



## CONSTANTES

Constante de Avogadro	= $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Faraday ( $F$ )	= $9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ = $9,65 \times 10^4 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}$ = $9,65 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Volume molar de gás ideal	= $22,4 \text{ L (CNTP)}$
Carga elementar	= $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante dos gases ( $R$ )	= $8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ = $8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ = $1,98 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ = $62,4 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Constante gravitacional ( $g$ )	= $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

## DEFINIÇÕES

Pressão de 1 atm = 760 mmHg =  $101325 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$  = 760 Torr

$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ;

$1 \text{ pm} = 1 \times 10^{-12} \text{ m}$ ;

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP):  $0^\circ \text{C}$  e 760 mmHg

Condições ambientes:  $25^\circ \text{C}$  e 1 atm

Condições-padrão:  $25^\circ \text{C}$  e 1 atm ; concentração das soluções =  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão.

(s) = sólido. (l) = líquido. (g) = gás. (aq) = aquoso. (CM) = circuito metálico. (conc) = concentrado. (ua) = unidades arbitrárias.  $[A]$  = concentração da espécie química  $A$  em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Massas Molares		
Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
H	1	1,01
B	5	10,81
C	6	12,01
N	7	14,01
O	8	16,00
F	9	19,00
Na	11	22,99
Mg	12	24,31
Al	13	26,98
P	15	30,97
S	16	32,07
Cl	17	35,45
Ar	18	39,95
K	19	39,10

Massas Molares		
Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
Ti	22	47,87
Cr	24	52,00
Ni	28	58,69
Cu	29	63,55
Zn	30	65,38
As	33	74,92
Se	34	78,96
Ag	47	107,90
Sn	50	118,70
Te	52	127,60
I	53	126,90
Xe	54	131,30
Au	79	197,00
U	92	238,00

### ▶ Questão 01

Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) e água deuterada ( $\text{D}_2\text{O}$ ) são misturados numa razão volumétrica de 7:3, respectivamente, nas condições ambientes. A respeito dessa mistura, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Imediatamente após a mistura das duas substâncias é observada uma fase única.
- II. Após o equilíbrio, observa-se uma fase única que contém as seguintes substâncias:  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{OD}$  e  $\text{HOD}$ .
- III. Se for adicionado um cubo de  $\text{D}_2\text{O}(s)$  à mistura, este flutuará na superfície da mistura líquida.

Assinale a opção que contém a(s) afirmação(ões) CORRETA(S).

- A) Apenas I
- B) Apenas I e II
- C) Apenas II
- D) Apenas III
- E) Todas

#### Resolução:

- I. (Verdadeiro) Tanto água deuterada quanto metanol são substâncias polares. Nas condições ambientes são líquidos miscíveis entre si.
- II. (Verdadeiro) Após a mistura dos dois líquidos poderá ocorrer o equilíbrio:  

$$\text{CH}_3\text{OH} + \text{D}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OD} + \text{HOD}$$
- III. (Falso) A água deuterada no estado sólido será mais densa que a mistura metanol e água deuterada na proporção dada.

**Obs.:** Na afirmação I, o termo "imediatamente" pode ter sido utilizado para sugerir que no momento da mistura o sistema será heterogêneo, o que tornaria o item falso. Na nossa visão deve-se considerar o sistema homogêneo, fato que será observado alguns instantes após a mistura.

#### Alternativa B

### ▶ Questão 02

Considere os seguintes compostos:

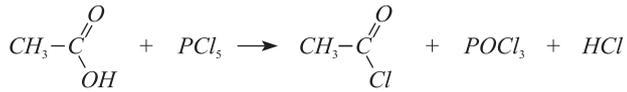
- I.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
- II.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
- III.  $\text{HCl}$
- IV.  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- V.  $\text{POCl}_3$

Assinale a opção que contém os produtos que podem ser formados pela reação de ácido acético com pentacloreto de fósforo.

- A) Apenas I, III e IV
- B) Apenas I e IV
- C) Apenas II e III
- D) Apenas II e V
- E) Apenas III e V

**Resolução:**

A reação que ocorre é:



Alternativa E

**▶ Questão 03**

Nas condições ambientes são feitas as seguintes afirmações sobre o ácido tartárico:

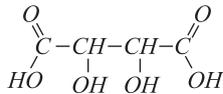
- I. É um sólido cristalino.
- II. É solúvel em tetracloreto de carbono.
- III. É um ácido monoprótico quando em solução aquosa.
- IV. Combina-se com íons metálicos quando em solução aquosa.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- A) I e II.
- B) I e IV.
- C) II e III.
- D) III e IV.
- E) V.

**Resolução:**

- I. (Verdadeiro) O ponto de fusão do ácido tartárico é superior à temperatura ambiente ( $\cong 175^\circ\text{C}$  para o isômero *D* ou *L*)
- II. (Falso) O ácido tartárico é muito polar e portanto, praticamente insolúvel em  $\text{CCl}_4$ .
- III. (Falso) O ácido tartárico é diprótico:



- IV. (Verdadeiro) O ácido tartárico pode se combinar com cátions metálicos formando sais.

Alternativa B

**▶ Questão 04**

Considere que 1 mol de uma substância sólida está em equilíbrio com seu respectivo líquido na temperatura de fusão de  $-183^\circ\text{C}$  e a 1 atm. Sabendo que a variação de entalpia de fusão dessa substância é  $6,0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , assinale a opção que apresenta a variação de entropia, em  $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- A) -20
- B) -33
- C) +50
- D) +67
- E) +100

**Resolução:**

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{\Delta H_{\text{fusão}}}{T}$$

$$\Delta S = \frac{6000}{90}$$

$$\Delta S \cong 67 \frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}}$$

Alternativa D

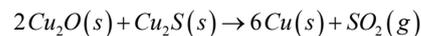
**▶ Questão 05**

Assinale a opção que contém o(s) produto(s) formado(s) durante o aquecimento de uma mistura de  $Cu_2O$  e  $Cu_2S$ , em atmosfera inerte.

- A)  $CuSO_4$
- B)  $Cu_2SO_3$
- C)  $Cu$  e  $SO_2$
- D)  $Cu$  e  $SO_3$
- E)  $CuO$  e  $CuS$

**Resolução:**

Ocorrerá a seguinte reação de oxirredução:



Alternativa C

**▶ Questão 06**

Assinale a opção que contém o momento angular do elétron na 5ª órbita do átomo de hidrogênio, segundo o modelo atômico de Bohr.

- A)  $h/2\pi$
- B)  $h/\pi$
- C)  $2,5h/2\pi$
- D)  $2,5h/\pi$
- E)  $5h/\pi$

**Resolução:**

$$W = \frac{n \cdot h}{2 \cdot \pi} \quad \therefore \quad W = \frac{5 \cdot h}{2 \cdot \pi}$$

$$W = \frac{2,5h}{\pi}$$

Alternativa D

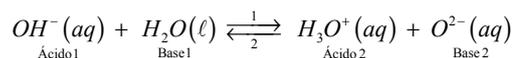
**▶ Questão 07**

Assinale a opção que contém a base conjugada de  $OH^-$ .

- A)  $O^{2-}$
- B)  $O^-$
- C)  $O_2^-$
- D)  $H_2O$
- E)  $H^+$

**Resolução:**

Quando o íon hidróxido atua como um ácido de Brønsted-Lorry ocorre o seguinte equilíbrio:



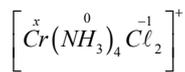
Alternativa A

**▶ Questão 08**

Assinale a opção que contém o número de oxidação do crômio no composto  $[Cr(NH_3)_4Cl_2]^+$ .

- A) Zero
- B) +1
- C) +2
- D) +3
- E) +4

Resolução:



$$x + 4 \cdot 0 + 2 \cdot (-1) = +1$$

$$\therefore x = +3$$

Alternativa D

**▶ Questão 09**

Assinale a opção que apresenta o elemento químico com o número CORRETO de nêutrons.

- A)  ${}^{19}_9F$  tem zero nêutrons.
- B)  ${}^{24}_{12}Mg$  tem 24 nêutrons.
- C)  ${}^{197}_{79}Au$  tem 79 nêutrons.
- D)  ${}^{75}_{33}As$  tem 108 nêutrons.
- E)  ${}^{238}_{92}U$  tem 146 nêutrons.

Resolução:

Como  $N = A - Z$ , teremos:

${}^{19}_9F$  possui 10 nêutrons;  ${}^{24}_{12}Mg$  possui 12 nêutrons

${}^{197}_{79}Au$  possui 118 nêutrons;  ${}^{75}_{33}As$  possui 42 nêutrons

e  ${}^{238}_{92}U$  possui 146 nêutrons

Alternativa E

**▶ Questão 10**

A pressão de vapor de uma solução ideal contendo um soluto não-volátil dissolvido é diretamente proporcional à

- A) fração molar do soluto.
- B) fração molar do solvente.
- C) pressão osmótica do soluto.
- D) molaridade, em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , do solvente.
- E) molalidade, em  $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ , do solvente.

Resolução:

A pressão de vapor da solução, pela lei de Raoult, pode ser calculada pela expressão:

$$P = x_2 \cdot P^0$$

$P$  ... pressão de vapor da solução.

$x_2$  ... fração molar do solvente.

$P^0$  ... pressão de vapor do solvente puro.

Alternativa B

**▶ Questão 11**

Considere um mol de um gás que se comporta idealmente, contido em um cilindro indeformável provido de pistão de massa desprezível, que se move sem atrito. Com relação a este sistema, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Se o gás for resfriado contra pressão externa constante, o sistema contrai-se.
- II. Se pressão for exercida sobre o pistão, a velocidade média das moléculas do gás aumenta.
- III. Se o sistema for aquecido a volume constante, a velocidade média das moléculas aumenta, independentemente da natureza do gás.
- IV. A velocidade média das moléculas será maior se o gás for o xenônio e menor se for o argônio.

Das afirmações acima, está(ão) ERRADA(S) apenas

- A) I e II.
- B) I, III e IV.
- C) II e III.
- D) II e IV.
- E) IV.

**Resolução:**

I. Verdadeiro. De acordo com Cladeyron, temos

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$\frac{\downarrow V}{\downarrow T} = \left( \frac{nR}{P} \right) \text{ constante}$$

II. Falso. Pois o volume sendo reduzido, a pressão no sistema sofre um aumento deixando a temperatura constante, assim a velocidade média não é alterada.

III. Verdadeiro. Pois o aumento da temperatura aumenta a energia cinética das moléculas.

IV. Falso. A velocidade média das moléculas pode ser dada por:

$$V = k \cdot \frac{1}{\sqrt{M_M}}$$

Isso mostra que a velocidade será menor para um gás que apresenta uma massa molar mais elevada, portanto,  $V_{(\text{argônio})} > V_{(\text{xenônio})}$ ; pois

$$M_{M(\text{argônio})} < M_{M(\text{xenônio})}.$$

**Alternativa D****Questão 12**

Considere três cubos maciços de 2 cm de aresta, constituídos, respectivamente, de *Cr*, *Ni* e *Ti* puros. Os três cubos são aquecidos até 80 °C e cada cubo é introduzido em um béquer contendo 50 g de água a 10 °C. Com base nas informações constantes da tabela abaixo, assinale a opção que apresenta a relação CORRETA entre as temperaturas dos cubos, quando o conteúdo de cada béquer atingir o equilíbrio térmico.

Substância	Massa específica (g · cm <sup>-3</sup> )	Calor específico (J · g <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> )
<i>H<sub>2</sub>O</i>	1,00	4,18
<i>Ti</i>	4,54	0,52
<i>Cr</i>	7,18	0,45
<i>Ni</i>	8,90	0,44

A)  $T_{Cr} > T_{Ni} > T_{Ti}$ .

B)  $T_{Ni} = T_{Ti} > T_{Cr}$ .

C)  $T_{Ni} > T_{Cr} > T_{Ti}$ .

D)  $T_{Ti} > T_{Cr} > T_{Ni}$ .

E)  $T_{Ti} > T_{Cr} = T_{Ni}$ .

**Resolução:**

Volume dos cubos:  $V = a^3$   
 $V = 8 \text{ cm}^3$

Massa dos cubos:

$$Ti = 4,54 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 8 \text{ cm}^3 = 36,32 \text{ g}.$$

$$Cr = 7,18 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 8 \text{ cm}^3 = 57,44 \text{ g}.$$

$$Ni = 8,90 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 8 \text{ cm}^3 = 71,20 \text{ g}$$

Capacidade térmica dos cubos:

$$Ti = 36,32 \text{ g} \times 0,52 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 18,89 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

$$Cr = 57,44 \text{ g} \times 0,45 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 25,85 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

$$Ni = 71,20 \text{ g} \times 0,44 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 31,33 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Como o cubo de maior capacidade térmica sofre menor variação de temperatura, teremos:

$$T_{Ni} > T_{Cr} > T_{Ti}$$

**Alternativa C**

**▶ Questão 13**

Considere a reação química genérica  $A \rightarrow B + C$ . A concentração do reagente  $[A]$  foi acompanhada ao longo do tempo, conforme apresentada na tabela que também registra os logaritmos neperianos ( $\ln$ ) desses valores e os respectivos recíprocos ( $1/[A]$ ).

$t$ (s)	$[A]$ (mol·L <sup>-1</sup> )	$\ln[A]$	$1/[A]$ (L·mol <sup>-1</sup> )
0	0,90	-0,11	1,11
100	0,63	-0,46	1,59
200	0,43	-0,84	2,33
300	0,30	-1,20	3,33
400	0,21	-1,56	4,76
500	0,14	-1,97	7,14
600	0,10	-2,30	10,00

Assinale a opção que contém a constante de velocidade CORRETA desta reação.

- A)  $4 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$   
 B)  $4 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$   
 C)  $4 \times 10^{-3} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$   
 D)  $4 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$   
 E)  $4 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

**Resolução:**

Testando para reação de segunda ordem:

$$\frac{1}{[A]_f} = \frac{1}{[A]_0} + kt$$

Para o intervalo 0 a 300.

$$3,33 = 1,11 + k \cdot 300$$

$$k = \frac{2,22}{300} = 7,40 \cdot 10^{-3}$$

Para o intervalo 0 a 600.

$$10 = 1,11 + k \cdot 600$$

$$k = \frac{8,89}{600} = 1,48 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$$

A discrepância dos valores encontrados mostra que a reação não é de segunda ordem.

Testando para reação de 1º ordem:  $[A]_f = [A]_0 \cdot e^{-kt} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Para o intervalo 0 a 300.

$$0,30 = 0,90 \cdot e^{-kt}$$

$$-0,11 + 1,20 = 300k$$

$$k = 3,63 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

Para o intervalo 0 a 600.

$$0,10 = 0,90 \cdot e^{-kt}$$

$$-0,11 + 2,30 = 600k$$

$$k = 3,65 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

A concordância dos valores mostra que a reação é de primeira ordem.

Colocando a resposta com apenas um algarismo significativo  $k = 4 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

**Alternativa A**

▶ **Questão 14**

São feitas as seguintes comparações de valores de  $pK_a$  de compostos orgânicos:

- I.  $pK_a(CH_3COOH) > pK_a(ClCH_2COOH)$
- II.  $pK_a(F_3CCOOH) > pK_a(Cl_3CCOOH)$
- III.  $pK_a(CH_3CH_2CHClCOOH) > pK_a(CH_3CHClCH_2COOH)$

Das comparações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- A) I.
- B) I, II e III.
- C) I e III.
- D) II.
- E) II e III.

**Resolução:**

- I. Quanto maior a constante Ácida ( $K_a$ ) menor o cologaritmo da constante ( $pK_a$ ): Logo.



O cloro realiza efeito indutivo negativo, aumentando a força do Ácido ( $\uparrow K_a$  e  $\downarrow pK_a$ ).

$$pK_a(H_3CCOOH) > pK_a(ClCH_2COOH).$$

Correto

II.



Quanto maior a eletronegatividade do substituinte maior o efeito indutivo negativo, aumentando a força do Ácido.

$$pK_a(F_3CCOOH) < pK_a(Cl_3CCOOH).$$

Falso

III.



O efeito indutivo depende da distância do substituinte: Quanto mais próximo do grupo emboxílico maior o efeito indutivo negativo e portanto maior a força do ácido.

$$pK_a(H_3CCH_2CHClCOOH) < pK_a(H_3CHClCH_2COOH)$$

Falso

Alternativa A

▶ **Questão 15**

São feitas as seguintes afirmações sobre o que Joule demonstrou em seus experimentos do século XIX:

- I. A relação entre calor e trabalho é fixa.
- II. Existe um equivalente mecânico do calor.
- III. O calor pode ser medido.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- A) I.
- B) I, II e III.
- C) I e III.
- D) II.
- E) II e III.

---

**Resolução:**

Através do experimento da queda de um corpo ligado por um fio a um sistema de pás no interior de um recipiente com água, Joule verificou que existe uma relação fixa entre o trabalho realizado na queda do corpo e a energia fornecida à água pelo movimento das pás, estabelecendo assim uma equivalência entre a energia mecânica e o calor. Este experimento foi exaustivamente repetido, inclusive com outros líquidos além da água.

Chegou-se então ao equivalente mecânico do calor:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

Na época, a definição de Caloria era "a energia necessária para elevar a temperatura de 1g de água de 14,5 °C para 15,5 °C". Todos os itens estão corretos.

**Alternativa B****▶ Questão 16**

Joseph Black (1728-1799), médico, químico e físico escocês, conceituou o calor específico. Esta conceituação teve importantes aplicações práticas, dentre elas a máquina a vapor, desenvolvida pelo engenheiro escocês James Watt (1736-1819). Que componente do motor a vapor desenvolvido por Watt revolucionou seu uso e aplicação?

- A) Boiler ou fervedor
- B) Bomba de recalque
- C) Caldeira
- D) Condensador
- E) Turbina a vapor

---

**Resolução:**

James Watt elaborou, em 1765, uma máquina com um condensador que minimizava as perdas de calor. Além de apresentar outras finalidades com propulsão de moinhos tornos, substituindo o movimento de sobe e desce pelo de rotação.

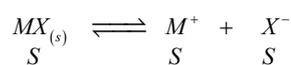
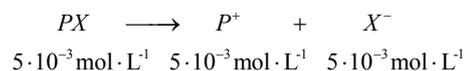
**Alternativa D****▶ Questão 17**

Assinale a opção que contém a concentração (em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) de um íon genérico  $M^+$ , quando se adiciona um composto iônico  $MX$  sólido até a saturação a uma solução aquosa  $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  em  $PX$ .

Dado  $K_{ps}(MX) = 5 \times 10^{-12}$ .

- A)  $2,3 \times 10^{-6}$
- B)  $1,0 \times 10^{-7}$
- C)  $2,3 \times 10^{-8}$
- D)  $1,0 \times 10^{-9}$
- E)  $1,0 \times 10^{-10}$

---

**Resolução:**

Devido o efeito do íon comum a  $[X^-] = S + 5 \cdot 10^{-3}$  tende a  $5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ . Logo:

$$K_{ps}(MX) = [M^+] \cdot [X^-]$$

$$5 \cdot 10^{-12} = [M^+] \cdot 5 \cdot 10^{-3}$$

$$[M^+] = 1,0 \cdot 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

**Alternativa D**

**Questão 18**

Considere os seguintes compostos:

- I. álcoois
- II. aldeídos
- III. carbono particulado (negro de fumo)
- IV. cetonas

Dos componentes acima, é (são) produto(s) da combustão incompleta do n-octano com ar atmosférico apenas

- A) I e II.
- B) I e IV.
- C) II e III.
- D) III.
- E) IV.

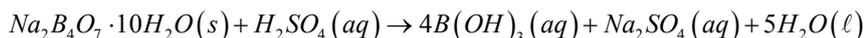
**Resolução:**

Combustão incompleta do n-octano com ar atmosférico pode levar a formação de aldeídos, carbono particulados, ácidos carboxílicos e monóxido de carbono.

Alternativa C

**Questão 19**

Considere a reação do tetraborato de sódio:



Em relação ao produto da reação  $B(OH)_3$  são feitas as seguintes afirmações:

- I.  $B(OH)_3$  é um ácido de Brønsted - Lorry.
- II.  $B(OH)_3$  é uma base de Arrhenius.
- III. O produto da primeira ionização do  $B(OH)_3(aq)$  é o  $BO(OH)_2^-(aq)$ .

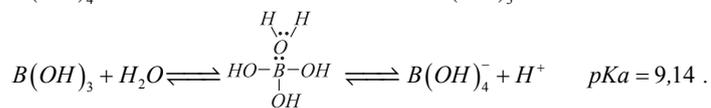
Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- A) I.
- B) I e III.
- C) II.
- D) II e III.
- E) III.

**Resolução:**

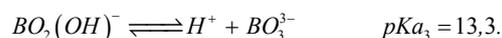
O assunto é controverso. Usando espectroscopia, em soluções fortemente básicas, encontra-se o ânion

$B(OH)_4^-$  o que levaria a ser a acidez do  $B(OH)_3$  (ácido bórico), explicável pela Teoria de Lewis:



Onde  $B(OH)_3$  é ácido de Lewis, e a água é base Lewis. Sob esse ponto de vista a questão não admite resposta (todas as afirmações estariam erradas)

Outros autores colocam o  $B(OH)_3$  como triácido (Brønsted - Lowry). Com as seguintes ionizações:



Assim, I e III correta.

Alternativa B

### ▶ Questão 20

Considere uma célula a combustível alcalina (hidrogênio-oxigênio) sobre a qual são feitas as seguintes afirmações:

- I. Sob condição de consumo de carga elétrica, a voltagem efetiva de serviço desse dispositivo eletroquímico é menor que a força eletromotriz da célula.
- II. O combustível (hidrogênio gasoso) é injetado no compartimento do ânodo e um fluxo de oxigênio gasoso alimenta o cátodo dessa célula eletroquímica.
- III. Sendo o potencial padrão dessa célula galvânica igual a  $1,229V_{EPH}$  (volt na escala padrão do hidrogênio), a variação de energia livre de Gibbs padrão ( $\Delta G^\circ$ ) da reação global do sistema redox atuante é igual a  $-237,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- A) I.
- B) I, II e III.
- C) I e III.
- D) II.
- E) II e III.

**Resolução:**

- I. Verdadeiro, pois a célula não é ideal. E, portanto, haverá dissipação de energia.
- II. Verdadeiro  
Cátodo:  $O_{2(g)} + 4e^- + 2H_2O(l) \rightarrow 4OH^-(aq)$ .  
Ânodo:  $2H_{2(g)} + 4OH^-(aq) \rightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$ .
- III. Verdadeiro. A energia livre de Gibbs pode ser calculada a partir do potencial padrão de acordo com a equação abaixo:  
 $\Delta G^\circ = -nF\Delta E^\circ$   
Onde:  
 $n = n^\circ$  de mol de elétrons. Neste caso,  $n$  será igual a dois (2), pois a energia solicitada é para 1,0 mol de combustível ( $H_2$ )  
 $\Delta G^\circ = -2 \times 96500 \times 1,229 \text{ J/mol} = -2,37 \times 10^5 \text{ J/mol} = -237,20 \text{ kJ/mol}$

**Alternativa B**

**AS QUESTÕES DISSERTATIVAS, NUMERADAS DE 21 A 30, DEVEM SER RESPONDIDAS NO CADERNO DE SOLUÇÕES. AS QUESTÕES NUMÉRICAS DEVEM SER DESENVOLVIDAS ATÉ O FINAL, COM APRESENTAÇÃO DO VALOR ABSOLUTO DO RESULTADO.**

### ▶ Questão 21

O dióxido de potássio tem várias aplicações, entre as quais, a

- (a) produção de peróxido de hidrogênio (g) na presença de água.
- (b) conversão de dióxido de carbono (g) para oxigênio (g).
- (c) absorção de dióxido de carbono (g) na presença de  $H_2O$  com formação de oxigênio (g).

Apresente as equações químicas balanceadas que representam as reações descritas nos itens acima.

**Resolução:**

- A)  $2KO_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2KOH(aq) + H_2O_2(l) + O_2(g)$
- B)  $2KO_2(s) + CO_2(g) \rightarrow K_2CO_3(s) + \frac{3}{2}O_2(g)$
- C)  $2KO_2(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow K_2CO_3(aq) + H_2O_2(l) + O_2(g)$

### ▶ Questão 22

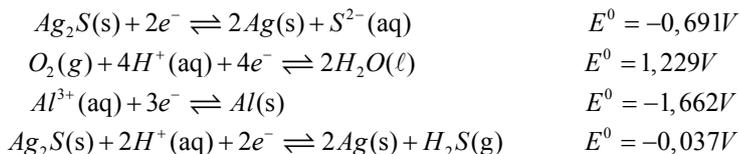
São descritos dois experimentos:

- I. Ovo cozido em água fervente teve sua casca quebrada, de modo que parte de sua clara permaneceu em contato com esta água, na qual a seguir foi também imerso um objeto polido de prata. Após um certo período de tempo, observou-se o escurecimento desse objeto, que foi retirado da água e lavado.
- II. Em um béquer, foi aquecida água até a fervura e adicionada uma colher das de sopa de cloreto de sódio. A seguir, esta solução foi transferida para um béquer revestido com papel alumínio. O objeto de prata utilizado no experimento I foi então imerso nesta solução e retirado após alguns minutos.

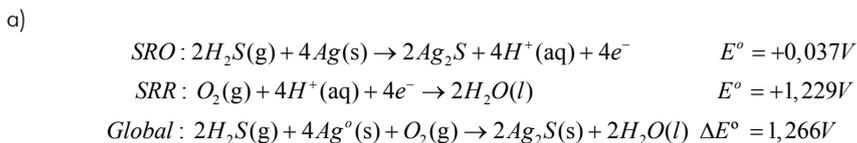
Em relação a esses experimentos:

- apresente a equação global que representa a reação química ocorrida na superfície do objeto de prata no experimento I e calcule a diferença de potencial elétrico da reação química.
- preveja a aparência do objeto de prata após a realização do segundo experimento.
- apresente a equação global da reação química envolvida no experimento II e sua diferença de potencial elétrico.

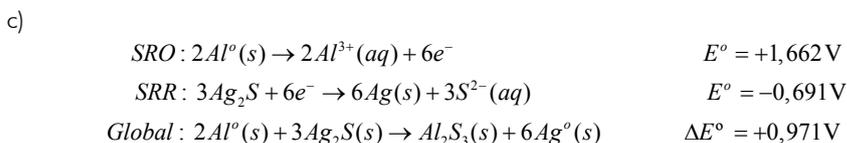
Dados:



**Resolução:**



- b) O objeto readquire o aspecto prateado devido à redução da prata.

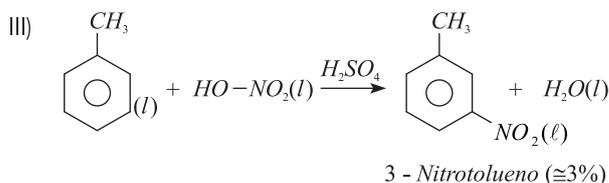
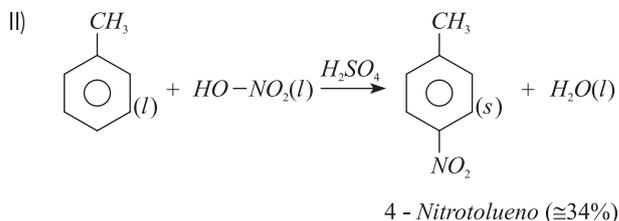
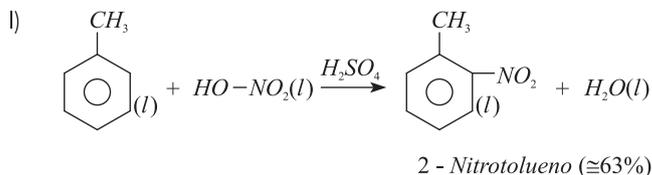


### ▶ Questão 23

Apresente as equações que representam as reações químicas de nitração do tolueno, na presença de ácido sulfúrico, levando a seus isômeros. Indique o percentual de ocorrência de cada isômero e seus respectivos estados físicos, nas condições-padrão.

**Resolução:**

A partir das equações de reações:



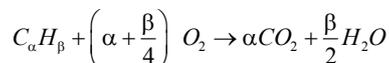
As porcentagens aproximadas dos isômeros são devido o grupo metil ( $-\text{CH}_3$ ) ser orto-para dirigente.

**▶ Questão 24**

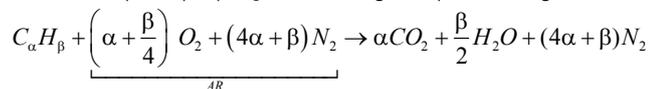
Escreva a reação de combustão completa de um hidrocarboneto genérico ( $C_\alpha H_\beta$ ) com ar atmosférico. Considere a presença do nitrogênio gasoso no balanço estequiométrico da reação e expresse os coeficientes estequiométricos dessa reação em função de  $\alpha$  e  $\beta$ .

**Resolução:**

Considerando a combustão com o oxigênio puro, teremos:



Admitindo que a proporção do nitrogênio para o oxigênio, em nº de moléculas, no ar é de 4 : 1 teremos:

**▶ Questão 25**

Em um processo de eletrodeposição, níquel metálico é eletrodepositado no catodo de uma célula eletrolítica e permanece coeso e aderido a esse eletrodo. Sabendo que a massa específica do níquel metálico ( $\rho_{Ni, 25^\circ C}$ ) é igual a  $8,9 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  e que a espessura total da camada eletrodepositada, medida no final do processo, foi de  $2,0 \times 10^{-6} \text{ m}$ , calcule a densidade de corrente aplicada (admitida constante), expressa em  $A \cdot m^{-2}$ , considerando nesse processo uma eficiência de corrente de eletrodeposição de 100% e um tempo de operação total de 900 s.

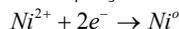
**Resolução:**

Através da densidade ( $\rho$ ), temos:  $\rho = \frac{m}{V}$

Admitindo que o volume é igual ao produto da área ( $A$ ) pela espessura ( $e$ ), podemos escrever:

$$\rho = \frac{m}{A \cdot e} \quad \therefore m = \rho \cdot A \cdot e \quad \text{(I)}$$

Pela equação de redução do níquel:



Temos:

$$58,7 \text{ g de Ni} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2 \cdot 96500 \text{ C}$$

$$m \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad i \cdot t$$

$$\text{Logo: } m = \frac{58,7 \cdot i \cdot t}{193000} \quad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II);

$$\rho \cdot A \cdot e = \frac{58,7 \cdot i \cdot t}{193000}$$

$$\frac{i}{A} = \frac{193000 \cdot 8,9 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{58,7 \cdot 900} \quad \therefore \frac{i}{A} \cong 65 \frac{A}{m^2}$$

**▶ Questão 26**

Água líquida neutra ( $\text{pH}=7,0$ ), inicialmente isenta de espécies químicas dissolvidas, é mantida em um recipiente de vidro aberto e em contato com a atmosfera ambiente sob temperatura constante. Admitindo-se que a pressão parcial do oxigênio atmosférico seja igual a  $0,2 \text{ atm}$  e sabendo-se que esse gás é solúvel em  $H_2O(l)$  e que o sistema está em equilíbrio à temperatura de  $25^\circ C$ , pedem-se:

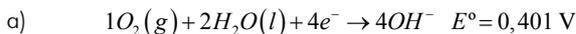
- escrever a equação química balanceada da semirreação que representa o processo de redução de oxigênio gasoso em meio de água líquida neutra e aerada.
- determinar o potencial de eletrodo ( $V_{EPH}$ ), à temperatura de  $25^\circ C$ , da semirreação obtida no item (a), considerando as condições estabelecidas no enunciado desta questão.
- determinar o valor numérico, expresso em  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , da variação de energia livre de Gibbs padrão ( $\Delta G^\circ$ ) da semirreação eletroquímica do item (a).

São dados:

$$E^0_{O_2/OH^-} = 0,401 V_{EPH} \quad V_{EPH} = \text{volt na escala padrão do hidrogênio}$$

$$\log = \ln / 2,303 \quad 0,2 = 10^{(0,30-1)}$$

**Resolução:**



b) Considerações:

1) A solubilidade do  $O_2(g)$  não foi informada em água líquida, portanto vamos considerar sua pressão como 0,2 atm .

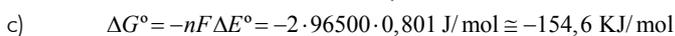
2) Como não sabemos a solubilidade do  $O_2(g)$  , vamos considerar a concentração de  $OH^-$  como  $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  (água neutra) .

Aplicando Nernst, temos:

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log Q; \quad Q = \frac{[OH^-]^4}{PO_2} = \frac{(10^{-7})^4}{0,2}$$

$$E = 0,401 - \frac{0,0592}{4} \log \frac{[10^{-7}]^4}{0,2}$$

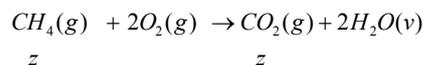
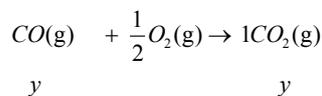
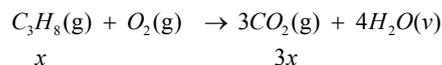
$$E = 0,401 - \frac{0,0592}{4} \cdot 4 \cdot \log \frac{(10^{-7})}{0,2} \cong 0,801 V$$



### ▶ Questão 27

Considere uma mistura gasosa constituída de  $C_3H_8$ ,  $CO$  e  $CH_4$ . A combustão, em excesso de oxigênio, de 50 mL dessa mistura gasosa forneceu 70 mL de  $CO_2(g)$ . Determine o valor numérico do percentual de  $C_3H_8$  na mistura gasosa.

**Resolução:**



$$x + y + z = 50 \quad (-1) \Rightarrow -x - y - z = -50 \text{ mL}$$

$$3x + y + z = 70 \quad \underline{3x + y + 2 = 70 \text{ mL}}$$

$$2x = 20$$

$$x = 10 \text{ mL}$$

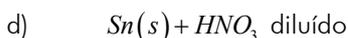
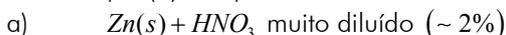
Percentual de  $C_3H_8$  na mistura:

$$\frac{X \cdot 100}{50} \Rightarrow \frac{10}{50} \cdot 100 = 20\%$$

### ▶ Questão 28

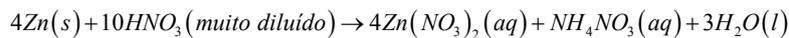
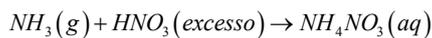
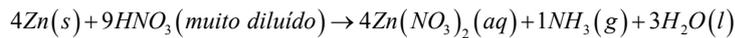
O ácido nítrico reage com metais, podendo liberar os seguintes produtos:  $NO$  (que pode ser posteriormente oxidado na presença do ar),  $N_2O$ ,  $NO_2$  ou  $NH_3$  (que reage posteriormente com  $HNO_3$ , formando  $NH_4NO_3$ ). A formação desses produtos depende da concentração do ácido, da natureza do metal e da temperatura da reação.

Escreva qual(is) dos produtos citados acima é(são) formado(s) nas seguintes condições:

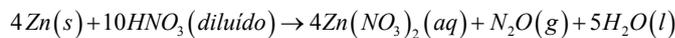


**Resolução:**

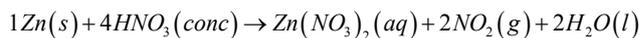
- a) Quando metais de atividade intermediária ou muito ativo são atacados com  $HNO_3$  muito diluído, a redução do nitrogênio é máxima, neste caso, teremos.



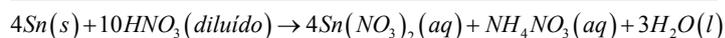
- b) Quando metais de atividade intermediária ou muito ativo são atacados por  $HNO_3$  diluído, o gás liberado pode ser o  $N_2O$  ou  $N_2$  (redução menos acentuada). Neste caso, o gás será o  $N_2O$ .



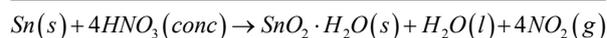
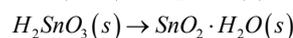
- c) Com o  $HNO_3$  concentrado, a redução do nitrogênio é menos acentuada, neste caso, o gás liberado é o  $NO_2$ .



- d)  $9HNO_3(\text{diluído}) + 4Sn(s) \rightarrow 4Sn(NO_3)_2(aq) + 3H_2O(l) + NH_3(g)$



- e) O  $HNO_3$  concentrado ataca o estanho com despreendimento de  $NO_2(g)$  e formação de um precipitado branco de ácido metaestânico que é óxido de estanho hidratado.

**▶ Questão 29**

Considere os seguintes dados:

Entalpia de vaporização da água a  $25^\circ C$ :  $\Delta_{vap}H = 44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Massa específica da água a  $25^\circ C$ :  $\rho_{H_2O} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Temperaturas de ebulição a 1 bar:  $T_{eb,H_2O} = 100^\circ C$ ;  $T_{eb,H_2S} = -60^\circ C$ ;  $T_{eb,H_2Se} = -41^\circ C$  e  $T_{eb,H_2Te} = -2^\circ C$

Com base nestas informações:

- a) determine o valor numérico da energia liberada, em J, durante a precipitação pluviométrica de 20 mm de chuva sobre uma área de  $(10 \times 10) \text{ km}^2$ .
- b) justifique, em termos moleculares, por que  $H_2O$  apresenta  $T_{eb}$  muito maior que outros calcogenetos de hidrogênio.
- c) como se relaciona, em termos moleculares, a elevada  $T_{eb,H_2O}$  com a quantidade de energia liberada durante uma precipitação pluviométrica?

**Resolução:**

- a)  $V = \text{base} \times \text{altura}$

$$V = 10 \cdot 10^3 \text{ m} \times 10 \cdot 10^3 \text{ m} \times 20 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\therefore m_{H_2O} = 2 \times 10^{12} \text{ g}$$



$$18 \text{ g} \quad \underline{\quad\quad\quad} \quad 44 \text{ J}$$

$$2 \cdot 10^{12} \text{ g} \quad \underline{\quad\quad\quad} \quad Q \quad Q = \frac{88}{18} \times 10^{12} \text{ J}$$

$$Q = 4,9 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

- b) A molécula de água é uma estrutura polar que apresenta interação intermolecular do tipo ligação de hidrogênio. Como esta interação é mais forte que as interações presentes nos demais calcogenetos (dipolo-dipolo permanente), sua  $T_{eb}$  é maior que os outros calcogenetos.
- c) Durante a condensação ocorre formação de um maior nº de interações intermoleculares, formando um sistema menos energético, portanto, ocorre liberação de energia. O que caracteriza um processo exotérmico.

▶ **Questão 30**

Velocidades iniciais ( $v_i$ ) de decomposição de peróxido de hidrogênio foram determinadas em três experimentos (*A*, *B* e *C*), conduzidos na presença de  $I^-$ (aq) sob as mesmas condições, mas com diferentes concentrações iniciais de peróxido ( $[H_2O_2]_i$ ), de acordo com os dados abaixo:

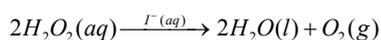
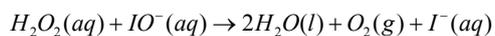
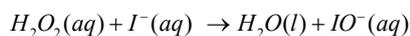
Experimento	$[H_2O_2]_i$ (mol·L <sup>-1</sup> )	$v_i$ (10 <sup>-3</sup> mol·L <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> )
<b>A</b>	0,750	2,745
<b>B</b>	0,500	1,830
<b>C</b>	0,250	0,915

Com base nestes dados, para a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio:

- escreva a equação estequiométrica que representa a reação.
- indique a ordem desta reação.
- escreva a lei de velocidade da reação.
- determine o valor numérico da constante de velocidade,  $k$ .
- indique a função do  $I^-$ (aq) na reação.

**Resolução:**

a)



b)

$$\frac{v_B}{v_C} = \frac{k \cdot [H_2O_2]^x}{k \cdot [H_2O_2]^x} \Rightarrow \frac{1,830}{0,915} = \frac{k \cdot [0,500]^x}{k \cdot [0,250]^x}$$

$$2,0 = 2^x; x = 1 \text{ (primeira ordem)}$$

c)

$$v = k[H_2O_2]$$

d)  $1,830 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = k \cdot 0,500 \cdot \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$k = \frac{1,830}{0,500} \times 10^{-3} \text{ s}^{-1} = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

e)

$I^-$ (aq) apresenta uma função de catalisador.

**Química**

Dalton  
Gildão  
Thé  
Everton  
Luis Cícero  
Nelson  
Welson

**Colaboradores**

Aline Alkmin  
Fernanda Chaveiro  
Moisés Humberto

**Digitação e Diagramação**

Daniel Alves  
João Paulo  
Márcia Santana  
Valdivina Pinheiro

**Desenhistas**

Luciano Lisboa  
Rodrigo Ramos  
Vinicius Ribeiro

**Projeto Gráfico**

Vinicius Ribeiro

**Assistente Editorial**

Valdivina Pinheiro

**Supervisão Editorial**

José Diogo  
Rodrigo Bernadelli  
Marcelo Moraes

**Copyright©Olimpo2013**

*A **Resolução Comentada** das provas do ITA poderá ser obtida diretamente no*

**OLIMPO** Pré-Vestibular, ou pelo telefone **(62) 3088-7777**

***As escolhas que você fez nessa prova, assim como outras escolhas na vida, dependem de conhecimentos, competências, conhecimentos e habilidades específicos. Esteja preparado.***

[www.grupoolimpo.com.br](http://www.grupoolimpo.com.br)

