



## **A MATEMÁTICA ESTÁ EM TUDO**

“A matemática está em tudo” este é o tema da 14ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia - SNCT 2017. A escolha baseia-se no fato da realização, em julho deste ano, da Olimpíada Internacional de Matemática e, no ano seguinte, do Congresso Internacional de Matemática, ambos sediados pela primeira vez aqui no Brasil.

A Matemática é usada como ferramenta essencial em incontáveis áreas do conhecimento humano, como a Física, Biologia, Química, Engenharia, Economia, Administração, Artes, Agricultura e até na Medicina, estando tão presente na vida cotidiana que, às vezes, é pouco notada.

Da mesma forma, a Química tem um papel intrínseco no entendimento das outras ciências, pois está na base do desenvolvimento econômico e tecnológico, da siderurgia à indústria da informática, das artes à construção civil, da agricultura à indústria aeroespacial. Logo, não há área ou setor que não utilize em seus processos ou produtos os conhecimentos oriundos da química.

Através de atividades interdisciplinares, integrando de forma contextualizada vários saberes diferentes destas duas ciências, é possível desenvolver a socialização dos conhecimentos químicos e o desenvolvimento significativo de habilidades e competências nos estudantes.

Assim, os sujeitos de um projeto interdisciplinar podem ter diferentes histórias de vida que levam a níveis de formação diferentes, sem considerar a relação hierárquica das ciências, mas apenas o fato de que há educadores em diferentes níveis de desenvolvimento profissional, podendo gerar situações educacionais mais promissoras.

A Comissão.

## PARTE A - QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

**Questão 1** – A matemática está sempre presente na vida de um químico. Em um laboratório, um químico preparou uma solução de sulfato de potássio dissolvendo 13,92 g do sal em 100 mL de água deionizada e em seguida transferiu a solução para um balão volumétrico de 200 mL e completou o volume. Com relação à solução obtida, assinalar a alternativa INCORRETA:

- a) O título da solução é igual a 0,079.
- b) A concentração em quantidade de matéria é de  $0,400 \text{ mol L}^{-1}$ .
- c) Ao se adicionar 200,0 mL de água à solução, sua nova concentração será de  $34,80 \text{ g L}^{-1}$ .
- d) A solução obtida terá caráter neutro.
- e) A concentração dos íons  $\text{K}^+_{(\text{aq})}$  é de  $0,800 \text{ mol L}^{-1}$ .

RESPOSTA:

$$M(\text{sal}) = 174 \text{ g mol}^{-1}$$

a) Cálculo do título da solução:

$$\tau = \frac{\text{massa soluto}}{\text{massa solução}} = \frac{13,92 \text{ g}}{213,92 \text{ g}} = 0,065$$

b) Concentração molar:

$$[\text{sal}] = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} = \frac{13,92 \text{ g}}{(174 \text{ g mol}^{-1}) \times (0,2 \text{ L})} = 0,4 \text{ mol L}^{-1}$$

c) Concentração comum:

$$[\text{sal}] = \frac{m}{V} = \frac{13,92 \text{ g}}{0,4 \text{ L}} = 34,8 \text{ g L}^{-1}$$

d) A solução NÃO terá caráter neutro, mas apresentará uma leve alcalinidade.

e) A reação de dissolução em meio aquoso é:



$$[\text{K}^+] = 2 \times [\text{sal}] = 2 \times 0,4 \text{ mol L}^{-1} = 0,8 \text{ mol L}^{-1}$$

**Questão 2** – No final do século XIX, Mendeleiev apresentou à Sociedade Russa de Química sua proposta de Tabela Periódica, com muitos espaços em branco, reservados para elementos ainda não descobertos. A proposta de Mendeleiev era baseada na convicção da existência de relações periódicas entre as propriedades físico-químicas dos elementos. Um outro químico russo, Berlikov, fez duras críticas, concluindo com uma pergunta: "Pode a natureza ter espaços em branco?" Mendeleiev manteve sua proposta, que se mostrou coerente, sendo que os espaços em branco foram preenchidos gradativamente. A tabela abaixo apresenta duas propriedades periódicas, com unidades de medida adequadas:

Elemento	Propriedade 1	Propriedade 2
Berílio	1,12	215
Cálcio	1,97	141
Selênio	1,40	225

Assinalar a alternativa que indica as propriedades 1 e 2, respectivamente:

- a) Raio Atômico e Densidade Absoluta.
- b) Eletropositividade e Potencial de Ionização.
- c) **Raio Atômico e Potencial de Ionização.**
- d) Eletronegatividade e Raio Atômico.
- e) Densidade absoluta e Eletroafinidade.

**RESPOSTA:**

Na propriedade 1, o valor do Berílio é menor do que o do Cálcio (ambas na mesma família), que por sua vez é maior que o do Selênio (mesmo período que o Cálcio). Logo, essa propriedade é o Raio Atômico, que tem um aumento de cima para baixo na família e aumenta da esquerda para a direita no mesmo período. Por raciocínio análogo, a propriedade 2 é o Potencial de Ionização, uma vez que o mesmo é inversamente proporcional ao Raio Atômico.

**Questão 3** - A água pura é um mau condutor de corrente elétrica e dessa forma fica muito difícil realizar sua eletrólise. Por isso, para realizar este fenômeno é necessário adicionar uma pequena quantidade de sal, como o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  por exemplo, que torna o meio condutor. Considerando o movimento das espécies químicas para os eletrodos, é CORRETO afirmar que:

- a) no cátodo ocorre a semirreação:  $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$ .
- b) **no ânodo ocorre a semirreação:  $2\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ .**
- c) no ânodo ocorre a semirreação:  $4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 4\text{e}^-$ .
- d) no ânodo ocorre a semirreação:  $2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ .
- e) no cátodo ocorre a semirreação:  $2\text{Na}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Na}(\text{s})$ .

**RESPOSTA:**

Na eletrólise da água não há quantidade suficiente de íons  $\text{H}^+$  ou  $\text{OH}^-$  para que eles migrem para o cátodo e ânodo, respectivamente. Por isso, as alternativas “a” e “c” estão incorretas. No ânodo ocorre oxidação e a semirreação da alternativa “d” é uma redução. Os íons sódio não se descarregam no cátodo, pois seu potencial de redução é mais negativo que o da água, portanto a alternativa CORRETA é a letra “b”.

**Questão 4** – As soluções têm uma importante presença no cotidiano, pois podem apresentar diversas aplicações como na composição da água mineral e do ar atmosférico, além de outras aplicações em diversas áreas, como a farmacêutica e a biológica. Dessa forma, a respeito das soluções, suas propriedades e concentrações, analisar as proposições a seguir:

- I. Soluções verdadeiras e dispersões coloidais podem ser exemplificadas, respectivamente, pelo sangue e pela salmoura.
- II. Misturando-se 25,0 mL de uma solução aquosa de ácido sulfúrico decimolar com 25,0 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio  $0,40 \text{ mol L}^{-1}$ , após o término da reação, o pH da solução final, após a adição de reagente em excesso, é 13,0 e sua concentração em quantidade de matéria é  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ .
- III. Emulsão é uma dispersão coloidal que se dá entre dois líquidos miscíveis, que formam micelas polares.
- IV. Considerando a solubilidade do  $\text{K}_2\text{CO}_3$  em água igual a  $1,12 \text{ g mL}^{-1}$  a  $20^\circ\text{C}$ , uma solução que apresenta 25,0 g dessa substância dissolvida em 25,0 mL de água, nessa temperatura, é classificada como concentrada e insaturada.
- V. Depois de certo tempo, numa salada de alface temperada com vinagre e sal, as folhas murcham em função dos efeitos coligativos de crioscopia e osmose.
- Assinalar a alternativa que indica as proposições CORRETAS:

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

**RESPOSTA:**

- a) Falsa – Pois a salmoura é uma solução e o sangue é uma dispersão coloidal.
- b) Verdadeira
- c) Falsa - Pois a emulsão ocorre entre dois líquidos imiscíveis.
- d) Verdadeira
- e) Falsa – Pois ocorre somente o efeito coligativo de osmose.

**Questão 5** - Durante algum tempo os químicos acreditavam que bastava conhecer a entalpia da reação para conhecer sua espontaneidade. Porém, há vários exemplos de transformações químicas que contradizem essa ideia. Para corrigir essa distorção, introduziu-se um outro parâmetro para avaliar a espontaneidade de uma reação, a entropia.

O enunciado de Kelvin é:

*“É impossível remover energia cinética de um sistema a uma certa temperatura e converter essa energia integralmente em trabalho mecânico sem que haja uma modificação no sistema ou em suas vizinhanças”.*

Sobre a entropia é CORRETO afirmar que:

- a) A segunda Lei da Termodinâmica afirma que a entropia do universo diminui numa transformação espontânea.
- b) Se a entropia de um sistema diminui, a transformação será necessariamente não espontânea.
- c) A entropia padrão de uma substância pura é zero nas condições padrão.
- d) Uma reação endotérmica e com diminuição de entropia do sistema é espontânea.
- e) Numa transformação espontânea, a entropia do universo irá aumentar.

RESPOSTA:

A Segunda Lei da termodinâmica afirma que numa transformação espontânea a entropia do universo aumenta com o tempo. A espontaneidade não pode ser avaliada apenas com a informação sobre a variação de entropia do sistema, também é necessário conhecer como varia a entropia das vizinhanças, como por exemplo a síntese da água, e finalmente, reações endotérmicas com diminuição da entropia do sistema não são espontâneas.

**Questão 6** – Sócrates, conhecido matemático e filósofo do período clássico da Grécia, foi condenado à morte por suas ideologias que se opunham ao governo da época, tendo como pena de morte a ingestão de cicuta. A coniína, toxina primária presente na cicuta, contém apenas carbono, hidrogênio e nitrogênio, que quando ingerida em excesso provoca paralisia e eventual morte. A combustão completa de 28,7 mg de coniína produziu 79,5 mg de CO<sub>2</sub> e 34,6 mg de H<sub>2</sub>O. Assinalar a alternativa que apresenta a fórmula molecular da coniína:

- a) C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>
- b) C<sub>7</sub>H<sub>18</sub>N
- c) C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>N
- d) C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>
- e) C<sub>7</sub>H<sub>17</sub>N

RESPOSTA:

Com base nos dados, determina-se as massas de carbono e hidrogênio, e por diferença obtém-se a massa de nitrogênio.

$$m(\text{C}) = (79,5 \text{ g de CO}_2) \times \frac{12 \text{ g de C}}{44 \text{ g de CO}_2} = 21,68 \text{ g de C}$$

$$m(\text{H}) = (34,6 \text{ g de H}_2\text{O}) \times \frac{2 \text{ g de H}}{18 \text{ g de H}_2\text{O}} = 3,84 \text{ g de H}$$

$$m(\text{N}) = (28,7 \text{ g de coniína}) - (21,68 \text{ g de C} + 3,84 \text{ g de H}) = 3,18 \text{ g de N}$$

C	H	N
21,68	3,84	3,18
<hr/>	<hr/>	<hr/>
12	1	14

$$\begin{array}{r}
 1,807 \\
 \hline
 0,227 \\
 \hline
 8
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 3,84 \\
 \hline
 0,227 \\
 \hline
 17
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 0,227 \\
 \hline
 0,227 \\
 \hline
 1
 \end{array}$$

Logo, a fórmula é **C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>N**.

**Questão 7** – Os ácidos, quanto à sua composição, são agrupados em hidrácidos e oxiácidos. No caso de oxiácidos, em que o elemento central é o enxofre, podem-se derivar vários ácidos devido à mudança do seu estado de oxidação. Nesse contexto, considerar os seguintes oxiácidos: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Indicar a alternativa CORRETA que mostra os óxiácidos em ordem crescente de estado de oxidação do enxofre:

NOx	+2	+3	+4	+5	+6
a)	H <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
b)	H <sub>2</sub> SO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
c)	H <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>6</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
d)	H <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
e)	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub>

**RESPOSTA:**

NOx do enxofre (S):

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $2 \times (+1) + x + 4 \times (-2) = 0$ ; logo  $x = +6$

H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>:  $2 \times (+1) + x + 3 \times (-2) = 0$ ; logo  $x = +4$

H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>:  $2 \times (+1) + x + 2 \times (-2) = 0$ ; logo  $x = +2$

H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:  $2 \times (+1) + 2x + 7 \times (-2) = 0$ ; logo  $x = +6$

H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>6</sub>:  $2 \times (+1) + x + 6 \times (-2) = 0$ ; logo  $x = +5$

H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:  $2 \times (+1) + 2x + 5 \times (-2) = 0$ ; logo  $x = +4$

H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:  $2 \times (+1) + 2x + 4 \times (-2) = 0$ ; logo  $x = +3$

**Questão 8** – Aulas em laboratórios são utilizadas, entre outros tantos motivos, para se verificar, experimentalmente, um conhecimento adquirido em sala de aula. Assim, um professor apresenta um béquer a um aluno, com uma solução incolor desconhecida que pode ser de ácido clorídrico, ou ácido nítrico ou ácido sulfúrico. Um aluno identificou corretamente a solução de ácido sulfúrico. Para tal, ele:

- a) adicionou gotas de um indicador para determinar a presença de íons hidrônio.
- b) adicionou uma gota de solução de nitrato de prata e verificou a formação de precipitado.
- c) adicionou uma solução de acetato de sódio, para formar ácido acético aquoso.

- d) adicionou solução de amônia para obter uma solução de amônio.
- e) adicionou gotas de uma solução de nitrato de bário, para verificar a formação de precipitado.

**RESPOSTA:**

- a) Falso, pois um indicador apontaria a presença de íons hidrônio, que estão em todas as possíveis soluções.
- b) Falso, pois o sulfato de prata é solúvel
- c) Embora a reação possa originar o ácido acético, não é possível, visualmente, observar sua presença na solução formada.
- d) A reação não ocorre nas condições sugeridas.
- e) Verdadeira, pois ocorre a precipitação de Sulfato de Bário

**Questão 9** - Para se entender o comportamento de moléculas, é importante conhecer as suas geometrias. A geometria molecular pode definir a polaridade das moléculas e, por conseguinte, suas propriedades físicas. Sobre esse assunto, assinalar a alternativa CORRETA:

- a) O gás carbônico possui ligações polares, mas a molécula é apolar. A sua geometria é definida pela hibridação **sp**.
- b) As moléculas simétricas são sempre apolares, independentemente de sua hibridação.
- c) A amônia possui geometria piramidal, é polar e possui hibridação **sp<sup>3</sup>**, enquanto íon amônio possui geometria tetraédrica, sendo apolar e com hibridação **sp<sup>3</sup>d**.
- d) As moléculas apolares apresentam forças intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio e apresentam geometria linear, devido à hibridação **sp**.
- e) O  $\text{BF}_3$  tem geometria trigonal planar, por conta de sua hibridação **sp**. É uma molécula altamente polar devido à presença de flúor, que é o elemento mais eletronegativo da tabela periódica.

**RESPOSTA:**

Por conta de sua geometria linear (devido à hibridação **sp**), mesmo possuindo ligações polares, o  $\text{CO}_2$  é apolar. A simetria, por si só, não é capaz de definir a polaridade de uma molécula. A amônia é piramidal e o íon amônio é tetraédrico, com as hibridações apresentadas. No entanto, o amônio é um cátion, por isso mesmo, fortemente polar. O  $\text{BF}_3$  é trigonal planar e tem a hibridação **sp** e apolar. O flúor não influencia sua polaridade como um todo, mas sim a sua geometria.

**Questão 10** - Em um laboratório, dispõem-se de alguns frascos de soluções, recém preparados nas condições ambientes, que apresentam os seguintes solutos:

- I. Cloro.
- II. Sulfeto de sódio.
- III. Iodeto de potássio.
- IV. Nitrato de cobre (II).

Em relação às propriedades dessas soluções, assinalar a alternativa que contém a proposição INCORRETA:

- a) Ao verificar o pH da solução II, ela terá um valor maior do que 7,0 e a solução III terá caráter neutro, à 25° C.
- b) Misturando-se II e IV, será formado um precipitado de cor azul, o sulfeto de cobre (II).
- c) A solução IV é colorida e a solução III é incolor.
- d) A solução I é a que apresenta a menor condutibilidade elétrica.
- e) A mistura resultante entre as soluções II e III não formará precipitado.

**RESPOSTA:**

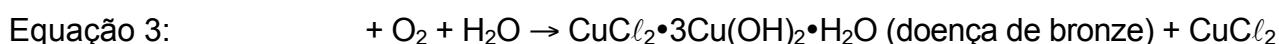
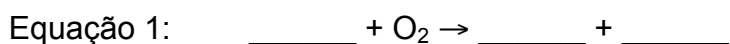
- a) A solução II é uma solução básica, pois o sulfeto de sódio sofre hidrólise, com a formação de íons  $\text{HS}^-$  e  $\text{OH}^-$ .
- b) A reação ocorre, porém, o sulfeto de cobre II formado tem cor preta, por conta do íon  $\text{Cu(II)}$ .
- c) Compostos que contêm íon  $\text{Cu (II)}$  hidratado são, em geral, azuis ou pretos. Compostos iônicos alcalinos são incolores.
- d) A solução I é molecular, com baixa condutibilidade elétrica e as demais são iônicas, tendo condutibilidade maior.
- e) A mistura de ambas as soluções fará que os íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{S}^{2-}$  e  $\text{I}^-$  permaneçam em solução, uma vez que não será formado nenhum precipitado.



**PARTE B - QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS**

**Questão 11** – Corrosão é um termo para a deterioração dos metais através da reação química com o ambiente. Um problema particularmente difícil para o químico arqueológico é a formação de  $\text{CuCl}$ , uma substância instável, que é formada pela corrosão do cobre e suas ligas. Embora objetos de cobre e bronze possam sobreviver a soterramento por séculos sem deterioração significativa, a exposição ao ar pode fazer com que o cloreto cuproso reaja com o oxigênio atmosférico para formar óxido cuproso e cloreto cúprico. O cloreto cúprico reage então com o metal livre para produzir cloreto cuproso. A reação contínua do oxigênio e da água com cloreto cuproso causa "doença de bronze", que consiste em manchas de um depósito verde pálido e em pó de  $[\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$  na superfície do objeto que continuam a crescer.

a) Usando esta série de reações descritas, complete e equilibre as seguintes equações, que juntas resultam em doença de bronze:



**RESPOSTA:**



b) Quais espécies são os oxidantes e os redutores em cada equação?

**RESPOSTA:**

Equação 1: Oxigênio é o oxidante, e  $\text{CuCl}$  é o redutor

Equação 2: O cobre é o redutor e o  $\text{CuCl}_2$  é o oxidante

Equação 3: O  $\text{CuCl}$  é o redutor e o  $\text{O}_2$  é o oxidante

c) Se 8,0 % em massa de uma estátua de cobre de 350,0 kg consistia de  $\text{CuCl}$ , e a estátua sucumbisse à doença de bronze, quantas libras de hidrato verde em pó seriam formadas?  
Dado: 1 libra  $\equiv$  0,4536 kg.

**RESPOSTA:**

$$m(\text{CuCl}) = 350 \times 10^3 \text{ g} \times \frac{8\%}{100\%} = 2,8 \times 10^4 \text{ g}$$

$$m(\text{hidrato}) = (2,8 \times 10^4 \text{ g de CuCl}) \times \frac{1 \text{ mol de CuCl}}{98,999 \text{ g de CuCl}} \times \frac{2 \text{ mol de hidrato}}{12 \text{ mol de CuCl}} \times \frac{445,147 \text{ g de hidrato}}{1 \text{ mol de hidrato}}$$

$$= 20984 \text{ g}$$

$$m(\text{hidrato}) = (20,984 \text{ kg}) \times \frac{1 \text{ libra}}{0,4536 \text{ kg}} = 46,26 \text{ libra}$$

d) Quais fatores podem afetar a taxa de deterioração de um artefato de bronze recentemente escavado?

RESPOSTA:

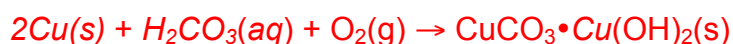
Ácido Sulfúrico:



Ácido Nítrico (aceitar ambos os casos):



Ácido Carbônico (aceitar ambos os casos):



e) A chuva ácida, que tem  $pH < 5,6$ , se dá em locais com elevadas concentrações na atmosfera de óxidos de enxofre, nitrogênio e carbono. Esses óxidos, carregados pela água precipitada da chuva, formam basicamente os ácidos sulfúrico, nítrico e carbônico, que são os causadores de danos ambientais e em monumentos históricos. Considerando o objeto citado no item (c), quando exposto a eventos intempéricos, nesse caso, chuva ácida, escreva a(s) provável(is) reação(ões) química(s) balanceada(s) do cobre com cada ácido.

RESPOSTA:

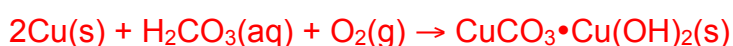
Ácido Sulfúrico:



Ácido Nítrico (aceitar ambos os casos):



Ácido Carbônico (aceitar ambos os casos):



**Questão 12** – O nitrogênio é o sétimo elemento da tabela periódica, ocorrendo naturalmente na forma gasosa  $N_2$  à temperatura ambiente e é muito abundante na atmosfera. Trata-se de um elemento muito versátil, que se combina facilmente com o oxigênio, resultando em diversos óxidos de nitrogênio. Sobre o nitrogênio e seus óxidos responda:

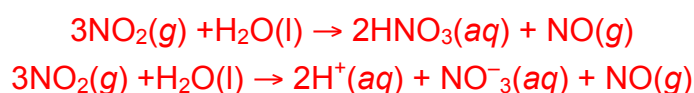
a) Desenhe as estruturas de Lewis de NO,  $NO^+$  e  $NO^-$ .

**RESPOSTA:**



b) NO é um gás incolor, que se torna marrom quando exposto ao ar devido a formação de  $NO_2$ , conforme a reação  $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ . O dióxido de nitrogênio pode reagir com a água, regenerando o NO. Escreva esta reação química balanceada, indicando os estados físicos das espécies e usando a seta de reação adequada.

**RESPOSTA:** (aceitar as duas formas)



c) O dióxido de nitrogênio existe em equilíbrio com seu dímero, o  $N_2O_4$ . Qual o estado de oxidação do átomo de N no monóxido de nitrogênio, no dióxido de nitrogênio e no tetróxido de dinitrogênio? Ocorre mudança no estado de oxidação do átomo de nitrogênio do dióxido de nitrogênio quando este composto sofre dimerização? Explique.

**RESPOSTA:**

Estado de oxidação: +2, +4 e +4.

Não. Pois nesse caso, a reação de dimerização se dá pela formação da molécula  $N_2O_4$  a partir de duas moléculas de  $NO_2$ , sem envolver transferência de elétrons.

d) A constante de equilíbrio em termos das concentrações ( $K_C$ ) de  $NO_2$  e  $N_2O_4$  a 298 K é  $1,70 \text{ mol}^{-1} \text{ L}$ , enquanto a constante de equilíbrio em termos de pressões parciais ( $K_p$ ) é  $6,7 \times 10^{-5}$  para unidade em Pascal (Pa) ou 6,8 em atmosfera (atm). Escreva as expressões para as constantes de equilíbrio  $K_C$  e  $K_p$  para esta reação e, considerando a equação de Clapeyron ( $pV = nRT$ ), deduza a relação entre  $K_C$  e  $K_p$ .

**RESPOSTA:**

$$K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = 1,70 \text{ mol}^{-1} \text{ L}$$

$$K_p = \frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{\{p(\text{NO}_2)\}^2} = 6,7 \times 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$$

Como  $pV = nRT$ , a concentração pode ser expressada por:

$$[A] = \frac{n}{V} = \frac{p}{RT}$$

Substituindo na equação do equilíbrio em função das concentrações:

$$K_c = \frac{\frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{RT}}{\left\{\frac{p(\text{NO}_2)}{RT}\right\}^2} = \frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{RT} \times \left\{\frac{RT}{p(\text{NO}_2)}\right\}^2 = \frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{\{p(\text{NO}_2)\}^2} \times (RT)$$

$$K_c = K_p \times (RT) \quad \text{ou} \quad K_p = K_c \times (RT)^{-1}$$

- e) O  $\Delta_r H(298 \text{ K})$  da reação de dimerização do dióxido de nitrogênio é  $-57 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Esta reação é endotérmica ou exotérmica? Justifique. Usando os dados contidos nessa questão sobre a dimerização do  $\text{NO}_2$ , calcule a variação da entropia da reação de dimerização do dióxido de nitrogênio e relate o valor como  $T\Delta S$ . Se esta reação dependesse somente do termo entrópico, ela ocorreria espontaneamente? Justifique, considerando as condições padrão. Dados:  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ,  $\Delta G = -RT \ln K$ ,  $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

**RESPOSTA:**

**EXOTÉRMICO.** A reação de dimerização ocorre com liberação de calor do sistema para a vizinhança, uma vez que o valor de  $\Delta_r H < 0$ .

Cálculo da  $\Delta G$ :

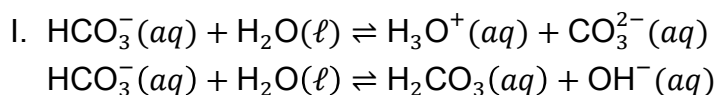
$$\Delta G = -(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \times (298 \text{ K}) \times \ln(6,6) = -4,7 \text{ kJ mol}^{-1}$$

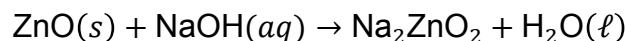
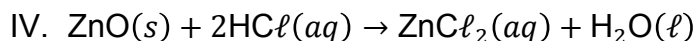
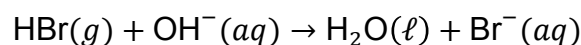
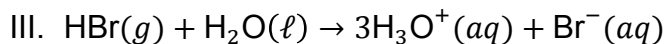
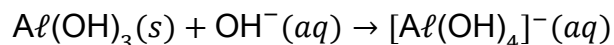
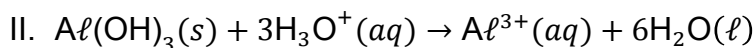
Cálculo do valor de  $T\Delta S$ :

$$T\Delta S = \Delta H - \Delta G = \{-57 - (-4,7)\} \text{ kJ mol}^{-1} = -52,3 \text{ kJ mol}^{-1}$$

A reação entropicamente não é espontânea, uma vez que,  $T\Delta S < 0$ .

**Questão 13** - Segundo o dicionário Houaiss, anfótero é um adjetivo usado para uma substância (ou íon) que pode se comportar como ácido ou como base. Considerando o *Golden Book* da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC – *Internacional Union of Pure and Applied Chemistry*) esta propriedade depende do meio no qual a substância (ou íon) é investigada (adaptado de <http://goldbook.iupac.org/A00306.html>). Considere os quatro sistemas representados abaixo, que envolvem as seguintes espécies químicas:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{HBr}$  e  $\text{ZnO}$ .





a) Qual(is) do(s) sistema(s) acima apresenta(m) espécie(s) anfótera(s)? Justifique.

### RESPOSTAS:

II e IV, pois de acordo com as equações apresentadas, somente esses reagem num meio ácido  $[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]$  e meio básico  $[\text{OH}^-(\text{aq})]$ .

b) Dê o nome de todas as espécies envolvidas nos sistemas do item anterior:

### RESPOSTAS:

$[\text{Al}(\text{OH})_4]^- (\text{aq})$  – tetrahidroxialuminato

$\text{Al}(\text{OH})_3$  - hidróxido de alumínio

$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  – hidrônio ou hidroxônio

$\text{HCl}(\text{aq})$  - ácido clorídrico

$\text{Na}_2\text{ZnO}_2$  - zincato de sódio

$\text{NaOH}(\text{aq})$  - hidróxido de sódio

$\text{OH}^-(\text{aq})$  – hidroxila

$\text{ZnCl}_2(\text{aq})$  - cloreto de zinco

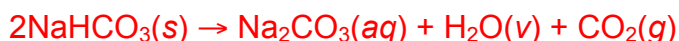
$\text{ZnO}(\text{s})$  - óxido de zinco

O  $\text{Al}(\text{OH})_3$  tem sido utilizado, comumente, na forma de antiácido, para combater a azia estomacal. Por sua vez, o  $\text{ZnO}$  é usado como pomada antisséptica, secativa e anti-inflamatória, que facilita a cicatrização da pele. O  $\text{HCO}_3^-$  tem uma vasta utilização, tais como, combate à azia, uso como fermento químico, combate ao mau cheiro oriundo da sudorese, etc.

c) Tanto o  $\text{NaHCO}_3$  como o  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  são utilizados como fermento químico para uso alimentício, uma vez que sofrem decomposição durante seu aquecimento, formando gases que fazem crescer, por exemplo, um bolo. Partindo da mesma quantidade de ambos, uma colher de chá (equivalente a 5 g), justifique a escolha de um deles como o melhor fermento para fazer um bolo.

### RESPOSTAS:

Sabendo-se que a decomposição térmica do  $\text{NaHCO}_3$  produz  $\text{Na}_2\text{CO}_3(aq)$ ,  $\text{H}_2\text{O}(v)$  e  $\text{CO}_2(g)$  e que a decomposição do  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  produz  $\text{NH}_3(g)$ ,  $\text{H}_2\text{O}(v)$  e  $\text{CO}_2(g)$ , temos:



5 g  $\text{NaHCO}_3 \approx 0,059$  mol de  $\text{NaHCO}_3$  que produz aproximadamente 0,06 mol de gases  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .



5 g  $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \approx 0,063$  mol que produz 0,19 mol de gases  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Assim sendo, pela quantidade de gases formados, o  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  é o mais eficaz.

O  $\text{Al}(\text{OH})_3$  tem sido contraindicado para o uso como antiácido, porque estudos indicam que lesões cerebrais encontradas na doença de Alzheimer contém alumínio. Assim, o consumo excessivo de compostos de alumínio pode causar ou contribuir para o desenvolvimento dessa doença. Com base nesta informação, o  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  tem sido mais indicado para problemas de azia estomacal, uma vez que a sua eliminação pelo corpo humano é mais rápida.

d) Considerando uma mesma dose medicinal de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , qual das duas substâncias teria uma ação mais eficaz no combate à azia estomacal? Justifique em termos químicos:

**RESPOSTA:**

A reação de neutralização ocorre através de hidroxilas reagindo com íons hidroxônio. Como o hidróxido de alumínio tem três hidroxilas e o hidróxido de magnésio tem duas, o hidróxido de alumínio tem uma ação mais eficaz do que o hidróxido de magnésio.

e) Um aluno decide dissolver o  $\text{ZnO}$  em água deionizada para verificar o pH da solução resultante. Qual deverá o resultado desse experimento, tanto em relação à dissolução e ao pH?

**RESPOSTA:**

O óxido de zinco é praticamente insolúvel em água, por ser um óxido anfótero. Ele seria solúvel somente em soluções ácidas. Assim, o pH praticamente não se altera.

**Questão 14** - Atualmente, as questões ambientais passam a limitar a competitividade das indústrias químicas ou das empresas que tenham algum processo químico, com uma legislação ambiental cada vez mais restritiva, esgotamento dos recursos naturais e com uso consciente e responsável. Sendo assim, os profissionais da química possuem importante papel na operação e otimização de processos relacionados ao controle de resíduos e ao tratamento dos efluentes industriais. Diante disso, responda os seguintes questionamentos sobre os processos de tratamento de efluentes:

- a) A cloração é considerada um processo de desinfecção aplicável à todas as águas em função de razões econômicas e de praticabilidade operacional. Dessa forma, quais os compostos de cloro mais comumente usados na desinfecção? Indique o teor aproximado de cloro ativo em cada um deles.

**RESPOSTA:**

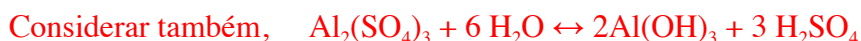
Água sanitária (líquida) – teor de cloro ativo de 2 a 3 %.

Cal clorada (pó) – teor de cloro ativo de 25 a 30 %.

Hipoclorito de sódio (líquido) – teor de cloro ativo de 10 a 15 %.

Hipoclorito de cálcio (pó, grãos, tabletes ou pastilhas) – teor de cloro ativo de 65 a 75 %.

- b) O processo de coagulação ou floculação possui como objetivo aumentar o tamanho das partículas dispersas na água, formando flocos que favoreçam a sedimentação mais acelerada. As substâncias que realizam esse trabalho são denominadas coagulantes e seu papel é neutralizar as cargas superficiais presentes nas partículas contaminantes, permitindo que ocorra a atração entre essas partículas. Uma das principais substâncias coagulantes, utilizada em larga escala no setor industrial, é o sulfato de alumínio. Escreva a reação balanceada que representa a forma como o sulfato de alumínio se comporta quando é adicionado à água.

**RESPOSTA:**

- c) A adsorção é um processo empregado para a remoção de partículas dissolvidas no efluente, que não podem ser removidas por processos biológicos e não foram precipitadas nos processos de coagulação e floculação. Quais os principais contaminantes que podem ser removidos por esse tipo de processo? Indique os processos de adsorção e descreva o princípio de cada um.

**RESPOSTA:**

Os principais contaminantes que podem ser removidos por esse tipo de processo envolvem substâncias como fenol e derivados, corantes orgânicos, agrotóxicos, íons como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  etc.

Processos de adsorção:

Adsorção física: envolve a formação de um complexo entre o adsorvente (substância que irá reter o contaminante) e o adsorvato (contaminante propriamente dito) por meio de interações eletrostáticas do tipo forças intermoleculares. É mais empregada em substâncias pouco solúveis na água. O principal adsorvente empregado nessa operação é o carvão

ativado. Outros adsorventes também são explorados, tais como, sílica, alumina, amido e celulose.

Adsorção química: envolve a formação de ligações químicas entre os participantes. É o que acontece com as resinas trocadoras de íons. As principais substâncias que são removidas nesse processo envolvem cátions e íons bastante solúveis em água como sódio, potássio, cálcio, sulfato, cloreto etc. Elas podem ser classificadas em catiônicas quando removem cátions ou aniônicas quando são empregadas na remoção de ânions.

- d) Lodo é o material formado nos processos de tratamento primário, nos sedimentadores do tratamento secundário (biológico) e nos sedimentadores dos floculadores. Porém, para minimizar custos com seu transporte aos aterros sanitários ou mesmo condicioná-lo a outros fins, deve-se aumentar sua concentração, em termos de matéria seca. Indique quais os principais processos utilizados para a concentração de lodo e descreva o princípio de cada um.

#### RESPOSTA:

Leito de secagem: Os leitos de secagem são processos bastante atrativos por serem de baixo custo, porém são só utilizados quando se dispõem de elevadas áreas para sua construção. O leito geralmente é construído de alvenaria, com duas camadas de leito filtrante, uma de areia com 10 a 15 cm e outra inferior de brita com 20 a 30 cm. Sobre a areia são colocados tijolos maciços, com o objetivo de colocar o lodo sobre sua parte superior e evitar o arraste de lodo desaguado na sua remoção. No centro do tanque, na parte inferior que deverá possuir um cone de declividade de 1 a 5 %, deve ser instalado um dreno. A camada de lodo a ser colocada deve ser por volta de 30 cm. A previsão de secagem é por volta de 15 dias. O líquido obtido pode ser misturado ao efluente tratado caso não gere um acréscimo na DBO ou então deverá ser enviado junto com o efluente a ser tratado.

Filtro prensa: Os filtros-prensa podem ser de dois tipos, o de esteira e o de placas, sendo o mais utilizado o de placas. Esse é um equipamento que pode gerar “torta” com concentração de 30 %. A operação é realizada em batelada com ciclos que duram até 4 horas. O lodo é submetido a pressão de aproximadamente  $15 \text{ kgf cm}^{-2}$ , onde o líquido atravessa a placa, é recolhido e na maioria das vezes retorna ao tanque de equalização.

- e) O que são os processos oxidativos avançados? Descreva.

#### RESPOSTA:

Os processos oxidativos avançados são uma tecnologia bastante recente (meados de 1970) e possuem como objetivo oxidar compostos orgânicos de baixa biodegradabilidade que não podem ser removidos pelos processos físico-químicos tradicionais, até mineralizá-los. Nos processos oxidativos avançados, o oxigênio (agente oxidante) é substituído pelo



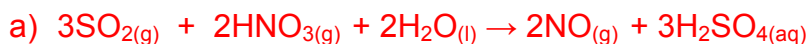
radical hidroxila ( $\text{HO}\cdot$ ). Esse radical possui um enorme potencial de oxidação quando comparado a outros oxidantes usuais.

**Questão 15** – O dióxido de enxofre é um gás emitido juntamente com óxidos de carbono na queima de combustíveis fósseis em veículos e indústrias. Esse gás, produzido naturalmente nos vulcões, é usado em alguns processos industriais, como por exemplo, na produção de ácido sulfúrico. O dióxido de enxofre é obtido a partir da combustão de enxofre ou de pirita. Outro óxido de destaque, é o óxido nítrico, um gás produzido em algumas células, que regulam o funcionamento de outras células, configurando-se como um princípio sinalizador em sistemas biológicos. Essa descoberta não só conferiu o Prêmio Nobel de Medicina em 1998 para Ignaro, Furchgott e Murad, como também abriu as portas para o desenvolvimento de tecnologias, inclusive na produção do Viagra®. Como fármaco, a produção do óxido nítrico começa com a reação entre  $\text{SO}_2$ , ácido nítrico e água, originando, além desse gás, o ácido sulfúrico. Como outro exemplo, tem-se o sulfeto de hidrogênio, um gás com odor de ovos podres e carne em decomposição.

Baseado nos conhecimentos sobre os gases, considere um recipiente de volume igual a 100 L a  $127^\circ\text{C}$ , no qual foram adicionados 6,80 g de gás sulfídrico, 9,60 g de anidrido sulfuroso, 6,00 g de óxido nítrico e 6,60 g de anidrido carbônico. Responda:

a) Escreva a equação química da reação de produção do óxido nítrico.

**RESPOSTA:**



b) Qual a pressão total do sistema, em equilíbrio?

**RESPOSTA:**

$$n_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{6,8}{34} = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{6,6}{44} = 1,15 \text{ mol}$$

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{9,6}{64} = 0,15 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NO}} = \frac{6,0}{30} = 0,2 \text{ mol}$$

$$\Sigma n = 0,2 + 0,15 + 0,15 + 0,2 = 0,7 \text{ mols}$$

$$P.V = \Sigma n.R.T = 0,230 \text{ atm}$$

c) Calcule as frações molares das substâncias.

**RESPOSTA:**

Cálculo das frações molares

$$x_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{0,2}{0,7} = 0,286$$

$$x_{\text{CO}_2} = \frac{1,65}{0,7} = 0,214$$

$$x_{\text{SO}_2} = \frac{0,15}{0,7} = 0,214$$

$$x_{\text{NO}} = \frac{0,2}{0,7} = 0,286$$

d) Qual é a pressão parcial do gás de maior fração molar?

**RESPOSTA:**

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = x_{\text{H}_2\text{S}} \cdot P_{\text{total}} = 0,286 \cdot 0,230 = 0,066 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = 0,066 \text{ atm}$$

$$P_{\text{NO}} = x_{\text{NO}} \cdot P_{\text{total}} = 0,286 \cdot 0,230 = 0,066 \text{ atm}$$

$$P_{\text{NO}} = 0,066 \text{ atm}$$



e) Com base na Lei de Graham, determine a velocidade de efusão do anidrido carbônico em relação ao gás sulfídrico.

**RESPOSTA:**

$$\frac{v_{\text{CO}_2}}{v_{\text{H}_2\text{S}}} = \sqrt{\frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{H}_2\text{S})}} = \sqrt{\frac{34 \text{ g mol}^{-1}}{44 \text{ g mol}^{-1}}} = 0,88$$

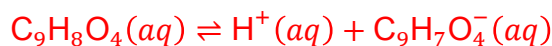
$$v_{\text{CO}_2} = 0,88 v_{\text{H}_2\text{S}}$$

**Questão 16** – O ácido acetilsalicílico, mais conhecido pelo nome comercial de *aspirina*, é o princípio ativo em muitos medicamentos de propriedades analgésica, antipirética e anti-inflamatória. Ele também é usado como anti-agregante plaquetário. É um monoácido fraco (fórmula molecular  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ ) cuja base conjugada é o ânion acetilsalicilato ( $\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-$ ). É facilmente sintetizado a partir do ácido salicílico. Considere que um grama de ácido acetilsalicílico dissolve-se em 450 mL de água para obter uma solução saturada com  $\text{pH} \approx 2,73$ . Com base nas informações determine o que pede:

a) Escrever a equação química e a expressão da constante de equilíbrio do ácido na solução?

**RESPOSTA:**

A reação de dissociação no equilíbrio é



Constante de equilíbrio ácida:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]}{[\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]}$$

b) Qual é o  $K_a$  do ácido acetisalicílico?

RESPOSTA:

Massa molar do ácido acetisalicílico:

$$M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = (9 \times 12,01 + 8 \times 1,01 + 4 \times 16,00) \text{ g mol}^{-1} = 180,17 \text{ g mol}^{-1}$$

Concentração molar inicial do ácido acetisalicílico:

$$[\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]_0 = \frac{n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)}{V} = \frac{m(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)}{M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) \times V} = \frac{1 \text{ g}}{(180,17 \text{ g mol}^{-1}) \times (0,45 \text{ L})} = 1,23 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

No equilíbrio  $[\text{H}^+]_{eq} = [\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]_{eq}$ , logo:

$$[\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]_{eq} = [\text{H}^+]_{eq} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,73} = 1,86 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

A concentração molar do ácido acetisalicílico é:

$$\begin{aligned} [\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]_{eq} &= [\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]_0 - [\text{H}^+]_{eq} = (1,23 \times 10^{-2} - 1,86 \times 10^{-3}) \text{ mol L}^{-1} \\ &= 1,04 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]_{eq} [\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]_{eq}}{[\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]} = \frac{(1,86 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1})^2}{1,04 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}} = 3,33 \times 10^{-4}$$

c) Qual é o pH final se 50,0 mL de acetilsalicilato de sódio  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$  são adicionados a solução saturada de ácido acetilsalicílico.

RESPOSTA:

Da reação do ácido acetisalicílico em equilíbrio e da dissociação completa do sal acetilsalicilato de sódio, tem-se volume final de 500 mL (0,5 L) e as seguintes concentrações molares:

	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	$\text{H}^+$	$\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-$
mols iniciais/mol	$5,53 \times 10^{-3}$	0	$5 \times 10^{-3}$
variação de mols/mol	$-x$	$x$	$x$
mols finais/mol (no equilíbrio)	$5,53 \times 10^{-3} - x$	$x$	$5 \times 10^{-3} + x$
concentração molar/mol L <sup>-1</sup> (no equilíbrio)	$\frac{5,53 \times 10^{-3} - x}{0,5}$	$\frac{x}{0,5}$	$\frac{5 \times 10^{-3} + x}{0,5}$

Aplicando as concentrações molares no equilíbrio na equação da constante de equilíbrio pode-se determinar a concentração de  $[\text{H}^+]$ :

$$3,33 \times 10^{-4} = \frac{\left(\frac{x}{0,5}\right) \left(\frac{5 \times 10^{-3} + x}{0,5}\right)}{\frac{5,53 \times 10^{-3} - x}{0,5}}$$

$$0,5 \times 3,33 \times 10^{-4} (5,53 \times 10^{-3} - x) = (5 \times 10^{-3} + x)x$$

$$x^2 + 5,1665 \times 10^{-3}x - 9,207 \times 10^{-7} = 0$$

$$x = \frac{-5,1665 \times 10^{-3} + \sqrt{(5,1665 \times 10^{-3})^2 + 4 \times 9,207 \times 10^{-7}}}{2} = 1,7245 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

$$x = 1,7245 \times 10^{-4}$$

Logo,

$$[\text{H}^+]_{eq} = \frac{1,7245 \times 10^{-4} \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 3,449 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

Em seguida, calcula-se o cálculo do pH da solução tampão:

$$\text{pH} = -\log(3,449 \times 10^{-4}) = 3,46$$

d) Qual é o pH final se 50,0 mL de HCl 0,10 mol L<sup>-1</sup> são adicionados a solução saturada de ácido acetilsalicílico.

RESPOSTA:

De forma análoga ao item c, para o ácido acetilsalicílico em equilíbrio e da dissociação completa do ácido clorídrico, tem-se volume final de 500 mL (0,5 L) e as seguintes concentrações molares:

	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	H <sup>+</sup>	C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> O <sub>4</sub> <sup>-</sup>
mols iniciais/mol	5,53 × 10 <sup>-3</sup>	5,5 × 10 <sup>-3</sup>	0
variação de mols/mol	-x	x	x
mols finais/mol (no equilíbrio)	5,53 × 10 <sup>-3</sup> - x	5 × 10 <sup>-3</sup> + x	x
concentração molar/mol L <sup>-1</sup> (no equilíbrio)	$\frac{5,53 \times 10^{-3} - x}{0,5}$	$\frac{5 \times 10^{-3} + x}{0,5}$	$\frac{x}{0,5}$

Aplicando as concentrações molares no equilíbrio na equação da constante de equilíbrio pode-se determinar a concentração de [H<sup>+</sup>]:

$$3,33 \times 10^{-4} = \frac{\left(\frac{5 \times 10^{-3} + x}{0,5}\right) \left(\frac{x}{0,5}\right)}{\frac{5,53 \times 10^{-3} - x}{0,5}}$$

$$0,5 \times 3,33 \times 10^{-4} (5,53 \times 10^{-3} - x) = (5 \times 10^{-3} + x)x$$

$$x^2 + 5,1665 \times 10^{-3}x - 9,207 \times 10^{-7} = 0$$

$$x = \frac{-5,1665 \times 10^{-3} + \sqrt{(5,1665 \times 10^{-3})^2 + 4 \times 9,207 \times 10^{-7}}}{2} = 1,7245 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

$$x = 1,7245 \times 10^{-4}$$

Logo,

$$[H^+]_{eq} = \frac{5 \times 10^{-3} + 1,7245 \times 10^{-4} \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 1,0345 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

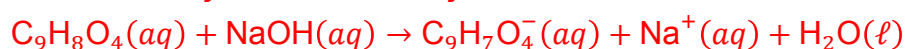
Em seguida, calcula-se o cálculo do pH da solução tampão:

$$pH = -\log(1,0345 \times 10^{-2}) = 1,99$$

e) Qual é o pH final se 50,0 mL de NaOH 0,10 mol L<sup>-1</sup> são adicionados a solução saturada de ácido acetilsalicílico.

RESPOSTA:

Nesse caso, temos uma reação de neutralização:



Achar o número de mols de H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> antes da reação de neutralização:

$$n(H^+) = [C_9H_8O_4] \times V_{C_9H_8O_4} = (1,23 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}) \times (0,45 \text{ L}) = 5,535 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(OH^-) = [NaOH] \times V_{NaOH} = (0,10 \text{ mol L}^{-1}) \times (0,05 \text{ L}) = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Assim, pode determinar a concentração de ácido acetilsalicílico remanescente e do ânion acetilsalicilato formado pela neutralização:

$$[C_4H_8O_4] = \frac{n(H^+) - n(OH^-)}{V_{C_4H_8O_4} + V_{NaOH}} = \frac{(5,535 \times 10^{-3} - 5,0 \times 10^{-3}) \text{ mol}}{(0,45 + 0,05) \text{ L}} = 1,05 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[C_9H_7O_4^-] = \frac{n(OH^-)}{V_{C_4H_8O_4} + V_{NaOH}} = \frac{5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}}{(0,45 + 0,05) \text{ L}} = 0,01 \text{ mol L}^{-1}$$

Então temos:

	$[C_4H_8O_4]$	$[C_9H_7O_4^-]$	$[H^+]$
Após a neutralização	$1,05 \times 10^{-3}$	0,01	0
No equilíbrio	$1,05 \times 10^{-3} - x$	$0,01 + x$	$x$

Da equação da constante ácido determina-se a concentração de H<sup>+</sup> e em seguida o valor de pH final:

$$K_a = \frac{(0,01 + x) \times (x)}{1,05 \times 10^{-3} - x} = \frac{0,01x + x^2}{1,05 \times 10^{-3} - x}$$

$$x^2 + (0,01 + K_a)x - 1,05 \times 10^{-3} \times K_a = 0$$

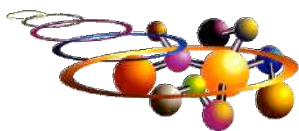
$$x^2 + (0,01 + 3,33 \times 10^{-4})x - 1,05 \times 10^{-3} \times 3,33 \times 10^{-4} = 0$$

$$x^2 + 0,010333x - 3,4965 \times 10^{-7} = 0$$

$$x = \frac{-0,010333 + \sqrt{0,010333^2 + 4 \times 3,4965 \times 10^{-7}}}{2} = 3,35 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

Como  $x = [H^+] = 3,35 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  temos que:

$$pH = -\log(3,35 \times 10^{-5}) = 4,475$$



Programa Nacional Olimpíadas de Química  
**XXIII Olimpíada Brasileira de Química**  
**Modalidade B**

**OBQ 2017**

## **A MATEMÁTICA ESTÁ EM TUDO**

“A matemática está em tudo” este é o tema da 14ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia - SNCT 2017. A escolha baseia-se no fato da realização, em julho deste ano, da Olimpíada Internacional de Matemática e, no ano seguinte, do Congresso Internacional de Matemática, ambos sediados pela primeira vez aqui no Brasil.

A Matemática é usada como ferramenta essencial em incontáveis áreas do conhecimento humano, como a Física, Biologia, Química, Engenharia, Economia, Administração, Artes, Agricultura e até na Medicina, estando tão presente na vida cotidiana que, às vezes, é pouco notada.

Da mesma forma, a Química tem um papel intrínseco no entendimento das outras ciências, pois está na base do desenvolvimento econômico e tecnológico, da siderurgia à indústria da informática, das artes à construção civil, da agricultura à indústria aeroespacial. Logo, não há área ou setor que não utilize em seus processos ou produtos os conhecimentos oriundos da química.

Através de atividades interdisciplinares, integrando de forma contextualizada vários saberes diferentes destas duas ciências, é possível desenvolver a socialização dos conhecimentos químicos e o desenvolvimento significativo de habilidades e competências nos estudantes.

Assim, os sujeitos de um projeto interdisciplinar podem ter diferentes histórias de vida que levam a níveis de formação diferentes, sem considerar a relação hierárquica das ciências, mas apenas o fato de que há educadores em diferentes níveis de desenvolvimento profissional, podendo gerar situações educacionais mais promissoras.

A Comissão.

## PARTE A - QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

**Questão 1** – A matemática está sempre presente na vida de um químico. Em um laboratório, um químico preparou uma solução de sulfato de potássio dissolvendo 13,92 g do sal em 100 mL de água deionizada e em seguida transferiu a solução para um balão volumétrico de 200 mL e completou o volume. Com relação à solução obtida, assinalar a alternativa INCORRETA:

- f) O título da solução é igual a 0,079.  
 g) A concentração em quantidade de matéria é de  $0,400 \text{ mol L}^{-1}$ .  
 h) Ao se adicionar 200,0 mL de água à solução, sua nova concentração será de  $34,80 \text{ g L}^{-1}$ .  
 i) A solução obtida terá caráter neutro.  
 j) A concentração dos íons  $\text{K}^+_{(\text{aq})}$  é de  $0,800 \text{ mol L}^{-1}$ .

RESPOSTA:

$$M(\text{sal}) = 174 \text{ g mol}^{-1}$$

f) Cálculo do título da solução:

$$\tau = \frac{\text{massa soluto}}{\text{massa solução}} = \frac{13,92 \text{ g}}{213,92 \text{ g}} = 0,065$$

g) Concentração molar:

$$[\text{sal}] = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} = \frac{13,92 \text{ g}}{(174 \text{ g mol}^{-1}) \times (0,2 \text{ L})} = 0,4 \text{ mol L}^{-1}$$

h) Concentração comum:

$$[\text{sal}] = \frac{m}{V} = \frac{13,92 \text{ g}}{0,4 \text{ L}} = 34,8 \text{ g L}^{-1}$$

i) A solução NÃO terá caráter neutro, mas apresentará uma leve alcalinidade.

j) A reação de dissolução em meio aquoso é:



$$[\text{K}^+] = 2 \times [\text{sal}] = 2 \times 0,4 \text{ mol L}^{-1} = 0,8 \text{ mol L}^{-1}$$

**Questão 2** - No final do século XIX, Mendeleiev apresentou à Sociedade Russa de Química sua proposta de Tabela Periódica, com muitos espaços em branco, reservados para elementos ainda não descobertos. A proposta de Mendeleiev era baseada na convicção da existência de relações periódicas entre as propriedades físico-químicas dos elementos. Um outro químico russo, Berlikov, fez duras críticas, concluindo com uma pergunta: "Pode a natureza ter espaços em branco?" Mendeleiev manteve sua proposta, que se mostrou coerente, sendo que os espaços em branco foram preenchidos gradativamente. A tabela abaixo apresenta duas propriedades periódicas, com unidades de medida adequadas:

Elemento	Propriedade 1	Propriedade 2
Berílio	1,12	215
Cálcio	1,97	141

Selênio	1,40	225
---------	------	-----

Assinalar a alternativa que indica as propriedades 1 e 2, respectivamente:

- f) Raio Atômico e Densidade Absoluta.
- g) Eletropositividade e Potencial de Ionização.
- h) **Raio Atômico e Potencial de Ionização.**
- i) Eletronegatividade e Raio Atômico.
- j) Densidade absoluta e Eletroafinidade.

**RESPOSTA:**

Na propriedade 1, o valor do Berílio é menor do que o do Cálcio (ambas na mesma família), que por sua vez é maior que o do Selênio (mesmo período que o Cálcio). Logo, essa propriedade é o Raio Atômico, que tem um aumento de cima para baixo na família e aumenta da esquerda para a direita no mesmo período. Por raciocínio análogo, a propriedade 2 é o Potencial de Ionização, uma vez que o mesmo é inversamente proporcional ao Raio Atômico.

**Questão 3** - A água pura é um mau condutor de corrente elétrica e dessa forma fica muito difícil realizar sua eletrólise. Por isso, para realizar este fenômeno é necessário adicionar uma pequena quantidade de sal, como o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  por exemplo, que torna o meio condutor. Considerando o movimento das espécies químicas para os eletrodos, é CORRETO afirmar que:

- f) no cátodo ocorre a semirreação:  $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$ .
- g) **no ânodo ocorre a semirreação:  $2\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ .**
- h) no ânodo ocorre a semirreação:  $4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 4\text{e}^-$ .
- i) no ânodo ocorre a semirreação:  $2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ .
- j) no cátodo ocorre a semirreação:  $2\text{Na}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Na}(\text{s})$ .

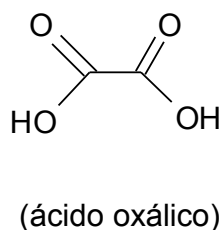
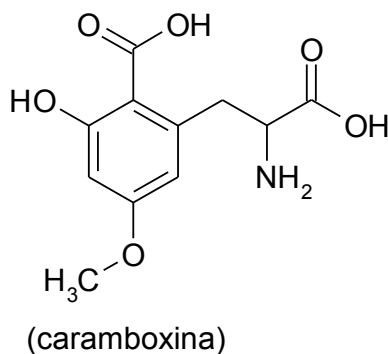
**RESPOSTA:**

Na eletrólise da água não há quantidade suficiente de íons  $\text{H}^+$  ou  $\text{OH}^-$  para que eles migrem para o cátodo e ânodo, respectivamente. Por isso, as alternativas “b” e “c” estão incorretas. No ânodo ocorre oxidação e a semirreação da alternativa “d” é uma redução. Os íons sódio não se descarregam no cátodo, pois seu potencial de redução é mais negativo que o da água, portanto a alternativa CORRETA é a letra “a”.

**Questão 4** – A carambola é uma fruta de origem asiática da família das oxalidáceas (espécie *Averrhoa carambola*), cultivada por vários séculos e aclimatada em diversos países tropicais, inclusive no Brasil. Comer carambola ou tomar seu suco pode ser fatal para pacientes com insuficiência renal crônica devido à presença de caramboxina, uma toxina não proteica



presente na fruta que deixa de ser filtrada pelos rins. Embora pessoas sem histórico de problemas renais não corram riscos, recomenda-se que se evite abuso no consumo da carambola, pois seu teor de ácido oxálico pode eventualmente produzir cálculos renais em indivíduos mais sensíveis. (adaptado de <http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/11/25/toxina-da-carambola-e-isolada/>).



Considerando as fórmulas estruturais acima, assinale a alternativa INCORRETA:

- a) As funções orgânicas presentes na molécula da caramboxina são: ácido carboxílico, amina, álcool e éter.
- b) O nome sistemático do ácido oxálico é ácido etanodioico, podendo ser utilizado na fabricação de tintas esferográficas e em curtumes.
- c) Na caramboxina há um carbono assimétrico, podendo existir as configurações *R* e *S*.
- d) A fórmula molecular da caramboxina é  $C_{11}H_{13}O_6N$ .
- e) Na caramboxina é bastante solúvel em água e possui oito carbonos insaturados, formando cinco ligações  $\pi$  (pi).

#### RESPOSTA:

A alternativa incorreta é a **letra a**, pois a caramboxina não possui a função orgânica álcool e sim, fenol.

**Questão 5** - Durante algum tempo os químicos acreditavam que bastava conhecer a entalpia da reação para conhecer sua espontaneidade. Porém, há vários exemplos de transformações químicas que contradizem essa ideia. Para corrigir essa distorção, introduziu-se um outro parâmetro para avaliar a espontaneidade de uma reação, a entropia.

O enunciado de Kelvin é:

*“É impossível remover energia cinética de um sistema a uma certa temperatura e converter essa energia integralmente em trabalho mecânico sem que haja uma modificação no sistema ou em suas vizinhanças”.*

Sobre a entropia é CORRETO afirmar que:

- f) A segunda Lei da Termodinâmica afirma que a entropia do universo diminui numa transformação espontânea.
- g) Se a entropia de um sistema diminui, a transformação será necessariamente não espontânea.
- h) A entropia padrão de uma substância pura é zero nas condições padrão.
- i) Uma reação endotérmica e com diminuição de entropia do sistema é espontânea.
- j) **Numa transformação espontânea, a entropia do universo irá aumentar.**

#### RESPOSTA:

A Segunda Lei da termodinâmica afirma que numa transformação espontânea a entropia do universo aumenta com o tempo. A espontaneidade não pode ser avaliada apenas com a informação sobre a variação de entropia do sistema, também é necessário conhecer como varia a entropia das vizinhanças, como por exemplo a síntese da água, e finalmente, reações endotérmicas com diminuição da entropia do sistema não são espontâneas.

**Questão 6** – Sócrates, conhecido matemático e filósofo do período clássico da Grécia, foi condenado à morte por suas ideologias que se opunham ao governo da época, tendo como pena de morte a ingestão de cicuta. A coniína, toxina primária presente na cicuta, contém apenas carbono, hidrogênio e nitrogênio, que quando ingerida em excesso provoca paralisia e eventual morte. A combustão completa de 28,7 mg de coniína produziu 79,5 mg de CO<sub>2</sub> e 34,6 mg de H<sub>2</sub>O. Assinalar a alternativa que apresenta a fórmula molecular da coniína:

- f) C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>
- g) C<sub>7</sub>H<sub>18</sub>N
- h) C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>N**
- i) C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>
- j) C<sub>7</sub>H<sub>17</sub>N

#### RESPOSTA:

Com base nos dados, determina-se as massas de carbono e hidrogênio, e por diferença obtém-se a massa de nitrogênio.

$$m(\text{C}) = (79,5 \text{ g de CO}_2) \times \frac{12 \text{ g de C}}{44 \text{ g de CO}_2} = 21,68 \text{ g de C}$$

$$m(\text{H}) = (34,6 \text{ g de H}_2\text{O}) \times \frac{2 \text{ g de H}}{18 \text{ g de H}_2\text{O}} = 3,84 \text{ g de H}$$

$$m(\text{N}) = (28,7 \text{ g de coniína}) - (21,68 \text{ g de C} + 3,84 \text{ g de H}) = 3,18 \text{ g de N}$$

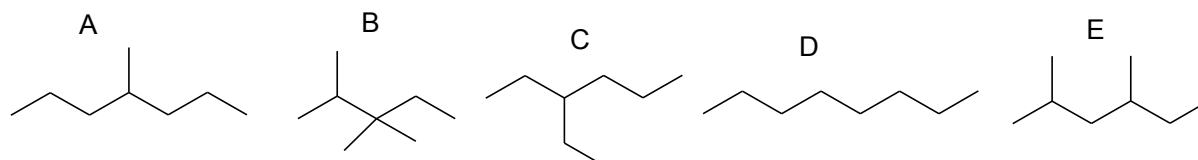
C	H	N
21,68	3,84	3,18
<hr/>	<hr/>	<hr/>
12	1	14

$$\frac{1,807}{0,227} \quad \frac{3,84}{0,227} \quad \frac{0,227}{0,227}$$

**8            17            1**

Logo, a fórmula é **C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>N**.

**Questão 7** – A gasolina é uma mistura complexa de hidrocarbonetos, de larga utilização como combustível, possuindo de seis a onze carbonos e tendo como componente padrão o *iso*-octano. Considerando os seguintes octanos presente na gasolina, indique a alternativa que apresenta a ordem decrescente de suas temperaturas de ebulição:

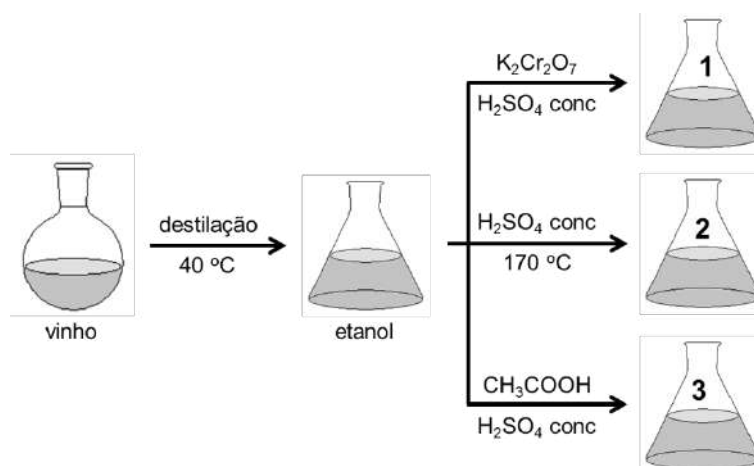


- a) **D > A > C > E > B**  
 b) E > B > C > D > A  
 c) B > A > C > E > D  
 d) A > E > C > B > D  
 e) C > B > D > E > A

**RESPOSTA:**

A temperatura de ebulição nos isômeros menos ramificados é maior do que nos isômeros mais ramificados.

**Questão 8** – Num experimento de laboratório, uma amostra de vinho foi destilada obtendo-se uma mistura azeotrópica de etanol e água. Três alíquotas dessa mistura foram submetidas às reações indicadas no esquema abaixo:



Em relação às substâncias obtidas nos frascos indicados pelos números **1**, **2** e **3** são feitas as seguintes afirmações:

- I. As substâncias obtidas nos frascos **1**, **2** e **3** são, respectivamente, ácido etanóico, eteno e etanoato de etila.

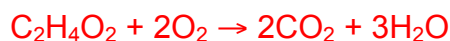
- II. A substância obtida no frasco **1** é solúvel em meio aquoso, pois são estabelecidas ligações de hidrogênio.
- III. A temperatura de fusão e de ebulição da substância presente no frasco **1** é maior que a dos hidrocarbonetos e mais baixa que a dos álcoois de massa molar próxima.
- IV. As forças intermoleculares são menos intensas entre as moléculas da substância obtida no frasco **3** do que entre as moléculas do álcool.
- V. A hidrólise ácida da substância obtida no frasco **3** leva a formação de aldeído e álcool.
- VI. A combustão completa de 1 mol das substâncias obtidas nos frascos **1** e **2** consome, cada um, dois mols e três de  $O_2$ , respectivamente.

Indique a alternativa que contém somente proposições VERDADEIRAS:

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

#### RESPOSTA:

- I. Verdadeira.
- II. Verdadeira.
- III. Falsa – Porque no frasco 2 forma o eteno, cuja temperatura de fusão e ebulição é menor que a do álcool.
- IV. Verdadeira.
- V. Falsa – Porque a hidrólise ácida do éster produz ácido carboxílico e álcool.
- VI. Verdadeira – Porque a combustão completa de 1 mol do ácido acético (frasco 1) consome 2 mols e do eteno (frasco 2) consome 3 mols, conforme as equações abaixo:



**Questão 9** - Para se entender o comportamento de moléculas, é importante conhecer as suas geometrias. A geometria molecular pode definir a polaridade das moléculas e, por conseguinte, suas propriedades físicas. Sobre esse assunto, assinalar a alternativa CORRETA:

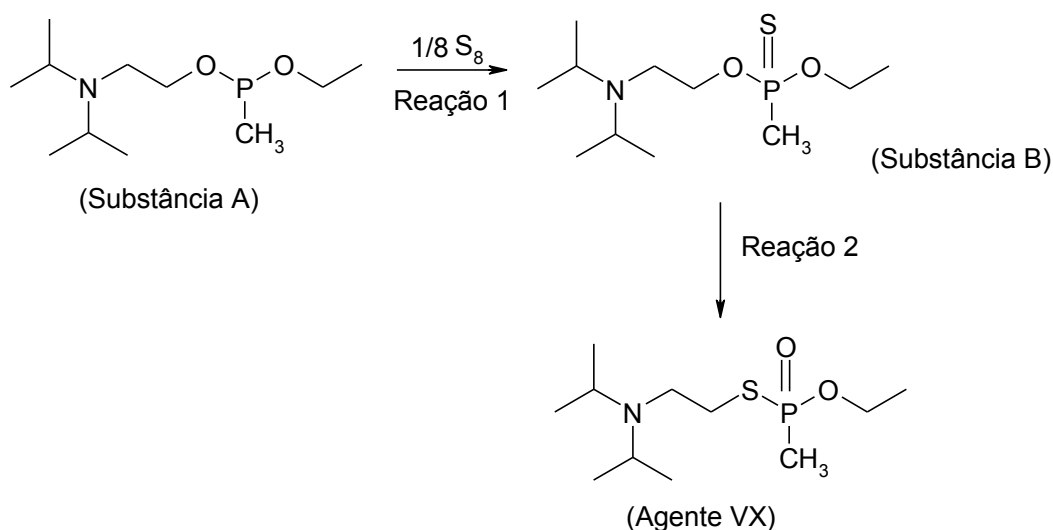
- f) O gás carbônico possui ligações polares, mas a molécula é apolar. A sua geometria é definida pela hibridação **sp**.
- g) As moléculas simétricas são sempre apolares, independentemente de sua hibridação.
- h) A amônia possui geometria piramidal, é polar e possui hibridação **sp<sup>3</sup>**, enquanto íon amônio possui geometria tetraédrica, sendo apolar e com hibridação **sp<sup>3</sup>d**.

- i) As moléculas apolares apresentam forças intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio e apresentam geometria linear, devido à hibridação **sp**.
- j) O  $\text{BF}_3$  tem geometria trigonal planar, por conta de sua hibridação **sp**. É uma molécula altamente polar devido à presença de flúor, que é o elemento mais eletronegativo da tabela periódica.

**RESPOSTA:**

Por conta de sua geometria linear (devido à hibridação **sp**), mesmo possuindo ligações polares, o  $\text{CO}_2$  é apolar. A simetria, por si só, não é capaz de definir a polaridade de uma molécula. A amônia é piramidal e o íon amônio é tetraédrico, com as hibridações apresentadas. No entanto, o amônio é um cátion, por isso mesmo, fortemente polar. O  $\text{BF}_3$  é trigonal planar e tem a hibridação **sp** e apolar. O flúor não influencia sua polaridade como um todo, mas sim a sua geometria.

**Questão 10** – A arma química de destruição em massa VX é considerada por especialistas como a mais mortal de todas as substâncias organofosforadas existentes, sendo capaz de persistir por longos períodos no meio ambiente, levando as vítimas a terem uma sensação de afogamento antes da morte, mesmo que em pequenas dosagens. A mais recente vítima do VX, de acordo com autoridades da Malásia, foi Kim Jong-Nam, o meio-irmão do líder norte-coreano, Kim Jong-Un, assassinado em 13 de fevereiro de 2017. A substância, banida desde 1993, teria começado a afetar seu sistema nervoso imediatamente, causando primeiro tremor e, em seguida, a morte em poucos minutos. Com uma consistência similar a de um óleo de motor, o VX tem cor âmbar, mas odor e gosto neutros. É considerado não muito volátil. O VX pode ser disseminado em spray ou vapor, ou ainda usado para contaminar água, alimentos e produtos agrícolas. Ele pode ser absorvido pelo corpo por inalação, ingestão, contato com a pele ou com os olhos. O VX também pode ser utilizado em forma binária, ou seja, duas substâncias relativamente inofensivas podem ser combinadas para criar o agente letal - esse pode ter sido o método usado para matar Kim. (Adaptado de <http://oglobo.globo.com/mundo/entenda-como-atua-arma-quimica-vx-que-matou-irmao-de-kim-jong-un-20974542#ixzz4cerKJw00>, acesso em 28 março 2017.) A reação, citada no texto, que permite a obtenção do agente VX a partir da combinação de dois reagentes é dada abaixo:



A partir das informações fornecidas pelo texto e de acordo com a sequência de reações apresentada acima, analise as afirmações a seguir:

- I. O  $S_8$  constitui uma das formas alotrópicas do enxofre.
- II. A reação 2 constitui uma reação de isomerização.
- III. O agente VX apresenta alta temperatura de ebulição.
- IV. A substância A atua como um ácido de Lewis na reação 1.

São VERDADEIRAS as afirmações:

- a) Somente I e II.
- b) Somente I, II e III.
- c) Somente I e III.
- d) Somente II e IV.
- e) Todas as afirmações estão verdadeiras.

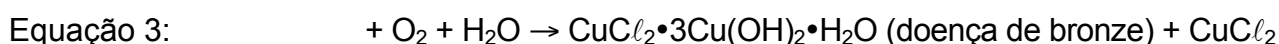
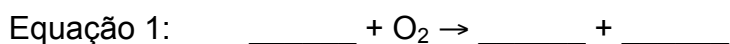
#### RESPOSTA:

- I. Verdadeira - O aluno deve conhecer o conceito de alotropia.
- II. Verdadeira - Observando a substância B e o agente VX chega-se à conclusão que ambos possuem a mesma fórmula molecular, o que permite concluir que se trata de uma reação de isomerização.
- III. Verdadeira - O aluno necessita interpretar o texto que diz “É considerado não muito volátil”, para concluir que a temperatura de ebulição do agente VX é relativamente alta.
- IV. Falsa - O fósforo possui um par de elétrons livre na substância A e na substância B ele passa a apresentar uma nova ligação dupla, sugerindo que esse par de elétrons da substância A foi doado ao enxofre. Dessa forma, a substância não poderia ser considerada um ácido de acordo com a definição de Lewis.

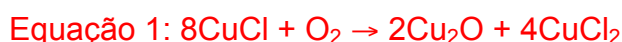
**PARTE B - QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS**

**Questão 11** – Corrosão é um termo para a deterioração dos metais através da reação química com o ambiente. Um problema particularmente difícil para o químico arqueológico é a formação de  $\text{CuCl}$ , uma substância instável, que é formada pela corrosão do cobre e suas ligas. Embora objetos de cobre e bronze possam sobreviver a soterramento por séculos sem deterioração significativa, a exposição ao ar pode fazer com que o cloreto cuproso reaja com o oxigênio atmosférico para formar óxido cuproso e cloreto cúprico. O cloreto cúprico reage então com o metal livre para produzir cloreto cuproso. A reação contínua do oxigênio e da água com cloreto cuproso causa "doença de bronze", que consiste em manchas de um depósito verde pálido e em pó de  $[\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$  na superfície do objeto que continuam a crescer.

a) Usando esta série de reações descritas, complete e equilibre as seguintes equações, que juntas resultam em doença de bronze:



**RESPOSTA:**



b) Quais espécies são os oxidantes e os redutores em cada equação?

**RESPOSTA:**

Equação 1: Oxigênio é o oxidante, e  $\text{CuCl}$  é o redutor

Equação 2: O cobre é o redutor e o  $\text{CuCl}_2$  é o oxidante

Equação 3: O  $\text{CuCl}$  é o redutor e o  $\text{O}_2$  é o oxidante

c) Se 8,0 % em massa de uma estátua de cobre de 350,0 kg consistia de  $\text{CuCl}$ , e a estátua sucumbisse à doença de bronze, quantas libras de hidrato verde em pó seriam formadas? Dado: 1 libra  $\equiv$  0,4536 kg.

**RESPOSTA:**

$$m(\text{CuCl}) = 350 \times 10^3 \text{ g} \times \frac{8\%}{100\%} = 2,8 \times 10^4 \text{ g}$$

$$m(\text{hidrato}) = (2,8 \times 10^4 \text{ g de CuCl}) \times \frac{1 \text{ mol de CuCl}}{100,999 \text{ g de CuCl}} \times \frac{2 \text{ mol de hidrato}}{12 \text{ mol de CuCl}} \times \frac{445,147 \text{ g de hidrato}}{1 \text{ mol de hidrato}} = 20568 \text{ g}$$

$$m(\text{hidrato}) = (20,568 \text{ kg}) \times \frac{1 \text{ libra}}{0,4536 \text{ kg}} = 45,34 \text{ libra}$$

d) Quais fatores podem afetar a taxa de deterioração de um artefato de bronze recentemente escavado?

RESPOSTA:

A temperatura, a umidade e o vento, pois esses agentes podem trazer mais oxigênio ( $\text{O}_2$ ) que ficaria em contato com a estátua promovendo a sua deterioração.

e) A chuva ácida, que tem  $pH < 5,6$ , se dá em locais com elevadas concentrações na atmosfera de óxidos de enxofre, nitrogênio e carbono. Esses óxidos, carregados pela água precipitada da chuva, formam basicamente os ácidos sulfúrico, nítrico e carbônico, que são os causadores de danos ambientais e em monumentos históricos. Considerando o objeto citado no item (c), quando exposto a eventos intempéricos, nesse caso, chuva ácida, escreva a(s) provável(is) reação(ões) química(s) balanceada(s) do cobre com cada ácido.

RESPOSTA:

Ácido Sulfúrico:



Ácido Nítrico (aceitar ambos os casos):

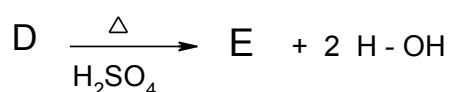
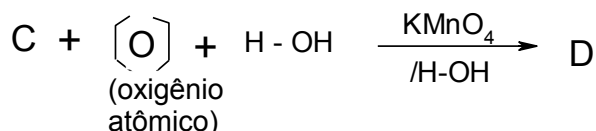
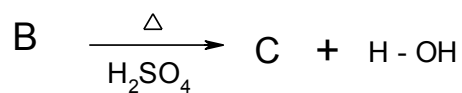
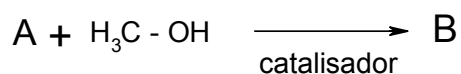
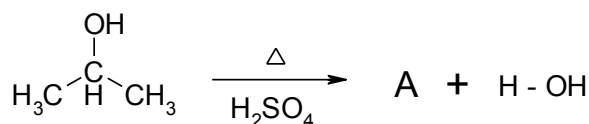


Ácido Carbônico (aceitar ambos os casos):



**Questão 12** - Muitas substâncias são produzidas nos laboratórios químicos de acordo com a necessidade ou para fins de aprendizagem dos futuros profissionais da Química ou de áreas afins. Assim, partindo de uma amostra de álcool isopropílico, é feita a sequência de reações abaixo:



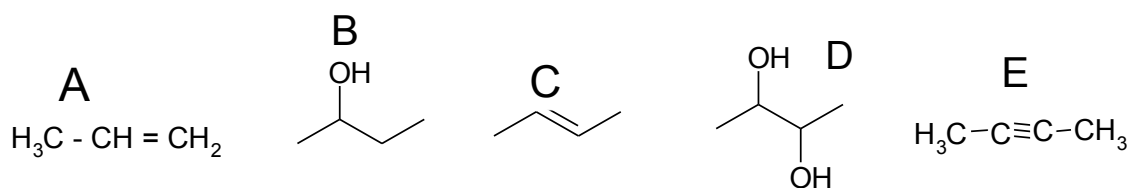


Pede-se:

- a) A fórmula estrutural das substâncias A, B, C, D e E.
- b) O nome sistemático das substâncias A, B, C, D e E.
- c) Qual das substâncias apresenta estereoisomeria *cis-trans*? Faça as duas configurações.
- d) Qual das substâncias apresenta estereoisomeria com carbono assimétrico? Faça as duas configurações *R* e *S*.
- e) Indique o nome sistemático do álcool isopropílico.

**RESPOSTA:**

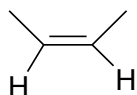
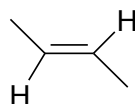
a)



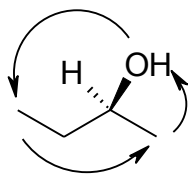
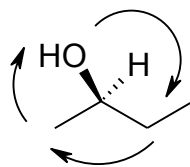
b)

- A** Propeno  
**B** Butan-2-ol  
**C** But-2-eno  
**D** Butano-2, 3-diol  
**E** But-2-ino

c) Substância C:

configuração *cis*configuração *trans*

## d) Substância B:

Configuração *S*  
(sentido anti-  
horário)Configuração *R*  
(sentido horário)

## e) Propan-2-ol

**Questão 13** – O nitrogênio é o sétimo elemento da tabela periódica, ocorrendo naturalmente na forma gasosa  $N_2$  à temperatura ambiente e é muito abundante na atmosfera. Trata-se de um elemento muito versátil, que se combina facilmente com o oxigênio, resultando em diversos óxidos de nitrogênio. Sobre o nitrogênio e seus óxidos responda:

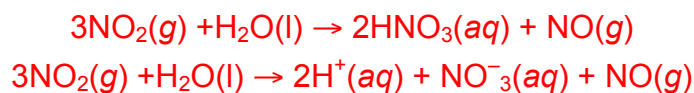
a) Desenhe as estruturas de Lewis de  $NO$ ,  $NO^+$  e  $NO^-$ .

## RESPOSTA:



b)  $NO$  é um gás incolor, que se torna marrom quando exposto ao ar devido a formação de  $NO_2$ , conforme a reação  $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ . O dióxido de nitrogênio pode reagir com a água, regenerando o  $NO$ . Escreva esta reação química balanceada, indicando os estados físicos das espécies e usando a seta de reação adequada.

## RESPOSTA: (aceitar as duas formas)



- c) O dióxido de nitrogênio existe em equilíbrio com seu dímero, o  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Qual o estado de oxidação do átomo de N no monóxido de nitrogênio, no dióxido de nitrogênio e no tetróxido de dinitrogênio? Ocorre mudança no estado de oxidação do átomo de nitrogênio do dióxido de nitrogênio quando este composto sofre dimerização? Explique.

**RESPOSTA:**

Estado de oxidação: +2, +4 e +4.

Não. Pois nesse caso, a reação de dimerização se dá pela formação da molécula  $\text{N}_2\text{O}_4$  a partir de duas moléculas de  $\text{NO}_2$ , sem envolver transferência de elétrons.

- d) A constante de equilíbrio em termos das concentrações ( $K_C$ ) de  $\text{NO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}_4$  a 298 K é  $170 \text{ mol}^{-1} \text{ L}$ , enquanto a constante de equilíbrio em termos de pressões parciais ( $K_p$ ) é  $6,7 \times 10^{-5}$  para unidade em Pascal (Pa) ou 6,8 para atmosfera (atm). Escreva as expressões para as constantes de equilíbrio  $K_C$  e  $K_p$  para esta reação e, considerando a equação de Clapeyron ( $pV = nRT$ ), deduza a relação entre  $K_C$  e  $K_p$ .

**RESPOSTA:**

$$K_C = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = 1,70 \text{ mol}^{-1} \text{ L}$$

$$K_p = \frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{\{p(\text{NO}_2)\}^2} = 6,7 \times 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$$

Como  $pV = nRT$ , a concentração pode ser expressada por:

$$[A] = \frac{n}{V} = \frac{p}{RT}$$

Substituindo na equação do equilíbrio em função das concentrações:

$$K_C = \frac{\frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{RT}}{\left\{\frac{p(\text{NO}_2)}{RT}\right\}^2} = \frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{RT} \times \left\{\frac{RT}{p(\text{NO}_2)}\right\}^2 = \frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)}{\{p(\text{NO}_2)\}^2} \times (RT)$$

$$K_C = K_p \times (RT) \quad \text{ou} \quad K_p = K_C \times (RT)^{-1}$$

- e) O  $\Delta_r H(298 \text{ K})$  da reação de dimerização do dióxido de nitrogênio é  $-57 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Esta reação é endotérmica ou exotérmica? Justifique. Usando os dados contidos nessa questão sobre a dimerização do  $\text{NO}_2$ , calcule a variação da entropia da reação de dimerização do dióxido de nitrogênio e relate o valor como  $T\Delta S$ . Se esta reação dependesse somente do termo entrópico, ela ocorreria espontaneamente? Justifique, considerando as condições padrão.. Dados:  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ,  $\Delta G = -RT \ln K$ ,  $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

**RESPOSTA:**

**EXOTÉRMICO.** A reação de dimerização ocorre com liberação de calor do sistema para a vizinhança, uma vez que o valor de  $\Delta_r H < 0$ .

Cálculo da  $\Delta G$ :

$$\Delta G = -(8,314 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}) \times (298 \text{ K}) \times \ln(6,7 \times 10^{-5}) = +23,811 \text{ J mol}^{-1}$$

Cálculo do valor de  $T\Delta S$ :

$$T\Delta S = \Delta H - \Delta G = \{-57 - (+23,8)\} \text{ kJ mol}^{-1} = -80,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

A reação é não espontânea, uma vez que,  $T\Delta S < 0$ .

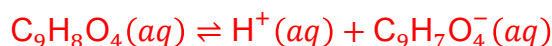
**Questão 14** - O ácido acetilsalicílico, mais conhecido pelo nome comercial de *aspirina*, é o princípio ativo em muitos medicamentos de propriedades analgésica, antipirética e anti-inflamatória. Ele também é usado como anti-agregante plaquetário. É um monoácido fraco (fórmula molecular  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ ) cuja base conjugada é o ânion acetilsalicilato ( $\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-$ ). É facilmente sintetizado a partir do ácido salicílico. Considere que um grama de ácido acetilsalicílico dissolve-se em 450 mL de água para obter uma solução saturada com  $\text{pH} \approx 2,73$ . Com base nas informações determine o que pede:



- a) Escrever a equação química e a expressão da constante de equilíbrio do ácido na solução?

**RESPOSTA:**

A reação de dissociação no equilíbrio é



Constante de equilíbrio ácida:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]}{[\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]}$$

- b) Qual é o  $K_a$  do ácido acetilsalicílico?

**RESPOSTA:**

Massa molar do ácido acetilsalicílico:

$$M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = (9 \times 12,01 + 8 \times 1,01 + 4 \times 16,00) \text{ g mol}^{-1} = 180,17 \text{ g mol}^{-1}$$

Concentração molar inicial do ácido acetilsalicílico:

$$[\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]_0 = \frac{n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)}{V} = \frac{m(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4)}{M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) \times V} = \frac{1 \text{ g}}{(180,17 \text{ g mol}^{-1}) \times (0,45 \text{ L})} = 1,23 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

No equilíbrio  $[\text{H}^+]_{eq} = [\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]_{eq}$ , logo:

$$[\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]_{eq} = [\text{H}^+]_{eq} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,73} = 1,86 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

A concentração molar do ácido acetilsalicílico é:

$$\begin{aligned} [\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]_{eq} &= [\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]_0 - [\text{H}^+]_{eq} = (1,23 \times 10^{-2} - 1,86 \times 10^{-3}) \text{ mol L}^{-1} \\ &= 1,04 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]_{eq} [\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]_{eq}}{[\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4]_{eq}} = \frac{(1,86 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1})^2}{1,04 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}} = 3,33 \times 10^{-4}$$

- c) Qual é o pH final se 50,0 mL de acetilsalicilato de sódio  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$  são adicionados a solução saturada de ácido acetilsalicílico.

**RESPOSTA:**

Concentração molar do ácido acetilsalicílico da solução tampão:

$$[\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4] = \frac{[\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4]_{eq} \times V}{V + V_{ad}} = \frac{(1,04 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}) \times (450 \text{ mL})}{(450 + 50) \text{ mL}} = 9,36 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

A reação de dissociação do acetilsalicilato de sódio é:



E a concentração total do ânion acetilsalicilato fica:

$$[\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-] = \frac{[\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]_{eq} \times V + [\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]_{sat} \times V_{ad}}{V + V_{ad}}$$

$$[\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-] = \frac{(1,86 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}) \times (450 \text{ mL}) + (0,10 \text{ mol L}^{-1}) \times (50 \text{ mL})}{(450 + 50) \text{ mL}} = 2,67 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

Em seguida, calcula-se o cálculo do pH da solução tampão:

$$pH = pK_a - \log \left( \frac{[\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4]}{[\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]} \right) = -\log K_a - \log \left( \frac{[\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4]}{[\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-]} \right)$$

$$pH = -\log 3,33 \times 10^{-4} - \log \left( \frac{9,36 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}{2,67 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}} \right) = 3,478 + 0,455 = 3,933$$

- d) Qual é o pH final se 50,0 mL de  $\text{HCl}$   $0,10 \text{ mol L}^{-1}$  são adicionados a solução saturada de ácido acetilsalicílico.

**RESPOSTA:**

A reação de dissociação do ácido clorídrico é:



E a concentração total do  $\text{H}^+$  fica:

$$[\text{H}^+] = \frac{[\text{H}^+]_{eq} \times V + [\text{H}^+]_{\text{HCl}} \times V_{ad}}{V + V_{ad}}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{(1,86 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}) \times (450 \text{ mL}) + (0,10 \text{ mol L}^{-1}) \times (50 \text{ mL})}{(450 + 50) \text{ mL}} = 2,67 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

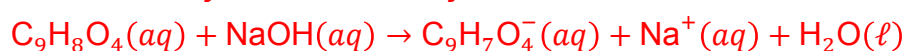
Em seguida, calcula-se o cálculo do pH da solução:

$$pH = -\log [\text{H}^+] = -\log 2,67 \times 10^{-2} = 1,573$$

- e) Qual é o pH final se 50,0 mL de  $\text{NaOH}$   $0,10 \text{ mol L}^{-1}$  são adicionados a solução saturada de ácido acetilsalicílico.

**RESPOSTA:**

Nesse caso, temos uma reação de neutralização:



Achar o número de mols de  $H^+$  e  $OH^-$  antes da reação de neutralização:

$$n(H^+) = [C_9H_8O_4] \times V_{C_9H_8O_4} = (1,23 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}) \times (0,45 \text{ L}) = 5,535 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(OH^-) = [NaOH] \times V_{NaOH} = (0,10 \text{ mol L}^{-1}) \times (0,05 \text{ L}) = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Assim, pode determinar a concentração de ácido acetilsalicílico remanescente e do ânion acetilsalicilato formado pela neutralização:

$$[C_4H_8O_4] = \frac{n(H^+) - n(OH^-)}{V_{C_4H_8O_4} + V_{NaOH}} = \frac{(5,535 \times 10^{-3} - 5,0 \times 10^{-3}) \text{ mol}}{(0,45 + 0,05) \text{ L}} = 1,05 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[C_9H_7O_4^-] = \frac{n(OH^-)}{V_{C_4H_8O_4} + V_{NaOH}} = \frac{5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}}{(0,45 + 0,05) \text{ L}} = 0,01 \text{ mol L}^{-1}$$

Então temos:

	$[C_4H_8O_4]$	$[C_9H_7O_4^-]$	$[H^+]$
Após a neutralização	$1,05 \times 10^{-3}$	0,01	0
No equilíbrio	$1,05 \times 10^{-3} - x$	$0,01 + x$	$x$

Da equação da constante ácido determina-se a concentração de  $H^+$  e em seguida o valor de  $pH$  final:

$$K_a = \frac{(0,01 + x) \times (x)}{1,05 \times 10^{-3} - x} = \frac{0,01x + x^2}{1,05 \times 10^{-3} - x}$$

$$x^2 + (0,01 + K_a)x - 1,05 \times 10^{-3} \times K_a = 0$$

$$x^2 + (0,01 + 3,33 \times 10^{-4})x - 1,05 \times 10^{-3} \times 3,33 \times 10^{-4} = 0$$

$$x^2 + 0,010333x - 3,4965 \times 10^{-7} = 0$$

$$x = \frac{-0,010333 + \sqrt{0,010333^2 + 4 \times 3,4965 \times 10^{-7}}}{2} = 3,35 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

Como  $x = [H^+] = 3,35 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  temos que:

$$pH = -\log(3,35 \times 10^{-5}) = 4,475$$

**Questão 15** - Atualmente, as questões ambientais passam a limitar a competitividade das indústrias químicas ou das empresas que tenham algum processo químico, com uma legislação ambiental cada vez mais restritiva, esgotamento dos recursos naturais e com uso consciente e responsável. Sendo assim, os profissionais da química possuem importante papel na operação e otimização de processos relacionados ao controle de resíduos e ao tratamento dos efluentes industriais. Diante disso, responda os seguintes questionamentos sobre os processos de tratamento de efluentes:

- a. A cloração é considerada um processo de desinfecção aplicável à todas as águas em função de razões econômicas e de praticabilidade operacional. Dessa forma, quais os compostos de cloro mais comumente usados na desinfecção? Indique o teor aproximado de cloro ativo em cada um deles.

**RESPOSTA:**

Água sanitária (líquida) – teor de cloro ativo de 2 a 3 %.

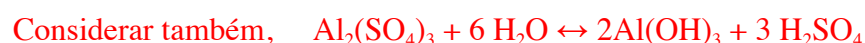
Cal clorada (pó) – teor de cloro ativo de 25 a 30 %.

Hipoclorito de sódio (líquido) – teor de cloro ativo de 10 a 15 %.

Hipoclorito de cálcio (pó, grãos, tabletes ou pastilhas) – teor de cloro ativo de 65 a 75 %.

- b. O processo de coagulação ou floculação possui como objetivo aumentar o tamanho das partículas dispersas na água, formando flocos que favoreçam a sedimentação mais acelerada. As substâncias que realizam esse trabalho são denominadas coagulantes e seu papel é neutralizar as cargas superficiais presentes nas partículas contaminantes, permitindo que ocorra a atração entre essas partículas. Uma das principais substâncias coagulantes, utilizada em larga escala no setor industrial, é o sulfato de alumínio. Escreva a reação balanceada que representa a forma como o sulfato de alumínio se comporta quando é adicionado à água.

RESPOSTA:



- c) A adsorção é um processo empregado para a remoção de partículas dissolvidas no efluente, que não podem ser removidas por processos biológicos e não foram precipitadas nos processos de coagulação e floculação. Quais os principais contaminantes que podem ser removidos por esse tipo de processo? Indique os processos de adsorção e descreva o princípio de cada um.

RESPOSTA:

Os principais contaminantes que podem ser removidos por esse tipo de processo envolvem substâncias como fenol e derivados, corantes orgânicos, agrotóxicos, íons como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  etc.

Processos de adsorção:

Adsorção física: envolve a formação de um complexo entre o adsorvente (substância que irá reter o contaminante) e o adsorvato (contaminante propriamente dito) por meio de interações eletrostáticas do tipo forças intermoleculares. É mais empregada em substâncias pouco solúveis na água. O principal adsorvente empregado nessa operação é o carvão ativado. Outros adsorventes também são explorados, tais como, sílica, alumina, amido e celulose.

Adsorção química: envolve a formação de ligações químicas entre os participantes. É o que acontece com as resinas trocadoras de íons. As principais substâncias que são removidas nesse processo envolvem cátions e íons bastante solúveis em água como sódio, potássio, cálcio, sulfato, cloreto etc. Elas podem ser classificadas em catiônicas quando removem cátions ou aniônicas quando são empregadas na remoção de ânions.

- d) Lodo é o material formado nos processos de tratamento primário, nos sedimentadores do tratamento secundário (biológico) e nos sedimentadores dos floculadores. Porém, para minimizar custos com seu transporte aos aterros sanitários ou mesmo condicioná-lo a outros fins, deve-se aumentar sua concentração, em termos de matéria seca. Indique quais os principais processos utilizados para a concentração de lodo e descreva o princípio de cada um.

**RESPOSTA:**

**Leito de secagem:** Os leitos de secagem são processos bastante atrativos por serem de baixo custo, porém são só utilizados quando se dispõem de elevadas áreas para sua construção. O leito geralmente é construído de alvenaria, com duas camadas de leito filtrante, uma de areia com 10 a 15 cm e outra inferior de brita com 20 a 30 cm. Sobre a areia são colocados tijolos maciços, com o objetivo de colocar o lodo sobre sua parte superior e evitar o arraste de lodo desaguado na sua remoção. No centro do tanque, na parte inferior que deverá possuir um cone de declividade de 1 a 5 %, deve ser instalado um dreno. A camada de lodo a ser colocada deve ser por volta de 30 cm. A previsão de secagem é por volta de 15 dias. O líquido obtido pode ser misturado ao efluente tratado caso não gere um acréscimo na DBO ou então deverá ser enviado junto com o efluente a ser tratado.

**Filtro prensa:** Os filtros-prensa podem ser de dois tipos, o de esteira e o de placas, sendo o mais utilizado o de placas. Esse é um equipamento que pode gerar “torta” com concentração de 30 %. A operação é realizada em batelada com ciclos que duram até 4 horas. O lodo é submetido a pressão de aproximadamente  $15 \text{ kgf cm}^{-2}$ , onde o líquido atravessa a placa, é recolhido e na maioria das vezes retorna ao tanque de equalização.

- e) O que são os processos oxidativos avançados? Descreva.

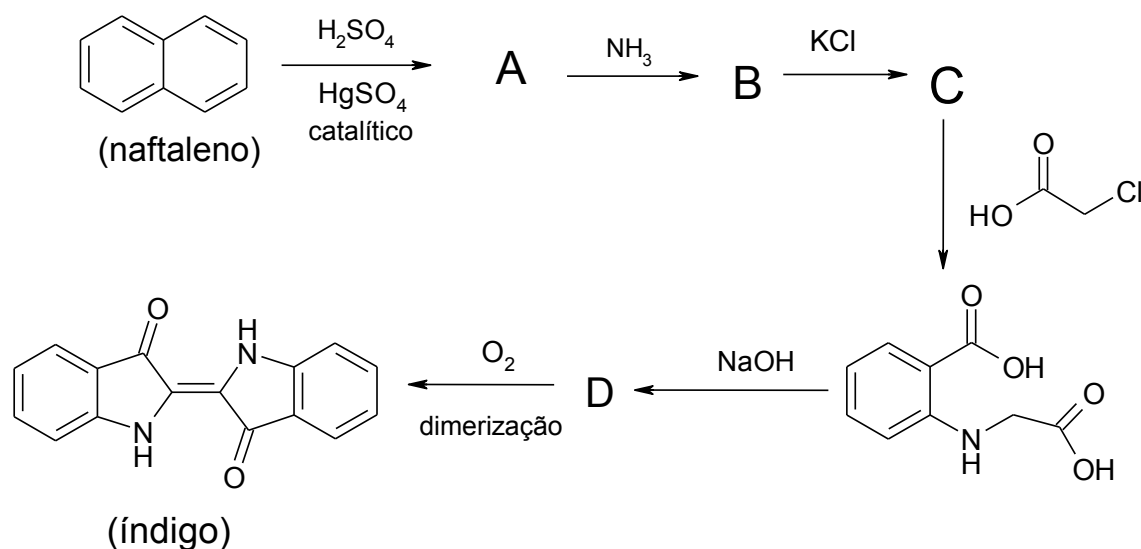
**RESPOSTA:**

Os processos oxidativos avançados são uma tecnologia bastante recente (meados de 1970) e possuem como objetivo oxidar compostos orgânicos de baixa biodegradabilidade que não podem ser removidos pelos processos físico-químicos tradicionais, até mineralizá-los. Nos processos oxidativos avançados, o oxigênio (agente oxidante) é substituído pelo radical hidroxila ( $\text{HO}\cdot$ ). Esse radical possui um enorme potencial de oxidação quando comparado a outros oxidantes usuais.

**Questão 16** – Antigamente, os corantes eram extraídos diretamente da natureza. Mas, por razões diversas, passaram a ser sintetizados. A síntese dos corantes foi muito importante para o desenvolvimento da química, o progresso da ciência e da tecnologia. Um dos exemplos é a síntese do índigo, um pigmento azul extraído das folhas da planta *Indigofera tinctori*. O índigo



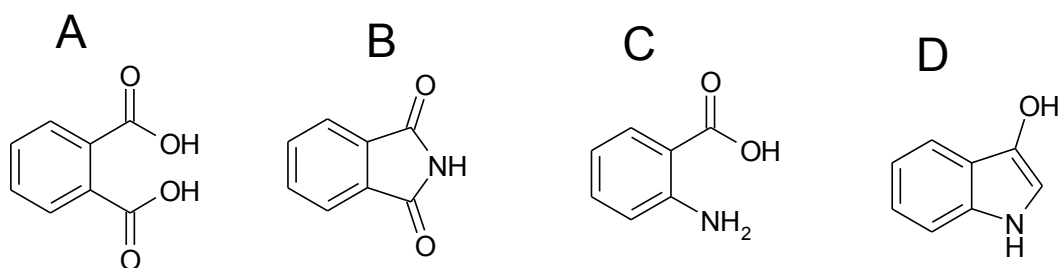
foi sintetizado, pela primeira vez, pelo químico alemão Johan F. W. A. Von Baeyer (1835-1917), usando 2-nitrobenzaldeído, acetona e hidróxido de sódio. Mas, esta síntese não competia com o produto natural indiano. Em 1893, Karl Heuman, acidentalmente, desenvolveu um método mais competitivo. Ele estava tentando a síntese do índigo a partir do naftaleno e ácido sulfúrico, quando o termômetro se quebrou e o mercúrio nele contido formou o sulfato de mercúrio, que mudou o resultado da reação. Abaixo, um esquema da reação:



Diante deste esquema reacional, resolva as questões:

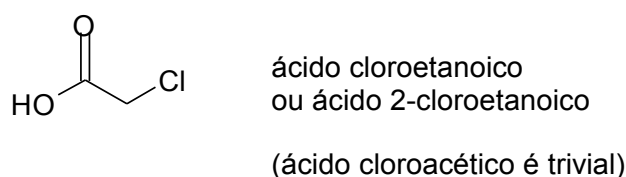
a) A fórmula estrutural das substâncias A, B, C e D.

**RESPOSTA:**



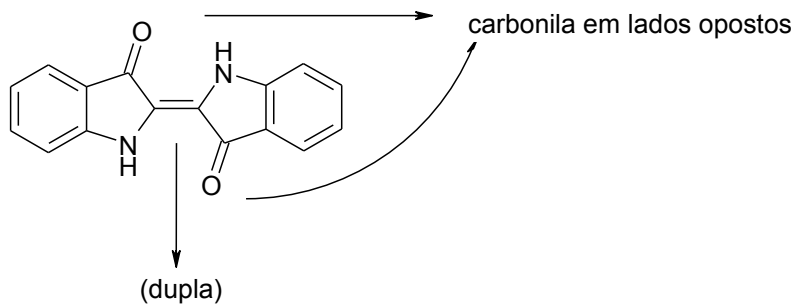
b) O nome sistemático da substância orgânica usada para reagir com a substância C.

**RESPOSTA:**



c) O índigo apresenta a configuração *cis* (*Z*) ou *trans* (*E*)? Justifique.

RESPOSTA:

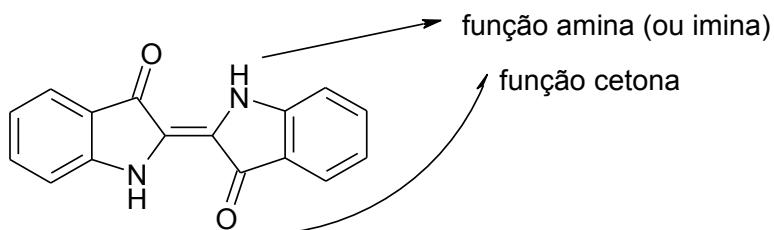


d)

Tanto a carbonila como o grupo amina estão em lados opostos (semi-espacos opostos) em relação à dupla ligação. Temos a configuração *trans* ou *E*.

e) Quais funções orgânicas estão presentes no índigo?

RESPOSTA:



f) Qual a fórmula molecular do índigo?

RESPOSTA:

