

## ITA 2015

### DADOS EVENTUALMENTE NECESSÁRIOS

#### 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 L (CNTP)

Carga elementar =  $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Constante dos gases (R) =  $8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; (R) =  $8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

(R) =  $1,98 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ; (R) =  $62,4 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Constante gravitacional =  $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

#### DEFINIÇÕES

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

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

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0 °C e 760 mmHg.

Condições ambientes: 25 °C e 1 atm.

Condições – padrão: 25 °C, 1 atm; concentrações 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 cristalino; (ℓ) = líquido; (g) = gás; (aq) = aquoso; (CM) = Circuito Metálico;

(conc) = concentrado; (ua) = unidades arbitrárias;

[A] = concentração da espécie química A em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

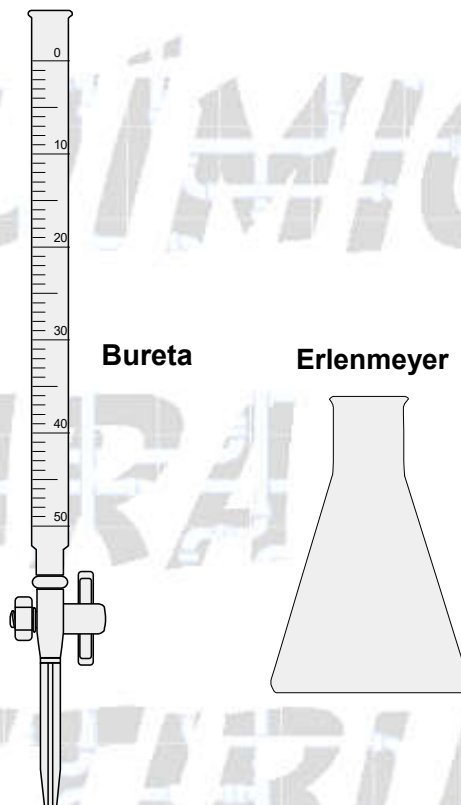
Elemento químico	Número atômico	Massa molar (g.mol <sup>-1</sup> )
H	1	1,01
Li	3	6,94
B	5	10,81
C	6	12,01
N	7	14,01
O	8	16,00
F	9	19,00
Na	11	22,99
P	15	30,97
S	16	32,06
Cl	17	35,45
Ar	18	39,95
K	19	39,10
Ca	20	40,08
Cr	24	52,00
Mn	25	54,94
Fe	26	55,85
Cu	29	63,55
Zn	30	65,38
Br	35	79,90
Ag	47	107,90
Pt	78	195,08
Hg	80	200,59
Pu	94	238

**Questão 1.** Assinale a opção que apresenta os instrumentos de medição de volume mais indicados para a realização de uma titulação.

- A ( ) Bureta e erlenmeyer
- B ( ) Proveta e erlenmeyer
- C ( ) Pipeta volumétrica e erlenmeyer
- D ( ) Proveta e béquer
- E ( ) Pipeta volumétrica e béquer

**Resolução: Alternativa A**

Instrumentos de medição de volume mais indicados para a realização de uma titulação: bureta (faz a medida de líquidos) e erlenmeyer (não indicado na medição).



**Questão 2.** Cinco amostras idênticas de um mesmo metal são aquecidas a diferentes temperaturas até a incandescência. Assinale a opção que apresenta a cor da amostra submetida a uma maior temperatura.

- A ( ) Vermelho
- B ( ) Laranja
- C ( ) Amarelo
- D ( ) Verde
- E ( ) Branco

**Resolução: Alternativa E**

Em temperaturas mais elevadas ocorre a emissão de todos os comprimentos de onda (luz visível), logo associa-se a cor branca.

**Questão 3.** O elemento Plutônio-238 é utilizado para a geração de eletricidade em sondas espaciais.

Fundamenta-se essa utilização porque esse isótopo tem

- A ( ) longo tempo de meia-vida e é emissor de partículas beta.
- B ( ) longo tempo de meia-vida e é emissor de partículas gama.
- C ( ) longo tempo de meia-vida e é emissor de partículas alfa.
- D ( ) longo tempo de meia-vida e é emissor de partículas delta.
- E ( ) tempo de meia-vida curto e é emissor de partículas alfa.

**Resolução: Alternativa C**

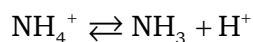
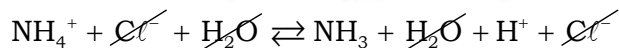
O Plutônio-238 apresenta tempo de meia-vida longo e é emissor de partículas alfa.

**Questão 4.** Sendo o pK  $\text{NH}_4\text{OH}$  igual a 4,74, o pH de uma solução aquosa  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  em  $\text{NH}_4\text{Cl}$  é

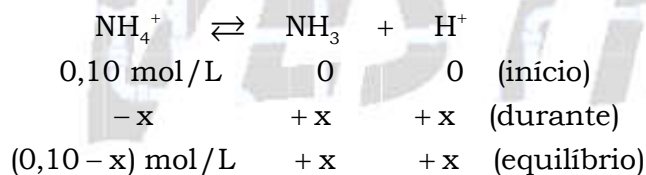
- A ( ) 1,00.
- B ( ) 3,74.
- C ( ) 4,74.
- D ( ) 5,13.
- E ( ) 8,87.

**Resolução: Alternativa D**

Hidrólise do  $\text{NH}_4\text{Cl}$ :



$$[\text{NH}_4^+] = [\text{NH}_4\text{Cl}] = 0,10 \text{ mol/L}$$



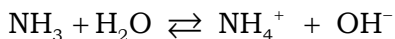
$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$K_h = \frac{x \times x}{0,10 - \underbrace{x}_{\substack{\text{tende} \\ \text{a zero}}}}$$

$$K_h = \frac{x^2}{0,10}$$

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$$

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow K_h = \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \times \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$$



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{1}{K_b}$$

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \times \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$$

$$K_w = 10^{-14}$$

Então,

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

$$\text{p}K_b = -\log K_b$$

$$4,74 = -\log K_b$$

$$K_b = 10^{-4,74}$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{10^{-4,74}}$$

$$K_h = 10^{-9,26}$$

$$K_h = \frac{x^2}{0,10}$$

$$10^{-9,26} = \frac{x^2}{10^{-1}}$$

$$x^2 = 10^{-10,26}$$

$$\sqrt{x^2} = \sqrt{10^{-10,26}}$$

$$x = 10^{-5,13}$$

$$x = [\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-5,13} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = -\log 10^{-5,13}$$

$$\text{pH} = 5,13$$

**Questão 5.** Considere uma reação química hipotética representada pela equação  $X \rightarrow \text{Produtos}$ . São feitas as seguintes proposições relativas a essa reação:

I. Se o gráfico de  $[X]$  em função do tempo for uma curva linear, a lei de velocidade da reação dependerá somente da constante de velocidade.

II. Se o gráfico de  $\frac{1}{[X]}$  em função do tempo for uma curva linear, a ordem de reação será 2.

III. Se o gráfico da velocidade da reação em função de  $[X]$  for uma curva linear, a ordem de reação será 1.

IV. Se o gráfico da velocidade de reação em função de  $[X]^2$  for uma curva linear, a ordem de reação será 2.

Das proposições acima, está(ão) CORRETA(S)

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

**Resolução: Alternativa E**

I. Correta. Se o gráfico de  $[X]$  em função do tempo for uma curva linear, a lei de velocidade da reação dependerá somente da constante de velocidade.

Um método geral para obtermos a ordem de uma reação é observarmos o expoente  $x$  na equação a seguir.

$$\text{Velocidade} = k[\text{Reagente}]^x$$

Se  $X$  for igual a 1 a reação será de primeira ordem.

Outro método é gráfico.

Suponhamos uma reação de primeira ordem dada por:  $X \rightarrow \text{Produtos}$ .

Então, recorrendo ao cálculo, teremos a relação matemática:

$$\log[X] = \left(-\frac{k}{2,303}\right)t + \log[X]_0$$

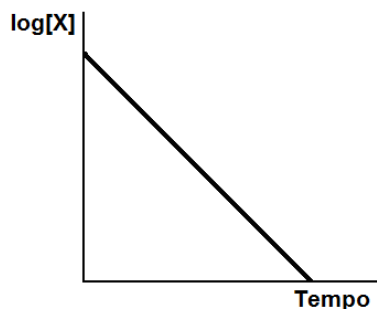
onde  $[X]$  é a concentração do reagente em um tempo  $t$  qualquer e  $[X]_0$  é a concentração inicial do reagente (para  $t = 0$ ).

A equação anterior expressa a equação de uma reta:

$$y = mx + b, \text{ onde } \log[X] = y \text{ e } t = x.$$

Então quando representamos graficamente  $\log[X]$  em função de  $t$ , obtemos, para uma equação de primeira ordem, uma reta de inclinação  $\left(-\frac{k}{2,303}\right)$ .

Observe o gráfico para uma reação de primeira ordem:



II. Correta. Se o gráfico de  $\frac{1}{[X]}$  em função do tempo for uma curva linear, a ordem de reação será 2.

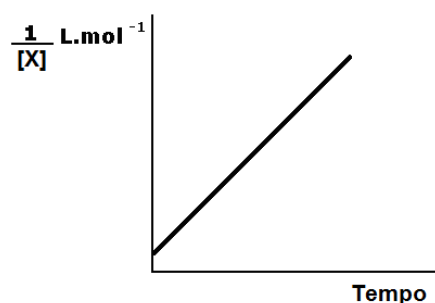
Para uma reação de segunda ordem a equação da velocidade é dada por:  $\text{Velocidade} = k_2[X]^2$   
 A partir do cálculo, verificamos que:

$$\frac{1}{[X]} = k_2 t + \frac{1}{[X]_0}$$

onde  $[X]$  é a concentração do reagente no tempo  $t$  e  $[X]_0$  é a concentração do reagente em  $t = 0$ .

Comparando esta equação com a equação da reta  $y = mx + b$ , percebemos que para uma reação de segunda ordem o gráfico de  $1/[X]$  (no eixo y) em função de  $t$  (no eixo x) será uma reta com inclinação igual a  $k_2$ .

Observe o gráfico para uma reação de segunda ordem:



A meia vida  $t_{1/2}$  de uma reação de segunda ordem **não é independente da concentração inicial**.

Para a reação:  $X \rightarrow \text{produtos}$ , onde:

$$\text{Velocidade} = k_2[X]^2$$

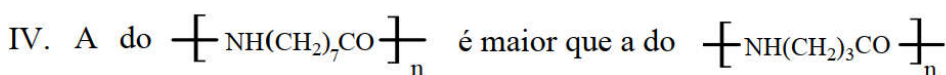
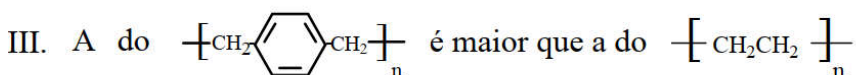
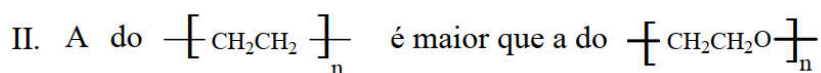
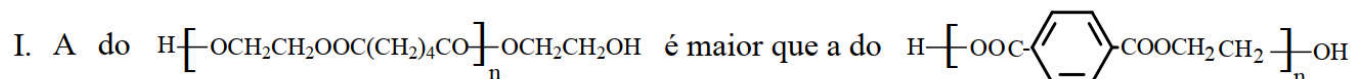
$$\text{a meia vida é dada por: } t_{1/2} = \frac{1}{k_2[X]_0}$$

onde  $[X]_0$  é a concentração inicial do reagente.

III. Correta. Se o gráfico da velocidade da reação em função de  $[X]$  for uma curva linear, a ordem de reação será 1.

IV. Correta. Se o gráfico da velocidade de reação em função de  $[X]^2$  for uma curva linear, a ordem de reação será 2.

**Questão 6.** Considere as seguintes comparações entre as respectivas temperaturas de fusão dos polímeros representados pelas suas unidades repetitivas:

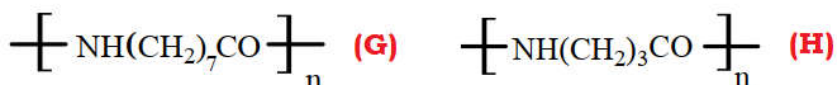
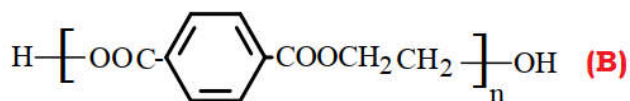
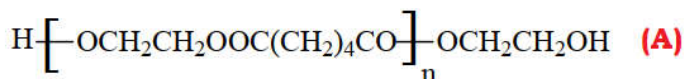


Assinale a opção que apresenta a(s) comparação(ões) ERRADA(S).

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

**Resolução: Alternativa B**

Identificação dos polímeros:



Análise das afirmações:

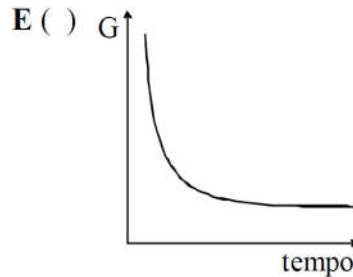
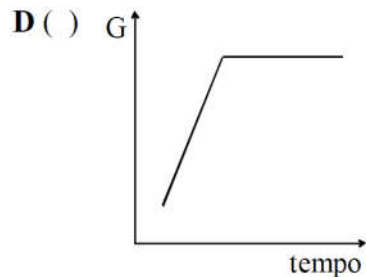
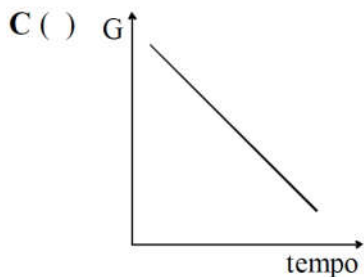
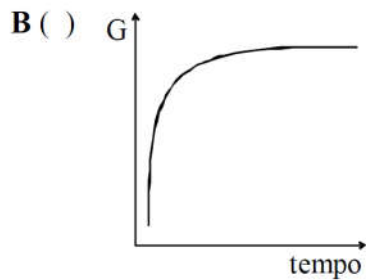
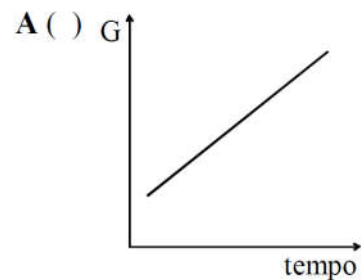
I. Incorreta. A temperatura de fusão do polímero A é menor do que a temperatura de fusão do polímero B, pois este apresenta maior superfície de contato devido à presença do anel aromático.

II. Correta. A temperatura de fusão do polímero C é maior do que a temperatura de fusão do polímero D, pois este apresenta oxigênio ligado por dupla e geometria trigonal plana neste ponto da estrutura. A presença deste tipo de geometria na cadeia polimérica provoca afastamento e consequentemente diminuição da força de atração.

III. Correta. A temperatura de fusão do polímero E é maior do que a temperatura de fusão do polímero F, pois E apresenta maior superfície de contato, além da presença do anel aromático.

IV. Incorreta. A temperatura de fusão do polímero G é menor do que a temperatura de fusão do polímero H, pois este possui uma região apolar menor, ou seja, menor número de carbonos em sequência.

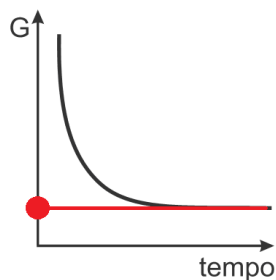
**Questão 7.** Considere a reação química hipotética realizada em sistema fechado a pressão e temperatura constantes representada pela equação  $X + Y \rightleftharpoons W + Z$ . Supondo que no início da reação haja apenas os reagentes X e Y, e considerando um intervalo de tempo que se estende de  $t=0$  até um instante  $t$  após o equilíbrio ter sido atingido, assinale a opção que apresenta a variação da energia livre de Gibbs.



**Resolução: Alternativa E**

A energia livre de Gibbs dos reagentes e produtos puros é maior do que a energia livre de Gibbs no equilíbrio.

O gráfico que indica a menor energia livre de Gibbs em relação ao tempo é:

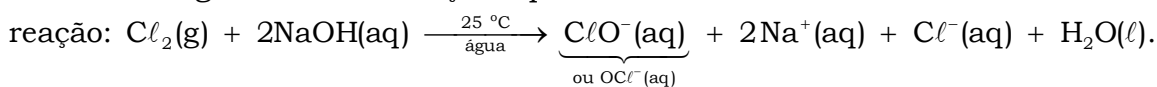


**Questão 8.** Borbulha-se gás cloro em solução aquosa diluída de hidróxido de sódio a 25 °C. Assinale a opção que contém apenas produtos clorados resultantes.

- A ( )  $Cl^-$ ,  $ClO_3^-$   
 B ( )  $OCl^-$ ,  $Cl^-$   
 C ( )  $ClO_3^-$ ,  $ClO_4^-$ ,  $Cl^-$   
 D ( )  $ClO_3^-$ ,  $OCl^-$   
 E ( )  $ClO_4^-$ ,  $ClO_3^-$

**Resolução: Alternativa B**

Borbulha-se gás cloro em solução aquosa diluída de hidróxido de sódio a 25°C e ocorre a seguinte reação:





**Questão 9.** O grau de dissociação,  $\alpha$ , do ácido acético em solução aquosa  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  e 100 vezes menor que o do ácido clorídrico também em solução aquosa  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ . Com base nestas informações, pode-se afirmar que o pH da solução aquosa do ácido acético  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  é

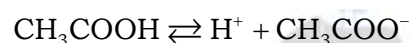
- A ( ) zero.  
 B ( ) um.  
 C ( ) dois.  
 D ( ) três.  
 E ( ) quatro.

**Resolução: Alternativa D**

Para o ácido acético:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,10 \text{ mol/L}$$

$$\text{Grau de ionização} = \alpha$$



$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{H}^+] = 0,10 \text{ mol/L}$$

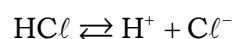
$$[\text{H}^+] = (\text{grau de ionização}) \times [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$[\text{H}^+] = 0,10\alpha$$

Para o ácido clorídrico:

$$[\text{HCl}] = 0,10 \text{ mol/L}$$

$$\text{Grau de ionização} = 10^2 \alpha$$



$$[\text{HCl}] = [\text{H}^+] = 0,10 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}^+] = (\text{grau de ionização}) \times [\text{HCl}]$$

$$[\text{H}^+] = 10^2 \alpha \times 0,10$$

$$[\text{H}^+] = 10\alpha$$

$$0,10 = 10\alpha$$

$$\alpha = 0,01$$

Então para o ácido acético,

$$[\text{H}^+] = 0,10\alpha$$

$$[\text{H}^+] = 0,10 \times 0,01 = 0,001$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 3$$

**Questão 10.** Para determinar a entalpia de vaporização do composto hipotético  $\text{MX}_4(\ell)$ , o mesmo foi colocado num recipiente equipado com uma serpentina de aquecimento resistivo, a  $80^\circ \text{C}$  e sob pressão de 1,0 bar. Para a manutenção da temperatura, foi utilizada uma fonte de 30 V com passagem de corrente de 900 mA durante 30 s, tendo sido vaporizados 2,0 g de  $\text{MX}_4(\ell)$ . Sabendo que a massa molar desse composto é  $200 \text{ g.mol}^{-1}$ , assinale a opção que apresenta a entalpia molar de vaporização em  $\text{kJ.mol}^{-1}$ , a  $80^\circ \text{C}$ .

- A ( ) 4,1      B ( ) 8,1      C ( ) 81      D ( ) 405      E ( ) 810

**Resolução: Alternativa C**

Teremos:

$$i = 900 \text{ mA} = 0,9 \text{ A}$$

$$\text{ddp} = 30 \text{ V}$$

$$P = \text{ddp} \times i$$

$$P = 30 \times 0,9 = 27 \text{ W}$$

$$\text{tempo} = 30 \text{ s}$$

Sabe-se que  $P = \frac{E}{\text{tempo}}$ , então:

$$P = \frac{E}{\text{tempo}} \Rightarrow 27 = \frac{Q}{30}$$

$$E = 810 \text{ J}$$

$$2 \text{ g} \text{ ————— } 810 \text{ J}$$

$$\underbrace{200 \text{ g}}_{1 \text{ mol}} \text{ ————— } H$$

$$H = 81.000 \text{ J} = 81 \text{ kJ}$$

$$H_{\text{vaporização}} = 81 \text{ kJ/mol}$$

**Questão 11.** Os óxidos de metais de transição podem ter caráter ácido, básico ou anfótero. Assinale a opção que apresenta o caráter dos seguintes óxidos: CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e CrO<sub>3</sub>.

A ( ) Ácido, anfótero, básico

B ( ) Ácido, básico, anfótero

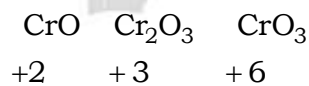
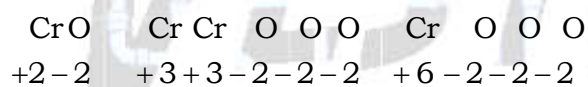
C ( ) Anfótero, ácido, básico

D ( ) Básico, ácido, anfótero

E ( ) Básico, anfótero, ácido

**Resolução: Alternativa E**

A acidez aumenta com a elevação do número de oxidação do cromo:



————— elevação do Nox —————>

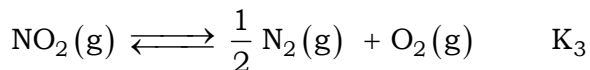
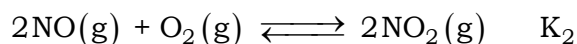
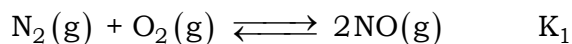
Conclusão:

CrO: caráter básico

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: caráter anfótero

CrO<sub>3</sub>: caráter ácido

**Questão 12.** Considere as seguintes reações químicas e respectivas constantes de equilíbrio:



Então,  $K_3$  é igual a

A ( )  $\frac{1}{(K_1 K_2)}$ .

B ( )  $\frac{1}{(2K_1 K_2)}$ .

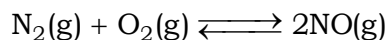
C ( )  $\frac{1}{(4K_1 K_2)}$ .

D ( )  $\left(\frac{1}{K_1 K_2}\right)^{1/2}$ .

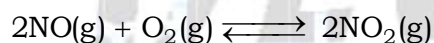
E ( )  $\left(\frac{1}{K_1 K_2}\right)^2$ .

**Resolução: Alternativa D**

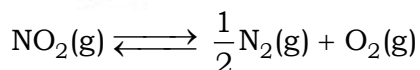
A partir das reações fornecidas, vem:



$$K_1 = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$



$$K_2 = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]}$$



$$K_3 = \frac{[\text{N}_2]^{1/2}[\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]}$$

Relacionando as constantes, teremos :

$$K_1 \times K_2 = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]} \times \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]}$$

$$K_1 \times K_2 = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]^2}$$

$$\sqrt{\frac{1}{K_1 \times K_2}} = \sqrt{\frac{[\text{N}_2][\text{O}_2]^2}{[\text{NO}_2]^2}}$$

$$\left(\frac{1}{K_1 \times K_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{[\text{N}_2]^{\frac{1}{2}}[\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]} = \underbrace{\frac{1}{K_3}}$$

Conclusão :

$$K_3 = \left(\frac{1}{K_1 \times K_2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

**Questão 13.** E de 0,76 V a força eletromotriz padrão,  $E^\circ$ , de uma célula eletroquímica, conforme a reação  $\text{Zn(s)} + 2\text{H}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ .

Na concentração da espécie de  $\text{Zn}^{2+}$  igual a  $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$  e pressão de  $\text{H}_2$  de 1,0 bar, a  $25^\circ\text{C}$ , foi verificado que a força eletromotriz da célula eletroquímica e de 0,64 V. Nestas condições, assinale a concentração de íons  $\text{H}^+$  em  $\text{mol.L}^{-1}$ .

- A ( )  $1,0 \times 10^{-12}$   
 B ( )  $4,2 \times 10^{-4}$   
 C ( )  $1,0 \times 10^{-4}$   
 D ( )  $1,0 \times 10^{-2}$   
 E ( )  $2,0 \times 10^{-2}$

**Resolução: Alternativa D**

A ddp de uma pilha pode mudar se alterarmos a quantidade de soluto nas cubas eletrolíticas, ou seja, se alterarmos as concentrações molares das soluções eletrolíticas.

Existe uma equação matemática, denominada equação de Nernst que relaciona a ddp com as concentrações molares das soluções.

A equação de Nernst é dada por:  $\Delta E = \Delta E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q$ .

Na qual:

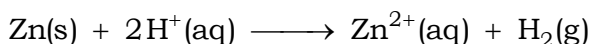
$\Delta E$  = ddp da pilha ( $25^\circ\text{C}$ ; solução de qualquer concentração molar) = 0,64 V.

$\Delta E^\circ$  = ddp da pilha ( $25^\circ\text{C}$ ; solução de concentração 1 molar ou 1 mol/L) = 0,76 V.

0,059 = valor constante a  $25^\circ\text{C}$ , se a temperatura mudar este valor sofrerá alteração.

$n$  = número de mols de elétrons transferidos durante o processo eletroquímico = 2 mols.

$Q$  = quociente entre concentrações que sofrem alteração durante o funcionamento da pilha.



$$Q = \frac{[\text{Zn}^{2+}] \times p_{\text{H}_2}}{[\text{H}^+]^2} = \frac{1 \times 1}{[\text{H}^+]^2}$$

$$Q = \frac{1}{[\text{H}^+]^2}$$

Aplicando a equação de Nernst, teremos:

$$\Delta E = \Delta E^0 - \frac{0,059}{n} \log Q$$

$$0,64 = 0,76 - \frac{0,059}{2} \times \log \frac{1}{[H^+]^2}$$

$$-0,12 = -0,0295 \times \log \frac{1}{[H^+]^2}$$

$$\log \frac{1}{[H^+]^2} = \frac{0,12}{0,0295} = 4,068$$

$$\frac{1}{[H^+]^2} = 10^{4,068}$$

Fazendo  $4,068 \approx 4$ , vem:

$$\frac{1}{[H^+]^2} = 10^4$$

$$[H^+]^2 = 10^{-4}$$

$$\sqrt{[H^+]^2} = \sqrt{10^{-4}}$$

$$[H^+] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

**Questão 14.** Uma mistura de metanol e água a 25 °C apresenta o volume parcial molar de água igual a 17,8 cm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup> e o volume parcial molar do metanol igual a 38,4 cm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>. Com base nestas informações e sendo a massa específica do metanol de 0,791 g cm<sup>-3</sup> e a da água igual a 1,000 g cm<sup>-3</sup>, assinale a opção CORRETA do volume total (em cm<sup>3</sup>) quando se adicionam 15 cm<sup>3</sup> de metanol em 250 cm<sup>3</sup> de água nessa temperatura.

A ( ) 250

B ( ) 255

C ( ) 262

D ( ) 270

E ( ) 280

**Resolução: Alternativa C**

Adicionam-se 15 cm<sup>3</sup> de metanol em 250 cm<sup>3</sup>:

$$\rho_{\text{metanol}} = 0,791 \text{ g cm}^{-3}$$

$$1 \text{ cm}^{-3} \text{ ————— } 0,791 \text{ g}$$

$$15 \text{ cm}^{-3} \text{ ————— } m_{\text{metanol}}$$

$$m_{\text{metanol}} = 11,865 \text{ g}$$

$$\rho_{\text{água}} = 1,000 \text{ g cm}^{-3}$$

$$1 \text{ cm}^{-3} \text{ ————— } 1,000 \text{ g}$$

$$250 \text{ cm}^{-3} \text{ ————— } m_{\text{água}}$$

$$m_{\text{água}} = 250 \text{ g}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 18$$

$$\frac{m_{\text{água}}}{V_{\text{água}}} = \frac{M_{\text{água}}}{V_{\text{molar da água}}}$$

$$\frac{250 \text{ g}}{V_{\text{água}}} = \frac{18 \text{ g}}{17,8 \text{ cm}^3}$$

$$V_{\text{água}} = 247,2 \text{ cm}^3$$

$$\text{CH}_4\text{O} = 32$$

$$\frac{m_{\text{metanol}}}{V_{\text{metanol}}} = \frac{M_{\text{metanol}}}{V_{\text{molar do metanol}}}$$

$$\frac{11,865 \text{ g}}{V_{\text{metanol}}} = \frac{32 \text{ g}}{38,4 \text{ cm}^3}$$

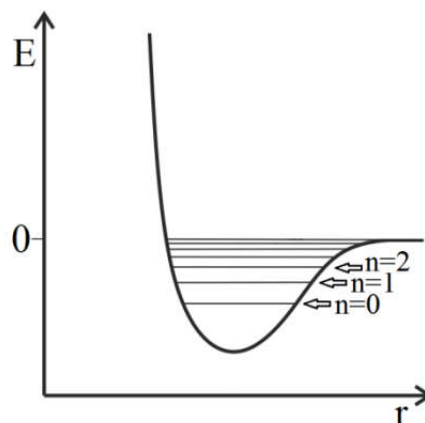
$$V_{\text{metanol}} = 14,238 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{água}} + V_{\text{metanol}} = 247,2 \text{ cm}^3 + 14,238 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{total}} = 261,438 \text{ cm}^3 \approx 262 \text{ cm}^3$$

**Questão 15.** Para uma molécula diatômica, a energia potencial em função da distância internuclear é representada pela figura ao lado.

As linhas horizontais representam os níveis de energia vibracional quanticamente permitidos para uma molécula diatômica. Uma amostra contendo um mol de moléculas diatômicas idênticas, na forma de um sólido cristalino, pode ser modelada como um conjunto de osciladores para os quais a energia potencial também pode se representada qualitativamente pela figura. Em relação a este sólido cristalino, são feitas as seguintes proposições:



- I. A temperatura de 0 K, a maioria dos osciladores estará no vibracional fundamental, cujo número quântico vibracional,
- II. A temperatura de 0 K, todos os osciladores estarão no estado vibracional fundamental quântico vibracional,  $n$ , e igual a zero
- III. O movimento vibracional cessa a 0 K.
- IV. O movimento vibracional não cessa a 0 K.
- V. O princípio da incerteza de Heisenberg será violado se o

Das proposições acima estão CORRETAS

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

**Resolução: Alternativa D**

Para localizarmos uma partícula com a ajuda de um fóton, deve haver uma colisão entre os dois.

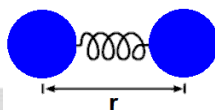
Um fóton de comprimento de onda  $\lambda$  possui um momento  $p = \frac{h}{\lambda}$ , ( $h$  = constante de Planck) sendo que uma fração qualquer do momento do fóton será transferida para a partícula no instante da colisão. Logo, ao determinarmos a posição da partícula com uma precisão  $\Delta x \cong \pm \lambda$  produzimos uma incerteza no seu momento equivalente a  $\Delta p \cong \frac{h}{\lambda}$ . O produto dessas incertezas é igual a  $\Delta p \times \Delta x \cong \frac{h}{\lambda} \times \lambda = h$ .

Esta dedução estabelece um limite na precisão com que a posição e o momento de uma partícula podem ser determinados **simultaneamente**. Utilizando argumentos mais elaborados podemos obter a equação precisa do princípio da incerteza:  $\Delta p \times \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$ .

A determinação exata e simultânea da posição e do momento é requisito necessário para descrevermos a trajetória de uma partícula. Logo, pode-se inferir que há um limite para a precisão com que podemos conhecer a trajetória da mesma.

Fonte: Química um curso universitário, Mahan e Myers.

Explorando um sistema massa-mola para representar as moléculas diatômicas oscilando, vem:



$$\underbrace{V(x)}_{\text{Energia potencial}} = k \frac{x^2}{2}$$

$$\underbrace{E}_{\text{Energia total}} = k \frac{x^2}{2} + \frac{p^2}{2m}$$

De acordo com a mecânica clássica, no estado de mais baixa energia (0 K),  $x = 0$  e  $p = 0$ . Isto é incompatível com o princípio da incerteza.

Sendo assim, fazendo:

$$E = k \frac{\Delta x^2}{2} + \frac{\Delta p^2}{2m}$$

$$\Delta p \times \Delta x = \frac{h}{4\pi}$$

$\omega$  = frequência angular de oscilação.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$E_{\text{mínima (ponto zero)}} = \frac{h\omega}{4\pi}$$

Análise das proposições:

I. Incorreta. À temperatura de 0 K, todas as moléculas estarão no mesmo estado vibracional fundamental, cujo número quântico vibracional,  $n$ , é igual à zero.

II. Correta. À temperatura de 0 K, todos os osciladores estarão no estado vibracional fundamental, cujo número quântico vibracional,  $n$ , é igual a zero, pois a energia mínima será atingida.

III. Incorreta. O movimento vibracional não cessa a 0 K, senão o princípio de incerteza de Heisenberg será violado  $\left( E_{\text{mínima (ponto zero)}} = \frac{h\omega}{4\pi} \right)$ .

IV. Correta. O movimento vibracional não cessa a 0 K.

V. Correta. Se o movimento vibracional cessar, poderemos medir a posição e o momento da molécula ao mesmo tempo e isto viola o princípio da incerteza.

**Questão 16.** Dois béqueres, denominados “X” e “Y”, encontram-se dentro de um recipiente hermeticamente fechado, a pressão de 1 bar e temperatura de 298 K. O béquer “X” contém 100 mL de uma solução aquosa de cloreto de sódio cuja concentração é 0,3 mol.L<sup>-1</sup>. O béquer “Y” contém 100 mL de uma solução aquosa de cloreto de sódio cuja concentração é 0,1 mol.L<sup>-1</sup>. Se o recipiente for mantido fechado e em repouso até alcançar o equilíbrio termodinâmico, assinale o volume final (em mL) da solução no béquer “Y”:

A ( ) 25      B ( ) 50      C ( ) 100      D ( ) 150      E ( ) 200

**Resolução: Alternativa B**

Dois béqueres mantidos dentro de um recipiente hermeticamente fechado devem apresentar a mesma concentração.

Antes do equilíbrio :

$$[X] = 0,3 \text{ mol / L}$$

$$V = 0,1 \text{ L}$$

$$n_X = [X] \times V$$

$$n_X = 0,3 \times 0,1 = 0,03 \text{ mol}$$

$$[Y] = 0,1 \text{ mol / L}$$

$$V = 0,1 \text{ L}$$

$$n_X = [X] \times V$$

$$n_X = 0,1 \times 0,1 = 0,01 \text{ mol}$$

Depois do equilíbrio :

$$n_X = 0,03 \text{ mol}$$

$$V_X = 0,1 + \Delta V$$

$$n_Y = 0,01 \text{ mol}$$

$$V_Y = 0,1 - \Delta V$$

$$[\dots] = \frac{n}{V}$$

$$[X] = [Y]$$

$$\frac{0,03}{0,1 + \Delta V} = \frac{0,01}{0,1 - \Delta V}$$

$$0,003 - 0,03\Delta V = 0,001 + 0,01\Delta V$$

$$0,04\Delta V = 0,002$$

$$\Delta V = 0,05 \text{ L} = 50 \text{ mL}$$



**Questão 17.** São feitas as seguintes comparações sobre as capacidades caloríficas de diferentes substâncias puras, todas à temperatura ambiente:

- I. A capacidade calorífica da água é menor que a do peróxido de hidrogênio.
- II. A capacidade calorífica do bromo é menor que a do tetracloreto de carbono.
- III. A capacidade calorífica do metanol é menor que a do mercúrio.

Assinale a opção que apresenta a(s) comparação(ões) CORRETA(S).

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

**Resolução: Alternativa B**

Definição de capacidade calorífica molar ( $C_m$ ): quantidade de calor fornecida a um mol da substância para que sua temperatura seja elevada em 1 K.

A capacidade calorífica molar depende das interações intermoleculares das substâncias, ou seja, quanto maior a atração intermolecular, maior a capacidade calorífica molar.

Análise das opções:

- I. Correta. A capacidade calorífica molar da água é menor que a do peróxido de hidrogênio, pois este apresenta maior atração intermolecular (pontes de hidrogênio).
- II. Correta. A capacidade calorífica molar do bromo é menor que a do tetracloreto de carbono, pois as forças intermoleculares no tetracloreto de carbono são mais acentuadas (dipolo induzido).
- III. Incorreta. A capacidade calorífica molar do metanol é maior que a do mercúrio, pois as forças intermoleculares presentes no metanol são maiores.

**Questão 18.** Considere a reação química representada pela equação  $\text{NH}_3 + \text{BF}_3 \longrightarrow \text{H}_3\text{NBF}_3$ . Pode-se afirmar que o  $\text{BF}_3$  age

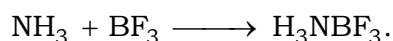
- A ( ) como ácido de Bronsted.
- B ( ) como ácido de Lewis.
- C ( ) como base de Bronsted.
- D ( ) como base de Lewis.
- E ( ) tanto como ácido como base.

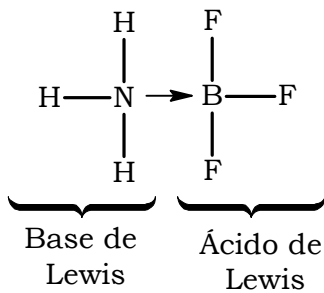
**Resolução: Alternativa B**

Teremos:

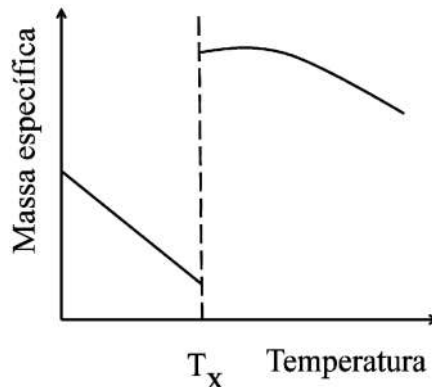
Base de Lewis: fornece o par de elétrons.

Ácido de Lewis: recebe o par de elétrons.





**Questão 19.** A figura mostra a variação da massa específica de uma substância pura com a temperatura à pressão de 1 bar.

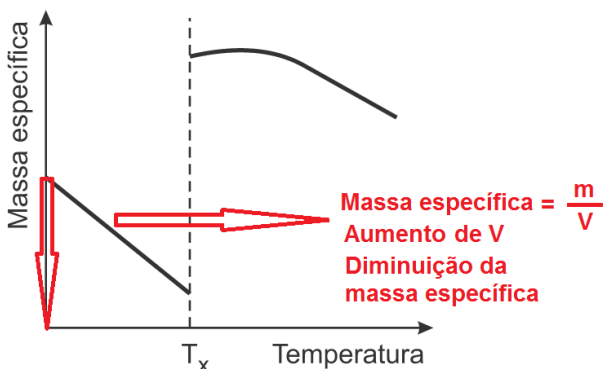


Então, é CORRETO afirmar que  $T_x$  pode representar a temperatura de

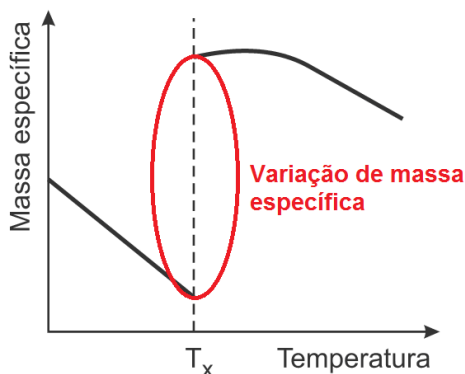
- A ( ) ebulição da água.
- B ( ) ebulição do benzeno.
- C ( ) fusão da água.
- D ( ) fusão do benzeno.
- E ( ) fusão do dióxido de carbono.

**Resolução: Alternativa C**

Teremos:



Em  $T_x$  ocorre a fusão da substância, pois neste ponto a massa específica sofre uma mudança abrupta, o que caracteriza a mudança de estado.



Conclusão: das substâncias citadas a única que apresenta as características citadas anteriormente é a água.

**Questão 20.** Contribuíram de forma direta para o desenvolvimento do conceito de pressão atmosférica

- A ( ) Friedrich August Kekulé e John Dalton.  
 B ( ) Michael Faraday e Fritz Haber.  
 C ( ) Galileu Galilei e Evangelista Torricelli.  
 D ( ) Jöns Jacob Berzelius e Eduard Büchner.  
 E ( ) Robert Bünsen e Henry Louis Le Chatelier.

**Resolução: Alternativa C**

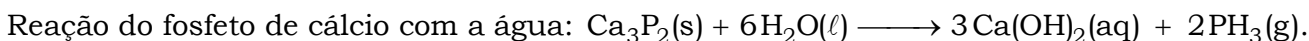
Contribuíram de forma direta para o desenvolvimento do conceito de pressão atmosférica Galileu Galilei, que desenvolveu a medição de temperatura e Evangelista Torricelli que mediu a pressão atmosférica em nível do mar através do uso do mercúrio (experiência de Torricelli).

**AS QUESTÕES DISSERTATIVAS, NUMERADAS DE 21 A 30, DEVEM SER RESPONDIDAS NO CADERNO DE SOLUÇÕES.**

**AS QUESTÕES NUMÉRICAS DEVEM SER DESENVOLVIDAS SEQUENCIALMENTE ATÉ O FINAL.**

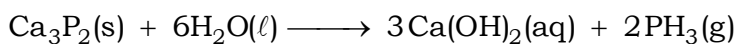
**Questão 21.** 3,64 gramas de fosfeto de cálcio foram adicionados a uma certa quantidade de água. Após a reação completa, todo o produto gasoso formado foi recolhido em um recipiente de 8,2 mL. Calcule o valor numérico da pressão, em atm, exercida pelo produto gasoso a 27 °C.

**Resolução:**



$\text{Ca} = 40; \text{P} = 31$

$\text{Ca}_3\text{P}_2 = 182$



182 g ————— 2 mols

3,64 g —————  $n_{\text{PH}_3}$

$n_{\text{PH}_3} = \frac{3,64 \text{ g} \times 2 \text{ mols}}{182 \text{ g}}$

$n_{\text{PH}_3} = 0,04 \text{ mol}$

$$V_{\text{recipiente}} = 8,2 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$R = 8,21 \times 10^{-2} \text{ atm.L.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

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

$$P \times 8,2 \times 10^{-3} = 0,04 \times 8,21 \times 10^{-2} \times 300$$

$$P = 120,15 \text{ atm}$$

**Questão 22.** Considere uma solução saturada do sal MX que é pouco solúvel em água destilada a 25 °C. Seja  $y$  a condutância da água destilada e  $(y + 2,0 \times 10^{-7}) \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$  a condutância da solução. Sabendo que as condutividades iônicas molares dos íons  $M^+$  e  $X^-$  são, respectivamente,  $60 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$  e  $40 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ , determine a solubilidade do MX em água em  $\text{mol dm}^{-3}$ .

**Resolução:**

A condutividade depende da concentração dos eletrólitos (íons) presentes na solução. Neste caso deve-se usar a condutividade molar que é calculada a partir da condutividade específica e da concentração da substância na solução eletrolítica:

$$\text{Condutividade molar total} = (60 + 40) \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2\text{mol}^{-1} = 100 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2\text{mol}^{-1}$$

$$\text{Condutância da solução} = (y + 2,0 \cdot 10^{-7}) \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$$

$$\text{Condutância da água destilada} = y$$

$$\text{Condutividade específica} = (y + 2,0 \cdot 10^{-7} - y) \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$$

$$\text{Condutividade específica} = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$$

$$\text{Condutividade molar} = \frac{\text{Condutividade específica}}{\text{Concentração}}$$

$$100 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2\text{mol}^{-1} = \frac{2,0 \cdot 10^{-7} \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}}{\text{Concentração}}$$

$$\text{Concentração} = \frac{2,0 \cdot 10^{-7} \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}}{100 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2\text{mol}^{-1}} = 2,0 \times 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}$$

$$1 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$\text{Concentração} = 2,0 \times 10^{-9} \frac{\text{mol}}{10^{-3} \text{ dm}^3} = 2,0 \times 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$\text{Concentração} = 2,0 \times 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

**Questão 23.** Considere uma reação genérica reversível  $A + B \rightleftharpoons 2C$  e os dados cinéticos para a reação direta (D) e inversa (I):

Sentido da reação	Constante de velocidade	Energia de ativação
$A + B \rightarrow 2C$	$k_D$	$E_{a,D}$
$2C \rightarrow A + B$	$k_I = \frac{3}{2} k_D$	$E_{a,I} = \frac{1}{2} E_{a,D}$

- a) Desenhe o gráfico de energia potencial versus coordenada da reação direta.  
 b) Determine o valor numérico da constante de equilíbrio da reação.  
 c) Qual sentido da reação é endotérmico?

**Resolução:**

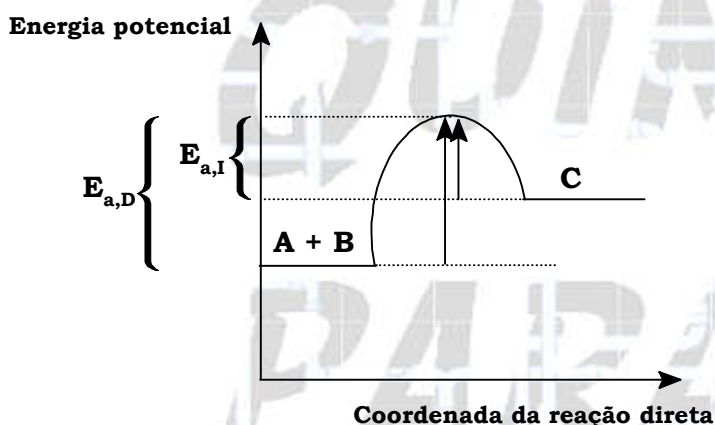
- a) Gráfico de energia potencial versus coordenada da reação direta:

$E_{a,D}$  = energia de ativação da reação direta

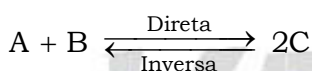
$E_{a,I} = \frac{1}{2} E_{a,D}$  = energia de ativação da reação inversa

$E_{a,D} > E_{a,I}$

Conclusão : a reação é endotérmica.



- b) Cálculo do valor numérico da constante de equilíbrio da reação:



$$K_{\text{equilíbrio}} = \frac{[C]^2}{[A][B]}$$

$$v_{\text{Direta}} = k_D[A][B]$$

$$v_{\text{Inversa}} = k_I[C]^2$$

$$k_I = \frac{3}{2} k_D$$

$$v_{\text{Inversa}} = \frac{3}{2} k_D[C]^2$$

No equilíbrio  $v_{\text{Direta}} = v_{\text{Inversa}}$ , então :

$$k_D[A][B] = \frac{3}{2} k_D[C]^2$$

$$\frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2}{3}$$

$$K_{\text{equilíbrio}} = \frac{2}{3}$$

- c) O sentido direto é endotérmico, pois  $E_{a,D} > E_{a,I}$ .

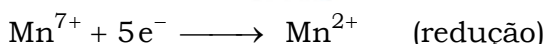
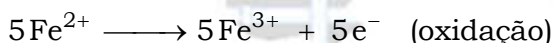
**Questão 24.** Uma amostra de ferro foi totalmente dissolvida a Fe(II) em 25,0 mL de solução aquosa ácida. A seguir, a solução de Fe(II) foi titulada com 20 mL de uma solução aquosa  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  em permanganato de potássio. Baseando-se nessas informações, responda os seguintes itens:

- a) Qual é a equação iônica balanceada que descreve a reação de titulação?
- b) É necessária a adição de indicador para visualização do ponto final da titulação? Por quê?
- c) Qual será a variação de cor e as espécies responsáveis por essa variação no ponto de viragem?
- d) Qual é o valor numérico da massa (em g) de ferro na amostra dissolvida, considerando que não há interferentes na solução?

**Resolução:**

a) Equação iônica balanceada que descreve a reação de titulação (a solução aquosa ácida de Fe(II) foi titulada com uma solução de permanganato de potássio):

Balanceando :



b) Não é necessária a adição de indicador para a visualização do ponto final da titulação, pois observa-se a cor violeta tornar-se incolor.



c) No ponto de viragem a variação será do violeta para o incolor.

$\text{MnO}_4^-$  : violeta

$\text{Mn}^{2+}$  : incolor

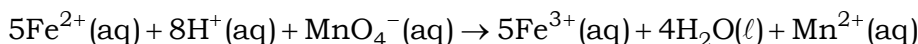
d) Teremos:

20 mL de uma solução aquosa  $0,01 \text{ mol/L}$  de  $\text{KMnO}_4$  ( $\text{MnO}_4^-$ )

$0,01 \text{ mol MnO}_4^- \longrightarrow 1000 \text{ mL}$

$n_{\text{MnO}_4^-} \longrightarrow 20 \text{ mL}$

$$n_{\text{MnO}_4^-} = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$



5 mols  $\longrightarrow$  1 mol

$n_{\text{Fe}^{2+}} \longrightarrow 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

$$n_{\text{Fe}^{2+}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$\text{Fe} = 55,85$

$$m_{\text{ferro}} = 1,0 \times 10^{-3} \times 55,85 \text{ g}$$

$$m_{\text{ferro}} = 5,585 \times 10^{-2} \text{ g}$$

**Questão 25.** Descreve-se o seguinte experimento:

i. São dissolvidas quantidades iguais de ácido benzóico e ciclohexanol em diclorometano.

ii. É adicionada uma solução aquosa 10 % massa/massa em hidróxido de sódio à solução descrita no item (i) sob agitação. A seguir, a mistura é deixada em repouso até que o equilíbrio químico seja atingido.

Baseando-se nessas informações, pedem-se:

**a)** Apresente a(s) fase(s) líquida(s) formada(s).

**b)** Apresente o(s) componente(s) da(s) fase(s) formada(s).

**c)** Justifique a sua resposta para o item b, utilizando a(s) equação(ões) química(s) que representa(m) a(s) reação(ões).

**Resolução:**

**a)** Duas fases formadas por misturas homogêneas.

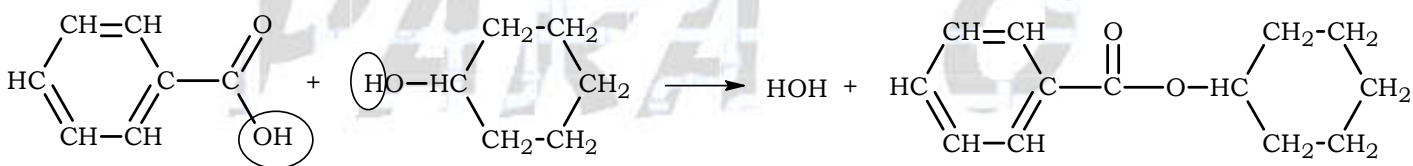
**b)** Componentes das fases formadas:

1) Benzoato de sódio dissolvido e dissociado em água (mistura homogênea).

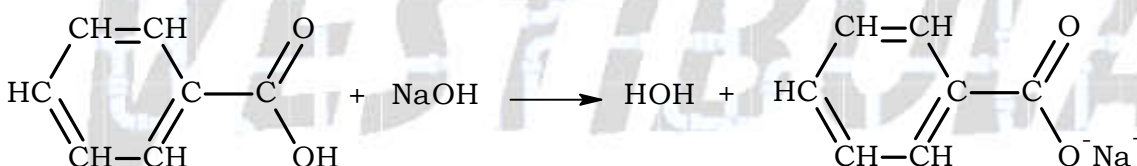
2) Diclorometano e ciclohexanol (mistura homogênea).

**c)** Equações químicas que justificam a resposta do item b.

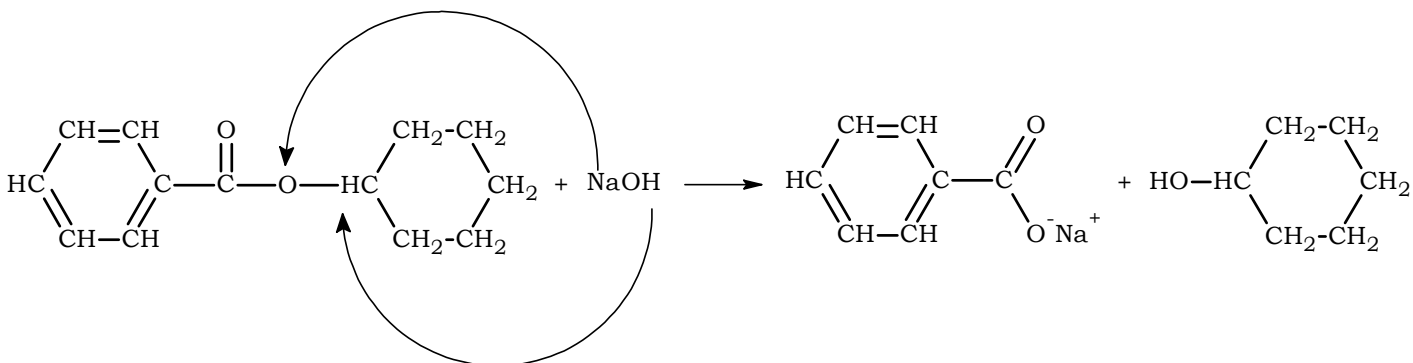
Ácido benzóico e ciclohexanol:



Ácido benzóico e hidróxido de sódio (solução aquosa):



Benzoato de ciclohexanol e hidróxido de sódio (solução aquosa):



**Questão 26.** Considere um elemento galvânico formado por dois semielementos contendo soluções aquosas ácidas e cujos potenciais na escala do eletrodo de hidrogênio ( $E^\circ$ ) nas condições-padrão são  $E^\circ(\text{Pt}/\text{PtO}_2) = 1,00 \text{ V}$  e  $E^\circ(\text{Br}_2/\text{BrO}_3^-) = 1,48 \text{ V}$ .

Baseando-se nessas informações, pedem-se:

- Calcule o valor numérico da força eletromotriz do elemento galvânico.
- Apresente as equações químicas que representam as semirreações do anodo e catodo.
- Apresente a equação química que representa a reação global.

**Resolução:**

- a)** Cálculo do valor numérico da força eletromotriz do elemento galvânico:

$$E^\circ(\text{PtO}_2 / \text{Pt}) = 1,00 \text{ V}$$

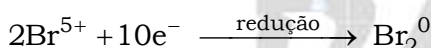
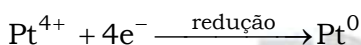
$$E^\circ(\text{BrO}_3^- / \text{Br}_2) = 1,48 \text{ V}$$

$$\Delta E = E_{\text{redução maior}} - E_{\text{redução menor}}$$

$$\Delta E = 1,48 - 1,00$$

$$\Delta E = +0,48 \text{ V}$$

- b)** Equações químicas que representam as semirreações do anodo e catodo:



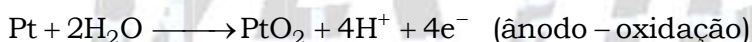
$$E^\circ(\text{PtO}_2 / \text{Pt}) = 1,00 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{BrO}_3^- / \text{Br}_2) = 1,48 \text{ V}$$

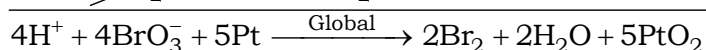
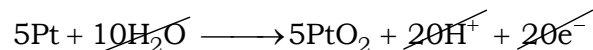
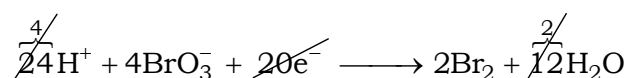
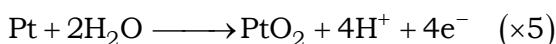
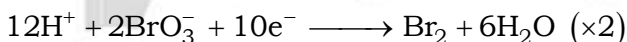
$$1,48 \text{ V} > 1,00 \text{ V}$$

$$\underbrace{1,48 \text{ V}}_{\text{sofre}} > \underbrace{1,00 \text{ V}}_{\text{sofre}}$$

redução                  oxidação



- c)** Reação global:





**Questão 27.** Com base no modelo atômico de Bohr:

**a)** Deduza a expressão para o módulo do momento angular orbital de um elétron na n-ésima órbita de Bohr, em termos da constante da Planck, h.

**b)** O modelo de Bohr prevê corretamente o valor do módulo do momento angular orbital do elétron no átomo de hidrogênio em seu estado fundamental? Justifique.

**Resolução:**

**a)** A partir da equação de Planck que relaciona a energia de uma onda eletromagnética com a sua frequência dada por:  $E = h \times \nu$ .

Onde **E** é a energia de uma onda de frequência  $\nu$ .

De Broglie presumiu que a massa de um fóton de energia eletromagnética, como a luz, poderia ser determinada a partir do seu comprimento de onda ( $\lambda$ ) se ele relacionasse a equação de Einstein com a equação de Planck, ou seja:

$$E = h \times \nu$$

$$E = m \times c^2$$

$$E = E$$

$$h \times \nu = m \times c^2$$

$$c = \lambda \times \nu$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$m \times c^2 = h \times \frac{c}{\lambda}$$

$$m \times c = \frac{h}{\lambda}$$

$$m \times \nu = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{m \times \nu}$$

Para uma órbita circular do elétron (hidrogênio), vem:

$$n\lambda = 2\pi r \quad (n = \text{número quântico principal})$$

$$\lambda = \frac{2\pi r}{n}$$

Então,

$$\lambda = \frac{h}{m \times \nu} \Rightarrow \frac{2\pi r}{n} = \frac{h}{m \times \nu}$$

$$m \times \nu = \frac{nh}{2\pi r}$$

$$\text{Momento angular} = m \times \nu \times r \quad (r = \text{raio}) \Rightarrow \text{Momento angular} = \frac{nh}{2\pi} \times \cancel{r}$$

$$|\text{Momento angular}| = \frac{nh}{2\pi}$$

**b)** Como o modelo de Böhr é aplicado ao átomo do hidrogênio (e hidrogenoides) no seu estado fundamental, conclui-se que este modelo prevê corretamente o valor do módulo do momento angular orbital do elétron.

**Questão 28.** Escreva a fórmula estrutural do produto majoritário formado na reação entre 0,1 mol de tolueno (metilbenzeno) e 0,1 mol de  $Cl_2$  nas seguintes condições:

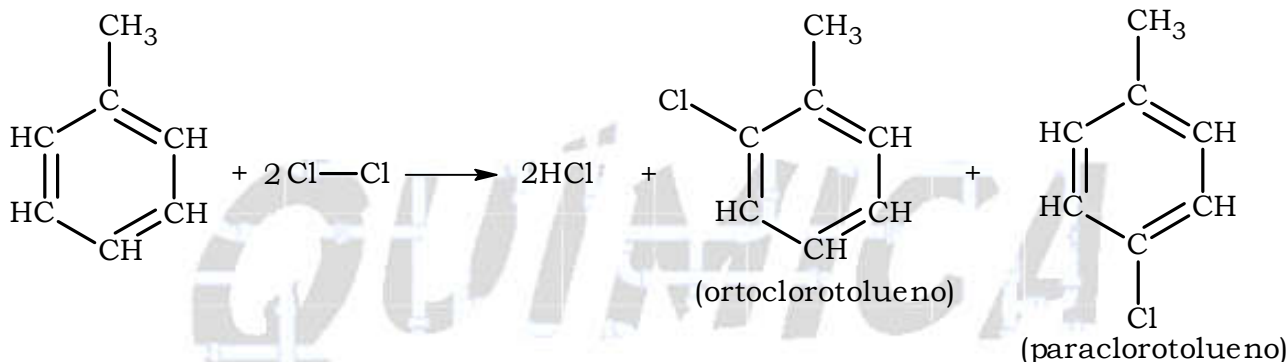
- a) Ausência de luz e presença de pequena quantidade de Fe(s).  
 b) Presença de luz e ausência de Fe(s).

**Resolução:**

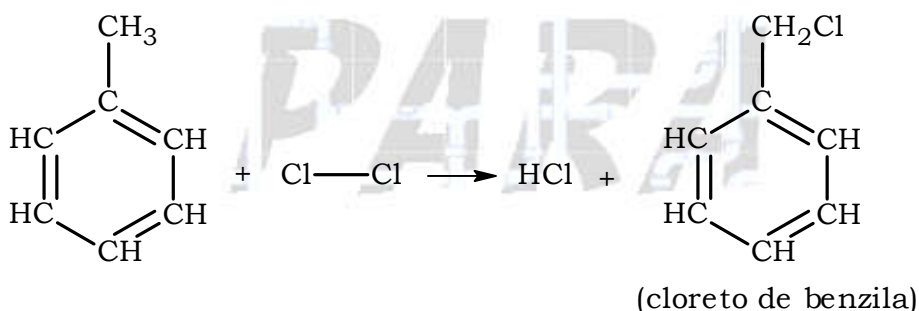
a) Na ausência de luz (o anel é atacado) e presença de pequena quantidade de Fe(s):

orto-para-dirigente

(maior quantidade)



b) Na presença de luz (a cadeia lateral é atacada) e ausência de Fe(s):

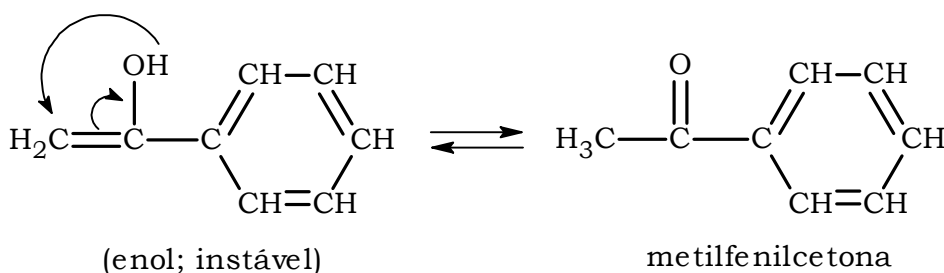


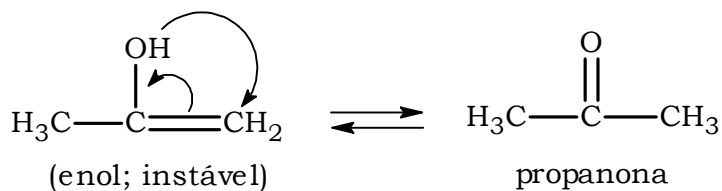
**Questão 29.** Considere os compostos orgânicos metilfenilcetona e propanona.

- a) Apresente a equação química que representa o equilíbrio tautomérico para cada um dos compostos.  
 b) Qual das duas cetonas acima tem maior conteúdo enólico? Justifique.

**Resolução:**

a) Equação química que representa o equilíbrio tautomérico para cada um dos compostos:





b) No equilíbrio têm-se pequena quantidade de enol.

Os enóis aromáticos apresentam ressonância no anel benzênico e isto faz com que a transformação seja dificultada.

Conclusão: a cetona aromática (metilfenilcetona) apresenta maior conteúdo enólico.

**Questão 30.** Desenhe a fórmula estrutural (IUPAC) das seguintes espécies químicas aromáticas.

a) Naftaleno

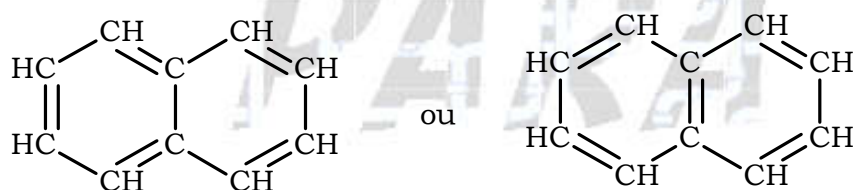
b) Fenantreno

c) Antraceno

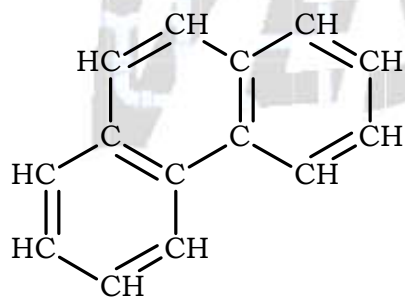
d) Peróxido de benzoila

**Resolução:**

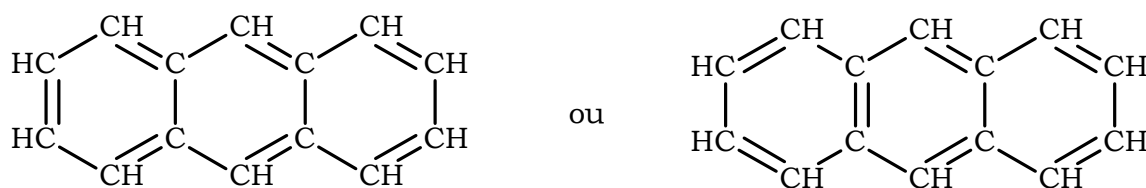
a) Naftaleno



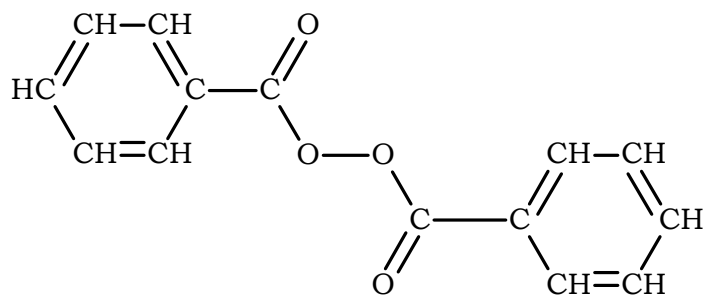
b) Fenantreno



c) Antraceno



d) Peróxido de benzoila



QUÍMICA

PARA O

VESTIBULAR