

PROGRAMA NACIONAL OLIMPIADAS DE QUÍMICA
XV OLÍMPIADA DE QUÍMICA DO RIO GRANDE DO NORTE

EXAME DA 2ª FASE

MODALIDADE A

1ª e 2ª séries

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIIIIB			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
1	1 H 1,0																	2 He 4,0	
2	3 Li 7,0	4 Be 9,0										5 B 11,0	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,0		
3	11 Na 23,0	12 Mg 24,0										13 Al 27,0	14 Si 28,0	15 P 31,0	16 S 32,0	17 Cl 35,5	18 Ar 40,0		
4	19 K 39,0	20 Ca 40,0	21 Sc 45,0	22 Ti 48,0	23 V 51,0	24 Cr 52,0	25 Mn 55,0	26 Fe 56,0	27 Co 57,0	28 Ni 59,0	29 Cu 63,5	30 Zn 65,5	31 Ga 69,5	32 Ge 72,5	33 As 75,0	34 Se 79,0	35 Br 80,0	36 Kr 84,0	
5	37 Rb 85,5	38 Sr 87,5	39 Y 89,0	40 Zr 91,0	41 Nb 93,0	42 Mo 96,0	43 Tc (97)	44 Ru 101,0	45 Rh 103,0	46 Pd 106,5	47 Ag 108,0	48 Cd 112,5	49 In 115,0	50 Sn 118,5	51 Sb 122,0	52 Te 127,5	53 I 127,0	54 Xe 131,5	
6	55 Cs 133,0	56 Ba 137,5	* La	72 Hf 178,5	73 Ta 181,0	74 W 184,0	75 Re 186,0	76 Os 190,0	77 Ir 192,0	78 Pt 195,0	79 Au 197,0	80 Hg 200,5	81 Tl 204,5	82 Pb 207,0	83 Bi 209,0	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)	
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	** Ac	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)								

*SÉRIE DOS LANTANÍDIOS

57 La 139,0	58 Ce 140,0	59 Pr 141,0	60 Nd 144,0	61 Pm (145)	62 Sm 150,5	63 Eu 152,0	64 Gd 157,5	65 Tb 159,0	66 Dy 162,5	67 Ho 165,0	68 Er 167,5	69 Tm 170,0	70 Yb 173,0	71 Lu 175,0
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

**SÉRIE DOS ACTINÍDIOS

89 Ac (227)	90 Th 232,0	91 Pa (231)	92 U 238,0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No 259	103 Lr (262)
-------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	------------------	--------------------

Nº Atômico
SÍMBOLO
Massa Atômica
(arredondada ± 0,5)

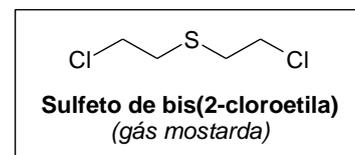
Fonte: IUPAC, 2005.

PARTE OBJETIVA

QUESTÃO 1

Em 2014 completam-se 100 anos do início da I Guerra Mundial. Além das grandes mudanças na geopolítica mundial, este conflito bélico ficou conhecido e marcado na história como a “guerra química”, devido ao grande uso de armas químicas pelos países envolvidos, dentre as quais, o gás mostarda, também conhecido como Iperita (veja ao lado a fórmula química e a nomenclatura oficial desta substância).

O gás mostarda tem fórmula química $C_4H_8Cl_2S$, massa molar de 159 g/mol, é inodoro e incolor, apresenta uma temperatura de fusão de 14,4 °C, temperatura de ebulição de 216 °C e densidade de 1,27 g/mL. Em contato direto com a pele da vítima, de imediato, o gás mostarda faz aparecerem bolhas amareladas, atacando em seguida os olhos e as vias respiratórias, causando queimaduras, cegueira e até câncer. Além disso, por ser pouco solúvel em água, a sua remoção nas vítimas é bastante dificultada, já que a substância penetra na pele e pode concentrar-se no tecido adiposo. Esta baixa solubilidade em água do gás mostarda pode ser explicada em função de:



- (a) Seu estado físico ser gasoso
- (b) Sua alta densidade comparada à água
- (c) Sua alta massa molar em relação à da água
- (d) Sua estrutura molecular não apresentar polaridade
- (e) Seu reduzido tamanho da cadeia carbônica

QUESTÃO 2

A Copa do Mundo da FIFA 2014®, realizada no Brasil, foi marcada pelo uso de novas tecnologias que buscaram tornar uma partida de futebol mais justa através da minimização de erros dos árbitros e de possíveis fraudes de jogadores. Nesse sentido, foi utilizado pela primeira vez em jogos de Copa do Mundo um spray, chamado de Spuni, que é uma invenção brasileira e que já era utilizado nas partidas de futebol no Brasil há mais de 10 anos. Este spray, que tem em sua composição água desmineralizada, gás propelente e um surfactante, forma uma espuma branca atóxica que permanece visível por aproximadamente 1 minuto, servindo para indicar no gramado o local de uma cobrança, e evidenciando o posicionamento dos jogadores quando da formação de uma barreira.

A formação da espuma do spray Spuni, utilizado em partidas de futebol, pode ser explicada a partir do(a):

- (a) Reação entre o surfactante e o gás propelente, que em contato com a água forma uma nova substância, que é a espuma.
- (b) Condensação do gás propelente, à pressão atmosférica, no interior de bolhas formadas pela água e o surfactante.
- (c) Dispersão da água líquida no gás propelente formando uma suspensão coloidal, que é a espuma, a qual é estabilizada pelo surfactante.
- (d) Aprisionamento do gás propelente em inúmeras e pequenas bolhas formadas por um filme de água, cuja tensão superficial é reduzida pela ação do surfactante.
- (e) Despressurização da mistura gás propelente, água e surfactante, que à pressão atmosférica, tem seu ponto de fusão diminuído, provocando a precipitação da mistura sob a forma de espuma.

QUESTÃO 3

O *Ultimate Fighting Championship* (UFC) é uma organização que promove campeonatos de lutas de artes marciais mistas (MMA) que tem ganhado popularidade no início deste século em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Recentemente, vários lutadores do UFC foram banidos do esporte por determinado tempo, incluindo os brasileiros Vitor Belfort e Antonio Pezão, após terem sido flagrados no exame antidoping que acusou níveis de testosterona (TRT) acima do normal. Indivíduos apresentam naturalmente níveis diferentes de testosterona. No entanto, a análise da proporção de carbono-13 e carbono-12 permite inferir se um lutador ingeriu suplementos de TRT, uma vez que a testosterona endógena contém quantidades maiores de carbono-13 em comparação com a que é ingerida em suplementos.

A propriedade ilustrada no texto acima e utilizada na análise de TRT é a:

- (a) Alotropia
- (b) Isobaria
- (c) Isomeria
- (d) Isotopia
- (e) Radioatividade

QUESTÃO 4

Uma unidade de concentração utilizada em química para determinar a quantidade de soluto extremamente pequena por quantidade de solvente é o ppm ou partes por milhão. Essa unidade de medida é muito utilizada para especificar a concentração de poluentes na água, terra e no ar. Uma concentração de SO_2 no ar de 2500 ppm significa que há:

- (a) 2500 mg de SO_2 /mL de ar
- (b) 2500 mg de SO_2 /g de ar
- (c) 2500 cm^3 de SO_2 / m^3 de ar
- (d) 2500 g de SO_2 /L de ar
- (e) 2500 g de SO_2 /kg de ar

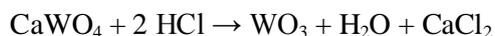
QUESTÃO 5

Na série de TV americana *House*, o Dr. Gregory House é um médico viciado em Vicodin® e Vicoprofen®. O Vicoprofen® é a marca comercial de um forte analgésico composto de uma combinação de hidrocodona $\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{NO}_3$, um agente opióide que pode causar dependência, e ibuprofeno $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$, um anti-inflamatório não-esteróide. A análise elementar de um comprimido de Vicoprofen® revelou a existência de apenas 0,17% em massa de nitrogênio. Imaginando que o comprimido contém apenas ibuprofeno e hidrocodona, qual a proporção, em massa, dessas duas substâncias no Vicoprofen®?

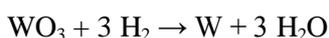
- (a) 0,69
- (b) 3,66
- (c) 4,68
- (d) 26,76
- (e) 63,89

QUESTÃO 6

A scheelita é um mineral de tungstato de cálcio (CaWO_4) encontrado em quantidades apreciáveis na região do Seridó do estado do Rio Grande do Norte, e se constitui numa das principais fontes do metal tungstênio, o qual é utilizado em filamentos de lâmpadas e na indústria bélica. O método clássico da obtenção de tungstênio a partir da scheelita segue duas etapas principais: na primeira, o mineral reage com excesso de HCl em altas temperaturas produzindo o óxido de tungstênio (VI) com rendimento médio de 65%, segundo a reação:



Em seguida, o óxido de tungstênio é reduzido em presença de gás hidrogênio produzindo o metal na forma pura com rendimento médio de 98% a partir da reação:

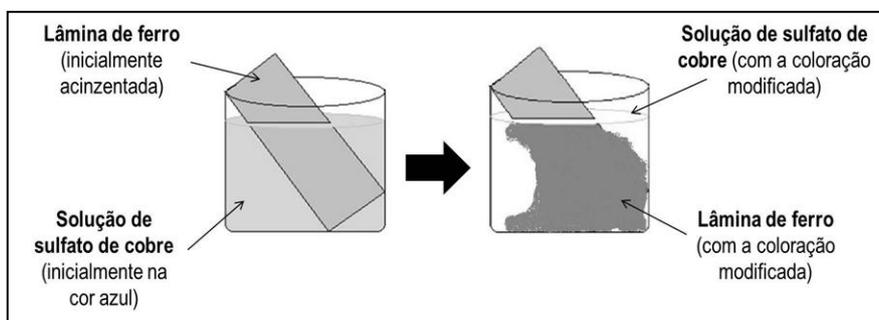


Quantas toneladas do metal tungstênio podem ser produzidas a partir de 65 toneladas de scheelita, imaginando que este mineral é constituído apenas por CaWO_4 ?

- (a) 26,45
- (b) 27,00
- (c) 41,53
- (d) 50,52
- (e) 66,13

QUESTÃO 7

Em um experimento toma-se uma solução aquosa de sulfato de cobre, CuSO_4 , e a ela adiciona-se uma pequena lâmina de ferro. Após um determinado tempo, em geral, é possível ver uma modificação do aspecto da fase sólida: inicialmente, tem-se um metal acinzentado e após algum tempo, tem-se um sólido castanho-avermelhado (ver figura abaixo).



Na história da química, a observação deste fenômeno foi alvo de intensos debates no séc. XVII e foi, por alguns, tomada como evidência para a ideia dos alquimistas, de que, por meio de uma reação química, os metais podiam ser transmutados, e neste caso o “ferro havia se transformado em cobre”. Segundo a química atual, a interpretação alquimista para o fenômeno descrito é equivocada, pois, o que explica esse processo é a:

- (a) Redução do elemento Fe, na qual seu número de oxidação passou de 0 para -2
- (b) Redução do elemento Cu, na qual seu número de oxidação passou de 0 para -2
- (c) Oxidação do elemento Fe, na qual seu número de oxidação passou de 0 para +2
- (d) Oxidação do elemento Fe, na qual seu número de oxidação passou de +2 para 0
- (e) Oxidação do elemento Cu, na qual seu número de oxidação passou de 0 para +2

QUESTÃO 8

O Rio Grande do Norte possui um verdadeiro tesouro subterrâneo, com 40% do seu território com água propício para consumo humano – inclusive, suficiente para abastecer com folga a região metropolitana de Natal pelos próximos 20 anos. Porém, essa riqueza natural corre sérios riscos de acabar contaminada por nitrato, como já ocorreu com a maioria do lençol freático da área – e uma vez infectada, a contaminação é irreversível. O vilão da contaminação é um só: falta de saneamento básico. Para se ter uma ideia, apenas 1% da cidade de Parnamirim é saneada. Em Natal, esse índice é um pouco maior – 30% – mas ainda insuficiente.

Jornal de Hoje, 29 maio 2012 (adaptado).

A respeito do íon nitrato, NO_3^- , citado no texto, marque a alternativa **INCORRETA**:

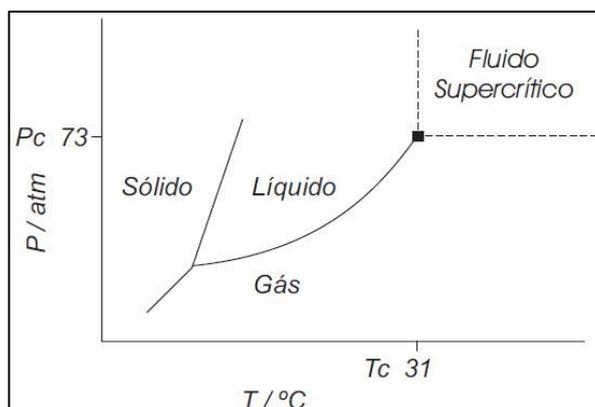
- (a) O íon nitrato apresenta ressonância
- (b) O NOX do nitrogênio no nitrato é igual a +5
- (c) O nitrogênio no nitrato apresenta carga formal +1
- (d) A geometria molecular do nitrato é piramidal
- (e) O íon nitrato é a base conjugada do ácido nítrico

QUESTÃO 9

Uma reação química é bem mais do que os reagentes envolvidos na formação dos produtos. A maioria dos processos conhecidos requer a utilização de solventes orgânicos, os quais são muitas vezes tóxicos e a sua reutilização nem sempre é viável. Nos últimos anos, tem-se registado um esforço considerável no sentido de substituir os solventes orgânicos convencionais por outros ambientalmente mais aceitáveis, como é o caso da água e do etanol. Outras alternativas, tecnologicamente mais exigentes, têm também sido investigadas, como é caso da utilização de fluidos em condições supercríticas, como o dióxido de carbono e a água,

por exemplo. O CO_2 supercrítico é obtido a temperaturas superiores a 31°C e a uma pressão de 73 atmosferas. Nestas condições, possui um elevado poder solvente e propriedades mistas de gás e líquido. As vantagens desta tecnologia são a baixa toxicidade e o fato de o CO_2 ser não inflamável, barato e facilmente reciclável.

Disponível em: <http://www.superinteressante.pt>. Acesso em: 25 set. 2014 (adaptado).



por exemplo. O CO_2 supercrítico é obtido a temperaturas superiores a 31°C e a uma pressão de 73 atmosferas. Nestas condições, possui um elevado poder solvente e propriedades mistas de gás e líquido. As vantagens desta tecnologia são a baixa toxicidade e o fato de o CO_2 ser não inflamável, barato e facilmente reciclável.

Disponível em: <http://www.superinteressante.pt>. Acesso em: 25 set. 2014 (adaptado).

Com base nas informações contidas no gráfico e no texto acima, analise as afirmações que se seguem:

- I. As fases sólida, líquida e gasosa encontram-se em equilíbrio no ponto triplo
- II. As fases líquida e gasosa encontram-se em equilíbrio na região supercrítica
- III. Em temperaturas acima de 31°C , não será possível liquefazer o CO_2 supercrítico por compressão
- IV. Em pressões acima de 73 atm, o CO_2 só será encontrado no estado sólido

São **CORRETAS** apenas as afirmações:

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

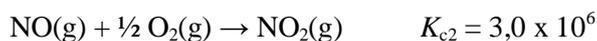
QUESTÃO 10

Apesar do nitrogênio (N_2) ser o gás mais abundante na composição da atmosfera da Terra, esse elemento na sua forma diatômica é muito pouco reativo. Para reagir com o oxigênio gasoso ele precisa de grande quantidade de energia sob a forma de altas temperaturas e pressões ou uma via catalítica adequada. Para além da conversão bioquímica que ocorrem em organismos especialmente adaptados à fixação do nitrogênio, na natureza a oxidação do nitrogênio ocorre apenas nas descargas eléctricas das trovoadas, fazendo dos óxidos de nitrogênio compostos em geral pouco comuns. Esta situação alterou-se profundamente nas regiões industrializadas com a introdução dos motores a explosão. Nesses motores, as pressões e temperaturas criadas no interior dos cilindros levam à oxidação do nitrogênio do ar injetado, formando uma complexa mistura de óxidos de nitrogênio, em geral designados por N_xO_y , que é libertada para a atmosfera com os gases de escape. São estes gases que, reagindo com os componentes da atmosfera, em particular com a água, formam ácido nitroso (HNO_2) e ácido nítrico (HNO_3), ácidos fortes que contribuem poderosamente para a acidificação da chuva.

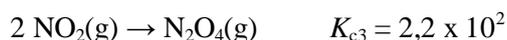
Pela queima de combustíveis fósseis a altas pressões e temperaturas na presença de nitrogênio do ar, temos que na câmara de combustão dos motores, ocorre a reação:



O óxido de nitrogênio formado é instável nas condições atmosféricas normais, e na presença do oxigênio do ar, produz o dióxido de nitrogênio:



A baixas temperaturas, o dióxido de nitrogênio dimeriza e se converte em tetróxido de dinitrogênio. Ambos, em contato com a umidade ou água chuva se transforma em ácido nítrico e nitroso, responsáveis pela chuva ácida.



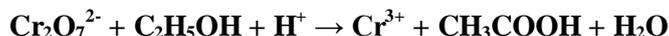
O valor da constante de equilíbrio para a reação de formação do tetróxido de dinitrogênio, $N_2(g) + 2 O_2(g) \rightarrow N_2O_4(g)$, é:

- (a) $7,5 \times 10^{-11}$
- (b) $1,5 \times 10^{-10}$
- (c) $3,0 \times 10^{-4}$
- (d) $4,5 \times 10^{-4}$
- (e) $2,2 \times 10^2$

PARTE DISCURSIVA

QUESTÃO 11

Antigamente, enxaguantes bucais ou antissépticos bucais chegavam a conter quase um quarto de seu volume em etanol. A concentração do álcool (C_2H_5OH) nesses casos pode ser determinada pela reação com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em ácido, que produz ácido acético (CH_3COOH) e íons Cr^{3+} , de acordo com a equação não-balanceada:



- (a) Balanceie a equação química acima.
- (b) Uma solução padrão de $K_2Cr_2O_7$ é preparada da seguinte maneira:
125 mL de H_2O são colocados em balão volumétrico de 250 mL;
70 mL de H_2SO_4 concentrado são adicionados ao balão ao mesmo tempo em que o balão é agitado e resfriado em água corrente;
0,750 g de $K_2Cr_2O_7$ são adicionados ao balão e a solução resultante é diluída com H_2O até a marca do balão.
- Explique a ordem de adição dos componentes (H_2O , H_2SO_4 , H_2O) e o fato da mistura inicial ter sido resfriada.
- (c) Calcule a concentração de $Cr_2O_7^{2-}$ na solução preparada no item (b).
- (d) A análise do teor de álcool em um dado enxaguante bucal foi feita tomando-se uma alíquota de 0,60 mL do enxaguante e diluindo com 100 mL de água. Em seguida, 10,0 mL desta solução foi titulada com a solução de $K_2Cr_2O_7$ preparada no item (c), em que foram gastos 20,25 mL desta solução. Determine a porcentagem em massa de etanol no enxaguante bucal. Considere a densidade do enxaguante bucal igual a $1,0 \text{ g/cm}^3$.

QUESTÃO 12

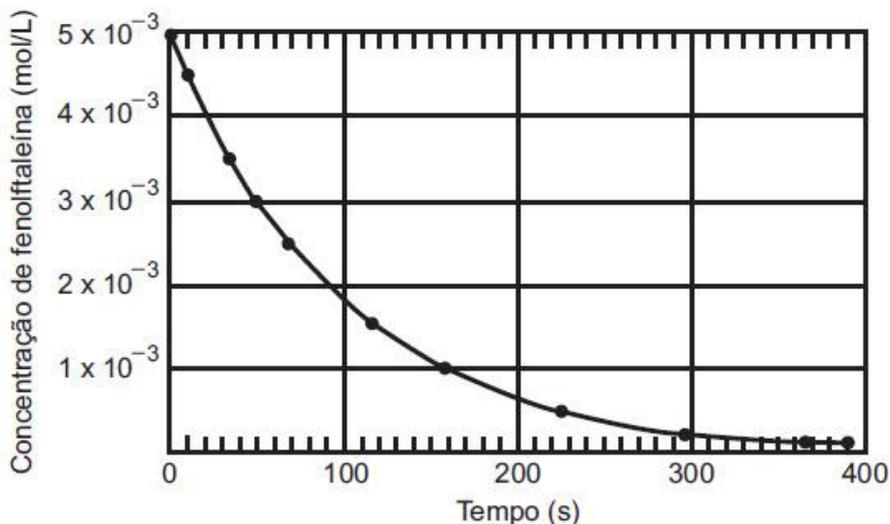
A exploração energética do lixo tem sido possível a partir da queima do gás do lixo, também chamado de biogás. A matéria orgânica descartada como lixo (especialmente restos de comida, podas de árvore e restos de animais e vegetais) leva aproximadamente seis meses para se transformar em metano, um gás combustível que agrava o efeito estufa. A simples queima do metano, sem nenhum aproveitamento energético, já assegura um benefício ambiental por transformar CH_4 (metano) em CO_2 (dióxido de carbono). O metano é de 20 a 23 vezes mais danoso para a atmosfera do que o dióxido de carbono.

Disponível em: <http://g1.globo.com/platb/mundo-sustentavel/2013/03/01/o-lixo-que-vira-energia/>. Acesso em: 18 set. 2014 (adaptado).

- (a) Forneça a representação estrutural do metano e do dióxido de carbono, e indique a geometria em ambas as moléculas.
- (b) O metano e o dióxido de carbono são gases à temperatura ambiente. Por sua vez, a água, mesmo apresentando massa molar semelhante ou até menor, é líquida à temperatura ambiente. Forneça uma justificativa para este fato.
- (c) Forneça a reação de combustão completa e balanceada para o metano.
- (d) Calcule a quantidade de energia liberada durante a queima de 3 m^3 de gás metano a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e 2 atm de pressão. Dado: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

QUESTÃO 13

Para neutralizar 10,0 mL de uma solução de ácido clorídrico, foram gastos 14,5 mL de solução de hidróxido de sódio 0,120 mol/L. Nesta titulação ácido-base foi utilizada fenolftaleína como indicador do ponto final da reação. A fenolftaleína é incolor no meio ácido, mas torna-se rosa na presença de base em excesso. Após o final da reação, percebe-se que a solução gradativamente fica incolor à medida que a fenolftaleína reage com excesso de NaOH. Neste experimento, foi construído um gráfico que representa a concentração de fenolftaleína em função do tempo.



- Escreva a equação de da reação de neutralização e calcule a concentração, em mol/L, da solução de HCl.
- Calcule a velocidade média da reação de decomposição da fenolftaleína durante o intervalo de tempo de 50 segundos iniciais de reação.
- A velocidade de decomposição da fenolftaleína aumenta, diminui ou permanece inalterada com o passar do tempo? Justifique sua resposta.
- O que é tempo de meia-vida? Forneça o valor aproximado para o tempo de meia-vida da reação de decomposição da fenolftaleína.