

## CONSTANTES

Constante de Avogadro =  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Faraday (F) =  $9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1} =$

$= 9,65 \times 10^4 \text{ A s mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ J V}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Volume molar de gás ideal =  $22,4 \text{ L (CNTP)}$

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

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

$= 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 1,98 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1} =$

$= 62,4 \text{ mmHg L K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

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

## DEFINIÇÕES

Pressão de  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101\,325 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 760 \text{ Torr} =$   
 $= 1,01325 \text{ bar}$

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

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

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

Condições-padrão:  $1 \text{ bar}$ ; concentração das soluções =  
 $= 1 \text{ mol L}^{-1}$  (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. [X] = concentração da espécie  
química X em  $\text{mol L}^{-1}$ .

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	32,07
Cl	17	35,45
K	19	39,10
Ca	20	40,08
Cr	24	52,00
Mn	25	54,94
Fe	26	55,85
Zn	30	65,38
Br	35	79,90
Ag	47	107,90
Pt	78	195,08
Hg	80	200,59
Pu	94	238

# 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

Os instrumentos mais indicados para a realização de uma titulação são *bureta* e *erlenmeyer*.

A bureta é um aparelho que mede volume de líquidos com grande precisão.

O erlenmeyer é usado no lugar do béquer, evitando o respingo da solução que é agitada.

A proveta é um aparelho que mede volume de líquidos com baixa precisão.

Nota: O erlenmeyer não é instrumento de medida de volume.

Resposta: **A**

# 2

---

Cinco amostras idênticas de um mesmo metal são aquecidas a diferentes temperaturas até à 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

Em temperatura mais alta, é emitida uma luz em todos os comprimentos de onda da região visível. O metal é descrito como “quente-branco”.

Resposta: **E**

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

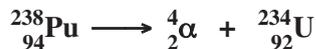
Fundamenta-se essa utilização porque esse isótopo tem

- 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**

Pelo enunciado, o  $^{238}\text{Pu}$  é utilizado na geração de energia em sondas espaciais.

Sendo assim, deve apresentar uma meia-vida longa. Todos os núcleos com  $Z > 83$  são instáveis e decaem principalmente ao emitirem partícula  $\alpha$ . Os núclídeos de elementos com  $Z > 83$  emitem prótons para reduzir seus números atômicos e geralmente precisam perder nêutrons também.

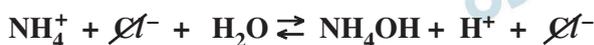
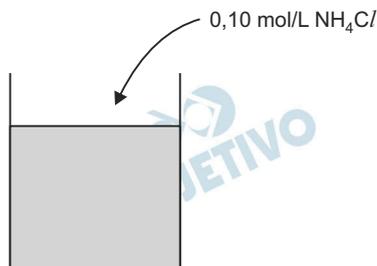


Resposta: C

Sendo o pK do  $\text{NH}_4\text{OH}$  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



O  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sofre hidrólise ácida produzindo íons  $\text{H}^+$ .

	$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+$			
início	0,10 mol/L		0	0
reage e forma	x		x	x
equilíbrio	0,10 mol/L - x		x	x

desprezar

$$K_h = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{K_w}{K_b}$$

Como  $\text{pK} = -\log K_b$

$$4,74 = -\log K_b \therefore K_b = 10^{-4,74}$$

Admitindo o produto iônico da água ( $K_w$ ) igual a  $1,0 \cdot 10^{-14}$  ( $25^\circ\text{C}$ ), temos:

$$\frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{K_w}{K_b}$$

$$\frac{x \cdot x}{0,10} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{10^{-4,74}}$$

$$x^2 = 0,10 \cdot 10^{-14} \cdot 10^{+4,74}$$

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

$$x = \sqrt{10^{-10,26}} = 10^{-5,13} \text{ mol/L}$$

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

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 10^{-5,13}$$

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

Resposta: D

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.

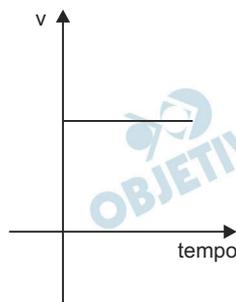
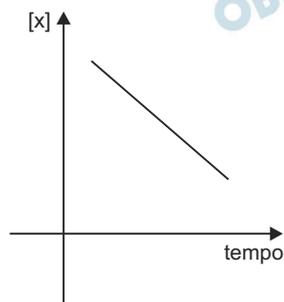
### Resolução

*Reação de ordem zero (Velocidade constante)*



$$v = k[X]^0$$

$$v = k$$

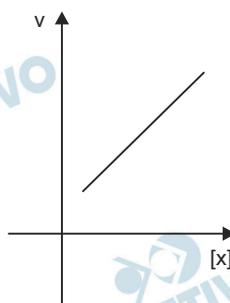
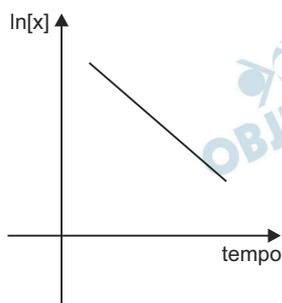


*Reação de ordem 1*

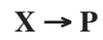


$$v = k[X]^1$$

$$\ln[X] = -kt$$

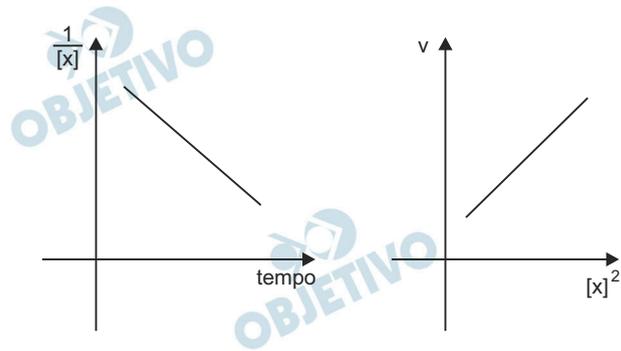


Reação de ordem 2



$$v = k[X]^2$$

$$\frac{1}{[X]} = -kt$$



I) Verdadeira

II) Verdadeira

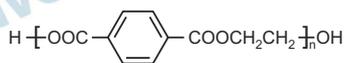
III) Verdadeira

IV) Verdadeira

Resposta:  E

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

I. A do  $\text{H} \left[ \text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OOC}(\text{CH}_2)_4\text{CO} \right]_n \text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  é maior que a do



II. A do  $\left[ \text{CH}_2\text{CH}_2 \right]_n$  é maior que a do  $\left[ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{O} \right]_n$

III. A do  $\left[ \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 \right]_n$  é maior que a do  $\left[ \text{CH}_2\text{CH}_2 \right]_n$

IV. A do  $\left[ \text{NH}(\text{CH}_2)_7\text{CO} \right]_n$  é maior que a do  $\left[ \text{NH}(\text{CH}_2)_3\text{CO} \right]_n$

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

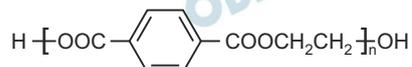
- a) Apenas I
- b) Apenas I e IV
- c) Apenas II e III
- d) Apenas III e IV
- e) Apenas IV

### Resolução

Comparando-se os pontos de fusão dos polímeros:

I) *Falsa.*

O polímero  $\text{H} \left[ \text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OOC}(\text{CH}_2)_4\text{CO} \right]_n \text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  possui *menor* ponto de fusão do que o polímero



Ambos são poliésteres, mas a presença do anel aromático aumenta o ponto de fusão dos polímeros.

II) *Verdadeira.*

O polímero  $\left[ \text{CH}_2\text{CH}_2 \right]_n$  possui *maior* ponto de fusão do que o polímero  $\left[ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{O} \right]_n$

O polímero  $\left[ \text{CH}_2\text{CH}_2 \right]_n$  é o polietileno, formado por moléculas lineares, fortemente unidas por forças intermoleculares.

A presença do átomo de oxigênio, com geometria angular, distancia as cadeias poliméricas, diminuindo o ponto de fusão.

III) *Verdadeira.*

O polímero  $\left[ \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 \right]_n$  possui *maior* ponto de fusão do que o polímero  $\left[ \text{CH}_2\text{CH}_2 \right]_n$ .

A presença do anel aromático aumenta o ponto de

fusão dos polímeros. Além disso, para o mesmo  $n$ , o polímero aromático tem maior massa molar.

IV) *Falsa.*

O polímero  $\text{[-NH - (CH}_2\text{)}_7\text{CO]}_n$  possui *menor* ponto de fusão do que o polímero

$\text{[-NH (CH}_2\text{)}_3\text{CO]}_n$ .

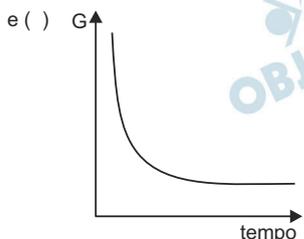
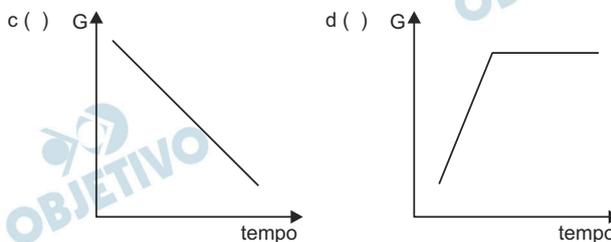
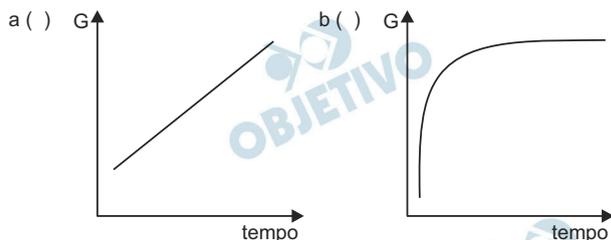
Quanto mais longa a parte hidrocarbonada ( $\text{- CH}_2$ ) da cadeia, menor a atração entre as cadeias vizinhas, e mais baixo será o ponto de fusão da poliamida.

Para dois fragmentos com a mesma massa, o fragmento do polímero de menor número de átomos de carbono estabelece maior número de ligações de hidrogênio.

Resposta: **B**

# 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.

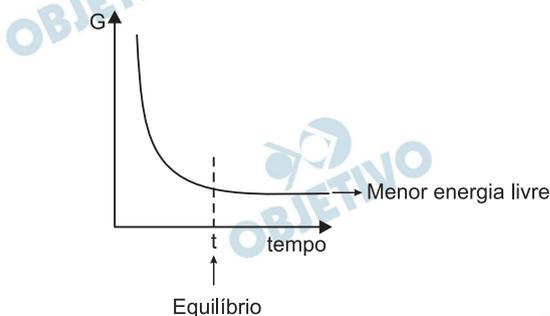


## Resolução

A energia livre de Gibbs representa a máxima energia disponível para a realização de trabalho.

A energia livre no equilíbrio é menor que a dos reagentes puros e a dos produtos puros.

No equilíbrio, temos a energia livre com o menor valor possível, o que está representado no gráfico:



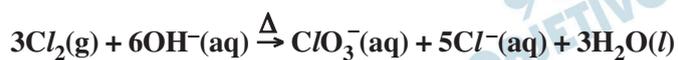
Resposta:  E

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**

Os íons  $ClO_3^-$  (clorato), nos quais o estado de oxidação do cloro é igual a 5+, formam-se quando o gás cloro reage com hidróxido de sódio concentrado em água, a quente:



A reação do gás cloro,  $Cl_2(g)$ , com hidróxido de sódio diluído fornece os íons hipoclorito ( $ClO^-$ ) e cloreto ( $Cl^-$ ).



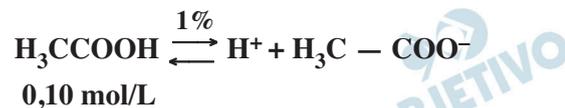
Resposta: **B**

O grau de dissociação,  $\alpha$ , do ácido acético em solução aquosa  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$  é 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

Podemos considerar que o grau de ionização do HCl (ácido forte)  $0,10 \text{ mol/L}$  é praticamente 100% e, portanto, o grau de ionização do ácido acético ( $\alpha$ ) na mesma concentração, sendo 100 vezes menor, corresponderá a 1%.



Portanto, a concentração de íons  $\text{H}^+$  será 1% de  $0,10 \text{ mol/L}$

$$[\text{H}^+] = \frac{1}{100} \cdot 0,10 = 10^{-3} \therefore [\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

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

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

Resposta: **D**

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

Partindo-se da corrente ( $i = 900 \text{ mA} = 0,9 \text{ A}$ ) e da tensão ( $U = 30\text{V}$ ), calculamos a potência (P):

$$P = i \cdot U \Rightarrow P = 0,9 \cdot 30 \text{ (W)} \Rightarrow \boxed{P = 27 \text{ W}}$$

Aplicando a fórmula:  $P = \frac{Q}{\Delta t}$ , para  $\Delta t = 30 \text{ s}$ , temos:

$$27 = \frac{Q}{30} \Rightarrow Q = 810 \text{ J} = 0,81 \text{ kJ}$$

Assim, para vaporizar 2 g do composto hipotético  $\text{MX}_4(\ell)$ , temos uma quantidade de calor envolvida de 0,81 kJ. Neste caso, a entalpia molar de vaporização, nesta temperatura, será igual a:

$$\left[ \begin{array}{l} 0,81 \text{ kJ} \text{ ————— } 2 \text{ g} \\ x \text{ ————— } 200 \text{ g} \end{array} \right] \Rightarrow \boxed{x = 81 \text{ kJ}}$$

$$\Delta H = + 81 \text{ kJ/mol}$$

Resposta: **C**

Os óxidos de metais de transição podem ter caráter ácido, básico ou anfótero. Assinale a opção que apresenta o caráter dos seguintes óxidos:  $\text{CrO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e  $\text{CrO}_3$ .

- a) Ácido, anfótero, básico
- b) Ácido, básico, anfótero
- c) Anfótero, ácido, básico
- d) Básico, ácido, anfótero
- e) Básico, anfótero, ácido

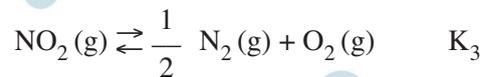
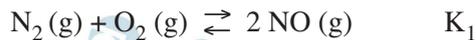
**Resolução**

Para óxidos de um mesmo elemento químico, aumentando o número de oxidação desse elemento, aumenta o caráter ácido do óxido.

2+	3+	6+
$\text{CrO}$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{CrO}_3$
básico	anfótero	ácido

Resposta:  E

Considere as seguintes reações químicas e respectivas constantes de equilíbrio:



Então,  $K_3$  é igual a

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

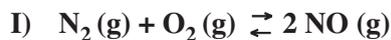
b)  $\frac{1}{(2K_1 K_2)}$ .

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

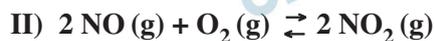
d)  $\left( \frac{1}{K_1 K_2} \right)^{\frac{1}{2}}$ .

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

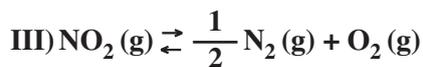
### Resolução



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



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



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

Cálculo de  $[\text{N}_2]^{1/2}$  pela equação I:

$$[\text{N}_2]^{1/2} = \frac{[\text{NO}]}{K_1^{1/2} \cdot [\text{O}_2]^{1/2}}$$

Cálculo de  $[\text{NO}_2]$  pela equação II:

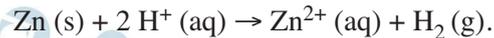
$$[\text{NO}_2] = K_2^{1/2} \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{O}_2]^{1/2}$$

Substituindo na equação III, temos:

$$K_3 = \frac{\frac{[NO]}{K_1^{1/2} \cdot [O_2]^{1/2}} \cdot [O_2]}{K_2^{1/2} \cdot [NO] \cdot [O_2]^{1/2}} = \left( \frac{1}{K_1 \cdot K_2} \right)^{1/2}$$

Resposta: **D**

É de 0,76 V a força eletromotriz padrão,  $E^0$ , de uma célula eletroquímica, conforme a reação



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 é 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

A concentração de íons  $\text{H}^+$  será calculada usando a Equação de Nernst.

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

A expressão do quociente reacional (Q):



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

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

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

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

$$4,086 = \log \frac{1}{[\text{H}^+]^2} \Rightarrow \frac{1}{[\text{H}^+]^2} = 10^{4,086} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [\text{H}^+]^2 \cong 10^{-4} \Rightarrow [\text{H}^+] \cong 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Resposta: **D**

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

Para um volume de 250 cm<sup>3</sup> de água (massa específica 1 g/cm<sup>3</sup>), tem-se:

$$1 \text{ g} \text{ ——— } 1 \text{ cm}^3 \Rightarrow \boxed{x = 250 \text{ g}} \text{ (água)}$$

$$x \text{ ——— } 250 \text{ cm}^3$$

Para um volume de 15 cm<sup>3</sup> de metanol (massa específica 0,791 g/cm<sup>3</sup>), tem-se:

$$0,791 \text{ g} \text{ ——— } 1 \text{ cm}^3 \Rightarrow \boxed{y = 11,865 \text{ g}} \text{ (metanol)}$$

$$y \text{ ——— } 15 \text{ cm}^3$$

Considerando os volumes parciais molares da água (17,8 cm<sup>3</sup>/mol) e do metanol (38,4 cm<sup>3</sup>/mol), temos:

$$\text{Água} \left\{ \begin{array}{l} 17,8 \text{ cm}^3 \text{ ——— } 18,02 \text{ g} \\ V_{\text{água}} \text{ ——— } 250 \text{ g} \\ \boxed{V_{\text{água}} = 246,95 \text{ cm}^3} \end{array} \right.$$

$$\text{Metanol} \left\{ \begin{array}{l} 38,4 \text{ cm}^3 \text{ ——— } 32,05 \text{ g} \\ V_{\text{metanol}} \text{ ——— } 11,865 \text{ g} \\ \boxed{V_{\text{metanol}} = 14,22 \text{ cm}^3} \end{array} \right.$$

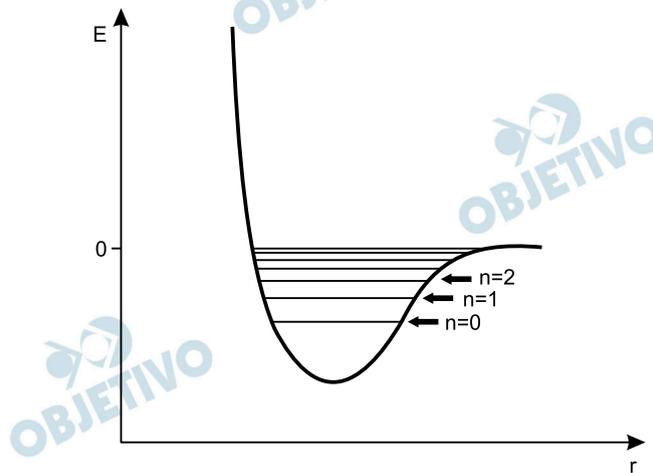
Assim, o volume total será:

$$V_{\text{total}} = 246,95 + 14,22 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\boxed{V_{\text{total}} \cong 261,17 \text{ cm}^3}$$

Resposta: C

Para uma molécula diatômica, a energia potencial em função da distância internuclear é representada pela figura abaixo. 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 ser representada qualitativamente pela figura. Em relação a este sólido cristalino, são feitas as seguintes proposições:



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

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

- I) **Falsa.** Considerando a 3ª Lei da Termodinâmica, a entropia de um cristal a zero kelvin é zero, logo todos os osciladores estão no seu menor estado de energia ( $n = 0$ ), o estado fundamental.
- II) **Verdadeira.**
- III) **Falsa.** Mesmo em temperaturas limites que tendem a zero kelvin, a energia mínima para um

oscilador não seria zero. Isto foi constatado por Planck em 1912 e a energia seria  $E = (1/2) \cdot h\nu$

IV) *Verdadeira.*

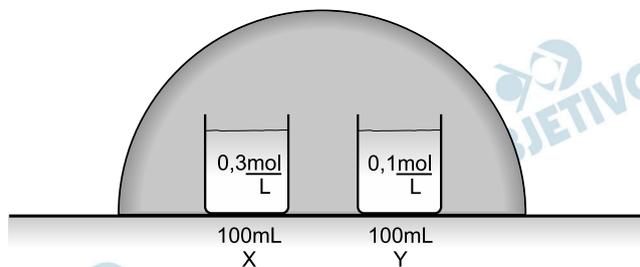
V) *Verdadeira.* Se houver o fim do movimento vibracional, será possível aferir a posição e o momento simultaneamente.

Resposta: **D**

Dois béqueres, denominados “X” e “Y”, encontram-se dentro de um recipiente hermeticamente fechado, à 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  $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ . O béquer “Y” contém 100 mL de uma solução aquosa de cloreto de sódio cuja concentração é  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ . 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



Para que seja atingido o equilíbrio termodinâmico, a concentração dos dois béqueres deve ser a mesma; por isso, devemos imaginar uma concentração média de  $0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ .

Para atingir tal concentração, a solução do béquer X deve ser diluída.

Lei da diluição:  $M_1 V_1 = M_2 V_2$

$$0,3 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 100 \text{ mL} = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot V_2$$

$$V_2 = 150 \text{ mL}$$

Se a solução X deve aumentar 50 mL em seu volume, a solução Y deverá perder 50 mL de volume.

Cálculo do volume final da solução Y:

$$100 \text{ mL} - 50 \text{ mL} = 50 \text{ mL}$$

Portanto, a concentração final da solução Y será 50 mL.

Resposta: **B**

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

*Resolução utilizando capacidade calorífica molar.*  
(Resposta: B)

A capacidade calorífica molar é a quantidade de calor necessária para aumentar em um kelvin a temperatura de 1 mol de uma substância.

Os fatores que afetam a capacidade calorífica:

- Presença de elétrons livres que facilitam o aumento da temperatura, por isso os metais apresentam baixas capacidades caloríficas.
- Para líquidos moleculares, quanto maior a força intermolecular, maior a capacidade calorífica.
- Para líquidos com o mesmo tipo de força intermolecular, o que tiver maior massa molar terá maior capacidade calorífica.

I. *Correta.*

A capacidade calorífica molar da água ( $75,29 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ) é menor que do peróxido de hidrogênio ( $89,1 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ), pois o peróxido de hidrogênio tem massa molar maior que a água.

II. *Correta.*

A capacidade calorífica do bromo ( $75,69 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ) é menor que a do tetracloreto de carbono ( $131,75 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ), pois este tem maior interação intermolecular.

III. *Incorreta.*

O metal mercúrio apresenta menor capacidade calorífica molar ( $27,98 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ) do que o metanol ( $81,6 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ).

*Resolução utilizando capacidade calorífica específica.*  
(Resposta: C)

I. *Incorreta.*

água ( $4,18 \text{ J/g} \cdot \text{K}$ )

peróxido de hidrogênio ( $2,62 \text{ J/g} \cdot \text{K}$ )

II. *Correta.*

bromo (0,47 J/g . K)

tetracloro de carbono (0,85 J/g . K)

III. *Incorreta.*

mercúrio (0,14 J/g . K)

metanol (2,55 J/g . K)

Portanto, utilizando capacidade calorífica específica, teremos alternativa C.

Nota: Os valores de capacidade calorífica colocados entre parênteses foram retirados do livro *Princípios de Química* (Atkins e Jones).

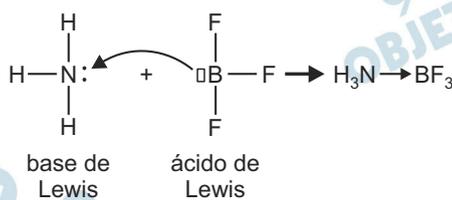
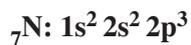
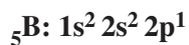
Resposta: **B**

Considere a reação química representada pela equação  $\text{NH}_3 + \text{BF}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{NBF}_3$ . 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.

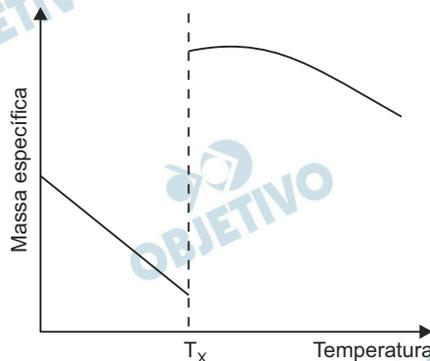
### Resolução

Ácido de Lewis é toda substância ou partícula com vaga eletrônica e ataca uma partícula ou substância com par de elétrons disponível.



Resposta: **B**

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

A análise do gráfico permite constatar que:

- I. No intervalo de temperatura até  $T_x$ , há o aquecimento do sólido, pois há uma diminuição de massa específica, conseqüentemente um aumento de volume.
- II. Na temperatura  $T_x$ , ocorre a fusão da substância, pois o aumento da massa específica é devido à diminuição do volume.
- III. Acima de  $T_x$ , podemos observar que a densidade do líquido é maior que a do sólido.

**Conclusão:** Entre as substâncias citadas nas alternativas, a água é aquela que apresenta este comportamento.

Resposta: **C**

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 Bunsen e Henry Louis Le Chatelier.

**Resolução**

**Entre os cientistas citados, aqueles que contribuíram de maneira direta para o desenvolvimento do conceito de pressão atmosférica são:**

*Galileu Galilei:* no século XVII, Galileu desenvolveu o termoscópio, precursor do termômetro, instrumento imprescindível para qualquer determinação de pressão atmosférica.

*Evangelista Torricelli:* também no séc. XVII, foi capaz, pela primeira vez, de medir a pressão atmosférica no nível do mar.

Resposta: C

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.

**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**

I) A formação do produto gasoso é dada pela reação:



II) Cálculo da quantidade de matéria em mols de  $\text{PH}_3$ :

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol de Ca}_3\text{P}_2 & \text{-----} & 2 \text{ mol de PH}_3 \\ \downarrow & & \downarrow \\ 182,18 \text{ g} & \text{-----} & 2 \text{ mol de PH}_3 \\ 3,64 \text{ g} & \text{-----} & x \end{array}$$

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

III) Cálculo da pressão exercida pelo  $\text{PH}_3$  (g), considerando-o um gás ideal:

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

$$P \cdot 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0,04 \text{ mol} \cdot 8,21 \cdot 10^{-2} \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}$$

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

Considere uma solução saturada do sal MX que é pouco solúvel em água destilada a 25°C. Seja  $\gamma$  a condutância da água destilada e  $(\gamma + 2,0 \cdot 10^{-7}) \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  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

Relacionando a condutância da solução e a condutividade de cada íon e a da água, temos:

$$\frac{2,0 \cdot 10^{-7} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}}{(60 + 40) \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-7}}{100} \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-3} = \\ = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-3}$$

Essa relação corresponde à solubilidade de MX em água.

$$\text{Solubilidade} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{cm}^{-3}$$

Transformando em  $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , temos:

$$\text{Solubilidade} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

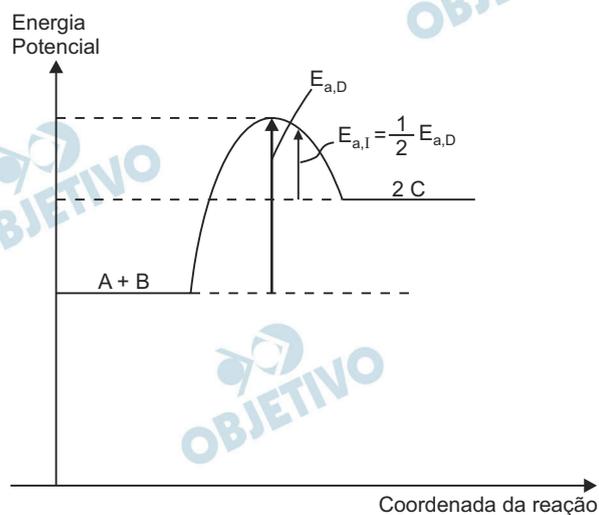
Considere uma reação genérica reversível  $A + B \rightleftharpoons 2C$  e os dados cinéticos para a reação direta (D) e inversa (I):

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

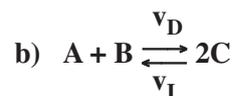
- Desenhe o gráfico de energia potencial versus coordenada da reação direta.
- Determine o valor numérico da constante de equilíbrio da reação.
- Qual sentido da reação é endotérmico?

### Resolução

a)



### Admitindo reações elementares



$$v_D = k_D [A] \cdot [B]$$

$$v_I = k_I [C]^2$$

No equilíbrio:  $v_D = v_I$

$$k_D \cdot [A] \cdot [B] = k_I [C]^2$$

$$\frac{k_D}{k_I} = \frac{[C]^2}{[A] \cdot [B]} = K_C$$

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

$$\therefore K_C = \frac{2}{3}$$

- c) Pelo gráfico, observamos que o produto (2C) apresenta uma energia maior que os reagentes (A + B).

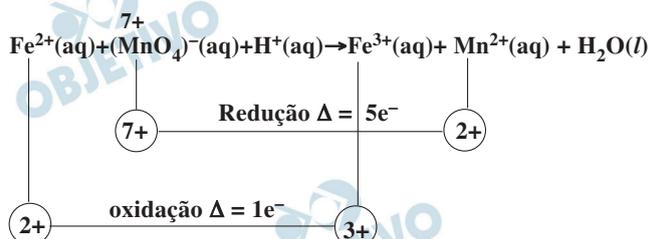
A reação absorve energia, portanto, a reação direta é endotérmica.

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:

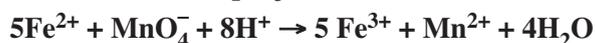
- Qual é a equação iônica balanceada que descreve a reação de titulação?
- É necessária a adição de indicador para visualização do ponto final da titulação? Por quê?
- Qual será a variação de cor e as espécies responsáveis por essa variação no ponto de viragem?
- Qual é o valor numérico da massa (em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

### Resolução

- a) A titulação designada no exercício é a permanometria e a reação de oxidorredução envolvida é dada a seguir:



Então, tem-se a equação balanceada:



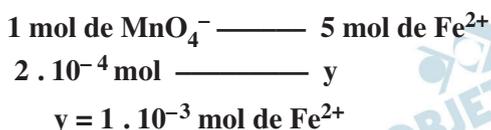
- Não é necessária a adição de um indicador, pois o íon permanganato  $(\text{MnO}_4)^-$ , ao formar o íon manganês II, passa de violeta para incolor e mostrará o ponto de viragem.
- $\text{MnO}_4^-$ : violeta  
 $\text{Mn}^{2+}$ : incolor
- 1) Cálculo da quantidade de matéria em mols de permanganato:  

$$0,01 \text{ mol} \text{ ————— } 1\text{L}$$

$$x \text{ ————— } 20 \cdot 10^{-3}\text{L}$$

$$x = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

2) Cálculo da quantidade de matéria em mols de ferro II:



3) 1 mol de Fe ————— 55,85 g

1 . 10<sup>-3</sup> mol ————— z

$$z = 55,85 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

Descreve-se o seguinte experimento:

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

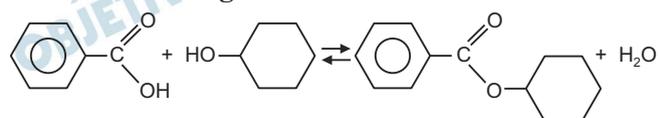
Baseando-se nessas informações, pedem-se:

- Apresente a(s) fase(s) líquida(s) formada(s).
- Apresente o(s) componente(s) da(s) fase(s) formada(s).
- Justifique a sua resposta para o item b, utilizando a(s) equação(ões) química(s) que representa(m) a(s) reação(ões).

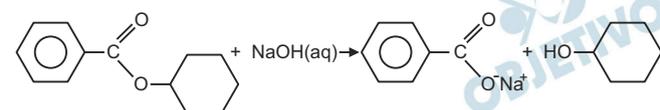
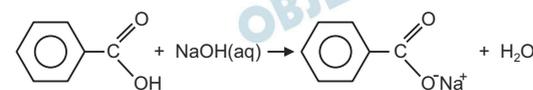
### Resolução

As substâncias (ácido benzoico e ciclohexanol) foram dissolvidas no diclorometano.

Se houver a esterificação do ácido benzoico com ciclohexanol, teremos ainda os componentes benzoato de ciclohexila e água:



Ao adicionar solução aquosa 10% m/m de NaOH, teremos a formação de benzoato de sódio:



a e b) Esse sal ficará dissolvido em água formando um sistema heterogêneo constituído por duas fases (água e benzoato de sódio dissolvidos) – porção superior – e diclorometano e ciclohexanol dissolvidos (porção inferior).

c) Vide equações das reações acima.

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

$$E^\circ(\text{Pt}/\text{PtO}_2) = 1,00\text{V} \text{ e } E^\circ(\text{Br}_2/\text{BrO}_3^-) = 1,48\text{V}.$$

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

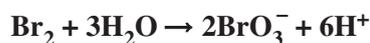
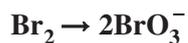
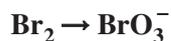
Os potenciais fornecidos mostram que ocorrerá a oxidação do bromo e a redução do  $\text{PtO}_2$ .

- A força eletromotriz do elemento galvânico pode ser calculada pela fórmula:

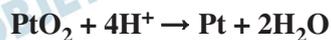
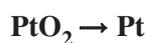
$$\Delta E^0 = E^0_{\text{maior}} - E^0_{\text{menor}}$$

$$\Delta E^0 = 1,48\text{V} - 1,00\text{V} \therefore \Delta E^0 = 0,48\text{V}$$

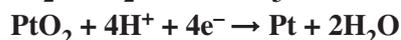
- Semirreação do anodo:



Semirreação do catodo:



- Equação química da reação global:



Com base no modelo atômico de Bohr:

- 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,  $h$ .
- 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

- No modelo de Bohr, o comprimento de onda associado ao elétron é dado pela relação de De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}, \text{ em que (I)}$$

$\lambda$  = comprimento de onda

$h$  = Constante de Planck

$m$  = massa do elétron

$v$  = velocidade do elétron

Considerando que o movimento do elétron assuma uma trajetória circular, temos:

$$2 \pi r = n \lambda \quad \text{(II)}$$

em que  $n = n^\circ$  quântico principal

Combinando (I) com (II), temos:

$$\frac{h}{m \cdot v} = \frac{2 \pi r}{n} \Rightarrow mv = \frac{hn}{2 \pi r} \quad \text{(III)}$$

O momento angular ( $L$ ) é quantizado e dado por:

$$L = \underbrace{(m \cdot v)}_{\text{Equação III}} \cdot r \Rightarrow L = \frac{h \cdot n \cdot \cancel{r}}{2 \pi \cancel{r}} \Rightarrow L = \frac{h n}{2 \pi}$$

Equação III

- O modelo de Bohr prevê corretamente o valor do módulo do momento angular orbital do elétron, no átomo de hidrogênio em seu estado fundamental.

Isto pode ser justificado pelo fato de o modelo de Bohr ser aplicado aos hidrogenoides (contêm apenas 1 elétron e que, portanto, não apresentam repulsão).

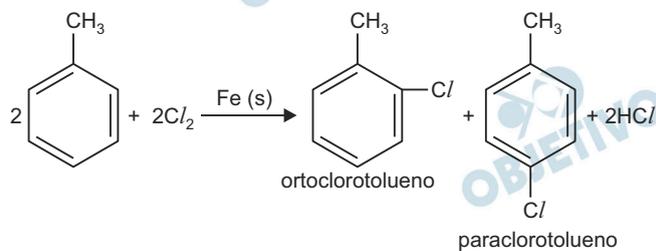
Escreva a fórmula estrutural do produto majoritário formado na reação entre 0,1 mol de tolueno (metilbenzeno) e 0,1 mol de  $Cl_2$  nas seguintes condições:

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

### Resolução

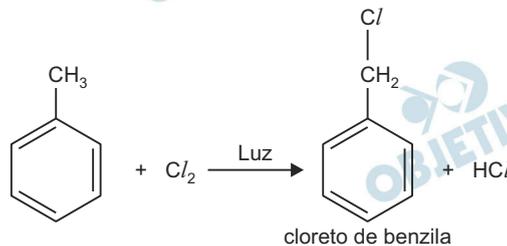
Na reação entre quantidades iguais de tolueno (metilbenzeno) e  $Cl_2$  nas seguintes condições:

- Ausência de luz e presença de pequena quantidade de  $Fe(s)$ .



Nessas condições, ocorrerá substituição no anel aromático. O grupo metil (ativante do anel) é **ortoparadirigente**. Serão obtidos majoritariamente os compostos ortoclorotolueno e paraclorotolueno, este em maior quantidade. A quantidade de metaclorotolueno é desprezível.

- Presença de luz e ausência de  $Fe(s)$ .



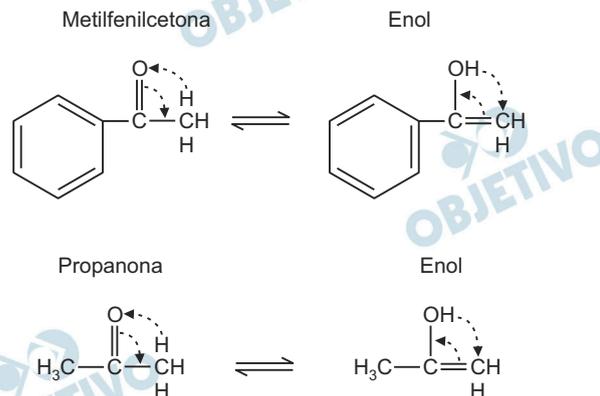
Nessas condições, ocorrerá substituição de H do grupo metil. Será obtido o composto cloreto de benzila.

Considere os compostos orgânicos metilfenilcetona e propanona.

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

**Resolução**

- As equações químicas que representam os equilíbrios tautoméricos são:



- Geralmente, a quantidade de enol no equilíbrio é pequena. No caso da metilfenilcetona, a ligação dupla no enol forma um sistema conjugado com as duplas ligações no ciclo benzênico. Essa ressonância estabiliza o enol. Portanto, na metilfenilcetona teremos maior conteúdo enólico.

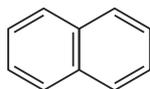
Desenhe a fórmula estrutural (IUPAC) das seguintes espécies químicas aromáticas.

- Naftaleno
- Fenantreno
- Antraceno
- Peróxido de benzoíla

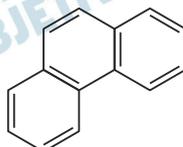
### Resolução

As fórmulas estruturais dos compostos são:

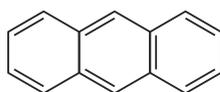
a) NAFTALENO



b) FENANTRENO



c) ANTRACENO



d) PERÓXIDO DE BENZOÍLA

