

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⁻¹ (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) = (ℓ) = líquido; (g) = gás; (aq) = aquoso; (CM) = circuito metálico; [A] = concentração da espécie química A em mol L⁻¹ e (ua) = unidades arbitrárias.

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)
H	1	1,01	Ti	22	47,88
C	6	12,01	Cr	24	52,00
N	7	14,01	Mn	25	54,94
O	8	16,00	Fe	26	55,85
F	9	19,00	Zn	30	65,37
Na	11	22,99	Br	35	79,91
Al	13	26,98	Ag	47	107,87
Si	14	28,09	Sb	51	121,75
P	15	30,97	I	53	126,90
S	16	32,06	Xe	54	131,30
Cl	17	35,45	Ba	56	137,34
Ar	18	39,95	Pt	78	195,09
K	19	39,10	Hg	80	200,59
Ca	20	40,08	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. O abaixamento da temperatura de congelamento da água numa solução aquosa com concentração molal de soluto igual a 0,100 mol kg⁻¹ é 0,55 °C. Sabe-se que a constante crioscópica da água é igual a 1,86 °C kg mol⁻¹. Qual das opções abaixo contém a fórmula molecular **CORRETA** do soluto?

- A () $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]\text{Cl}$. B () $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$. C () $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$.
D () $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. E () $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Questão 2. Qual das opções apresenta uma substância que ao reagir com um agente oxidante ([O]), em excesso, produz um ácido carboxílico?

- A () 2-propanol. B () 2-metil-2-propanol. C () ciclobutano.
D () propanona. E () etanol.

Questão 3. Uma solução líquida é constituída de 1,2-dibromo etileno (C₂H₂Br₂) e 2,3-dibromo propeno (C₃H₄Br₂). A 85 °C, a concentração do 1,2-dibromo etileno nesta solução é igual a 0,40 (mol/mol). Nessa temperatura as pressões de vapor saturantes do 1,2-dibromo etileno e do 2,3-dibromo propeno puros são, respectivamente, iguais a 173 mmHg e 127 mmHg. Admitindo que a solução tem comportamento ideal, é **CORRETO** afirmar que a concentração (em mol/mol) de 2,3-dibromo propeno na fase gasosa é igual a

- A () 0,40. B () 0,42. C () 0,48. D () 0,52. E () 0,60.

Questão 4. Uma mistura de azoteto de sódio, $\text{NaN}_3(\text{c})$, e de óxido de ferro (III), $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{c})$, submetida a uma centelha elétrica reage muito rapidamente produzindo, entre outras substâncias, nitrogênio gasoso e ferro metálico. Na reação entre o azoteto de sódio e o óxido de ferro (III) misturados em proporções estequiométricas, a relação (em mol/mol) $\text{N}_2(\text{g})/\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{c})$ é igual a

- A () $\frac{1}{2}$. B () 1. C () $\frac{3}{2}$. D () 3. E () 9.

Questão 5. Uma determinada substância cristaliza no sistema cúbico. A aresta da célula unitária dessa substância é representada por z , a massa específica por μ e a massa molar por \bar{M} . Sendo N_{av} igual ao número de Avogadro, qual é a expressão algébrica que permite determinar o número de espécies que formam a célula unitária desta substância?

- A () $\frac{z^3 \mu}{\bar{M}}$. B () $\frac{z^3 \bar{M}}{\mu}$. C () $\frac{z^3}{\mu}$. D () $\frac{z^3 \bar{M} N_{\text{av}}}{\mu}$. E () $\frac{z^3 \mu N_{\text{av}}}{\bar{M}}$.

Questão 6. Sabendo que o estado fundamental do átomo de hidrogênio tem energia igual a $-13,6$ eV, considere as seguintes afirmações:

- I. O potencial de ionização do átomo de hidrogênio é igual a $13,6$ eV.
- II. A energia do orbital $1s$ no átomo de hidrogênio é igual a $-13,6$ eV.
- III. A afinidade eletrônica do átomo de hidrogênio é igual a $-13,6$ eV.
- IV. A energia do estado fundamental da molécula de hidrogênio, $\text{H}_2(\text{g})$, é igual a $-(2 \times 13,6)$ eV.
- V. A energia necessária para excitar o elétron do átomo de hidrogênio do estado fundamental para o orbital $2s$ é menor do que $13,6$ eV.

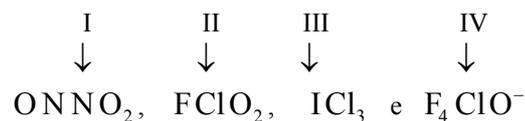
Das afirmações feitas, estão **ERRADAS**

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

Questão 7. Qual das substâncias abaixo apresenta o menor valor de pressão de vapor saturante na temperatura ambiente?

- A () CCl_4 . B () CHCl_3 . C () C_2Cl_6 . D () CH_2Cl_2 . E () $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$.

Questão 8. Considere as seguintes espécies químicas no estado gasoso, bem como os respectivos átomos assinalados pelos algarismos romanos:



Os orbitais híbridos dos átomos assinalados por I, II, III e IV são respectivamente:

- A () sp^2 , sp^3 , dsp^3 e d^2sp^3 .
 B () sp^2 , sp^2 , sp^3 e dsp^3 .
 C () sp^3 , dsp^3 , d^2sp^3 e sp^3 .
 D () sp^3 , sp^2 , dsp^3 e d^2sp^3 .
 E () sp , dsp^3 , sp^3 e dsp^3 .

Questão 9. Na pressão de 1 atm, a temperatura de sublimação do CO_2 é igual a 195 K. Na pressão de 67 atm, a temperatura de ebulição é igual a 298 K. Assinale a opção que contém a afirmação **CORRETA** sobre as propriedades do CO_2 .

- A () A pressão do ponto triplo está acima de 1 atm.
 B () A temperatura do ponto triplo está acima de 298 K.
 C () A uma temperatura acima de 298 K e na pressão de 67 atm, tem-se que o estado mais estável do CO_2 é o líquido.
 D () Na temperatura de 195 K e pressões menores do que 1 atm, tem-se que o estado mais estável do CO_2 é o sólido.
 E () Na temperatura de 298 K e pressões maiores do que 67 atm, tem-se que o estado mais estável do CO_2 é o gasoso.

Questão 10. Considere os equilíbrios químicos abaixo e seus respectivos valores de pK ($pK = -\log K$), válidos para a temperatura de 25 °C (K representa constante de equilíbrio químico).

		pK
Fenol:	$C_6H_5OH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + C_6H_5O^-(aq)$	9,89
Anilina:	$C_6H_5NH_2(\ell) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+(aq) + OH^-(aq)$	9,34
Ácido acético:	$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$	4,74
Amônia:	$NH_3(g) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$	4,74

Na temperatura de 25 °C e numa razão de volumes ≤ 10 , misturam-se pares de soluções aquosas de mesma concentração. Assinale a opção que apresenta o par de soluções aquosas que ao serem misturadas formam uma solução tampão com pH próximo de 10.

- A () $C_6H_5OH(aq) / C_6H_5NH_2(aq)$. B () $C_6H_5NH_2(aq) / C_6H_5NH_3Cl(aq)$.
 C () $CH_3COOH(aq) / NaCH_3COO(aq)$. D () $NH_3(aq) / NH_4Cl(aq)$.
 E () $NaCH_3COO(aq) / NH_4Cl(aq)$.

Questão 11. A decomposição química de um determinado gás $A(g)$ é representada pela equação: $A(g) \rightarrow B(g) + C(g)$. A reação pode ocorrer numa mesma temperatura por dois caminhos diferentes (I e II), ambos com lei de velocidade de primeira ordem. Sendo v a velocidade da reação, k a constante de velocidade, ΔH a variação de entalpia da reação e $t_{1/2}$ o tempo de meia-vida da espécie A, é **CORRETO** afirmar que

- A () $\Delta H_I < \Delta H_{II}$. B () $\frac{k_I}{k_{II}} = \frac{(t_{1/2})_{II}}{(t_{1/2})_I}$. C () $k_I = \frac{[B][C]}{[A]}$.
 D () $v_{II} = k_{II} \frac{[B][C]}{[A]}$. E () $\frac{v_I}{v_{II}} = \frac{k_{II}}{k_I}$.

Questão 12. Para minimizar a possibilidade de ocorrência de superaquecimento da água durante o processo de aquecimento, na pressão ambiente, uma prática comum é adicionar pedaços de cerâmica porosa ao recipiente que contém a água a ser aquecida. Os poros da cerâmica são preenchidos com ar atmosférico, que é vagarosamente substituído por água antes e durante o aquecimento. A respeito do papel desempenhado pelos pedaços de cerâmica porosa no processo de aquecimento da água são feitas as seguintes afirmações:

- I. a temperatura de ebulição da água é aumentada.
 II. a energia de ativação para o processo de formação de bolhas de vapor de água é diminuída.
 III. a pressão de vapor da água não é aumentada.
 IV. o valor da variação de entalpia de vaporização da água é diminuído.

Das afirmações acima está(ão) **ERRADA(S)**

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

Questão 13. Considere as seguintes comparações de calores específicos dos respectivos pares das substâncias indicadas.

- I. tetracloreto de carbono ($\ell, 25^\circ C$) > metanol ($\ell, 25^\circ C$).
 II. água pura ($\ell, -5^\circ C$) > água pura ($s, -5^\circ C$).
 III. alumina ($s, 25^\circ C$) > alumínio ($s, 25^\circ C$).
 IV. isopor ($s, 25^\circ C$) > vidro de janela ($s, 25^\circ C$).

Das comparações feitas, está(ão) **CORRETA(S)**

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

Questão 14. Considere a reação representada pela equação química $3A(g) + 2B(g) \rightarrow 4E(g)$. Esta reação ocorre em várias etapas, sendo que a etapa mais lenta corresponde à reação representada pela seguinte equação química: $A(g) + C(g) \rightarrow D(g)$. A velocidade inicial desta última reação pode ser expressa por $-\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = 5,0 \text{ mol s}^{-1}$. Qual é a velocidade inicial da reação (mol s^{-1}) em relação à espécie E?

- A () 3,8. B () 5,0. C () 6,7. D () 20. E () 60.

Questão 15. Indique a opção que contém a equação química de uma reação ácido-base na qual a água se comporta como base.

- A () $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH$. B () $NaNH_2 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + NaOH$.
 C () $Na_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons NaHCO_3 + NaOH$. D () $P_2O_5 + 3H_2O \rightleftharpoons 2H_3PO_4$.
 E () $TiCl_4 + 2H_2O \rightleftharpoons TiO_2 + 4HCl$.

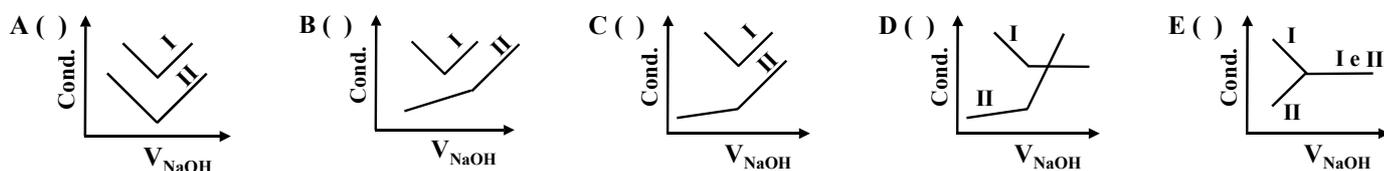
Questão 16. Dois compartimentos, 1 e 2, têm volumes iguais e estão separados por uma membrana de paládio, permeável apenas à passagem de hidrogênio. Inicialmente, o compartimento 1 contém hidrogênio puro (gasoso) na pressão $P_{H_2, \text{puro}} = 1 \text{ atm}$, enquanto que o compartimento 2 contém uma mistura de hidrogênio e nitrogênio, ambos no estado gasoso, com pressão total $P_{\text{mist}} = (P_{H_2} + P_{N_2}) = 1 \text{ atm}$. Após o equilíbrio termodinâmico entre os dois compartimentos ter sido atingido, é **CORRETO** afirmar que:

- A () $P_{H_2, \text{puro}} = 0$.
 B () $P_{H_2, \text{puro}} = P_{N_2, \text{mist}}$.
 C () $P_{H_2, \text{puro}} = P_{\text{mist}}$.
 D () $P_{H_2, \text{puro}} = P_{H_2, \text{mist}}$.
 E () $P_{\text{compartimento 2}} = 2 \text{ atm}$.

Questão 17. A uma determinada quantidade de dióxido de manganês sólido, adicionou-se um certo volume de ácido clorídrico concentrado até o desaparecimento completo do sólido. Durante a reação química do sólido com o ácido observou-se a liberação de um gás (Experimento 1). O gás liberado no Experimento 1 foi borbulhado em uma solução aquosa ácida de iodeto de potássio, observando-se a liberação de um outro gás com coloração violeta (Experimento 2). Assinale a opção que contém a afirmação **CORRETA** relativa às observações realizadas nos experimentos acima descritos.

- A () No Experimento 1, ocorre formação de $H_2(g)$.
 B () No Experimento 1, ocorre formação de $O_2(g)$.
 C () No Experimento 2, o pH da solução aumenta.
 D () No Experimento 2, a concentração de iodeto na solução diminui.
 E () Durante a realização do Experimento 1, a concentração de íons manganês presentes no sólido diminui.

Questão 18. Duas soluções aquosas (I e II) contêm, respectivamente, quantidades iguais (em mol) e desconhecidas de um ácido forte, $K \gg 1$, e de um ácido fraco, $K \cong 10^{-10}$ ($K =$ constante de dissociação do ácido). Na temperatura constante de $25^\circ C$, essas soluções são tituladas com uma solução aquosa $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de $NaOH$. A titulação é acompanhada pela medição das respectivas condutâncias elétricas das soluções resultantes. Qual das opções abaixo contém a figura com o par de curvas que melhor representa a variação da condutância elétrica (Cond.) com o volume de $NaOH$ (V_{NaOH}) adicionado às soluções I e II, respectivamente?



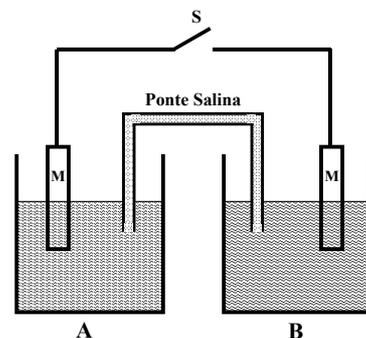
Questão 19. Num cilindro, provido de um pistão móvel sem atrito, é realizada a combustão completa de carbono (grafita). A temperatura no interior do cilindro é mantida constante desde a introdução dos reagentes até o final da reação. Considere as seguintes afirmações:

- I. A variação da energia interna do sistema é igual a zero.
- II. O trabalho realizado pelo sistema é igual a zero.
- III. A quantidade de calor trocada entre o sistema e a vizinhança é igual a zero.
- IV. A variação da entalpia do sistema é igual à variação da energia interna.

Destas afirmações, está(ão) **CORRETA(S)**

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

Questão 20. Considere o elemento galvânico mostrado na figura ao lado. O semi-elemento A contém uma solução aquosa, isenta de oxigênio, $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ em Fe^{2+} e $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ em Fe^{3+} . O semi-elemento B contém uma solução aquosa, também isenta de oxigênio, $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ em Fe^{2+} e $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ em Fe^{3+} . M é um condutor metálico (platina). A temperatura do elemento galvânico é mantida constante num valor igual a 25°C . A partir do instante em que a chave “S” é fechada, considere as seguintes afirmações:



- I. O sentido convencional de corrente elétrica ocorre do semi-elemento B para o semi-elemento A.
- II. Quando a corrente elétrica for igual a zero, a relação de concentrações $[\text{Fe}^{3+}(\text{aq})] / [\text{Fe}^{2+}(\text{aq})]$ tem o mesmo valor tanto no semi-elemento A como no semi-elemento B.
- III. Quando a corrente elétrica for igual a zero, a concentração de $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ no semi-elemento A será menor do que $0,3 \text{ mol L}^{-1}$.
- IV. Enquanto o valor da corrente elétrica for diferente de zero, a diferença de potencial entre os dois semi-elementos será maior do que $0,118 \log(3/2)$.
- V. Enquanto corrente elétrica flui pelo circuito, a relação entre as concentrações $[\text{Fe}^{3+}(\text{aq})] / [\text{Fe}^{2+}(\text{aq})]$ permanece constante nos dois semi-elementos.

Das afirmações feitas, estão **CORRETAS**

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

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

Questão 21. Quando submersos em “águas profundas”, os mergulhadores necessitam voltar lentamente à superfície para evitar a formação de bolhas de gás no sangue.

- i) Explique o motivo da **NÃO** formação de bolhas de gás no sangue quando o mergulhador desloca-se de regiões próximas à superfície para as regiões de “águas profundas”.
- ii) Explique o motivo da **NÃO** formação de bolhas de gás no sangue quando o mergulhador desloca-se muito lentamente de regiões de “águas profundas” para as regiões próximas da superfície.
- iii) Explique o motivo da **FORMAÇÃO** de bolhas de gás no sangue quando o mergulhador desloca-se muito rapidamente de regiões de “águas profundas” para as regiões próximas da superfície.

Questão 22. Descreva um processo que possa ser utilizado na preparação de álcool etílico absoluto, $99,5\%$ (m/m), a partir de álcool etílico comercial, $95,6\%$ (m/m). Sua descrição deve conter:

- i) A justificativa para o fato da concentração de álcool etílico comercial ser $95,6\%$ (m/m).
- ii) O esquema da aparelhagem utilizada e a função de cada um dos componentes desta aparelhagem.
- iii) Os reagentes utilizados na obtenção do álcool etílico absoluto.
- iv) As equações químicas balanceadas para as reações químicas envolvidas na preparação do álcool etílico absoluto.
- v) Sequência das etapas envolvidas no processo de obtenção do álcool etílico absoluto.

Questão 23. Determine a massa específica do ar úmido, a 25°C e pressão de 1 atm, quando a umidade relativa do ar for igual a 60% . Nessa temperatura, a pressão de vapor saturante da água é igual a $23,8 \text{ mmHg}$. Assuma que o ar seco é constituído por $\text{N}_2(\text{g})$ e $\text{O}_2(\text{g})$ e que as concentrações dessas espécies no ar seco são iguais a 79 e 21% (v/v), respectivamente.

Questão 29. Os seguintes experimentos foram realizados para determinar se os cátions Ag^+ , Pb^{2+} , Sb^{2+} , Ba^{2+} e Cr^{3+} eram espécies constituintes de um sólido de origem desconhecida e solúvel em água.

- A) Uma porção do sólido foi dissolvida em água, obtendo-se uma solução aquosa chamada de **X**.
- B) A uma alíquota de **X** foram adicionadas algumas gotas de solução aquosa concentrada em ácido clorídrico, não sendo observada nenhuma alteração visível na solução.
- C) Sulfeto de hidrogênio gasoso, em quantidade suficiente para garantir a saturação da mistura, foi borbulhado na mistura resultante do Experimento B, não sendo observada nenhuma alteração visível nessa mistura.
- D) A uma segunda alíquota de **X** foi adicionada, gota a gota, solução aquosa concentrada em hidróxido de amônio. Inicialmente, foi observada a turvação da mistura e posterior desaparecimento dessa turvação por adição de mais gotas da solução de hidróxido de amônio.

A respeito da presença ou ausência dos cátions Ag^+ , Pb^{2+} , Sb^{2+} , Ba^{2+} e Cr^{3+} , o que se pode concluir após as observações realizadas no

- i) Experimento B?
- ii) Experimento C?
- iii) Experimento D?

Sua resposta deve incluir equações químicas balanceadas para as reações químicas observadas e mostrar os raciocínios utilizados. Qual(ais) dentre os cátions Ag^+ , Pb^{2+} , Sb^{2+} , Ba^{2+} e Cr^{3+} está(ão) presente(s) no sólido?

Questão 30. Um elemento galvânico, chamado de I, é constituído pelos dois eletrodos seguintes, separados por uma membrana porosa:

- IA. Chapa de prata metálica, praticamente pura, mergulhada em uma solução 1 mol L^{-1} de nitrato de prata.
- IB. Chapa de zinco metálico, praticamente puro, mergulhada em uma solução 1 mol L^{-1} de sulfato de zinco.

Um outro elemento galvânico, chamado de II, é constituído pelos dois seguintes eletrodos, também separados por uma membrana porosa:

- IIA. Chapa de cobre metálico, praticamente puro, mergulhada em uma solução 1 mol L^{-1} de sulfato de cobre.
- IIB. Chapa de zinco metálico, praticamente puro, mergulhada em uma solução 1 mol L^{-1} de sulfato de zinco.

Os elementos galvânicos I e II são ligados em série de tal forma que o eletrodo IA é conectado ao IIA, enquanto que o eletrodo IB é conectado ao IIB. As conexões são feitas através de fios de cobre. A respeito desta montagem

- i) faça um desenho esquemático dos elementos galvânicos I e II ligados em série. Neste desenho indique:
- ii) quem é o elemento ativo (aquele que fornece energia elétrica) e quem é o elemento passivo (aquele que recebe energia elétrica),
- iii) o sentido do fluxo de elétrons,
- iv) a polaridade de cada um dos eletrodos: IA, IB, IIA e IIB e
- v) as meia-reações eletroquímicas balanceadas para cada um dos eletrodos.