

OLIMPIÁDA  
MINEIRA

QUÍMICA



Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

**Instruções:**

- 1 – Esta prova contém 20 questões de múltipla escolha e três questões discursivas.
- 2 – Antes de iniciar a prova, confira se todas as folhas estão presentes. Caso haja algum problema, solicite a substituição da prova.
- 3 – Você está recebendo dois cadernos:
  - a) OMQ 2015 Questões – que você poderá levar com você ao final da prova.
  - b) OMQ 2015 Respostas – que você entregará ao aplicador ao final da prova.
- 4 – **Responda às questões de 1 a 20 (escolhendo a alternativa adequada) no caderno de respostas. As três questões discursivas (01, 02 e 03) devem ser respondidas no espaço indicado para as respostas, no caderno OMQ 2015 de Respostas.**
- 5 – O tempo de duração da prova é de 3:00 horas.
- 6 – Não será permitido o uso de calculadoras ou de quaisquer outros dispositivos eletrônicos.
- 7 – Preencha os dados (nome, escola, e-mail e nome do professor) na primeira folha do caderno de respostas. Esses dados serão usados na divulgação dos resultados. **ESCREVA O E-MAIL USANDO LETRA DE FORMA.**

**Realização:**

UFMG

**Apoio:**





## Questões de Múltipla Escolha

**Questão 01.** O sulfato ferroso é um sal usado como suplemento alimentar e possui elevada solubilidade em água (29,5 g para cada 100 g de água à temperatura de 25 °C). Em um laboratório, uma amostra do referido sal foi contaminada por limalhas de zinco, um metal que não sofre influência de um campo magnético, por exemplo, um ímã. Considerando que se deseja separar as duas substâncias, uma sequência experimental adequada seria:

- a) adição de água à mistura e filtração seguida da destilação do filtrado.
- b) adição de água à mistura e uso de um ímã seguido de destilação da solução.
- c) filtração fracionada da mistura e adição de água seguida de destilação.
- d) uso de um ímã e lavagem do sal seguida de decantação da solução.

**Questão 02.** Uma propriedade importante que nos dá uma ideia sobre a força de uma ligação iônica é a Energia de Rede. Ela é a energia requerida para separar completamente um mol de um sólido iônico em seus íons no estado gasoso. Ou seja, quanto maior é o valor da energia de rede, maiores devem ser as temperaturas de fusão e ebulição dos compostos iônicos. Os valores da energia de rede dependem basicamente da carga dos íons ( $Z^+$  e  $Z^-$ ) e da distância entre eles ( $r$ ), conforme representado pela equação a seguir.

$$E_{rede} = \frac{NAZ^+Z^-e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

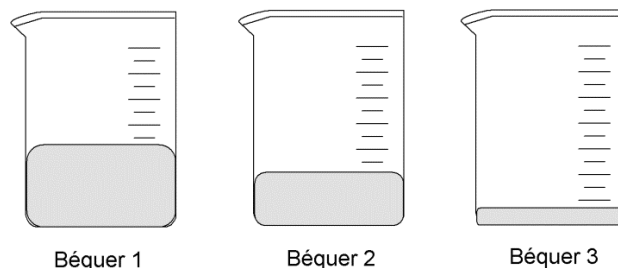
Com base no texto anterior e considerando que todas as outras variáveis dessa equação são constantes, algumas afirmações foram feitas.

- I. a energia de rede do NaCl é menor do que a energia de rede do  $\text{CaCl}_2$ .
- II. a temperatura de fusão de óxido de sódio é maior do que a temperatura de fusão do óxido de ferro(II).
- III. A energia de rede do fluoreto de lítio é menor do que a energia de rede do óxido de lítio.
- IV. a temperatura de fusão do óxido de magnésio é maior do que a temperatura de fusão do óxido de bário.

O número de afirmativas **CORRETAS** é:

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

**Questão 03.** Em um experimento, realizado à temperatura de 25 °C, massas idênticas de mercúrio, água e tetracloreto de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) foram colocadas em béqueres distintos e idênticos, conforme representado pela figura a seguir. As escalas dos béqueres são meramente ilustrativas.



Sabendo que a densidade de cada substância corresponde à: 13,6 (mercúrio), 1,00 (água) e 1,59 g  $\text{mL}^{-1}$  ( $\text{CCl}_4$ ), leia as afirmativas abaixo.

- I. A mistura do conteúdo dos três béqueres gera uma mistura heterogênea com 3 fases, tendo a água na parte superior do béquer.
- II. A mistura do conteúdo dos béqueres 1 e 2 gera uma mistura heterogênea, tendo a água na parte inferior do béquer.
- III. A mistura do conteúdo dos béqueres 2 e 3 gera uma mistura heterogênea, tendo o  $\text{CCl}_4$  na parte superior do béquer.
- IV. Os béqueres 1, 2 e 3 contém, respectivamente, mercúrio,  $\text{CCl}_4$  e água.

O número de afirmativas **CORRETAS** é:

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

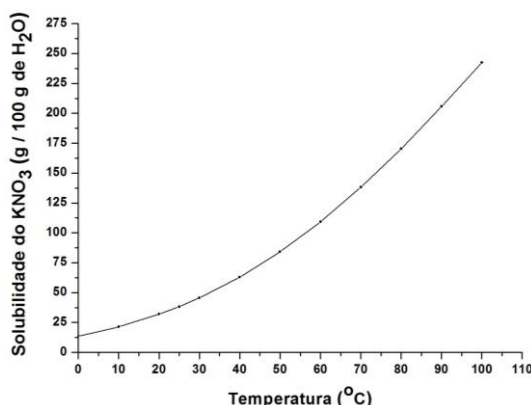
**Questão 04.** Sobre as vidrarias utilizadas no laboratório é **CORRETO** afirmar que:

- a) um erlenmeyer é usado em uma filtração a vácuo.
- b) um funil de decantação é usado para separar líquidos miscíveis.
- c) um erlenmeyer e uma bureta são usados em uma titulação.
- d) um balão volumétrico é usado em destilações fracionadas

**Questão 05.** Qual espécie listada abaixo apresenta uma característica em comum com o sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ) e o argônio (Ar)?

- a)  $\text{Ti}^{2+}$ .
- b)  $\text{Cl}^+$ .
- c)  $\text{Al}^{3+}$ .
- d)  $\text{Ca}^{2+}$ .

**Questão 06.** A solubilidade do sal nitrato de potássio em água, em função da temperatura, se comporta como mostra o gráfico.



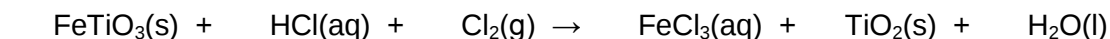
Considerando que não há formação de uma solução supersaturada, podemos afirmar que:

- a) uma mistura contendo 30 g desse sal em 50 g de água é homogênea a 50 °C.
- b) a dissolução de 65 g desse sal em 50 g de água será maior a temperaturas abaixo de 35 °C.
- c) o resfriamento da solução a 45 °C contendo 40 g desse sal em 50 g de água não variará a quantidade de sólido dissolvido.
- d) uma solução saturada é formada quando se misturam 60 gramas desse sal em 50 gramas de água a temperatura 60 °C.

**Questão 07.** O espetáculo de cores que é visualizado quando fogos de artifício são detonados deve-se à presença de elementos químicos adicionados à pólvora. As cores amarelo, carmim, alaranjado, azul esverdeado, verde e violeta são devido aos elementos sódio, estrôncio, cálcio, cobre, bário e potássio, respectivamente. Sobre os elementos químicos mencionados no texto, é **CORRETO** afirmar que:

- a) O sódio e o cálcio são dos grupos I e II, sendo considerados metais alcalinos.
- b) O estrôncio e o bário são do grupo I, sendo considerados metais alcalinos terrosos.
- c) O potássio e o sódio são do grupo I, sendo considerados metais alcalinos.
- d) O cálcio é considerado um metal alcalino e o cobre é considerado um metal de transição.

**Questão 08.** O TiO<sub>2</sub>, na forma de rutilo, é usado como pigmento em tintas brancas. Essa substância pode ser obtida com rendimento de 100%, por meio da reação entre a ilmenita, FeTiO<sub>3</sub>, e o cloro, em meio ácido, de acordo com a equação química não balanceada:



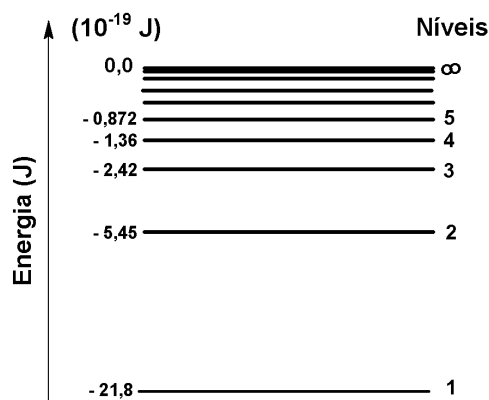
Qual a quantidade de matéria de rutilo pode ser preparada a partir de 950 g de um minério que contém 80% m/m de ilmenita?

- a) 6,25 mol
- b) 6,50 mol
- c) 5,00 mol
- d) 5,50 mol

**Questão 09.** Uma ligação química covalente tem origem na capacidade de troca (compartilhamento) de elétrons entre dois (ou mais) centros atômicos. Essa troca é assimétrica, nos casos em que dois centros de ligação são íons, isto é, espécies com cargas opostas interagindo entre si. Nesse caso, contudo, sabemos que íons de cargas opostas interagem formando uma ligação iônica. Assim, uma ligação iônica sempre carrega, em maior ou menor escala, um caráter covalente de ligação química. O caráter covalente de uma ligação iônica pode ser estimado pelos raios iônicos de espécies químicas participantes: quanto maior for o raio do ânion, mais polarizável ele é, ou seja, maior será sua habilidade em trocar elétrons com outros centros de cargas opostas. Por outro lado, quanto maior for a carga do cátion, este consegue trocar elétrons com um ânion com maior eficiência. Considerando essas informações, qual dos compostos iônicos abaixo deve apresentar maior caráter covalente da ligação?

- a) LiF
- b) LiCl
- c)  $\text{AlF}_3$
- d)  $\text{AlCl}_3$

**Questão 10.** O diagrama apresentado a seguir foi construído para o átomo de hidrogênio considerando-se o modelo do átomo segundo Bohr.



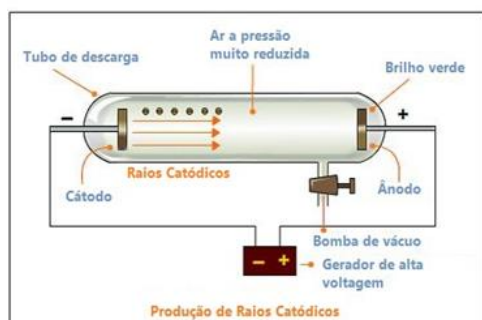
Algumas afirmações são feitas considerando-se o diagrama citado:

- I. a energia do elétron no terceiro estado excitado é maior do que a energia do elétron no estado fundamental.
- II. o fóton emitido quando o elétron é excitado de  $n = 1$  para  $n = 4$  tem energia de  $20,44 \times 10^{-19} \text{ J}$ .
- III. a variação de energia da transição de  $n = 1$  para  $n = \infty$  corresponde à energia de ionização do átomo de hidrogênio.
- IV. a energia do fóton absorvido quando um elétron é excitado é quantizada e depende dos níveis envolvidos na transição eletrônica.

O número de afirmativas **CORRETAS** é:

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

**Questão 11.** As figuras (I a IV), a seguir, se correlacionam aos modelos atômicos desenvolvidos na história da Ciência e que foram muito importantes na compreensão e elucidação da estrutura da matéria.



(I)



(II)



(III)



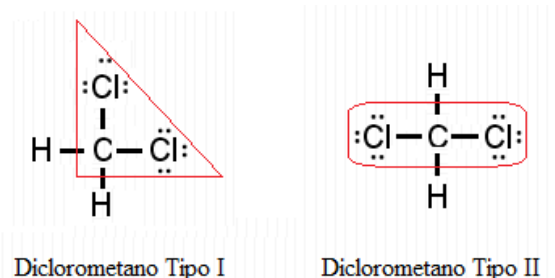
(IV)

Fonte das Figuras: (I) <http://aspiracoesquimicas.net/2012/02/>; (II) <http://ultradownloads.com.br/papel-de-parede/Bolas-de-sinuca--205351/>; (III) <http://www.ifvll.ethz.ch/research/Comparison>; (IV) <http://www.cybercook.com.br/receita-de-pudim-de-leite-com-uvas-passas-r-7-110443.html>.

Sobre estes modelos, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- a) A Figura (I) corresponde ao experimento que permitiu a proposição da existência de elétrons na matéria.
- b) A Figura (III) se aproxima ao modelo proposto por Bohr.
- c) Graças ao modelo referente à Figura (II), diversas características sobre a matéria puderam ser compreendidas, como o fenômeno de conservação de massas.
- d) A Figura (IV) faz alusão ao modelo atômico de Thomson, que foi a primeira proposta sobre a existência de núcleo no átomo.

**Questão 12.** O diclorometano,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , pode ser representado por dois tipos diferentes de estruturas moleculares, conforme representado abaixo:



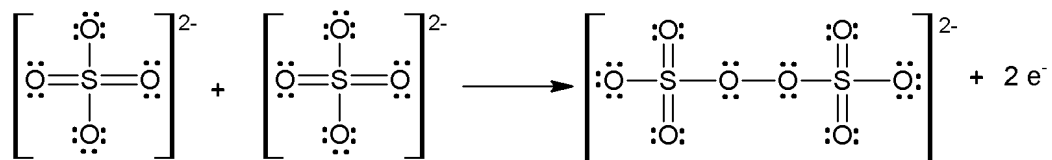
Contudo, observado experimentalmente, só existe uma espécie dessa molécula na natureza. As duas formas, tipo I e tipo II, visualizadas acima formam, na verdade, uma única espécie de molécula. Este aparente resultado controverso se dá em razão de:

- As estruturas para as moléculas do diclorometano, tipo I e tipo II, serem representações bidimensionais de uma mesma estrutura molecular tridimensional.
- Há uma troca permanente entre os átomos de cloro e hidrogênio na molécula real, tal que os tipos I e II de estruturas moleculares coexistem, em quantidades iguais, para formar uma única substância diclorometano.
- Rotações atômicas de  $90^\circ$  no sentido horário ao longo da bissetriz do ângulo reto formado entre as ligações  $\text{H-C-Cl}$  demonstram claramente que as estruturas I e II do diclorometano são rigorosamente iguais.
- Na natureza, somente a estrutura mais estável do tipo I do diclorometano é observada, pois a enorme repulsão entre os pares de elétrons sobre o átomo de cloro na estrutura do tipo II torna-a instável e, portanto, inexistente.

**Questão 13.** Considerando que uma molécula contenha 2 (dois) átomos de carbono, 4 (quatro) átomos de hidrogênio e 1 (um) de oxigênio, indique a estrutura de Lewis aceitável para essa molécula:

- 
- 
- 
-

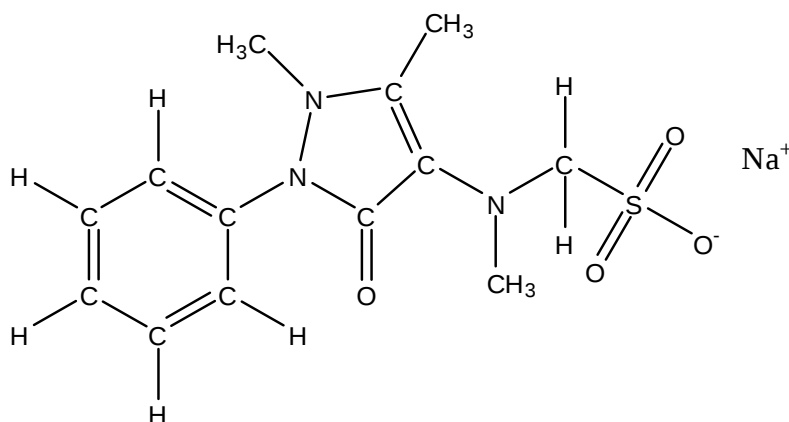
**Questão 14.** O íon persulfato,  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ , é uma espécie química formada por meio de um processo de dimerização oxidativa do íon sulfato,  $\text{SO}_4^{2-}$ :



Observando a estrutura molecular do íon persulfato, podemos afirmar que:

- No persulfato de sódio sólido,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ , uma ligação iônica e outra covalente estabilizam a interação entre os íons sódio e persulfato.
- A ligação oxigênio-oxigênio existente no íon persulfato é uma ligação iônica, pois é formada pela interação entre dois átomos de oxigênio negativos dos íons sulfato.
- Os estados de oxidação do átomo de enxofre nos íons sulfato e persulfato são, respectivamente,  $6+$  e  $7+$ .
- O íon persulfato deve ser representado por uma única estrutura de Lewis.

**Questão 15.** A um paciente, o qual se queixava de dor de cabeça, foi receitado metamizol sódico (ou dipirona sódica), em uma dosagem de 250 mg, a cada 6 horas. A fórmula estrutural deste analgésico é dada abaixo:



A quantidade de matéria do analgésico ingerida pelo paciente por dia é igual a:

- 0,015 mol
- 0,0015 mol
- 0,003 mol
- 0,03 mol

**Questão 16.** O nitrogênio é um elemento essencial à vida, mas em alguns casos, ele pode ser um grande problema ambiental. Os fertilizantes, usados mundialmente, costumam trazer grande porcentagem de nitrogênio. Cerca de 60% do nitrogênio presente nos fertilizantes pode não ser incorporado pelas plantas, ficando livre para escorrer nas zonas de raízes e então poluir rios, lagos, aquíferos e áreas costeiras. Além disso, algumas reações envolvendo nitrogênio liberam óxido de nitrogênio na atmosfera – um gás que contribui para o efeito estufa e que tem um potencial de aquecimento de 300 vezes superior ao do dióxido de carbono (por molécula). O óxido de nitrogênio ainda destrói o ozônio na estratosfera, que protege a superfície da Terra e os seres vivos da radiação ultravioleta nociva (UV-B). Texto extraído e adaptado de “Nitrogênio é apontado como novo vilão do ecossistema”, <http://hypescience.com/nitrogenio-e-apontado-como-novo-vilao-do-ecossistema/>.

Dentre os compostos abaixo, todos os fertilizantes a base de nitrogênio são:

- a) Nitrato de cálcio, ureia e sulfato de amônio
- b) Nitrato de amônio, sulfato de cálcio e ureia
- c) Amônia, nitrato de potássio e fosfato de amônio
- d) Cloreto de amônio, amônia e carbonato de sódio

**Questão 17.** Considere o trecho a seguir, retirado do trabalho de Campos e Silva (CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. Funções da química inorgânica... funcionam? **Química Nova na Escola**, N° 9, p. 18-22, 1999).

“Há sais que são ácidos, há óxidos que são bases, há óxidos que são sais ou mesmo ácidos que são bases. Isso ocorre porque o comportamento das espécies químicas é sempre relativo (à outra espécie com que a interação é estabelecida)...”

Todas as equações químicas representadas a seguir são ilustrativas desse trecho, **EXCETO** em:

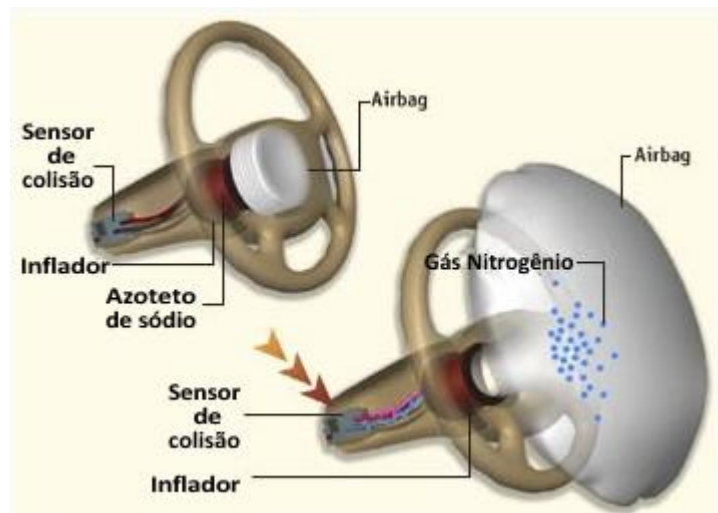
- a)  $2 \text{HCl(aq)} + \text{Na}_2\text{O(s)} \rightarrow \text{H}_2\text{O(l)} + 2 \text{NaCl(aq)}$
- b)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s}) + 12 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 \text{Al(OH)}_3(\text{s}) + 6 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + 3 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
- c)  $\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{NO}_3^+(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$
- d)  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

**Questão 18.** Um feito inédito foi tentado durante a Idade Média pela escola dos chamados alquimistas. Este feito foi a realização da transmutação de elementos químicos, em particular chumbo em ouro, usando reações químicas comuns. Como foi descoberto bem mais tarde, esse feito é impossível. É **CORRETO** afirmar que, o impossível aqui, não é a transmutação dos elementos em si, mas,

- a) tentar fazê-lo usando reações com energias típicas de reações químicas, condições que permitem apenas trocas de elétrons entre os elementos químicos.
- b) transmutação só é possível quando muda o número de nêutrons no núcleo. Para isso, são necessárias reações nucleares com energias milhões de vezes maiores que as energias típicas das reações químicas.

- c) transmutação só é possível quando muda o número de elétrons no núcleo. Para isso, são necessárias reações nucleares com energias milhões de vezes menores que as energias típicas das reações químicas.
- d) tentar fazê-lo usando reações com energias típicas de reações químicas, condições que permitem a troca de prótons e nêutrons entre elementos químicos.

**Questão 19.** O *airbag* é um equipamento de segurança obrigatório no Brasil. A bolsa do *airbag* é feita de um material bastante reforçado e resistente, que costuma ser o polímero *nylon*. No interior dessa bolsa há uma mistura de reagentes: azoteto de sódio ( $\text{NaN}_3$ ), nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) e dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ). No momento da colisão, sensores localizados em pontos estratégicos do carro detectam a forte desaceleração do veículo e são acionados, emitindo sinais para uma unidade de controle. O sensor é ligado a um filamento que fica em contato com uma pastilha de azoteto de sódio ( $\text{NaN}_3$ ), dentro do *airbag*. Ele emite uma descarga elétrica, que aquece o azoteto, fornecendo a energia de ativação necessária para dar início à reação, que libera grande quantidade de gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e sódio sólido a partir da decomposição do  $\text{NaN}_3$ , em frações de segundo, como mostrado a seguir:

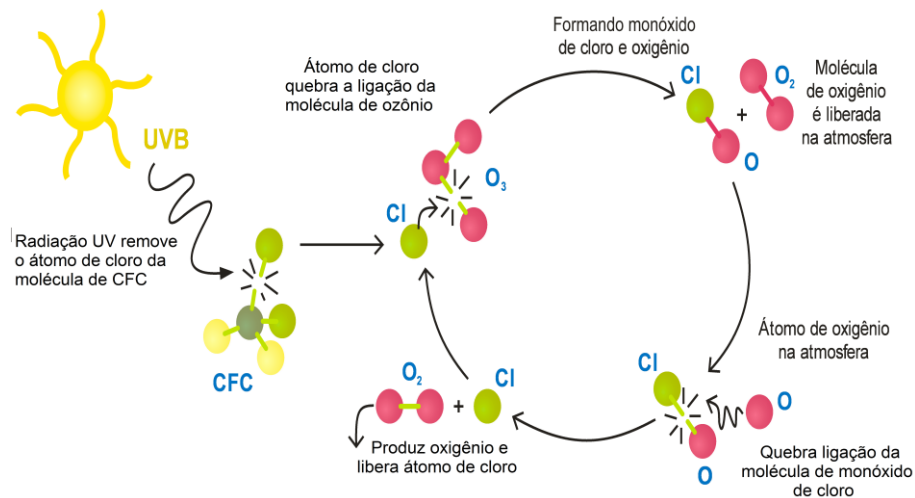


Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/quimica/quimica-dos-airbags.html>

Sabendo que o volume total de uma bolsa de *airbag* é de 70,0 litros e, que nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP) 1 mol de gás corresponde a um volume de 22,4 litros, qual é a massa de azoteto de sódio necessária para inflar todo o dispositivo de segurança?

- a) 304 g  
b) 67,5 g  
c) 405 g  
d) 135 g

**Questão 20.** Considere as informações contidas na figura a seguir:



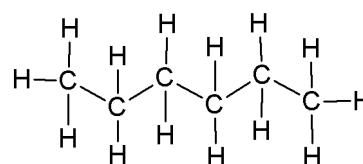
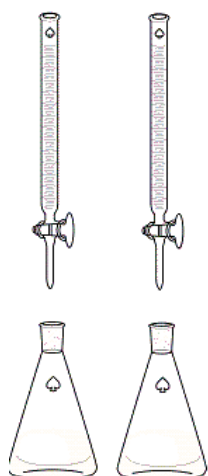
**Fonte:** <http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio>

Considerando as informações contidas na figura e conhecimentos sobre o processo apresentado, todas as afirmativas abaixo são verdadeiras, **EXCETO**:

- o diagrama representa um processo fotoquímico do ozônio.
- os CFC (clorofluorcarbonos) são proibidos porque eles geram espécies que facilitam a reação de decomposição de um dos alótropos de oxigênio.
- o processo descrito ocorre porque o CFC difunde-se facilmente para a região da estratosfera.
- o monóxido de cloro (ClO) e o átomo de oxigênio são espécies que possuem todos os elétrons emparelhados, por isso reagem com outras espécies do meio.

## Questões Discursivas

**Questão 01.** Água e n-hexano são substâncias comuns em um laboratório. Uma forma de diferenciá-los é pelo odor. Uma outra forma de diferenciação consiste em colocar o n-hexano e a água em duas buretas distintas, lado a lado, conforme a figura abaixo. Em seguida as torneiras das buretas são abertas até que um fio fino de cada líquido caia nos respectivos frascos coletores. Um bastão de plástico recém atritado em uma flanela foi posicionado entre os dois fios destas substâncias, e observa-se que um dos fios foi deslocado.



Estrutura do n-hexano

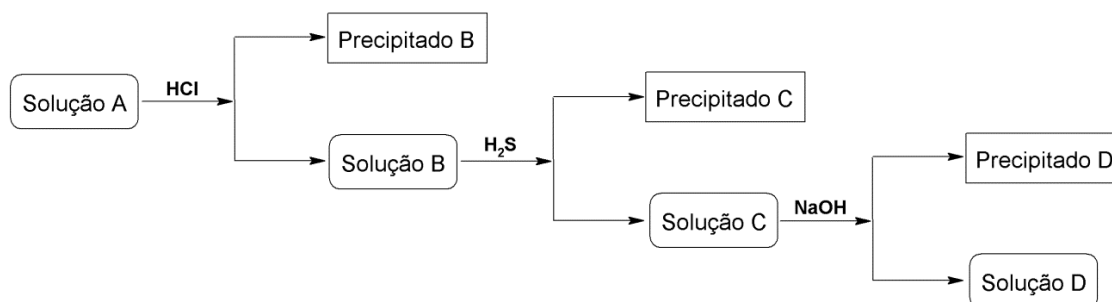
- a) A partir da observação do experimento, como se pode saber qual das duas buretas contém n-hexano? Por quê?
- b) Faça um desenho que represente o resultado observado quando o bastão se aproxima do fio de água.

**Questão 02.** Quando colocamos uma pequena quantidade de cloreto de sódio (sal de cozinha) em água e agitamos com uma colher, observamos que ocorre a dissolução do sal e forma-se uma mistura homogênea que podemos denominar de solução. O mesmo ocorre quando utilizamos o açúcar, ou seja, o açúcar é solúvel em água, ele forma uma solução com esta substância. Assim, para se formar uma solução, uma propriedade importante é a solubilidade das substâncias. A formação de um precipitado em uma reação química ocorre em função da insolubilidade da substância naquele meio. Considere a tabela de solubilidade de sais apresentada a seguir para responder aos itens seguintes.

**Tabela:** Solubilidade de algumas substâncias em água.

| Compostos                    | Solubilidade | Exceções                                                                                                                   |
|------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nitratos                     | Solúveis     |                                                                                                                            |
| Cloretos, brometos e iodetos | Solúveis     | $\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Cu}^+$ e $\text{Hg}_2^{2+}$                                                      |
| Sulfatos                     | Solúveis     | $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ e $\text{Pb}^{2+}$                                                                     |
| Hidróxidos                   | Insolúveis   | Metais alcalinos, $\text{NH}_4^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ e $\text{Sr}^{2+}$                                 |
| Sulfetos                     | Insolúveis   | $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ e $\text{Ba}^{2+}$ |

a) Uma mistura homogênea (Solução A) contém os íons  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  solubilizados em água. Essa mistura foi submetida ao processo representado no Esquema a seguir, no qual HCl,  $\text{H}_2\text{S}$  e NaOH foram usados solubilizados em água, ou seja, na forma de soluções. Escreva as equações químicas que representam as reações de formação dos precipitados B, C e D.



**Esquema 1.** Rota para separação de cátions.

b) Considere que você tenha uma mistura contendo aproximadamente as mesmas quantidades de nitrato de potássio, tetracloreto de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) e sulfato de bário. Sabendo que você tem disponível água, óleo e vidrarias de laboratório indique um procedimento para separação dessa mistura.

c) Qual(is) é(são) o(s) tipo(s) de interação(ões) interpartículas (dipolo-dipolo, dipolo induzido-dipolo induzido, ligação de hidrogênio, dipolo-dipolo induzido ou íon-dipolo) que existe(m) entre o iodeto de sódio e a água quando eles formam uma mistura homogênea? Faça um desenho que represente adequadamente a interação escolhida.

**Questão 03.** Os halogênios são não-metais reativos, principalmente o flúor. Sobre os compostos contendo halogênios, faça o que se pede em cada item abaixo.

a) Complete o quadro a seguir. Para a geometria da espécie deverá ser apresentado **o nome correspondente**. Em cada fórmula apresentada, o átomo central está em negrito.

| Espécie                | Estrutura de Lewis | Geometria da Espécie | Momento de dipolo da molécula ( $\mu = 0$ ou $\mu \neq 0$ ) |
|------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>BF</b> <sub>3</sub> |                    |                      |                                                             |
| <b>PF</b> <sub>3</sub> |                    |                      |                                                             |
| <b>OF</b> <sub>2</sub> |                    |                      |                                                             |
| <b>HO</b> F            |                    |                      |                                                             |

b) Considerando as espécies  $\text{PF}_3$  e  $\text{NF}_3$ , que tem momento dipolo 1,03 D e 0,235 D, respectivamente, qual delas é mais polar? Justifique sua resposta (uma comparação dos momentos de dipolo não será aceita como resposta). Dado: a eletronegatividade ( $\chi$ ) de cada átomo vale: N = 3,04, P = 2,19 e F = 3,98.

c) O ângulo de ligação H-P-H no  $\text{PH}_3$  é igual a  $93,3^\circ$  e o ângulo de ligação F-P-F no  $\text{PF}_3$  é de  $97,8^\circ$ . Justifique porque o ângulo de ligação no  $\text{PF}_3$  é maior do que no  $\text{PH}_3$ .

