



# 6ª OLIMPÍADA BAIANA DE QUÍMICA

## EXAME 2011

Data da prova: 30.07.2011

Data da publicação do gabarito: 01.09.2011

### GABARITO QUESTÕES DISCURSIVAS

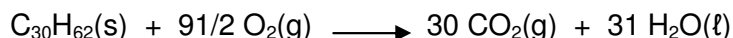
#### QUESTÃO 1. (Peso 2)

Uma vela de massa 34,5g é acesa e encoberta por um bequer. Após algum tempo a chama apaga. Após essa queima a massa da vela foi 33,8g. Considerando que a combustão é total e que a vela é formada apenas de  $C_{30}H_{62}$ , responda:

- (a) Qual a massa de dióxido de carbono,  $CO_2$ , formada? (1 ponto)
- (b) Qual a massa do reagente limitante? (1 ponto)

#### Resposta:

(a) Para calcular a massa de um produto formado em uma reação química deve-se, inicialmente, escrever a equação estequiométrica que representa a reação. Neste caso tem-se:



Como a combustão é total, os produtos serão apenas  $CO_2$  e  $H_2O$ .

Para calcular a massa de  $CO_2$  formada deve-se, inicialmente, calcular as respectivas massas molares dos reagentes e do  $CO_2$ :

$$C_{30}H_{62} = (30 \times 12 \text{ g/mol}) + (62 \times 1 \text{ g/mol}) = 360 + 62 = 422 \text{ g/mol}$$

$$O_2 = 2 \times 16 \text{ g/mol} = 32 \text{ g/mol}$$

$$CO_2 = (1 \times 12 \text{ g/mol}) + (2 \times 16 \text{ g/mol}) = 12 + 32 = 44 \text{ g/mol}$$

A massa do reagente é determinada por diferença entre a massa inicial e final da vela, as quais são dadas na questão:

$$\text{Massa inicial da vela} = 34,5 \text{ g}$$

$$\text{Massa final da vela} = 33,8 \text{ g}$$

$$\text{Massa da vela que reagiu} = 0,7 \text{ g}$$

Pela equação da reação pode-se observar que a proporção molar entre  $C_{30}H_{62}$  e  $CO_2$  é de 1:30, o que em termos de massa molar é 422g de  $C_{30}H_{62}$  : 30 x 44 g de  $CO_2$ . Assim pode-se escrever a seguinte proporção:



## 6ª OLIMPÍADA BAIANA DE QUÍMICA EXAME 2011

$$\frac{422\text{g de C}_{30}\text{H}_{62}}{30 \times 44\text{g de CO}_2} = \frac{0,7\text{g de C}_{30}\text{H}_{62}}{m \text{ g de CO}_2}$$

$$m = 2,19 \text{ g de CO}_2$$

A massa de dióxido de carbono formada pela queima de 0,7g da vela é 2,19g

(b) Qual a massa do reagente limitante?

Reagente limitante é aquele que por estar presente em menor proporção será consumido totalmente, determinando o final da reação. Nesse caso, como o recipiente está coberto e a vela apaga, conclui-se que ocorre falta de oxigênio. Portanto o oxigênio é o reagente limitante. Para calcular a massa desse reagente, utiliza-se da proporção entre os reagentes, apresentada na equação da reação, e faz-se o cálculo de modo semelhante ao item (a). Assim:

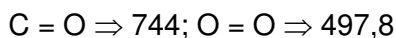
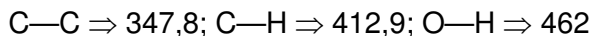
$$\frac{422\text{g de C}_{30}\text{H}_{62}}{45,5 \times 32\text{g de O}_2} = \frac{0,7\text{g de C}_{30}\text{H}_{62}}{m \text{ g de O}_2}$$

$$m = 2,4 \text{ g de O}_2$$

### QUESTÃO 2. (Peso 1)

A partir dos valores de energia de ligação dados a seguir, calcule a quantidade de energia liberada na reação apresentada na questão 1.

**Energias de ligação em kJ/mol:**



### Resposta:

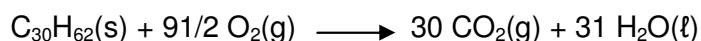
A energia liberada numa reação química é decorrente da quebra e da formação de ligações. A quebra de ligações ocorre nos reagentes e esse processo requer fornecimento de energia. A formação de ligações ocorre nos produtos e esse processo acontece com liberação de energia. Assim, a energia total envolvida (liberada ou absorvida) numa reação pode ser calculada a partir da soma algébrica dos valores de energia fornecida para a quebra e daqueles liberados na formação das ligações. Por convenção, energia fornecida tem sinal positivo e, energia liberada, tem sinal negativo.



## 6ª OLIMPÍADA BAIANA DE QUÍMICA EXAME 2011

Para fazer esse cálculo, devem-se contar quantas ligações que são quebradas e multiplicar esse número pelos correspondentes valores de energia de ligação. Contam-se também quantas são as ligações formadas e multiplica-se pelos correspondentes valores. Depois faz-se a soma algébrica e obtém-se assim a energia total envolvida (nesse caso, liberada) na reação.

A equação da reação é:



Nº de ligações que são quebradas x valor da energia de ligação:

$$\text{C}_{30}\text{H}_{62} = \text{C}-\text{C} (29 \times 347,8 \text{ kJ}) + \text{C}-\text{H} (62 \times 412,29 \text{ kJ}) = 10.086,2 + 25.599,8$$

$$\text{O}_2 = \text{O}=\text{O} (45,5 \times 497,8 \text{ kJ}) = 22.649,9 \text{ kJ}$$

$$\text{VALOR TOTAL DE ENERGIA FORNECIDA} = +58.335,9 \text{ kJ/mol de } \text{C}_{30}\text{H}_{62}$$

Nº de ligações que são formadas x valor da energia de ligação:

$$\text{CO}_2 = \text{C}=\text{O} (60 \times 744 \text{ kJ}) = 44.640,0 \text{ kJ}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \text{O}-\text{H} (62 \times 462 \text{ kJ}) = 28.644,0 \text{ kJ}$$

$$\text{VALOR TOTAL DE ENERGIA LIBERADA} = -73.284,0 \text{ kJ/mol de } \text{C}_{30}\text{H}_{62}$$

$$\text{VALOR TOTAL DE ENERGIA ENVOLVIDA NA REAÇÃO} = +58.335,9 - 73.284,0$$

$$\text{ENERGIA TOTAL} = -14.948,1 \text{ kJ / mol (ou 422 g) de } \text{C}_{30}\text{H}_{62}$$

Como só reagiram 0,7 g de  $\text{C}_{30}\text{H}_{62}$ , tem-se que:

$$\frac{422 \text{ g de } \text{C}_{30}\text{H}_{62}}{14.941,8 \text{ kJ}} = \frac{0,7 \text{ g de } \text{C}_{30}\text{H}_{62}}{x \text{ kJ}}$$

$$x = 24,79 \text{ kJ foram liberadas na queima de 0,7 g de } \text{C}_{30}\text{H}_{62}$$



## 6ª OLIMPÍADA BAIANA DE QUÍMICA EXAME 2011

### QUESTÃO 3. (Peso 3)

Têm-se três soluções incolores, em recipientes distintos, que se encontram sem rótulo. Sabe-se que uma delas é de íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), outra de íons hidróxido ( $\text{OH}^-$ ) e outra de íons sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Descreva como você faria para identificar cada recipiente, dispondo de soluções de íons prata ( $\text{Ag}^+$ ), íons bário ( $\text{Ba}^{2+}$ ) e íons magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

**DADO:** São fornecidos a seguir o produto da constante de solubilidade (Ks) para alguns compostos envolvendo esses íons. Considere como solúveis os compostos para os quais não são dados os Ks.

$\text{AgCl}$ :  $K_s = 1,8 \times 10^{-10}$ ;  $\text{Ag}_2(\text{SO}_4)$ :  $K_s = 1,6 \times 10^{-5}$ ;  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ :  $K_s = 1,1 \times 10^{-11}$ ;  $\text{BaSO}_4$ :  $K_s = 1 \times 10^{-10}$

#### Resposta:

Na questão são apresentados os Ks para algumas substâncias. Ks representa o produto de solubilidade,  $K_s = [\text{M}^+][\text{X}^-]$ , para um processo do tipo  $\text{MX}(\text{s}) \longrightarrow \text{M}^+(\text{aq}) + \text{X}^-(\text{aq})$ ; quanto menor o valor de Ks menor a solubilidade do composto.

Para identificar cada solução deve-se considerar a solubilidade de cada substância formada pela combinação do ânion da solução e o cátion a ser adicionado, com base nos Ks apresentados. Nota-se que as substâncias mais insolúveis, ou seja, com menor valor de Ks, são: cloreto de prata,  $\text{Ag}^+\text{Cl}^-$ , hidróxido de magnésio,  $\text{Mg}^{2+}\text{OH}^-$ , e sulfato de bário,  $\text{Ba}^{2+}\text{SO}_4^{2-}$ .

Para identificar cada recipiente faz-se o seguinte:

1. Coloca-se uma amostra da solução de cada ânion em três tubos de ensaios distintos.
2. A cada um desses tubos adicionam-se gotas da solução de um dos cátions disponíveis.
3. Aquele que turvar primeiro, prova da formação de um sólido, é o mais insolúvel.
4. Identificado o primeiro ânion, repete-se o procedimento com o segundo cátion e, a seguir, com o terceiro. Assim identifica-se cada um dos ânions.



## 6ª OLIMPÍADA BAIANA DE QUÍMICA EXAME 2011

### QUESTÃO 4. (Peso 3)

Tamanhos de átomos e de íons dependem das forças elétricas de atração e repulsão entre prótons e elétrons e das distâncias entre essas cargas. Com base nessa informação indique a ordem de tamanho para cada par de espécies a seguir e justifique sua resposta.

- a) Na e Na<sup>+</sup>
- b) F e F<sup>-</sup>
- c) F<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> e O<sup>2-</sup>

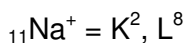
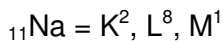
#### Resposta:

Os tamanhos de átomos, de cátions e ânions monoatômicos dependem das forças de atração entre prótons e elétrons, das forças de repulsão entre os elétrons e também da distância entre prótons e elétrons.

1. As forças atrativas podem ser avaliadas a partir da quantidade de prótons (carga nuclear) e de elétrons de valência. Esta força contribui para um menor tamanho, pois tende a aproximar os elétrons do núcleo.
2. As forças repulsivas estão relacionadas ao número de elétrons de valência. Quanto maior esse número de elétrons maior é a repulsão entre eles, o que contribui para aumentar o tamanho, pois os elétrons tendem a se afastar uns dos outros.
3. A distância entre prótons (carga nuclear) e elétrons de valência contribui de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a distância entre as cargas menor a atração entre elas. Esse fator pode ser avaliado pelo número de camadas que o átomo ou íon monoatômico apresenta: quanto maior o número de camadas maior é a distância entre o núcleo e os elétrons de valência.

#### a) Na > Na<sup>+</sup>

A partir das configurações eletrônicas das espécies pode-se avaliar a carga nuclear, o número de elétrons de valência e o nível onde estão esses elétrons:



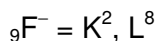
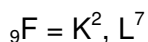


## 6ª OLIMPÍADA BAIANA DE QUÍMICA EXAME 2011

Pode-se verificar que o átomo de sódio (Na) tem uma camada a mais que o íon sódio ( $\text{Na}^+$ ) o que já é suficiente para justificar o fato de Na ser maior que  $\text{Na}^+$ .

### b) $\text{F} < \text{F}^-$

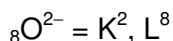
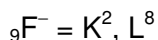
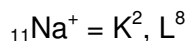
A distribuição eletrônica para cada espécie é:



Nesse caso, os elétrons de valência estão no mesmo nível, portanto o fator distância não define o tamanho. Deve-se analisar a carga positiva (carga nuclear) e negativa (quantidade de elétrons de valência). Tanto o F quanto o  $\text{F}^-$  possuem o mesmo número de prótons, nove (9), porém o  $\text{F}^-$  possui um elétron a mais. Como os elétrons de valência de ambos (átomo F e íon  $\text{F}^-$ ) estão no mesmo nível, a repulsão elétron-elétron será maior no  $\text{F}^-$  o que justifica o fato de o raio do ânion fluoreto ser maior que o do átomo de flúor.

### c) $\text{Na}^+ < \text{F}^- < \text{O}^{2-}$

As respectivas distribuições eletrônicas das espécies são:



Como pode ser visto, todas as três espécies possuem o mesmo número de elétrons e o mesmo número de camadas, mas diferem no número de prótons. Como os três íons possuem o mesmo número de elétrons e estes elétrons estão no mesmo nível, as repulsões elétron-elétron são iguais para todos. Assim, o que vai determinar os tamanhos desses íons é a carga nuclear: quanto maior essa carga, mais forte é a atração próton-elétron e, portanto, menor será o raio. Como a carga nuclear aumenta na ordem  $\text{Na}^+ > \text{F}^- > \text{O}^{2-}$  os raios variam na ordem  $\text{Na}^+ < \text{F}^- < \text{O}^{2-}$ .



## 6ª OLIMPÍADA BAIANA DE QUÍMICA EXAME 2011

### QUESTÃO 5. (Peso 2)

Algumas soluções conduzem corrente elétrica e outras não. Dentre as que conduzem umas conduzem mais que outras. Para os quatro sistemas a seguir, compare as condutividades e justifique sua resposta. **ATENÇÃO:** despreze o efeito da diluição no sistema resultante da mistura do ácido com a base.

- I) Água pura
- II) Solução 0,1 mol/l de ácido etanóico ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
- III) Solução 0,1 mol/l de amônia ( $\text{NH}_3$ )
- IV) Solução resultante da mistura de iguais quantidades do sistema II com o sistema III.

**DADOS:**  $\text{CH}_3\text{COOH}$ :  $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ ;  $\text{NH}_3$ :  $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ ; Etanoato de amônio: solúvel em água.

### Resposta:

A corrente elétrica é resultado do movimento ordenado de partículas carregadas eletricamente. Para uma solução conduzir corrente elétrica é necessário que nela existam íons, pois estes, quando submetidos a uma diferença de potencial, movimentam-se em uma direção preferencial caracterizando a corrente elétrica. A condução da corrente em solução exige, portanto, a existência de íons e quanto maior for a concentração deles maior é a contribuição para a condução e maior é a força desse eletrólito.

A partir desse entendimento pode-se usar os dados apresentados na questão para avaliar a concentração de íons em cada caso e, portanto, a condutividade relativa. Como as soluções são de mesma concentração (0,1 mol/l) a concentração de íons disponíveis para a condução dependerá do grau de dissociação que cada uma apresenta. Para uma equação do tipo  $\text{AB} \longrightarrow \text{A}^+ + \text{B}^-$  a constante de dissociação é dada por:

$$K = \frac{[\text{A}^+][\text{B}^-]}{[\text{AB}]}$$



## 6ª OLIMPÍADA BAIANA DE QUÍMICA EXAME 2011

A partir de uma análise dessa equação, pode-se concluir que quanto menor o valor da constante  $K$  menor será a concentração de íons em solução e, portanto, menor será a condutividade elétrica.

Sabe-se que a constante de dissociação da água pura é  $1,0 \times 10^{-14}$ , portanto, dentre os quatro sistemas citados, a água apresentará menor condutividade elétrica.

As soluções de ácido etanóico e de amônia têm a mesma concentração ( $0,1 \text{ mol/l}$ ) e o mesmo valor da constante de dissociação ( $K = 1,8 \times 10^{-5}$ ), portanto, ambas

apresentarão a mesma concentração de íons e também a mesma condutividade elétrica, porém maior que a da água ( $1,8 \times 10^{-5} > 1,0 \times 10^{-14}$ ).

Ao se misturar a solução do ácido etanóico com a de amônia ocorrerá a reação de neutralização do  $\text{H}^+$  pelo  $\text{OH}^-$  formando água e ficarão em solução os íons  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  e  $\text{NH}_4^+$ . Como é informado que o sal é solúvel em água estes íons estarão dissociados e a concentração de cada um é de  $0,1 \text{ mol/l}$ , desprezando o efeito de diluição proveniente da mistura das duas soluções. Esse valor de concentração ( $0,1 \text{ mol/l}$ ) é muito maior que os das soluções originais ( $1,8 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ ) e, portanto, esse sistema será melhor condutor que os demais.