou

V < IV < III < I < II

b) São 5 isômeros estruturais, representados pelas fórmulas estruturais a seguir.



Em uma aula de laboratório de química, os estudantes juntamente com o professor realizaram experimentos com o objetivo de investigar a quantidade de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) presente no refrigerante. Cada grupo de estudantes recebeu uma lata de refrigerante de cola do tipo normal e fechada, e iniciou-se a experimentação, provocando a liberação de todo o gás contido no refrigerante. Como o processo é realizado por meio de pesagem por diferença, antes de abrir a lata e após a eliminação do gás, alguns cuidados foram tomados, a fim de minimizar os erros experimentais. O quadro a seguir apresenta os valores de massa obtidos pelos estudantes durante o procedimento experimental.

Experimentos	Refrigerante de cola do tipo normal		
	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Massa aproximada de CO <sub>2</sub> (g)
1	405,45	403,39	2,06
2	402,29	400,46	1,83
3	410,00	407,92	2,08
4	404,27	402,35	1,92
5	409,80	407,67	2,13
6	402,81	400,80	2,01
Médias	405,77	403,77	2,00

(Adaptado de: CAVAGIS, A. D. M.; PEREIRA, E. A.; OLIVEIRA, C. L. Um Método Simples para Avaliar o Teor de Sacarose e CO<sub>2</sub> em Refrigerantes. *Química Nova na Escola*. v.36. n.3. 2014. p.241-245.)

- a) Considerando que a massa molar do CO<sub>2</sub> =  $44 \frac{g}{mol}$ , que a equação dos gases ideais é dada pela fórmula  $PV = n \cdot R \cdot T$ , que a constante dos gases ideais é igual a  $0,082 \frac{atm \cdot dm^3}{mol \cdot K}$  e que o quadro apresenta os dados obtidos experimentalmente pelos estudantes, qual o volume, em litros, que a massa de CO<sub>2</sub> contida na bebida ocuparia a uma temperatura ambiente de 25 °C e pressão de 1 atm?
- b) Se a quantidade de CO<sub>2</sub> =  $44 \frac{g}{mol}$  fosse armazenada em um recipiente fechado e introduzido 1,44 g de gás oxigênio através de um orifício, mantendo pressão a 1 atm e temperatura a 298 K, qual seria a pressão parcial do CO<sub>2</sub> (em atm) nessa mistura?

#### QUESTÃO 4 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

**Conteúdo programático:** Estudo Geral dos Gases Ideais. Misturas gasosas: Lei de Dalton.

**Resposta esperada:**

$$a) \ n \text{ mol de CO}_2 = \frac{\text{massa (m)}}{\text{massa molar (MM)}}$$

$$n \text{ mol} = \frac{m}{MM} = \frac{2 \text{ g}}{44 \frac{g}{mol}} = 0,045 \text{ mol}$$

$$T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

Empregando-se a equação dos gases ideais, tem-se que:

$$PV = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \text{ atm} \cdot V = 0,045 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{atm \cdot dm^3}{mol \cdot K} \cdot 298 \text{ K}$$

$$V = 1,1 \text{ dm}^3 = 1,1 \text{ L}$$

$$b) \text{ Tem-se } 0,045 \text{ mol de CO}_2 \text{ e } n = \frac{1,44 \text{ g}}{32 \frac{g}{mol}} = 0,045 \text{ mols de O}_2.$$

$$\text{Assim, a fração em mol do CO}_2 = \frac{0,045}{0,045 + 0,045} = 0,50.$$

Como a pressão parcial do CO<sub>2</sub> é igual ao produto da fração em mol pela pressão total, então a pressão parcial de CO<sub>2</sub> =  $0,50 \times 1 \text{ atm} = 0,50 \text{ atm}$ .