

# QUÍMICA

Homenagem visual à área de Química, com ilustrações representando o elemento polônio e anotações do caderno preservado de Marie Skłodowska-Curie.



## Química

### Questão 01

O óxido de cálcio, também conhecido como cal, tem diversas aplicações, sendo muito importante do ponto de vista econômico. Além de ser uma das principais matérias primas na produção de aço e cimento, é também utilizado na agricultura para correção das condições do solo, diminuindo a sua acidez. Esse óxido é produzido pela decomposição do calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) que tem como subproduto o  $\text{CO}_2$ .

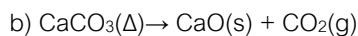
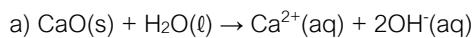
- Escreva a reação entre cal e água que explica seu uso na alcalinização do solo.
- A produção do óxido de cálcio pode gerar impacto ambiental devido à liberação de  $\text{CO}_2$  durante a sua produção, contribuindo para o aumento do efeito estufa. Considerando que a produção anual de óxido de cálcio a partir de  $\text{CaCO}_3$  é de  $1,12 \times 10^{10}$  kg, qual a quantidade de  $\text{CO}_2$ , em quilograma, liberada anualmente para a atmosfera?
- Existe um centro na USP (RCGI – Research Centre for Greenhouse Gas Innovation), cuja pesquisa visa encontrar formas de minimizar o impacto ambiental da liberação de  $\text{CO}_2$ . Uma das maneiras de realizar essa minimização é utilizar o  $\text{CO}_2$  para gerar materiais de maior valor agregado. Do ponto de vista químico, para que isso ocorra, são necessárias estratégias para aumentar a reatividade do  $\text{CO}_2$ . Cite dois fatores experimentais que tornem mais efetivos os processos envolvendo moléculas pouco reativas, como o  $\text{CO}_2$ . Justifique sua resposta.

Note e adote:

Massas molares (g/mol): H=1, C=12, O=16, Ca=40



### Resolução



$$1 \text{ mol CaO} \longrightarrow 56 \text{ g}$$

$$n \longrightarrow 1,12 \times 10^{10} \times 10^3 \text{ g}$$

$$n = 20 \times 10^{10} \text{ mols}$$

$$\begin{aligned} \text{Reação 1:1} &\rightarrow n\text{CO}_2 = 20 \times 10^{10} \text{ mols} \longrightarrow m \\ 1 \text{ mol} &\longrightarrow 44 \text{ g} \end{aligned}$$

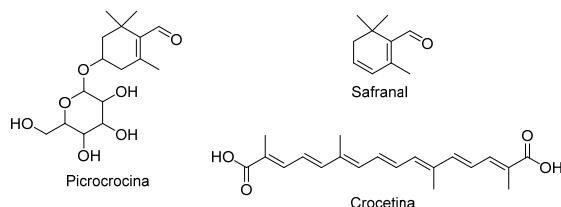
$$m = 880 \times 10^{10} \text{ g} = 8,8 \times 10^9 \text{ kg}$$

- c) Uso de catalisador para diminuir a energia de ativação. Aumento da temperatura do sistema para aumentar a velocidade de reação.

## Química

### Questão 02

O açafrão é uma especiaria com sabor, aroma e coloração muito marcantes. Nessa especiaria estão presentes moléculas como a picrocrocina, responsável pelo sabor, o safranal, responsável pelo aroma, e a crocetina, responsável pela coloração.



O safranal pode ser obtido por extração a partir do açafrão. Para realizar esse procedimento, uma certa quantidade de açafrão seco é triturada e adicionada em um frasco e, sobre ela, é adicionada uma solução aquosa diluída de carbonato de sódio de pH levemente elevado. Em seguida, um volume de n-hexano é adicionado ao mesmo frasco que, após tampado, é agitado e deixado em repouso até que duas fases, uma aquosa e outra orgânica, se separem.

- Preencha a tabela da folha de respostas indicando qual das fases, aquosa ou orgânica, contém maior quantidade dos compostos responsáveis pelo aroma e sabor. Justifique sua resposta.
- Caso o procedimento de extração descrito anteriormente seja realizado utilizando apenas água ao invés de solução aquosa de carbonato de sódio, qual das espécies descritas no enunciado terá sua eficiência de extração na fase aquosa mais prejudicada? Justifique sua resposta.
- Para determinar o teor de safranal no açafrão, foi realizada uma extração a partir de 500 mg de açafrão seco gerando 10 mL de uma solução contendo safranal em uma concentração de  $7,0 \times 10^{-4}$  mol/L. Considerando uma eficiência de 70% nesse procedimento, calcule o teor de safranal, em porcentagem de massa, no açafrão seco.

Note e adote:

Massa molar do safranal = 150 g/mol



### Resolução

a)

	Compostos relativos ao aroma	Compostos relativos ao sabor
Fase com maior quantidade	Orgânica	Aquosa

Safranal responsável pelo aroma é apolar, enquanto picrocrocina é polar.

- Crocetina. Na ausência de meio básico, os grupos ácidos da crocetina não serão desprotonados, diminuindo a sua polaridade e, consequentemente, a sua solubilidade na fase aquosa.
- 500 mg de açafrão  $\rightarrow 0,7 \text{ mmol} - 1 \text{ L logo, } 0,7 \times 10^{-5} \text{ mol de safranal em } 10 \text{ mL. Considerando } 70\%$  de rendimento:

$$\frac{0,7 \times 10^{-5}}{0,7} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ mol de safranal}$$

A massa será:

$$1,0 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 150 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,5 \text{ mg}$$

Portanto, o teor:

$$\left( \frac{1,5 \text{ mg}}{500 \text{ mg}} \right) \times 100 = 0,3\%$$

## Química

### Questão 03

Produtos que contêm íons hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ) e ácido hipocloroso ( $\text{HClO}$ ) podem ser utilizados para desinfetar ambientes. Para o tratamento de piscinas também pode ser utilizado o dicloroisocianurato de sódio (estrutura representada na folha de respostas), um sal que, ao ser solubilizado em água, produz ácido hipocloroso e um outro produto.

- a) Escreva a estrutura do outro produto formado nessa reação no quadro da folha de respostas.

Água sanitária é uma solução diluída de íons hipoclorito, gerada a partir da reação de gás cloro com íons hidróxido, formando também íons cloreto e água. Apesar de o gás cloro ser tóxico, usar a água sanitária para limpeza é seguro, porém deve-se tomar cuidado para não misturar com outros agentes de limpeza, como desinfetantes a base de amoníaco ou vinagre. A mistura com desinfetantes a base de amônia pode gerar cloroaminas tóxicas solúveis em água, como  $\text{NCl}_3$ .

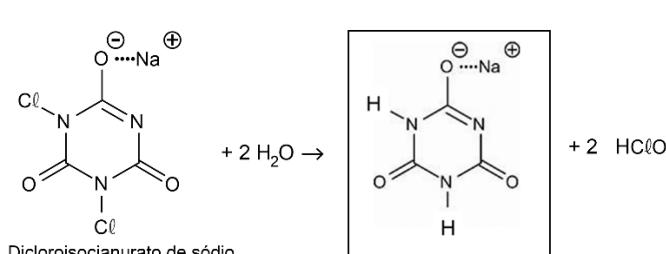
- b) Escreva o equilíbrio de formação do íon hipoclorito a partir do gás cloro em meio básico e explique, a partir desse equilíbrio, por que a adição de vinagre à água sanitária pode ser nociva à saúde.  
 c) Desenhe a estrutura de Lewis da molécula de  $\text{NCl}_3$  e justifique sua solubilidade em água com base na sua geometria.

Note e adote:

Distribuição eletrônica para:  
 N:  $1s^2 2s^2 2p^3$ ,  
 Cl:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ .

### Resolução

a)

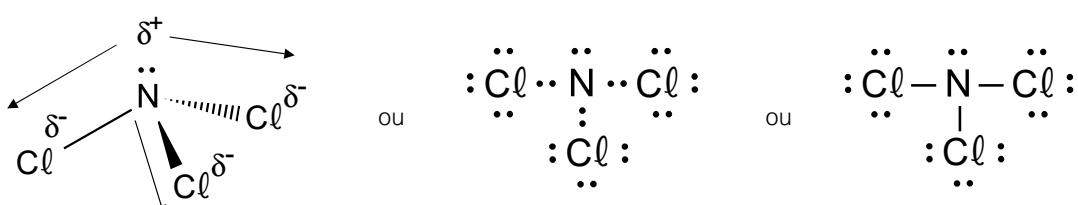


b)



Adicionar vinagre consome hidróxido deslocando o equilíbrio no sentido do gás cloro que é tóxico.

c)



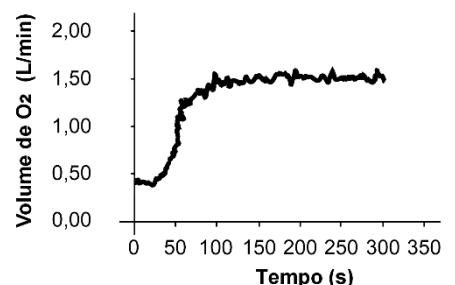
Devido à sua geometria, os momentos de dipolo não se anulam, o que faz a molécula polar e solúvel em água.

## Química

### Questão 04

Atletas podem acompanhar o andamento de atividades físicas por meio do monitoramento da quantidade de calorias gastas. A medida do número de calorias gastas é feita com base na quantidade de oxigênio consumido durante a atividade física. Além disso, considera-se que toda a energia é proveniente da combustão de moléculas de glicose, de acordo com a reação  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ . Em termos práticos, é dito que, para obter a quantidade de calorias gastas em kcal/min, o volume de oxigênio consumido em litros por minuto, em determinada temperatura e pressão, deve ser multiplicado por um valor Q.

- O gráfico mostra o volume de oxigênio consumido por um atleta ao longo da atividade física. Considerando que o consumo máximo de oxigênio se mantém aproximadamente constante durante a atividade, calcule quantos mols de oxigênio esse atleta consome ao completar a corrida de rua “Volta da USP” em 50 min.
- Calcule a energia liberada na combustão da glicose em kcal por mol de  $O_2$  e obtenha o valor de Q em kcal/L.
- Em treinos muito intensos, pode ocorrer produção de ácido láctico, cujo acúmulo leva a dores musculares. Sua produção ocorre a partir da glicose segundo a reação  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3$ . Com base nas entalpias de formação das espécies envolvidas, calcule a variação de entalpia da reação de produção de ácido láctico a partir da glicose, em kcal/mol, e quantas vezes mais glicose deve ser consumida para que essa reação gere a mesma quantidade de energia obtida na reação de combustão da glicose.



Note e adote:

Entalpia de combustão da glicose = - 675 kcal/mol de glicose

Entalpia de formação da glicose = - 300 kcal/mol de glicose

Entalpia de formação do ácido láctico = -160 kcal/mol de ácido láctico

Volume molar do  $O_2$  = 22,5 L/mol



### Resolução

$$a) 1,5 \times 50 \text{ mm} = \frac{75 \text{ L } O_2}{22,5 \text{ L/mol}} = 3,3 \text{ mols}$$

- Pela estequiometria da reação tem-se 1 mol de glicose para 6 mols de  $O_2$ . Portanto, a quantidade de energia liberada por mol de  $O_2$  é de:

$$\frac{675 \text{ kcal}}{6} = 112,5 \text{ kcal}$$

Como 112,5 kcal equivalem a 1 mol de  $O_2$  e, portanto, 22,5 L, o fator Q será dado por:

$$\frac{112,5}{22,5} = 5 \text{ kcal/L}$$

$$c) \Delta rH = 2x (-160) - (-300) = -320 + 300 = -20 \text{ kcal/mol}$$

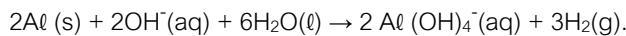
$$\frac{m}{M} = \frac{-675}{-20} = 33,75 \cong 34$$



## Química

### Questão 05

Em um momento da trilogia de filmes “De volta para o futuro”, a máquina do tempo, que é um automóvel, é abastecida com restos de alimentos e uma latinha de alumínio. A possibilidade de usar alumínio como combustível em automóveis foi proposta por pesquisadores da Universidade Politécnica da Catalunha. Neste caso, o automóvel seria movido pela combustão do hidrogênio gerado na reação das latas de alumínio com hidróxido de sódio, de acordo com a seguinte reação balanceada:



- Escreva, no quadro da folha de respostas, o número de oxidação dos átomos de Al e H nas espécies indicadas.
- Considerando um automóvel movido a hidrogênio gerado pela reação anterior, qual massa de Al, em quilogramas, é necessária para produzir a mesma quantidade de energia liberada pela combustão de 57 L de etanol contidos no tanque de um carro convencional.
- Grande parte do custo de produção das latas de alumínio, tanto a partir de seu óxido ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), quanto por meio da reciclagem do Al metálico, advém dos processos de fusão desses materiais. No caso do óxido, a fusão é necessária para a realização da eletrólise ígnea, enquanto no caso do Al reciclado, a fusão é necessária para a remoldagem. Responda quais tipos de ligação química existem no alumínio e no óxido de alumínio sólidos e explique por que é necessário realizar a fusão do óxido de alumínio para sua eletrólise.

Note e adote:

Entalpia de combustão do etanol hidratado =  $-2.5 \times 10^4 \text{ kJ/L}$

Entalpia de combustão do gás hidrogênio =  $-285 \text{ kJ/mol}$

Massa molar do Al = 27 g/mol

### Resolução

a)

Alumínio		Hidrogênio	
Al (s)	$\text{Al(OH)}_4^-$ (aq)	$\text{OH}^-$ (aq)	$\text{H}_2$ (g)
0	+3	+1	0

b)

$$m_{\text{Al}} = \frac{2(\text{mol}) \times 57(\text{l}) \times 2,5 \times 10^4 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{L}} \right) \times 27 \left( \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{3 \times 285 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)} = 90.000 \text{ g} = 90 \text{ kg}$$

- c) No óxido de alumínio existe ligação iônica e, no alumínio, ligação metálica. É necessário realizar a fusão para geração de íons  $\text{Al}^{3+}$  que sofrerão eletrólise.

## Química

### Questão 06

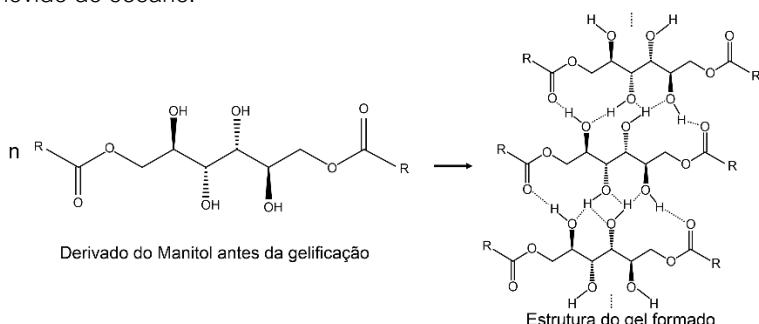
O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos predominantemente apolares e seu derramamento no oceano traz grandes prejuízos do ponto de vista ambiental e econômico. Quando há derramamento, deve ser feita a contenção do material seguida pela limpeza, que pode ocorrer por meio da queima controlada, autorizada no Brasil em 2017.

- a) A figura mostra a queima controlada de um derramamento de petróleo. Explique o que pode ocorrer em uma combustão para gerar uma grande quantidade de fuligem como a exibida na foto.

Outra possibilidade para a limpeza do derramamento é a remediação química, como a realizada por gelificantes, que não poluem a atmosfera. Por exemplo, um derivado do manitol com cadeias carbônicas laterais ( $R$ ) pode atuar como gelificante. Quando uma solução aquosa dessa espécie é adicionada a um meio não-aquoso, como o petróleo, ligações de hidrogênio entre as cadeias do gelificante são estabelecidas, promovendo a formação do gel, conforme a representação a seguir. O gel formado pode interagir com o petróleo, resultando em um gel impregnado de óleo que pode ser facilmente separado e fisicamente removido do oceano.



Fonte: FINGAS, 2012

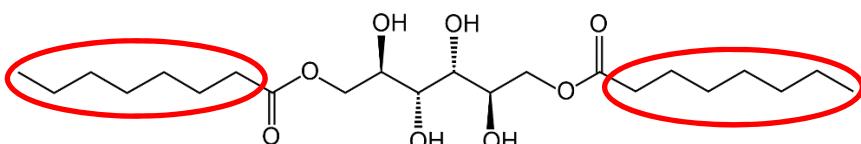


- b) Dada a molécula de gelificante desenhada na folha de respostas, circule em sua estrutura quais partes interagem predominantemente com os compostos que constituem o petróleo. Quando se diminui a quantidade de carbonos da cadeia lateral da molécula desenhada, na folha de respostas, de  $C_7H_{15}$  para  $C_3H_7$ , a eficiência de remoção de petróleo é maior, menor ou igual? Justifique sua resposta com base nas interações intermoleculares.  
 c) Explique, com base em interações intermoleculares, por que a molécula de gelificante em água não está na forma gelatinosa, que é formada apenas quando o gelificante entra em contato com o óleo.

### Resolução

a) A combustão incompleta do óleo gera uma grande quantidade de fuligem.

b)



Menor porque, ao diminuir a cadeia, a eficiência é reduzida, já que a interação intermolecular com o petróleo é menos efetiva.

c) Em água, a molécula de gelificante forma ligações de hidrogênio com água, mantendo-se solúvel. Ao ser adicionada em óleo, a água não está disponível e, portanto, não pode mais fazer ligação de hidrogênio com a água e passa a interagir entre si, formando o gel.