

GABARITO IME



DISCURSIVAS 2017/2018

QUÍMICA

Informações da tabela periódica:

Elemento	H	C	N	O	F	Mg	Al	Cl	K	Ca	Cu	Br
Massa atômica (u)	1,00	12,0	14,0	16,0	19,0	24,0	27,0	35,5	39,0	40,0	63,5	80,0
Número atômico	1	6	7	8	9	12	13	17	19	20	29	35

Elemento	Ag	Sn	I	Xe	Pt
Massa atômica (u)	108	119	127	131	195
Número atômico	47	50	53	54	78

Constantes:

Constante de Faraday: $1F = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

Constante Universal dos Gases = $0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 62,3 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$\ln 2 = 0,693$ $\ln 3 = 1,1$ $e = 2,72$

Dados:

Entalpia de fusão do gelo: $\Delta H_{\text{fus}} = 330 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Capacidade calorífica específica média da água: $C_v = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Equação de Nernst: $E = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log Q$

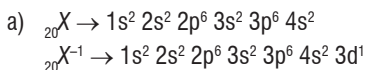
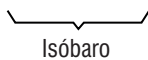
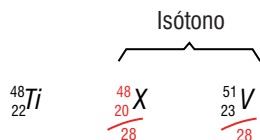
Conversão: $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$

Questão 01

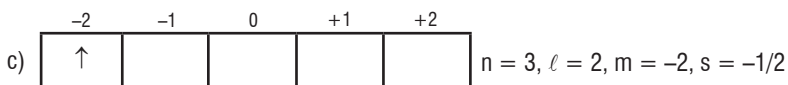
Sabendo-se que ${}^{48}_{22}\text{Ti}$ e ${}^{51}_{23}\text{V}$ são, respectivamente, isóbaro e isótono de um nuclídeo **X**, determine para o íon hipotético **X**⁻¹:

- a configuração eletrônica;
- a camada de valência;
- todos os números quânticos do elétron mais energético.

Gabarito:

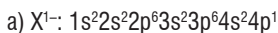


b) camada de valência = N (n = 4)



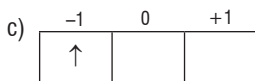
Obs.:

Admitindo-se, porém, que a adição do elétron que transforma o átomo em ânion se dê em 4p, ter-se-ia:



E neste caso, as respostas dos demais itens seriam

b) Camada de valência: N, (n = 4)



n = 4

ℓ = 1

m = -1

s = $-\frac{1}{2}$

Questão 02

As alquilações e acilações de Friedel-Crafts são reações de grande importância sintética na Química Orgânica. Entretanto, elas apresentam algumas especificidades que devem ser, consideradas no planejamento de estratégias de síntese de compostos orgânicos. As questões abaixo formuladas abordam algumas dessas especificidades.

- A monoalquilação do benzeno com brometo de *n*-butila gera como produto principal o *sec*butilbenzeno (64 a 68% da mistura), em detrimento do *n*-butilbenzeno (32 a 36% da mistura). Explique a razão desse fenômeno.
- Não ocorrem alquilações de Friedel-Crafts ao se adicionar clorobenzeno ou cloroeteno ao benzeno, mesmo em presença de $AlCl_3$. Por quê?
- Um problema comum nas alquilações de Friedel-Crafts é a ocorrência de polialquilações, isto é, de novas alquilações no anel aromático já alquilado. Por outro lado, é extremamente difícil a ocorrência de poliacilações em acilações de Friedel-Crafts. Qual o motivo dessa diferença de comportamento entre as duas reações?

gabarito:

- a) O intermediário *sec*-butilcarbônio, $H_3C - \overset{\oplus}{CH} - \begin{array}{c} | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}$,

é mais estável que o *n*-butilcarbônio, $CH_3 - CH_2 - CH_2 - \overset{\oplus}{CH_2}$.

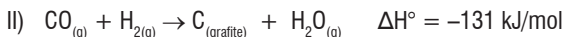
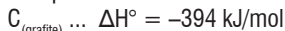
- Atacantes insaturados não reagem com o anel aromático porque são bases (fracas), e portanto agentes nucleofílicos. A reação característica do anel aromático é eletrofílica.
- Nas polialquilações, os radicais alquil são ativantes do anel, e por isso aumentam sua reatividade. Nas acilações, o grupo $—C \begin{array}{l} // \\ \backslash \end{array} \begin{array}{l} O \\ \end{array}$ dos fenonas e desativante do anel e portanto o efeito é contrário ao que provocam as alquilações.

Questão 03

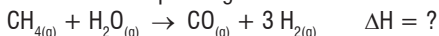
A reforma com vapor d'água, a temperaturas altas, é um método industrial para produção de hidrogênio a partir de metano . Calcule a entalpia de reação desse processo.

Dados:

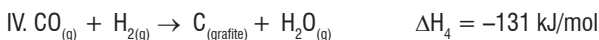
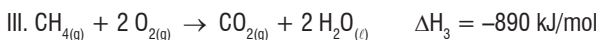
I) Entalpias de combustão:

**Gabarito:**

Reforma com vapor d'água do metano:



Dados:



Por Lei de Hess:

$$\Delta H = (-\Delta H_1) + (2 \times (-\Delta H_2)) + \Delta H_3 + (-\Delta H_4)$$

$$\Delta H = (+394) + (2 \times 286) + (-890) + (131)$$

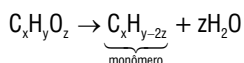
$$\Delta H = +207 \text{ kJ/mol}$$

Questão 04

Um composto orgânico de fórmula $C_xH_yO_z$, quando desidratado, gera um hidrocarboneto que, quando submetido a um processo de polimerização por adição, resulta em macromoléculas lineares de peso molecular médio 714 g/mol, contendo 17 meros por macromolécula. Determine, com base nessas informações, os valores dos índices x , y e z do composto inicial e apresente o(s) nome (s) IUPAC da(s) molécula(s) que pode(m) ser o composto inicial.

Gabarito

i) Desidratação do composto $C_xH_yO_z$:



ii) Polimerização por adição:

$$\text{Polímero} = (\text{monômero})_{17}$$

Como a massa média do Polímero é 714 g/mol, então:

$$\text{massa molar no monômero} = \frac{714}{17} = 42 \text{ g/mol}$$

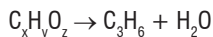
Então: massa molar (C_xH_{y-2z}) = 42 g/mol:

$$12x + (y - 2z) = 42$$

- Para 1 carbono: $12 + (y - 2z) = 42 \Leftrightarrow (y - 2z) = 30$ (não existe tal composto)
- Para 2 carbonos: $12 \cdot 2 + (y - 2z) = 42 \Leftrightarrow (y - 2z) = 18$ (não existe tal composto)
- Para 3 carbonos: $12 \cdot 3 + (y - 2z) = 42 \Leftrightarrow (y - 2z) = 6$ (C_3H_6 existe)

iii) Análise do composto inicial:

Um hidrocarboneto com 3 carbonos possui no máximo 8 átomos de hidrogênio, assim para a desidratação inicial:



Composto inicial = C_3H_8O ($x = 3$, $y = 8$, $z = 1$)

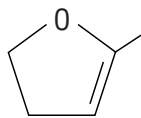
Compostos possíveis: Propan-1-ol

Propan-2-ol

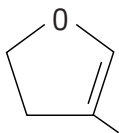
Questão 05

Dê as fórmulas estruturais planas de dez isômeros monocíclicos de cinco membros da ciclopentanona.

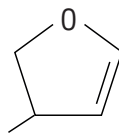
Gabário:



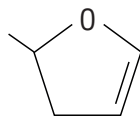
(1)



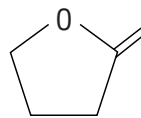
(2)



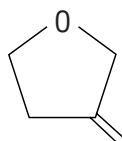
(3)



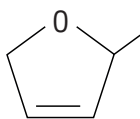
(4)



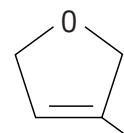
(5)



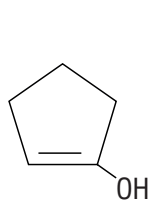
(6)



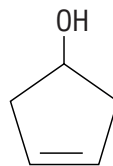
(7)



(8)



(9)



(10)

Questão 06

Em um vaso fechado, ocorreu a reação de 13,1 gramas de Xe(g) com excesso de F₂(g) cuja pressão parcial é de 2,4 atm e a pressão total de 6 atm. Tal reação formou exclusivamente o composto apolar A, que possui 14 pares de elétrons não ligantes. Em seguida, foram adicionados 19,5 g de platina na forma sólida, que reagiram exclusivamente com o composto A para formar um produto X, recuperando o gás nobre. Considerando comportamento de gás ideal e sabendo que as reações ocorreram à temperatura de 400°C, determine:

- a) a massa de flúor que não reagiu;
- b) a estrutura de Lewis do composto A; e
- c) a massa do produto X obtido.

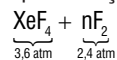
Gabarito:

- $$\text{Xe(g)} + 2\text{F}_2(\text{g}) + n\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Xe F}_4(\text{g})$$

$$m(\text{Xe}) = 13,1 \text{ g} = 0,1 \text{ mol Xe (limitante)}$$

Logo será formado 0,1 mol Xe F₄.

Após a reação: pressão total = 6,0 atm.



Cálculo da fração molar do Xe F₄.

$$p = P_T \cdot x$$

$$3,6 = 6,0 \cdot x$$

$$x = 0,6$$

Então:

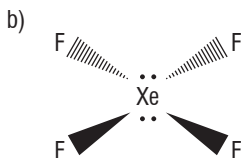
$$\frac{n(\text{XeF}_4)}{n(\text{XeF}_4) + n(\text{F}_2)} = 0,6$$

Como $n(\text{Xe F}_4) = 0,1 \text{ mol}$

$$n(\text{F}_2) = 6,66 \times 10^{-2} \text{ mol,}$$

$$m(\text{F}_2) = 6,66 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{38 \text{ g}}{\text{mol}}$$

$$m(\text{F}_2) = 2,53 \text{ g.}$$



c) Como Xe é o limitante:

$$n(\text{Xe}) = 0,1 \text{ mol}$$

$$n(\text{Xe F}_4) = 0,1 \text{ mol}$$

$$m = 0,1 \text{ mol} \cdot \frac{271 \text{ g}}{\text{mol}} =$$

$m = 27,1 \text{ g}$

Questão 07

Às vezes deseja-se remover um ou mais íons de uma solução. Para esse fim, agentes precipitantes podem ser empregados em uma técnica conhecida como “**precipitação seletiva**”, que permite separar íons em solução, devido às diferenças de solubilidade entre seus sais. Após a ação do precipitante, ocorre a deposição, e o precipitado pode ser removido de diversas formas, enquanto os demais íons permanecem em solução. O processo muitas vezes é conduzido por meio de um rigoroso controle do pH da solução e do emprego de concentrações adequadas do agente precipitante. O íon sulfeto, por exemplo, é muito usado para separar íons metálicos, porque as solubilidades de seus sais estendem-se sobre uma grande faixa.

Considere uma solução em que estão presentes os íons Cu^{2+} , a uma concentração 0,020 M, e Ni^{2+} , a uma concentração 0,010 M. A solução é mantida saturada com sulfeto de hidrogênio a uma concentração 0,100 M, por meio do borbulhamento contínuo desse gás na solução. Determine o valor máximo da faixa de pH em que é possível separar os dois íons.

Admita:

- constante do produto de solubilidade do CuS: $K_{ps} = 6,0 \times 10^{-37}$
- constante do produto de solubilidade do NiS: $K_{ps} = 3,0 \times 10^{-19}$
- constantes de dissociação iônica do ácido sulfídrico: $K_{a1} = 1,0 \times 10^{-7}$; $K_{a2} = 1,2 \times 10^{-14}$
- $\log(2,0) = 0,30$

Gabário:

$$[\text{H}_2\text{S}] \cong [\text{H}_2\text{S}]_0 = 0,1 \text{ mol/L}$$

i) Para solubilidade do CuS:

$$\text{CuS}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Cu}_{(aq)}^{+2} + \text{S}_{(aq)}^{-2} \quad K_{ps} = 6,0 \cdot 10^{-37} \quad (1)$$

ii) Para solubilidade do NiS:

$$\text{NiS}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Ni}_{(aq)}^{+2} + \text{S}_{(aq)}^{-2} \quad K_{ps} = 3,0 \cdot 10^{-19} \quad (2)$$

iii) Ionização do ácido sulfídrico:



iv) De (1) temos:

$$[\text{Cu}^{+2}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 6,0 \cdot 10^{-37}$$

para precipitar o cátion Cu^{+2} :

$$(0,02) \cdot [\text{S}^{2-}] = 6,0 \cdot 10^{-37}$$

$$[\text{S}^{2-}] = 3 \cdot 10^{-35} \text{ mol/L}$$

de (3) e (4) temos:

$$K_{a_1} \cdot K_{a_2} = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$1,0 \cdot 10^{-7} \cdot 1,2 \cdot 10^{-14} = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot (3 \cdot 10^{-35})}{0,1}$$

$$[\text{H}^+] \cong 2 \cdot 10^6 \text{ mol/L}$$

$\text{pH} \cong -6,3$ (Sulfeto cúprico precipita em qualquer pH praticamente)

v) De (2) temos:

$$[\text{Ni}^{+2}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 3,0 \cdot 10^{-19}$$

para precipitar o cátion Ni^{+2} :

$$(0,01) \cdot [\text{S}^{2-}] = 3,0 \cdot 10^{-19}$$

$$[\text{S}^{2-}] = 3,0 \cdot 10^{-17} \text{ mol/L}$$

de (3) e (4) temos:

$$1,0 \cdot 10^{-7} \cdot 1,2 \cdot 10^{-14} = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot (3 \cdot 10^{-17})}{0,1}$$

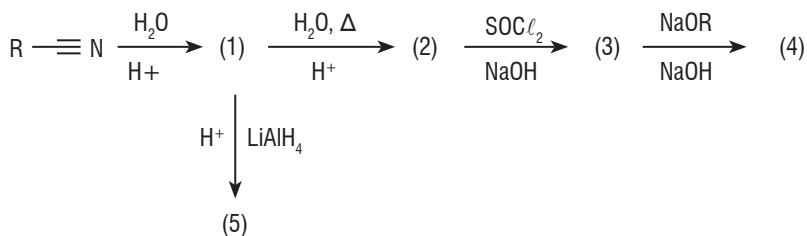
$$[\text{H}^+] \cong 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = 2,7$$

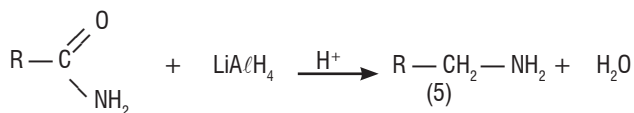
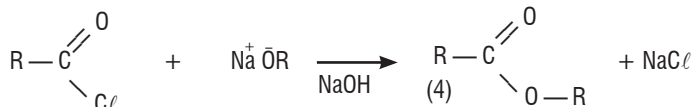
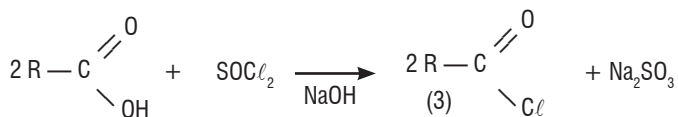
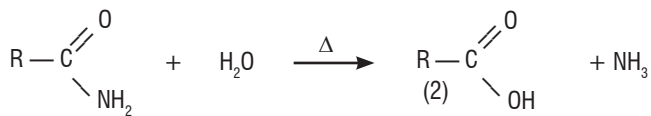
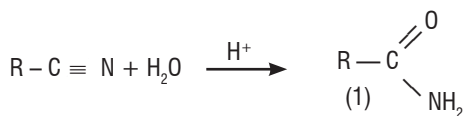
Assim, dos valores obtidos o valor máximo de pH em que é possível separar os íons Cu^{+2} e Ni^{+2} é 2,7.

Questão 08

Dada as reações orgânicas abaixo, desenhe as estruturas planas dos compostos (1) a (5).

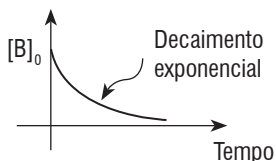
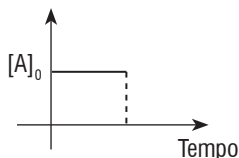


gabarito:



Questão 09

Para a reação $A + B \rightarrow C$, foram constatados experimentalmente os seguintes perfis de concentração molar (mol/L) versus tempo (h):



Observa-se ainda, experimentalmente, que a concentração do reagente B cai à metade do valor inicial em 195 h. Determine:

- A lei de velocidade;
- O valor da constante de velocidade.

Gabarito:

- $v = k \cdot [B]^1$.
- Cálculo da constante da velocidade:

Dado do problema:

$$[B]_{195\text{ h}} = \frac{[B]_0}{2}$$

Segue uma cinética da primeira ordem:

$$\ln\left(\frac{[B]_t}{[B]_0}\right) = -k \cdot t$$

$$\ln\left(\frac{[B]_{0,5}}{[B]_0}\right) = -k \cdot (195\text{ h})$$

$$\ln(2)^{-1} = -195 \cdot k$$

$$-1 \cdot \ln(2) = -195 \cdot k \Rightarrow k = \frac{0,693}{195\text{ h}} =$$

$$k = 3,55 \cdot 10^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$$

Questão 10

Um circuito de galvanoplastia em escala laboratorial é provido de uma fonte elétrica de 110 W, alimentada por uma rede doméstica de 110 V. O circuito é constituído por três cubas eletrolíticas ligadas em série que contêm, respectivamente, uma solução de nitrato de prata, uma solução de sulfato de cobre e 1 L de uma solução de NaCl 1 molar. Pretende-se fazer o recobrimento de uma peça de 100 cm² de superfície por uma película de prata com 40 μm de espessura e o recobrimento de outra peça com cobre, além de eletrolisar uma parte do NaCl. Pede-se calcular:

- a massa de cobre que será depositada na segunda peça;
- a fração de íons Cl⁻ que serão oxidados;
- o tempo requerido para a operação.

Dados:

Massa específica da prata: 10,5 g/cm³;

Equivalente eletroquímico do cloro: 0,389 mg/C;

Equivalente eletroquímico da prata: 1,119 mg/C.

Gabarito

Cálculo da massa da prata (Ag):

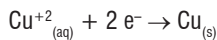
$$M_{\text{Ag}} = 10,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 100 \text{ cm}^2 \cdot 40,0 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$

$$M_{\text{Ag}} = 4,2 \text{ g}$$

Cálculo da carga, a partir do Eqg:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ C} \text{ ————— } 1,119 \cdot 10^{-3} \text{ g} \\ Q \text{ ————— } 4,2 \text{ g} \end{array}$$

$$Q = 3753,35 \text{ C}$$



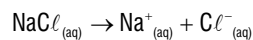
$$1 \text{ mol de Cu} \text{ — } 63,5 \text{ g} \text{ — } 2 \text{ mol de e}^- \cdot \frac{96500 \text{ C}}{\text{mol de e}^-}$$

$$M_{\text{Cu}} \text{ — } 3753,35 \text{ C}$$

$$M_{\text{Cu}} = 1,23 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- &\longrightarrow \text{Cl}_{2(\text{g})} \\
 2 \text{ mol de Cl}^- &\longrightarrow \cancel{2 \text{ mol de e}^-} \cdot \frac{96500 \text{ C}}{\cancel{\text{mol de e}^-}} \\
 2 \cdot 35,5 \text{ g} &\longrightarrow 2 \cdot (96500) \text{ C} \\
 M_{\text{Cl}^-} &\longrightarrow 3753,35 \text{ C} \\
 \boxed{M_{\text{Cl}^-} = 1,38 \text{ g}}
 \end{aligned}$$

Para uma solução a NaCl (1 mol · L⁻¹ e 1 L):



$$1 \text{ mol} \longrightarrow 1 \text{ mol Cl}^-$$

$$1 \text{ mol} \longrightarrow n_{\text{Cl}^-}$$

$$n_{\text{Cl}^-} = 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Cl}^-} = \frac{M_{\text{Cl}^-}}{\langle MM \rangle_{\text{Cl}^-}} = 1 \text{ mol}$$

$$M_{\text{Cl}^-} = 35,5 \text{ g}$$

Logo:

$$X_{\text{Cl}^-} = \frac{1,38 \text{ g}}{35,5 \text{ g}} = 3,89 \cdot 10^{-2}$$

$$\boxed{\equiv 3,89\%}$$

c) Cálculo do tempo:

Cálculo da corrente:

$$P = V \cdot i$$

$$110 = 110 \cdot i \Rightarrow i = 1,0 \text{ A}$$

$$i = \frac{Q}{t}$$

$$1,0 \cdot t = 3753,35$$

$$\boxed{t = 3753,35 \text{ s}}$$

Comentário:

A prova do IME explorou bem o conteúdo programático, dando maior ênfase em química orgânica. Sentimos falta de questões abordando propriedades coligativas e tabela periódica.

As questões mais acessíveis são as de números 1, 3 e 9, enquanto as mais difíceis são as de números 2 e 6 (pela falta de clareza no enunciado).

Parabenizamos a banca pela prova que certamente será capaz de selecionar os melhores candidatos.

Alexandre Grillo
Bruno Berner
Eduardo Campos
Eurico Dias
João Nabuco
Jorge Ferreira

