

## CONSTANTES

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

## DEFINIÇÕES

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

$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ;  $1 \text{ pm} = 1 \times 10^{-12} \text{ m}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

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

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

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

( $s$ ) = sólido. ( $\ell$ ) = líquido. ( $g$ ) = gás. ( $aq$ ) = aquoso. ( $CM$ ) = circuito metálico. ( $conc$ ) = concentrado.

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

## MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
H	1	1,01	Ti	22	47,87
B	5	10,81	Cr	24	52,00
C	6	12,01	Ni	28	58,69
N	7	14,01	Cu	29	63,55
O	8	16,00	Zn	30	65,38
F	9	19,00	As	33	74,92
Na	11	22,99	Se	34	78,96
Mg	12	24,31	Ag	47	107,90
Al	13	26,98	Sn	50	118,70
P	15	30,97	Te	52	127,60
S	16	32,07	I	53	126,90
Cl	17	35,45	Xe	54	131,30
Ar	18	39,95	Au	79	197,00
K	19	39,10	U	92	238,00



**Questão 7.** Assinale a opção que contém a base conjugada de  $\text{OH}^-$ .

- A ( )  $\text{O}^{2-}$                       B ( )  $\text{O}^-$                       C ( )  $\text{O}_2^-$                       D ( )  $\text{H}_2\text{O}$                       E ( )  $\text{H}^+$

**Questão 8.** Assinale a opção que contém o número de oxidação do crômio no composto  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$ .

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

**Questão 9.** Assinale a opção que apresenta o elemento químico com o número CORRETO de nêutrons.

- A ( )  ${}^{19}_9\text{F}$  tem zero nêutrons.                      B ( )  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  tem 24 nêutrons.  
 C ( )  ${}^{197}_{79}\text{Au}$  tem 79 nêutrons.                      D ( )  ${}^{75}_{33}\text{As}$  tem 108 nêutrons.  
 E ( )  ${}^{238}_{92}\text{U}$  tem 146 nêutrons.

**Questão 10.** A pressão de vapor de uma solução ideal contendo um soluto não-volátil dissolvido é diretamente proporcional à

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

**Questão 11.** Considere um mol de um gás que se comporta idealmente, contido em um cilindro indeformável provido de pistão de massa desprezível, que se move sem atrito. Com relação a este sistema, são feitas as seguintes afirmações:

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

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

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

**Questão 12.** Considere três cubos maciços de 2 cm de aresta, constituídos, respectivamente, de Cr, Ni e Ti puros. Os três cubos são aquecidos até  $80^\circ\text{C}$  e cada cubo é introduzido em um béquer contendo 50 g de água a  $10^\circ\text{C}$ . Com base nas informações constantes da tabela abaixo, assinale a opção que apresenta a relação CORRETA entre as temperaturas dos cubos, quando o conteúdo de cada béquer atingir o equilíbrio térmico.

Substância	Massa específica ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	Calor específico ( $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )
$\text{H}_2\text{O}$	1,00	4,18
Ti	4,54	0,52
Cr	7,18	0,45
Ni	8,90	0,44

- A ( )  $T_{\text{Cr}} > T_{\text{Ni}} > T_{\text{Ti}}$ .                      B ( )  $T_{\text{Ni}} = T_{\text{Ti}} > T_{\text{Cr}}$ .                      C ( )  $T_{\text{Ni}} > T_{\text{Cr}} > T_{\text{Ti}}$ .  
 D ( )  $T_{\text{Ti}} > T_{\text{Cr}} > T_{\text{Ni}}$ .                      E ( )  $T_{\text{Ti}} > T_{\text{Cr}} = T_{\text{Ni}}$ .

**Questão 13.** Considere a reação química genérica  $A \rightarrow B + C$ . A concentração do reagente  $[A]$  foi acompanhada ao longo do tempo, conforme apresentada na tabela que também registra os logaritmos neperianos ( $\ln$ ) desses valores e os respectivos recíprocos ( $1/[A]$ ).

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

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

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

**Questão 14.** São feitas as seguintes comparações de valores de  $\text{pK}_a$  de compostos orgânicos:

- I.  $\text{pK}_a(\text{CH}_3\text{COOH}) > \text{pK}_a(\text{ClCH}_2\text{COOH})$   
 II.  $\text{pK}_a(\text{F}_3\text{CCOOH}) > \text{pK}_a(\text{Cl}_3\text{CCOOH})$   
 III.  $\text{pK}_a(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHClCOOH}) > \text{pK}_a(\text{CH}_3\text{CHClCH}_2\text{COOH})$

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

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

**Questão 15.** São feitas as seguintes afirmações sobre o que Joule demonstrou em seus experimentos do século XIX:

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

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

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

**Questão 16.** Joseph Black (1728-1799), médico, químico e físico escocês, conceituou o calor específico. Esta conceituação teve importantes aplicações práticas, dentre elas a máquina a vapor, desenvolvida pelo engenheiro escocês James Watt (1736-1819). Que componente do motor a vapor desenvolvido por Watt revolucionou seu uso e aplicação?

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

**Questão 17.** Assinale a opção que contém a concentração (em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) de um íon genérico  $M^+$ , quando se adiciona um composto iônico  $MX$  sólido até a saturação a uma solução aquosa  $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  em  $PX$ .

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

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

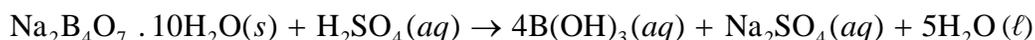
**Questão 18.** Considere os seguintes compostos:

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

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

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

**Questão 19.** Considere a reação do tetraborato de sódio:



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

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

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

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

**Questão 20.** Considere uma célula a combustível alcalina (hidrogênio-oxigênio) sobre a qual são feitas as seguintes afirmações:

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

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

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

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

**AS QUESTÕES NUMÉRICAS DEVEM SER DESENVOLVIDAS ATÉ O FINAL, COM APRESENTAÇÃO DO VALOR ABSOLUTO DO RESULTADO.**

**Questão 21.** O dióxido de potássio tem várias aplicações, entre as quais, a

- (a) produção de peróxido de hidrogênio (g) na presença de água.  
(b) conversão de dióxido de carbono (g) para oxigênio (g).  
(c) absorção de dióxido de carbono (g) na presença de  $\text{H}_2\text{O}$  com formação de oxigênio (g).

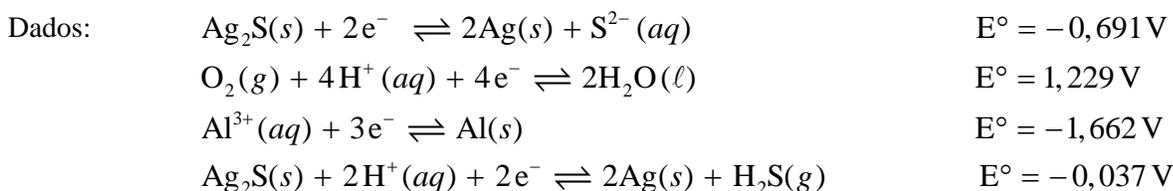
Apresente as equações químicas balanceadas que representam as reações descritas nos itens acima.

**Questão 22.** São descritos dois experimentos:

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

Em relação a esses experimentos:

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



**Questão 23.** Apresente as equações que representam as reações químicas de nitração do tolueno, na presença de ácido sulfúrico, levando a seus isômeros. Indique o percentual de ocorrência de cada isômero e seus respectivos estados físicos, nas condições-padrão.

**Questão 24.** Escreva a reação de combustão completa de um hidrocarboneto genérico ( $\text{C}_\alpha\text{H}_\beta$ ) com ar atmosférico. Considere a presença do nitrogênio gasoso no balanço estequiométrico da reação e expresse os coeficientes estequiométricos dessa reação em função de  $\alpha$  e  $\beta$ .

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

**Questão 26.** Água líquida neutra ( $\text{pH} = 7,0$ ), inicialmente isenta de espécies químicas dissolvidas, é mantida em um recipiente de vidro aberto e em contato com a atmosfera ambiente sob temperatura constante. Admitindo-se que a pressão parcial do oxigênio atmosférico seja igual a 0,2 atm e sabendo-se que esse gás é solúvel em  $\text{H}_2\text{O}(\ell)$  e que o sistema está em equilíbrio à temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , pedem-se:

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



**Questão 27.** Considere uma mistura gasosa constituída de  $C_3H_8$ ,  $CO$  e  $CH_4$ . A combustão, em excesso de oxigênio, de 50 mL dessa mistura gasosa forneceu 70 mL de  $CO_2(g)$ . Determine o valor numérico do percentual de  $C_3H_8$  na mistura gasosa.

**Questão 28.** O ácido nítrico reage com metais, podendo liberar os seguintes produtos:  $NO$  (que pode ser posteriormente oxidado na presença do ar),  $N_2O$ ,  $NO_2$  ou  $NH_3$  (que reage posteriormente com  $HNO_3$ , formando  $NH_4NO_3$ ). A formação desses produtos depende da concentração do ácido, da natureza do metal e da temperatura da reação.

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

- (a)  $Zn(s) + HNO_3$  muito diluído (~2%)
- (b)  $Zn(s) + HNO_3$  diluído (~10%)
- (c)  $Zn(s) + HNO_3$  concentrado
- (d)  $Sn(s) + HNO_3$  diluído
- (e)  $Sn(s) + HNO_3$  concentrado

**Questão 29.** Considere os seguintes dados:

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

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

Temperaturas de ebulição a 1 bar:

$$T_{eb,H_2O} = 100^\circ\text{C}; T_{eb,H_2S} = -60^\circ\text{C}; T_{eb,H_2Se} = -41^\circ\text{C} \text{ e } T_{eb,H_2Te} = -2^\circ\text{C}$$

Com base nestas informações:

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

**Questão 30.** Velocidades iniciais ( $v_i$ ) de decomposição de peróxido de hidrogênio foram determinadas em três experimentos (A, B e C), conduzidos na presença de  $I^-(aq)$  sob as mesmas condições, mas com diferentes concentrações iniciais de peróxido ( $[H_2O_2]_i$ ), de acordo com os dados abaixo:

Experimento	$[H_2O_2]_i$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$v_i$ ( $10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )
A	0,750	2,745
B	0,500	1,830
C	0,250	0,915

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

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