

CONSTANTES

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

DEFINIÇÕES

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 , concentração das soluções: 1 mol/L (rigorosamente: atividade unitária das espécies), sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão.

(s) ou (c) = sólido cristalino; (l) = líquido; (g) = gás; (aq) = aquoso; (CM) = Circuito Metálico.

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g/mol)
H	1	1,01
Be	4	9,01
B	5	10,81
C	6	12,01
N	7	14,01
O	8	16,00
F	9	19,00
Na	11	22,99
Al	13	26,98
Si	14	28,09
P	15	30,97
S	16	32,06
Cl	17	35,45
Ar	18	39,95
K	19	39,10
Cr	24	52,00
Mn	25	54,94

Se	34	78,96
Br	35	79,91
Kr	36	83,80
Ag	47	107,87
Sn	50	118,71
I	53	126,90
Pb	82	207,21

As questões de **01 a 20 NÃO** devem ser resolvidas no caderno de soluções. Para respondê-las, marque a opção escolhida para cada questão na **folha de leitura óptica** e na **reprodução da folha de leitura óptica** (que se encontra na última página do caderno de soluções).

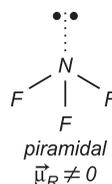
Questão 1

Considere as seguintes espécies no estado gasoso: NF_3 , BeF_2 , BCl_3 , ClF_3 , KrF_4 e SeO_4^{2-} . Quais delas apresentam momento de dipolo elétrico?

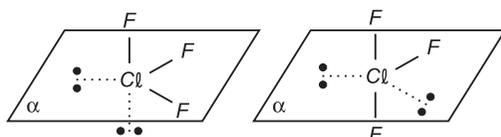
- Apenas NF_3 e SeO_4^{2-} .
- Apenas BeF_2 , ClF_3 e KrF_4 .
- Apenas BCl_3 , SeO_4^{2-} e KrF_4 .
- Apenas NF_3 e ClF_3 .
- Apenas BeF_2 , BCl_3 e SeO_4^{2-} .

alternativa D

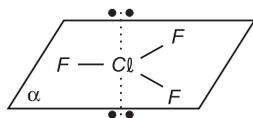
As estruturas são:



Existem 3 isômeros de fórmula ClF_3 , dos quais 2 apresentam $\vec{\mu}_R \neq 0$:



além do composto apolar ($\vec{\mu}_R = 0$)



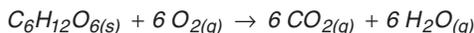
Questão 2

A adição de glicose sólida ($C_6H_{12}O_6$) a clorato de potássio ($KClO_3$) fundido, a $400^\circ C$, resulta em uma reação que forma dois produtos gasosos e um sólido cristalino. Quando os produtos gasosos formados nessa reação, e resfriados à temperatura ambiente, são borbulhados em uma solução aquosa 0,1 mol/L em hidróxido de sódio, contendo algumas gotas de fenolftaleína, verifica-se a mudança de cor desta solução de rosa para incolor. O produto sólido cristalino apresenta alta condutividade elétrica, tanto no estado líquido como em solução aquosa. Assinale a opção **CORRETA** que apresenta os produtos formados na reação entre glicose e clorato de potássio:

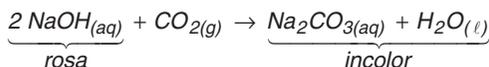
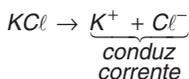
- $ClO_2(g)$, $H_2(g)$, $C(s)$.
- $CO_2(g)$, $H_2O(g)$, $KCl(s)$.
- $CO(g)$, $H_2O(g)$, $KClO_4(s)$.
- $CO(g)$, $CH_4(g)$, $KClO_2(s)$.
- $Cl_2(g)$, $H_2O(g)$, $K_2CO_3(s)$.

alternativa B

A alta temperatura observaremos decomposição de $KClO_3$ formando KCl (cloreto de potássio) e gás oxigênio (O_2). Este último provocará combustão na glicose produzindo $CO_2(g)$ (gás carbônico) e $H_2O(g)$.



A observação experimental do sólido formado (condutividade elétrica) e a comprovação que a mistura gasosa formada neutraliza a solução aquosa de hidróxido de sódio (fenolftaleína ficou incolor), comprovam os produtos descritos acima.



Questão 3

Considere as seguintes configurações eletrônicas de espécies no estado gasoso:

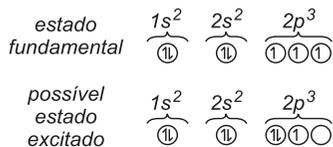
- $1s^2 2s^2 2p^1$.
- $1s^2 2s^2 2p^3$.
- $1s^2 2s^2 2p^4$.
- $1s^2 2s^2 2p^5$.
- $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$.

Assinale a alternativa **ERRADA**.

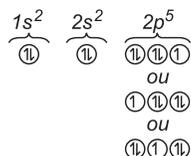
- As configurações I e IV podem representar estados fundamentais de cátions do segundo período da Tabela Periódica.
- As configurações II e III podem representar tanto um estado fundamental como um estado excitado de átomos neutros do segundo período da Tabela Periódica.
- A configuração V pode representar um estado excitado de um átomo neutro do segundo período da Tabela Periódica.
- As configurações II e IV podem representar estados excitados de átomos neutros do segundo período da Tabela Periódica.
- As configurações II, III e V podem representar estados excitados de átomos neutros do segundo período da Tabela Periódica.

alternativa D

A configuração eletrônica II pode representar um estado excitado de um átomo neutro do segundo período da tabela periódica:



Porém a configuração eletrônica IV somente pode representar um estado fundamental devido à relação entre o número de orbitais do subnível p e o número de elétrons presente. Essa relação faz a configuração ser única nos estados fundamental e excitado.



Questão 4

Considere as seguintes afirmações relativas aos sistemas descritos abaixo, sob pressão de 1 atm:

I. A pressão de vapor de uma solução aquosa de glicose 0,1 mol/L é menor do que a pressão de vapor de uma solução de cloreto de sódio 0,1 mol/L a 25°C.

II. A pressão de vapor do n-pentano é maior do que a pressão de vapor do n-hexano a 25°C.

III. A pressão de vapor de substâncias puras como: acetona, éter etílico, etanol e água, todas em ebulição, tem o mesmo valor.

IV. Quanto maior for a temperatura, maior será a pressão de vapor de uma substância.

V. Quanto maior for o volume de um líquido, maior será a sua pressão de vapor.

Destas afirmações, estão **CORRETAS**

- apenas I, II, III e IV.
- apenas I, II e V.
- apenas I, IV e V.
- apenas II, III e IV.
- apenas III, IV e V.

alternativa D

I. Incorreta. A solução de cloreto de sódio 0,1 mol/L apresenta maior abaixamento relativo da pressão de vapor (tonoscopia), pois possui maior número de partículas do que a solução de glicose de mesma concentração, a 25°C.

II. Correta. Os dois compostos apresentam interações intermoleculares semelhantes, porém o n-pentano tem menor massa molar, portanto apresentará maior pressão de vapor, a 25°C.

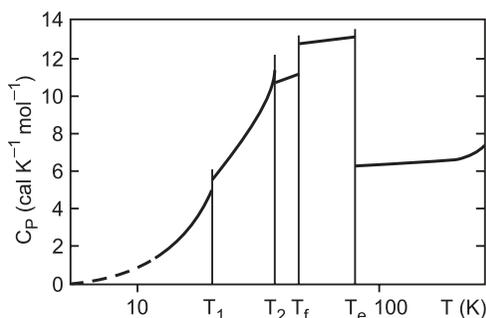
III. Correta. Líquidos puros em ebulição apresentam pressão de vapor igual à pressão ambiente.

IV. Correta. O aumento de temperatura até a ebulição eleva a energia cinética das moléculas e conseqüentemente aumenta a pressão de vapor da substância.

V. Incorreta. A pressão de vapor de um líquido independe de seu volume.

Questão 5

A figura a seguir mostra como a capacidade calorífica, C_p , de uma substância varia com a temperatura, sob pressão constante.



T_f = Temperatura de fusão

T_e = Temperatura de ebulição

Considerando as informações mostradas na figura acima, é **ERRADO** afirmar que

- a substância em questão, no estado sólido, apresenta mais de uma estrutura cristalina diferente.
- a capacidade calorífica da substância no estado gasoso é menor do que aquela no estado líquido.
- quer esteja a substância no estado sólido, líquido ou gasoso, sua capacidade calorífica aumenta com o aumento da temperatura.
- caso a substância se mantenha no estado líquido em temperaturas inferiores a T_f , a capacidade calorífica da substância líquida é maior do que a capacidade calorífica da substância na fase sólida estável em temperaturas menores do que T_f .
- a variação de entalpia de uma reação envolvendo a substância em questão no estado líquido aumenta com o aumento da temperatura.

alternativa E

a) Correta. Para temperaturas inferiores a T_f , notam-se três regiões diferenciadas de crescimento de C_p , cada uma correspondendo a uma estrutura cristalina diferente da substância.

b) Correta. No intervalo de temperatura considerado no gráfico, observa-se que a capacidade calorífica da substância no estado gasoso é menor que no estado líquido.

c) Correta. As curvas de crescimento de C_p são sempre crescentes em qualquer um dos estados.

d) Correta. Em determinadas condições, a substância pode estar líquida a temperaturas inferiores a T_f , o que caracteriza um estado metaestável. E como se pode observar do gráfico, $(C_p)_{\text{líquido}} > (C_p)_{\text{sólido}}$.

e) Errada. Nada se pode afirmar sobre o ΔH da reação sem o conhecimento dos demais participantes do processo.

Questão 6

A respeito de compostos contendo silício, qual das opções abaixo apresenta a afirmação **CORRETA**?

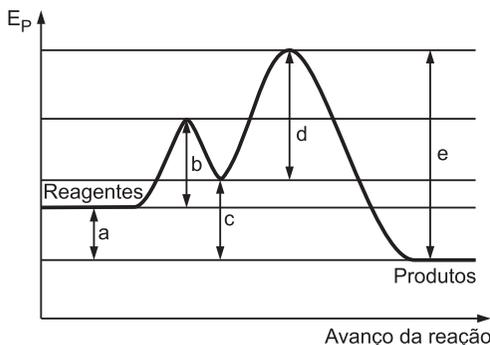
- a) Vidros são quimicamente resistentes ao ataque de hidróxido de sódio.
 b) Vidros se fundem completamente em um único valor de temperatura na pressão ambiente.
 c) Quartzo apresenta um arranjo ordenado de suas espécies constituintes que se repete periodicamente nas três direções.
 d) Vidros comerciais apresentam uma concentração de dióxido de silício igual a 100 % (m/m).
 e) Quartzo é quimicamente resistente ao ataque de ácido fluorídrico.

alternativa C

O quartzo é um sólido cristalino, isto é, apresenta espécies químicas repetidas e ordenadas nas três direções ortogonais. O quartzo é constituído de cristais covalentes nos quais átomos de silício (tetraivalentes) ligam-se a átomos de oxigênio (bivalentes): $(\text{SiO}_2)_n$.

Questão 7

Considere uma reação química representada pela equação: Reagentes \rightarrow Produtos. A figura abaixo mostra esquematicamente como varia a energia potencial (E_p) deste sistema reagente em função do avanço da reação química. As letras **a**, **b**, **c**, **d** e **e** representam diferenças de energia.



Com base nas informações apresentadas na figura é **CORRETO** afirmar que

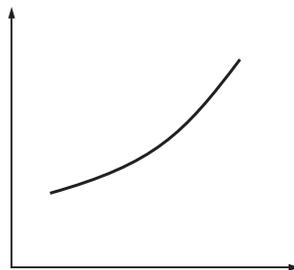
- a) a energia de ativação da reação direta é a diferença de energia dada por **c - a + d**.
 b) a variação de entalpia da reação é a diferença de energia dada por **e - d**.
 c) a energia de ativação da reação direta é a diferença de energia dada por **b + d**.
 d) a variação de entalpia da reação é a diferença de energia dada por **e - (a + b)**.
 e) a variação de entalpia da reação é a diferença de energia dada por **e**.

alternativa A

*A análise do gráfico permite concluir que a energia de ativação da reação direta é a diferença de energia dada por **c - a + d**.*

Questão 8

Considere as seguintes afirmações relativas ao gráfico apresentado a seguir:



I. Se a ordenada representar a constante de equilíbrio de uma reação química exotérmica e a abscissa, a temperatura, o gráfico pode representar um trecho da curva relativa ao efeito da temperatura sobre a constante de equilíbrio dessa reação.

II. Se a ordenada representar a massa de um catalisador existente em um sistema reagente e a abscissa, o tempo, o gráfico pode representar um trecho relativo à variação da massa do catalisador em função do tempo de uma reação.

III. Se a ordenada representar a concentração de um sal em solução aquosa e a abscissa, a temperatura, o gráfico pode representar um trecho da curva de solubilidade deste sal em água.

IV. Se a ordenada representar a pressão de vapor de um equilíbrio líquido \rightleftharpoons gás e a abscissa, a temperatura, o gráfico pode representar um trecho da curva de pressão de vapor deste líquido.

V. Se a ordenada representar a concentração de NO_2 (g) existente dentro de um cilindro provido de um pistão móvel, sem atrito, onde se estabeleceu o equilíbrio N_2O_4 (g) \rightleftharpoons 2NO_2 (g), e a abscissa, a pressão externa exercida sobre o pistão, o gráfico pode representar um trecho da curva relativa à variação da concentração de NO_2 em função da pressão externa exercida sobre o pistão, à temperatura constante.

Destas afirmações, estão **CORRETAS**

- a) apenas I e III. b) apenas I, IV e V.
c) apenas II, III e V. d) apenas II e V.
e) apenas III e IV.

alternativa E

A curva do gráfico é crescente. Portanto quanto maior for a ordenada, maior será a abscissa.

I. Incorreta. Segundo Le Chatelier, com o aumento de temperatura, o equilíbrio é deslocado no sentido endotérmico. Numa reação exotérmica, com o aumento da temperatura, a constante de equilíbrio diminuirá.

II. Incorreta. A massa do catalisador não varia com o tempo.

III. Correta. Esta é uma curva típica de dissolução endotérmica de um sal, isto é, quanto maior a temperatura, maior a sua solubilidade.

IV. Correta. A pressão de vapor aumenta com a elevação da temperatura.

V. Incorreta. Segundo o Princípio de Le Chatelier, o aumento de pressão externa deslocará o equilíbrio no sentido inverso (menor número de mols de gases).

Questão 9

Para as mesmas condições de temperatura e pressão, considere as seguintes afirmações relativas à condutividade elétrica de soluções aquosas:

I. A condutividade elétrica de uma solução 0,1 mol/L de ácido acético é menor do que aquela do ácido acético glacial (ácido acético praticamente puro).

II. A condutividade elétrica de uma solução 1 mol/L de ácido acético é menor do que

aquela de uma solução de ácido tri-cloro-acético com igual concentração.

III. A condutividade elétrica de uma solução 1 mol/L de cloreto de amônio é igual àquela de uma solução de hidróxido de amônio com igual concentração.

IV. A condutividade elétrica de uma solução 1 mol/L de hidróxido de sódio é igual àquela de uma solução de cloreto de sódio com igual concentração.

V. A condutividade elétrica de uma solução saturada em iodeto de chumbo é menor do que aquela do sal fundido.

Destas afirmações, estão **ERRADAS**

- a) apenas I e II.
b) apenas I, III, e IV.
c) apenas II e V.
d) apenas III, IV e V.
e) todas.

alternativa B

Analisando as afirmações:

I. Errada. Pela Lei de Diluição de Ostwald, quanto mais diluída for a solução do eletrólito fraco, maior será o grau de ionização e, portanto, apresentar-se-á com maior condutividade elétrica.

II. Certa. O ácido tricloroacético é mais forte (maior K_a) que o ácido acético. A solução do CCl_3COOH apresenta maior condutividade que a do CH_3COOH devido à maior concentração de íons.

III. Errada. O cloreto de amônio, sendo um composto iônico, apresenta-se, em solução, totalmente dissociado, enquanto na solução de hidróxido de amônio ocorre o equilíbrio:

$$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$$

IV. Errada. O íon hidroxila, em relação ao cloreto, apresenta maior mobilidade (massas e tamanhos diferentes), e portanto as soluções apresentam diferentes condutividades elétricas.

V. Certa. O sal PbI_2 apresenta-se totalmente dissociado quando fundido.

Questão 10

Seja **S** a solubilidade de Ag_3PO_4 em 100 g de água pura numa dada temperatura. A seguir, para a mesma temperatura, são feitas as seguintes afirmações a respeito da solubilidade de Ag_3PO_4 em 100 g de diferentes soluções aquosas:

I. A solubilidade do Ag_3PO_4 em solução aquosa 1 mol/L de HNO_3 é maior do que S.

II. A solubilidade do Ag_3PO_4 em solução aquosa 1 mol/L de AgNO_3 é menor do que S.

III. A solubilidade do Ag_3PO_4 em solução aquosa 1 mol/L de Na_3PO_4 é menor do que S.

IV. A solubilidade do Ag_3PO_4 em solução aquosa 1 mol/L de KCN é maior do que S.

V. A solubilidade do Ag_3PO_4 em solução aquosa 1 mol/L de NaNO_3 é praticamente igual a S.

Destas afirmações, estão **CORRETAS**

- apenas I, II e III.
- apenas I, III e IV.
- apenas II, III e IV.
- apenas II, III e V.
- todas.

alternativa E

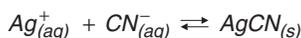
O equilíbrio de solubilidade do Ag_3PO_4 é representado pela equação:



I. Correta. O fosfato de prata é mais solúvel em meio ácido do que em meio neutro.

II e III. Corretas. A presença de um íon comum (Ag^+ ou PO_4^{3-}) deslocará o equilíbrio para a esquerda diminuindo a solubilidade do sal.

IV. Correta. Os íons CN^- reagirão com os íons Ag^+ formando um sal insolúvel:



Isso fará com que o equilíbrio de solubilidade do Ag_3PO_4 seja deslocado para a direita, aumentando a solubilidade do sal.

V. Correta. A solubilidade do Ag_3PO_4 não é alterada em uma solução de NaNO_3 uma vez que não ocorrerá nenhum dos fatores listados anteriormente.

Questão 11

A massa de um certo hidrocarboneto é igual a 2,60 g. As concentrações, em porcentagem em massa, de carbono e de hidrogênio neste hidrocarboneto são iguais a 82,7 % e 17,3 %, respectivamente. A fórmula molecular do hidrocarboneto é

- CH_4 .
- C_2H_4 .
- C_2H_6 .
- C_3H_8 .
- C_4H_{10} .

alternativa E

Tomando-se uma amostra de 100 g do hidrocarboneto, temos:

$$82,7 \text{ g C} \cdot \frac{1 \text{ mol C}}{12,01 \text{ g C}} \cong 6,89 \text{ mols C}$$

$$17,3 \text{ g H} \cdot \frac{1 \text{ mol H}}{1,01 \text{ g H}} \cong 17,3 \text{ mols H}$$

Determinação da fórmula mínima

$$\frac{6,89}{6,89} = 1$$

$$\frac{17,3}{6,89} \cong 2,5$$

$$2 : 5 \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_5$$

Examinando-se as alternativas, uma vez que não temos a massa molecular do hidrocarboneto, conclui-se que o composto constituinte da amostra é o C_4H_{10} .

Questão 12

Um elemento galvânico é constituído pelos eletrodos abaixo especificados e separados por uma ponte salina.

ELETRODO I: placa de chumbo metálico mergulhada em uma solução aquosa 1 mol/L de nitrato de chumbo.

ELETRODO II: sulfato de chumbo sólido prensado contra uma “peneira” de chumbo metálico mergulhada em uma solução aquosa 1 mol/L de ácido sulfúrico.

Nas condições-padrão, o potencial de cada um destes eletrodos, em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio, é

$$E^\circ_{\text{Pb/Pb}^{2+}} = -0,1264 \text{ V (ELETRODO I).}$$

$$E^\circ_{\text{Pb/PbSO}_4, \text{SO}_4^{2-}} = -0,3546 \text{ V (ELETRODO II).}$$

Assinale a opção que contém a afirmação **CORRETA** sobre as alterações ocorridas neste elemento galvânico quando os dois eletrodos são conectados por um fio de baixa resistência elétrica e circular corrente elétrica no elemento.

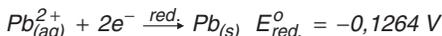
- A massa de sulfato de chumbo sólido na superfície do ELETRODO II aumenta.

- b) A concentração de íons sulfato na solução aquosa do ELETRODO II aumenta.
 c) O ELETRODO I é o pólo negativo.
 d) O ELETRODO I é o anodo.
 e) A concentração de íons chumbo na solução aquosa do ELETRODO I aumenta.

alternativa A

As equações químicas deste processo são:

Eletrodo I (cátodo, pólo positivo)



Eletrodo II (ânodo, pólo negativo)



$$= 0,3546 \text{ V}$$

Logo, a massa de $PbSO_4$ sólido aumenta à medida que a bateria descarrega.

Questão 13

Considere os valores da temperatura de congelção de soluções 1 milimol/L das seguintes substâncias:

- I. $Al_2(SO_4)_3$. II. $Na_2B_4O_7$.
 III. $K_2Cr_2O_7$. IV. Na_2CrO_4 .
 V. $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$.

Assinale a alternativa **CORRETA** relativa à comparação dos valores dessas temperaturas.

- a) I < II < V < III < IV.
 b) I < V < II \approx III \approx IV.
 c) II < III < IV < I < V.
 d) V < II < III < IV < I.
 e) V \approx II < III < IV < I.

alternativa B

Considerando a expressão do cálculo do efeito coligativo $\Delta T_s = K_s \cdot W \cdot i$ e as soluções 0,001 molar:

soluto	i	T_s
$Al_2(SO_4)_3$	5	I
$Na_2B_4O_7$	3	II
$K_2Cr_2O_7$	3	III
Na_2CrO_4	3	IV
$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	4	V

Para as soluções de mesma concentração, a maior variação da temperatura de congelção corresponderá à solução que apresentar maior fator de van't Hoff, considerando $\alpha \approx 1$. Assim a ordem crescente de temperatura de congelção será:

$$I < V < II \approx III \approx IV$$

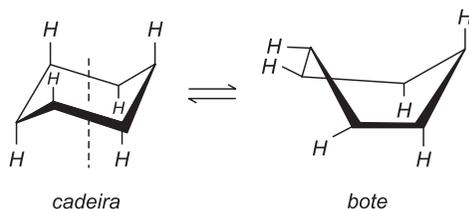
Questão 14

Qual das substâncias abaixo apresenta isomeria geométrica?

- a) Ciclo-propano. b) Ciclo-buteno.
 c) Ciclo-pentano. d) Ciclo-hexano.
 e) Benzeno.

alternativa D

O ciclo-hexano apresenta geometrias distintas que não podem ser separadas por destilação e coexistem em equilíbrio.



Comentário: estas formas, devido às suas características, são tradicionalmente denominadas de isômeros conformacionais.

Questão 15

Considere os sistemas apresentados a seguir:

- I. Creme de leite.
 II. Maionese comercial.
 III. Óleo de soja.
 IV. Gasolina.
 V. Poliestireno expandido.

Destes, são classificados como sistemas coloidais

- a) apenas I e II. b) apenas I, II e III.
 c) apenas II e V. d) apenas I, II e V.
 e) apenas III e IV.

alternativa D

Creme de leite, maionese comercial e poliestireno expandido (conhecido por "isopor") são considerados sistemas coloidais, enquanto que óleo de soja e gasolina são exemplos típicos de misturas homogêneas.

Questão 16

Assinale a opção que apresenta um par de substâncias isomorfas.

- a) Grafita (s), diamante (s).
 b) Oxigênio (g), ozônio (g).
 c) Cloreto de sódio (s), cloreto de potássio (s).
 d) Dióxido de enxofre (g), trióxido de enxofre (g).
 e) Monóxido de chumbo (s), dióxido de chumbo (s).

alternativa C

Substâncias isomorfas são aquelas que possuem a mesma estrutura cristalina sendo capazes de formar soluções sólidas. Dentre as opções, o cloreto de sódio (s) e o cloreto de potássio (s) possuem estrutura cúbica.

Questão 17

Considere as soluções aquosas obtidas pela dissolução das seguintes quantidades de solutos em um 1 L de água:

- I.** 1 mol de acetato de sódio e 1 mol de ácido acético.
II. 2 mols de amônia e 1 mol de ácido clorídrico.
III. 2 mols de ácido acético e 1 mol de hidróxido de sódio.
IV. 1 mol de hidróxido de sódio e 1 mol de ácido clorídrico.
V. 1 mol de hidróxido de amônio e 1 mol de ácido acético.

Das soluções obtidas, apresentam efeito tamponante

- a) apenas I e V. b) apenas I, II e III.
 c) apenas I, II, III e V. d) apenas III, IV e V.
 e) apenas IV e V.

alternativa C

Soluções tampoadas constituem tipicamente dois tipos:

Tipo 1: um ácido fraco (HA) associado à sua base conjugada (A^-). A base conjugada pode ser fornecida na solução por um sal do ácido fraco:

I. $CH_3 - COOH$ e $CH_3 - COONa$.

III. A mistura de 2 mols de ácido acético com 1 mol de hidróxido de sódio resulta em uma solução que também contém $CH_3 - COOH$ e $CH_3 - COONa$.

Tipo 2: uma base fraca associada ao seu ácido conjugado. O ácido conjugado pode ser fornecido na solução por um sal da base fraca.

II. A mistura de 2 mols de amônia com 1 mol de ácido clorídrico resulta em uma solução que contém $NH_3(aq)$ (base fraca) e seu sal (NH_4Cl).

Além desses dois tipos clássicos de soluções tampoadas, existem outros sistemas que também resistem a variações de pH quando misturados com pequenas quantidades de ácidos e bases fortes.

Tipo 3: soluções de espécies anfóteras como o HCO_3^- .

Tipo 4: soluções de sais de ácido fraco com base fraca ($K_a \cong K_b$).

V. A mistura de 1 mol de NH_4OH com 1 mol de CH_3COOH resulta em uma solução de acetato de amônio.

Questão 18

Considere o caráter ácido-base das seguintes espécies:

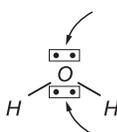
- I.** H_2O .
II. C_5H_5N (piridina).
III. $(C_2H_5)_2NH$ (di-etil-amina).
IV. $[(C_2H_5)_2NH_2]^+$ (di-etil-amônio).
V. C_2H_5OH (etanol).

Segundo a definição ácido-base de Brønsted, dentre estas substâncias, podem ser classificadas como base

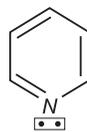
- a) apenas I e II. b) apenas I, II e III.
 c) apenas II e III. d) apenas III, IV e V.
 e) todas.

ver comentário

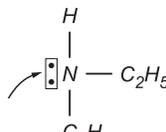
Pela definição ácido-base de Brønsted, base é a substância capaz de receber íons H^+ (prótons) através de ligações dativas com pares de elétrons livres presentes em sua estrutura. Veja as estruturas das substâncias:



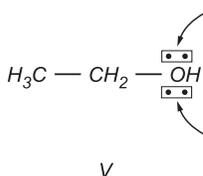
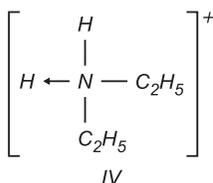
I



II



III



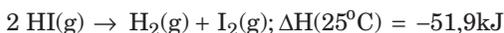
Os pares de elétrons apontados são livres e podem ser utilizados em ligações dativas com o H^+ .

Logo podem ser consideradas bases de Brønsted as espécies I, II, III e V.

Portanto, não existe alternativa correta.

Questão 19

A equação química que representa a reação de decomposição do iodeto de hidrogênio é:



Em relação a esta reação, são fornecidas as seguintes informações:

a) A variação da energia de ativação aparente dessa reação ocorrendo em meio homogêneo é igual a 183,9 kJ.

b) A variação da energia de ativação aparente dessa reação ocorrendo na superfície de um fio de ouro é igual a 96,2 kJ.

Considere, agora, as seguintes afirmações relativas a essa reação de decomposição:

I. A velocidade da reação no meio homogêneo é igual a da mesma reação realizada no meio heterogêneo.

II. A velocidade da reação no meio homogêneo diminui com o aumento da temperatura.

III. A velocidade da reação no meio heterogêneo independe da concentração inicial de iodeto de hidrogênio.

IV. A velocidade da reação na superfície do ouro independe da área superficial do ouro.

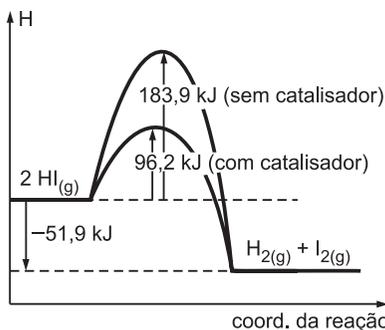
V. A constante de velocidade da reação realizada no meio homogêneo é igual a da mesma reação realizada no meio heterogêneo.

Destas afirmações, estão **CORRETAS**

- a) apenas I, III e IV. b) apenas I e IV.
c) apenas II, III e V. d) apenas II e V.
e) nenhuma.

alternativa E

Diagrama de entalpia do processo:



I. Incorreta. As velocidades da reação no meio homogêneo e heterogêneo não são iguais (reação catalisada e não catalisada).

II. Incorreta. A velocidade de processos endo ou exotérmicos sempre é aumentada pelo aumento da temperatura.

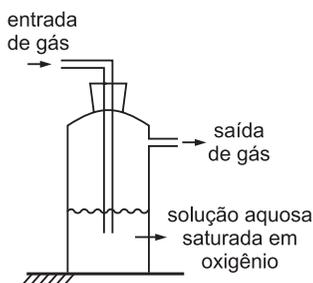
III. Incorreta. Segundo a Lei das Velocidades, a velocidade de uma reação é sempre dependente da concentração de pelo menos um dos reagentes, considerando que o processo não é de ordem zero.

IV. Incorreta. Em processos cinéticos catalisados a eficiência da catálise é dependente da superfície do catalisador.

V. Incorreta. Segundo a Teoria das Colisões de Arrhenius, a constante cinética é proporcional ao fator $\frac{-E_a}{RT}$. Como as energias de ativação nos processos homo e heterogêneo não são iguais podemos dizer que as constantes cinéticas são diferentes.

Questão 20

O frasco mostrado na figura a seguir contém uma solução aquosa saturada em oxigênio, em contato com ar atmosférico, sob pressão de 1 atm e temperatura de 25 °C. Quando gás é borbulhado através desta solução, sendo a pressão de entrada do gás maior do que a pressão de saída, de tal forma que a pressão do gás em contato com a solução possa ser considerada constante e igual a 1 atm, é **ERRADO** afirmar que a concentração de oxigênio dissolvido na solução



- permanece inalterada, quando o gás borbulhado, sob temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, é ar atmosférico.
- permanece inalterada, quando o gás borbulhado, sob temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ é nitrogênio gasoso.
- aumenta, quando o gás borbulhado, sob temperatura de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, é ar atmosférico.
- aumenta, quando o gás borbulhado, sob temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, é oxigênio praticamente puro.
- permanece inalterada, quando o gás borbulhado, sob temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, é uma mistura de argônio e oxigênio, sendo a concentração de oxigênio nesta mistura igual à existente no ar atmosférico.

alternativa B

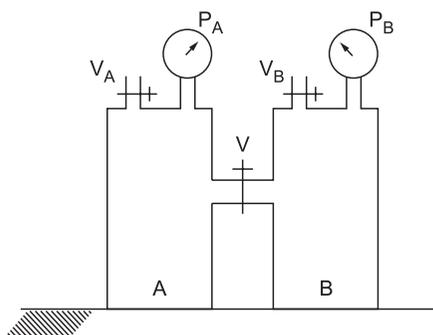
Inicialmente, a solução aquosa contém O_2 e os demais gases constituintes do ar atmosférico dissolvidos. Borbulhando-se $\text{N}_{2(g)}$ nessa solução haverá diminuição da concentração de O_2 dissolvido na água, uma vez que o gás que estará em contato com a solução será predominantemente o N_2 . Isto fará com que a pressão parcial do O_2 na mistura gasosa tenda a zero, favorecendo a saída do oxigênio da solução.

As questões dissertativas, numeradas de 21 a 30, devem ser respondidas no caderno de soluções.

Questão 21

A figura abaixo representa um sistema constituído por dois recipientes, **A** e **B**, de igual volume, que se comunicam através da válvula **V**. Água pura é adicionada ao recipiente **A** através da válvula V_A , que é fechada logo a

seguir. Uma solução aquosa $1,0\text{ mol/L}$ de NaCl é adicionada ao recipiente **B** através da válvula V_B , que também é fechada a seguir. Após o equilíbrio ter sido atingido, o volume de água líquida no recipiente **A** é igual a $5,0\text{ mL}$, sendo a pressão igual a P_A ; e o volume de solução aquosa de NaCl no recipiente **B** é igual a $1,0\text{ L}$, sendo a pressão igual a P_B . A seguir, a válvula **V** é aberta (tempo $t = \text{zero}$), sendo a temperatura mantida constante durante todo o experimento.

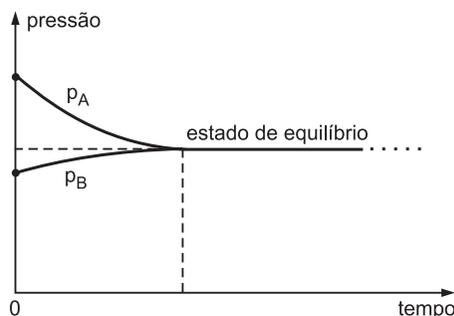


- Em um mesmo gráfico de pressão (ordenada) versus tempo (abscissa), mostre como varia a pressão em cada um dos recipientes, desde o tempo $t = \text{zero}$ até um tempo $t = \infty$.
- Descreva o que se observa neste experimento, desde tempo $t = 0$ até $t = \infty$, em termos dos valores das pressões indicadas nos medidores e dos volumes das fases líquidas em cada recipiente.

Resposta

Na temperatura constante T , temos:

a)



- A pressão p_A diminui até alcançar a nova pressão de equilíbrio, e a p_B sofre um pequeno aumento até a nova pressão de equilíbrio (vide gráfico do item a).

Como a p_V do solvente puro (líquido no recipiente A) é maior que a p_V da solução de NaCl (recipiente B), ocorre uma transferência da água de A para B. Para $t = \infty$, a transferência será total.

Questão 22

Na tabela abaixo são mostrados os valores de temperatura de fusão de algumas substâncias

Substância	Temperatura de fusão (°C)
Bromo	-7
Água	0
Sódio	98
Brometo de Sódio	747
Silício	1414

Em termos dos tipos de interação presentes em cada substância, justifique a ordem crescente de temperatura de fusão das substâncias listadas.

Resposta

aumento da T_F , aumento da intensidade das interações ↓	$\text{Br} - \text{Br}$ bromo	ligação covalente apolar	forças intermoleculares de London
	$\text{H} \begin{array}{c} \diagup \text{O} \diagdown \\ \text{H} \end{array}$ água	ligações covalentes polares	ligações de hidrogênio (intermoleculares)
	$\text{Na}_{(s)}$ sódio	ligações metálicas	interações entre átomos metálicos
	$\text{NaBr}_{(s)}$ brometo de sódio	ligações iônicas	interações elétricas entre íons
	$\text{Si}_{(s)}$ silício elementar	ligações covalentes	crystal covalente

Questão 23

A equação química que representa a reação de decomposição do gás N_2O_5 é:



A variação da velocidade de decomposição do gás N_2O_5 é dada pela equação algébrica: $v = k \cdot [\text{N}_2\text{O}_5]$, em que k é a constante de velocidade desta reação, e $[\text{N}_2\text{O}_5]$ é a concentração, em mol/L, do N_2O_5 , em cada tempo.

A tabela a seguir fornece os valores de $\ln[\text{N}_2\text{O}_5]$ em função do tempo, sendo a temperatura mantida constante.

Tempo(s)	$\ln[\text{N}_2\text{O}_5]$
0	-2,303
50	-2,649
100	-2,996
200	-3,689
300	-4,382
400	-5,075

- Determine o valor da constante de velocidade (k) desta reação de decomposição. Mostre os cálculos realizados.
- Determine o tempo de meia-vida do N_2O_5 no sistema reagente. Mostre os cálculos realizados.

Resposta

A expressão $v = k[\text{N}_2\text{O}_5]$ indica que a reação química é de primeira ordem. Nessas reações é válida a equação algébrica:

$$\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_1} = k(t_1 - t_0)$$

a) Então, podemos escrever:

$$k = \frac{\ln[\text{N}_2\text{O}_5]_0 - \ln[\text{N}_2\text{O}_5]_1}{(t_1 - t_0)}$$

$$k = \frac{(-2,303) - (-5,075)}{(400 - 0)} = 6,93 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

b) Cálculo de meia-vida do N_2O_5 (tempo para o consumo de 50% do reagente):

$$\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{\frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{2}} = k \cdot \frac{t_1}{2}$$

$$t_1 = \frac{\ln 2}{k} \cong \frac{0,693}{6,93 \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ s}$$

Questão 24

Em um balão fechado e sob temperatura de 27°C, $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ está em equilíbrio com $\text{NO}_2(\text{g})$.

A pressão total exercida pelos gases dentro

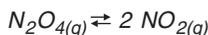
do balão é igual a 1,0 atm e, nestas condições, $N_2O_4(g)$ encontra-se 20% dissociado.

a) Determine o valor da constante de equilíbrio para a reação de dissociação do $N_2O_4(g)$. Mostre os cálculos realizados.

b) Para a temperatura de $27^\circ C$ e pressão total dos gases dentro do balão igual a 0,10 atm, determine o grau de dissociação do $N_2O_4(g)$. Mostre os cálculos realizados.

Resposta

a) O equilíbrio apresentado pode ser representado pela equação química a seguir. Sendo a pressão diretamente proporcional ao número de mols, temos:



início	p	0
reação	$-0,2p$	$+0,4p$
equilíbrio	$0,8p$	$0,4p$

Na equação anterior p representa a pressão inicial de N_2O_4 . Logo na situação de equilíbrio teremos:

$$p_T = p_{N_2O_4} + p_{NO_2} = 1 \text{ atm} \Rightarrow \\ \Rightarrow 0,8p + 0,4p = 1 \text{ atm} \Rightarrow p = \frac{5}{6} \text{ atm}$$

Assim, no equilíbrio:

$$p_{N_2O_4} = \frac{5}{6} \cdot 0,8 = \frac{2}{3} \text{ atm, e}$$

$$p_{NO_2} = \frac{5}{6} \cdot 0,4 = \frac{1}{3} \text{ atm.}$$

Portanto o valor da constante de equilíbrio será dado por:

$$K_p = \frac{(p_{NO_2})^2}{p_{N_2O_4}} = \frac{\left(\frac{1}{3}\right)^2}{\left(\frac{2}{3}\right)} = \frac{1}{6} \text{ atm}$$

b) À mesma temperatura, teremos o mesmo valor para a constante de equilíbrio e, sendo α o grau de dissociação do N_2O_4 , segue que:



início	p	0
reação	$-\alpha p$	$2\alpha p$
equilíbrio	$p(1-\alpha)$	$2\alpha p$

Logo a constante de equilíbrio poderá ser expressa por:

$$K_p = \frac{1}{6} = \frac{4\alpha^2 p^2}{p(1-\alpha)} = \frac{4\alpha^2 p}{(1-\alpha)} \quad (*)$$

Como $p_{N_2O_4} + p_{NO_2} = 0,1$ temos:

$$p(1-\alpha) + 2\alpha p = 0,1 \Rightarrow p + \alpha p = 0,1 \Rightarrow p = \frac{0,1}{1+\alpha}$$

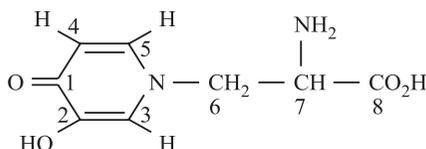
Substituindo o valor de p na expressão do K_p (*),

$$\text{tem-se } \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha)} \cdot \frac{0,1}{(1+\alpha)} = \frac{1}{6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2,4\alpha^2 = 1 - \alpha^2 \Rightarrow \alpha = 0,54 \text{ ou } 54\%$$

Questão 25

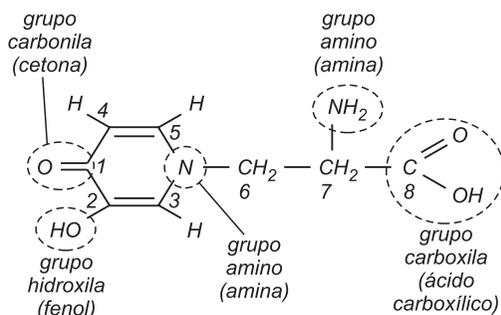
Um produto natural encontrado em algumas plantas leguminosas apresenta a seguinte estrutura:



- Quais são os grupos funcionais presentes nesse produto?
- Que tipo de hibridização apresenta cada um dos átomos de carbono desta estrutura?
- Quantas são as ligações sigma e pi presentes nesta substância?

Resposta

a)



- Os átomos de carbono de números 1, 2, 3, 4, 5 e 8 possuem hibridização do tipo sp^2 , e os de números 6 e 7 têm hibridização do tipo sp^3 .
- O composto possui 4 ligações pi e 24 ligações sigma.

Questão 26

A reação química de um determinado alceno **X** com ozônio produziu o composto **Y**. A reação do composto **Y** com água formou os compostos **A**, **B** e água oxigenada. Os compostos **A** e **B** foram identificados como um aldeído e uma cetona, respectivamente. A tabela abaixo mostra as concentrações (% m/m) de carbono e hidrogênio presentes nos compostos **A** e **B**:

Compostos	Carbono (% m/m)	Hidrogênio (% m/m)
A	54,6	9,1
B	62,0	10,4

Com base nas informações acima, apresente a) as fórmulas moleculares e estruturais dos compostos: **X**, **Y**, **A** e **B**. Mostre os cálculos realizados, e

b) as equações químicas balanceadas relativas às duas reações descritas no enunciado da questão.

Resposta

a) A fórmula geral de aldeídos e cetonas é $C_nH_{2n}O$, então, podemos calcular as fórmulas do aldeído e da cetona:

* Composto A

Em 100 g de A teremos: 54,6 g C, 9,1 g H e 36,3 g O.

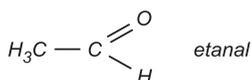
$$n_C = 54,6 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{12,01 \text{ g}} = 4,55 \text{ mols C}$$

$$n_H = 9,1 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{1,01 \text{ g}} \cong 9 \text{ mols H}$$

$$n_O = 36,3 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{16 \text{ g}} = 2,27 \text{ mols O}$$

$$\frac{C_{4,55} H_9 O_{2,27}}{\frac{2,27}{2,27} \frac{2,27}{2,27} \frac{2,27}{2,27}}$$

A fórmula molecular será C_2H_4O . Como A é aldeído, a sua fórmula estrutural será:



* Composto B

Em 100 g de B teremos: 62,0 g C, 10,4 g H e 27,6 g O.

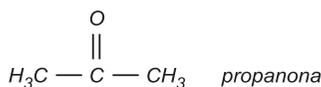
$$n_C = 62 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{12,01 \text{ g}} = 5,16 \text{ mols C}$$

$$n_H = 10,4 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{1,01 \text{ g}} \cong 10,3 \text{ mols H}$$

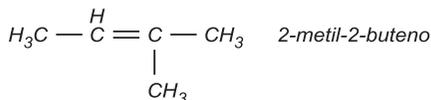
$$n_O = 27,6 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{16 \text{ g}} = 1,73 \text{ mols O}$$

$$\frac{C_{5,16} H_{10,3} O_{1,73}}{\frac{1,73}{1,73} \frac{1,73}{1,73} \frac{1,73}{1,73}}$$

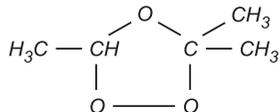
A fórmula molecular será C_3H_6O . Como B é cetona, a sua fórmula estrutural será:



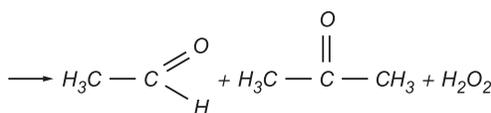
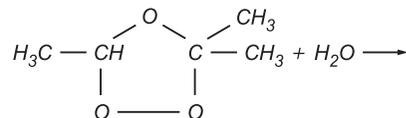
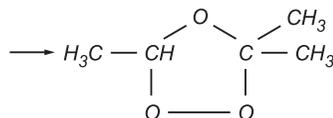
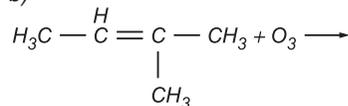
Baseado nas fórmulas de A e B a fórmula de X será:



A reação do composto X com ozônio produz o composto Y, de adição, oxigenado denominado ozoneto (ou ozonide) cuja fórmula é:



b)



Questão 27

Em um béquer, a 25°C e 1 atm, foram misturadas as seguintes soluções aquosas: permanganato de potássio (KMnO_4), ácido oxálico ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Nos minutos seguintes após a homogeneização desta mistura, nada se observou. No entanto, após a adição de um pequeno cristal de sulfato de manganês (MnSO_4) a esta mistura, observou-se o descolorimento da mesma e a liberação de um gás.

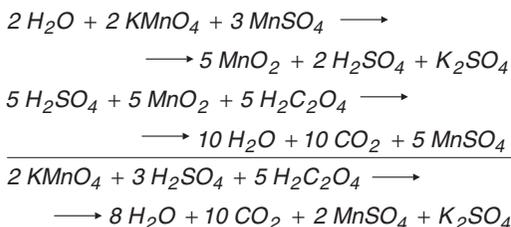
Interprete as observações feitas neste experimento. Em sua interpretação devem constar:

- a justificativa para o fato de a reação só ser observada após a adição de sulfato de manganês sólido, e
- as equações químicas balanceadas das reações envolvidas.

Resposta

a) O cristal de sulfato de manganês (II), MnSO_4 , é o catalisador da reação, pois o permanganato é intrinsecamente instável na presença de íons manganês (II).

b) As equações das reações são:

**Questão 28**

Um béquer de 500 mL contém 400 mL de água pura a 25 °C e 1 atm. Uma camada fina de talco é espalhada sobre a superfície da água, de modo a cobri-la totalmente.

- O que deverá ser observado quando uma gota de detergente é adicionada na região central da superfície da água coberta de talco?
- Interprete o que deverá ser observado em termos das interações físico-químicas entre as espécies.

Resposta

- Observa-se a decantação ("afundamento") de partículas do talco.
- O detergente diminui repentinamente a tensão superficial do líquido decorrente das intensas ligações (pontes) de hidrogênio.

Questão 29

Considere o elemento galvânico da **QUESTÃO 12**, mas substitua a solução aquosa de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ do ELETRODO I por uma solução aquosa $1,00 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, e a solução aquosa de H_2SO_4 do ELETRODO II por uma solução aquosa $1,00 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ de H_2SO_4 . Considere também que a temperatura permanece constante e igual a 25°C.

a) Determine a força eletromotriz deste novo elemento galvânico. Mostre os cálculos realizados.

Agora, considerando que circula corrente elétrica no novo elemento galvânico, responda:

- Qual dos eletrodos, ELETRODO I ou ELETRODO II, será o anodo?
- Qual dos eletrodos será o pólo positivo do novo elemento galvânico?
- Qual o sentido do fluxo de elétrons que circula no circuito externo?
- Escreva a equação química balanceada da reação que ocorre neste novo elemento galvânico.

Resposta

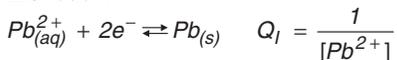
O cálculo da f.e.m. de uma célula galvânica para soluções com concentrações diferentes de 1 mol/L é feito aplicando-se a Lei de Nernst:

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

na qual $R = 8,31450 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$, $T = 298 \text{ K}$, $F = 9,6485309 \cdot 10^4 \text{ J/Vmol}$ e Q é a constante de equilíbrio da semi-reação de redução de cada eletrodo. Assim sendo:

$$E = E^\circ - \frac{0,0257 \text{ V}}{n} \ln Q$$

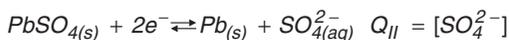
Eletrodo I:



$$E_I = -0,1264 - \frac{0,0257 V}{2} \ln \frac{1}{10^{-5}}$$

$$E_I = -0,2743 V$$

Eletrodo II:



$$E_{II} = -0,3546 - \frac{0,0257 V}{2} \ln 10^{-5}$$

$$E_{II} = -0,2067 V$$

Cálculo da f.e.m.:

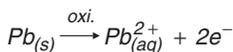
$$f.e.m. = E_{II} - E_I$$

$$f.e.m. = -0,2067 - (-0,2743)$$

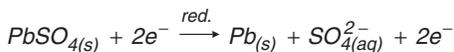
$$f.e.m. = +0,0676 V \quad (a)$$

O novo elemento galvânico será:

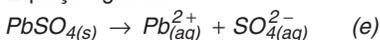
Eletrodo I (ânodo, pólo negativo) (b)



Eletrodo II (cátodo, pólo positivo) (c)



Equação global:



O fluxo de elétrons que circula pelo circuito externo vai do eletrodo I para o eletrodo II. (d)

Questão 30

Explique por que água pura exposta à atmosfera e sob pressão de 1,0 atm entra em ebulição em uma temperatura de 100°C, enquanto água pura exposta à pressão atmosférica de 0,7 atm entra em ebulição em uma temperatura de 90°C.

Resposta

A ebulição de um líquido ocorre quando a sua pressão de vapor (p_v) iguala-se à pressão ambiente. Considerando que a p_v de um líquido aumenta com a temperatura, temos que a 90°C a $p_v(H_2O) = 0,7 \text{ atm}$ (ebulição), e somente a 100°C é que a $p_v(H_2O)$ iguala-se a 1 atm ocorrendo, então, a ebulição da água neste recipiente.