

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

EXAME DA 2ª FASE

MODALIDADE B

3ª série

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)

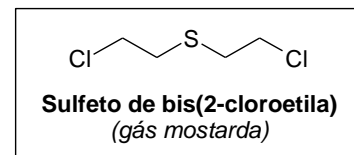
Fonte: IUPAC, 2005.

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 aparecer 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 a 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

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 4

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 5

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.

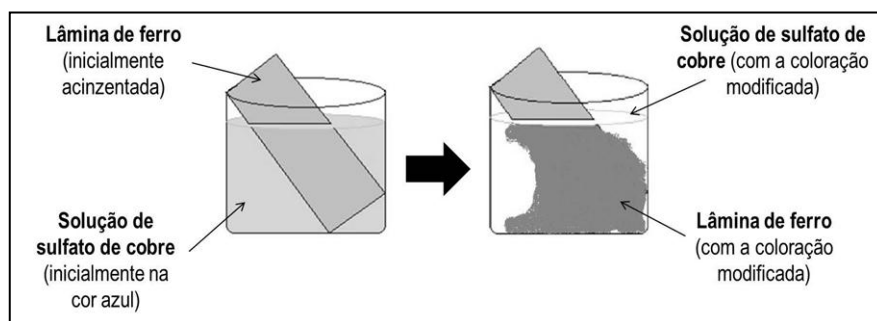
Jornal de Hoje, 29 maio 2012 (adaptado).

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 6

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).

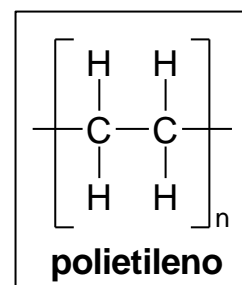


Na história da química, a observação deste fenômeno foi alvo de intensos debates no séc. XVII e foi, por alguns, tomada como evidência para a ideia dos alquimistas, de que, por meio de uma reação química, os metais podiam ser transmutados, e neste caso o “ferro havia se transformado em cobre”. Segundo 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 7

O problema dos plásticos lançados de forma deliberada no ambiente é um problema ambiental bastante sério, pois muitos deles, como o polietileno, apresentam tempo de decomposição de aproximadamente duzentos anos, além de serem produzidos a partir de fontes não-renováveis como o petróleo. Considerando tais aspectos, tem-se discutido o que se fazer em relação ao uso das famosas sacolinhas de supermercado. Recentemente, uma alternativa passou a tomar espaço: as sacolas oxi-biodegradáveis. Estas vêm com a promessa de se degradarem em tempo consideravelmente menor, já que o plástico produzido por este processo possui aditivos que aceleram sua degradação ao reagir com o oxigênio, e posterior nutrição dos fragmentos moleculares por micro-organismos, sendo estes convertidos em dióxido de carbono, água e biomassa. Assim, em vários estados de nosso país tem sido discutida a substituição de sacolas de plástico convencional pelas oxi-biodegradáveis.



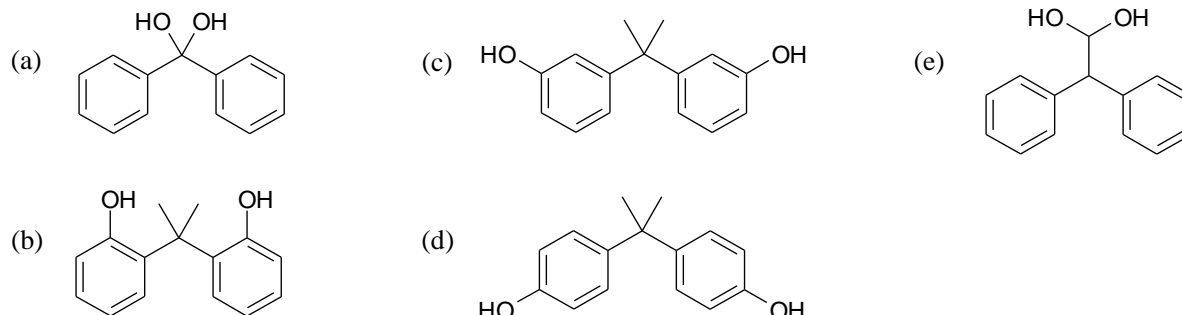
Disponível em: <http://educador.brasilescola.com>. Acesso em: 22 set. 2014 (adaptado).

A partir das informações do texto acima e de seus conhecimentos sobre polímeros, assinale a alternativa **INCORRETA**:

- (a) O polietileno é um polímero de adição
- (b) O monômero utilizado para a fabricação do polietileno é o etano
- (c) A reação de quebra da cadeia polimérica do polietileno, citada no texto, envolve uma oxidação
- (d) O polietileno é um polímero insolúvel em água
- (e) O aditivo utilizado no plástico oxi-biodegradável atua como catalisador da reação de quebra do polímero

QUESTÃO 8

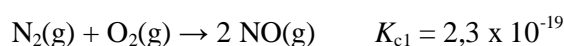
Desde 2012 a ANVISA proibiu a importação e fabricação de mamadeiras contendo a substância bisfenol A (BPA) devido a alguns estudos apontarem para a incidência de problemas endócrinos e neurológicos após o uso contínuo de materiais contendo essa substância. Estruturalmente, o bisfenol A apresenta fórmula molecular $C_{15}H_{16}O_2$, com um carbono quaternário ligado a dois anéis aromáticos contendo hidroxilas fenólicas na posição *para*. A estrutura que representa corretamente o bisfenol A é:



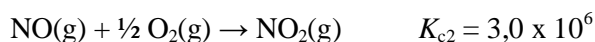
QUESTÃO 9

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 elétricas 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.

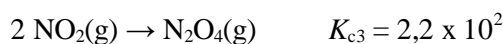
Pela queima de combustíveis fósseis a altas pressões e temperaturas na presença de nitrogênio do ar, temos que na câmara de combustão dos motores, ocorre a reação:



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.

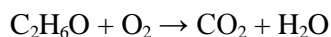


O valor da constante de equilíbrio para a reação de formação do tetróxido de dinitrogênio, $N_2(g) + 2 O_2(g) \rightarrow N_2O_4(g)$, é:

- (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) $2,2 \times 10^2$

QUESTÃO 10

O etanol é um combustível produzido a partir de fontes renováveis e, ao ser utilizado como aditivo da gasolina, reduz as emissões de gases de efeito estufa. Essas duas características lhe dão importância estratégica no combate à intensificação do efeito estufa e seus efeitos nas mudanças climáticas globais e colocam o produto em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável. Para ser usado como tal, o processo de combustão do etanol deve ser exotérmico e pouco poluente. A reação da combustão desse combustível é dada pela reação não balanceada a seguir:



A tabela a seguir traz informações sobre as energias, em termos de entalpia, das ligações envolvidas na reação química de combustão do etanol.

Ligações quebradas	Energia gasta (kJ/mol)	Ligações formadas	Energia liberada (kJ/mol)
C–C	+346	C=O	-799
C–H	+411	O–H	-459
O–H	+459		
O=O	+494		
C–O	+359		

Com base nessas informações, analise as afirmações que se seguem:

- I. A energia envolvida na quebra das ligações C–H é +2.055 kJ**
- II. A energia envolvida na quebra das ligações O=O é -1.482 kJ**
- III. A energia envolvida na formação das ligações C=O é +3.196 kJ**
- IV. A energia envolvida na formação das ligações O–H é -2.754 kJ**

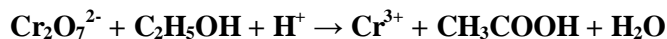
É **CORRETO** apenas o que se afirma em:

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

PARTE DISCURSIVA

QUESTÃO 11

Antigamente, enxaguantes bucais ou antissépticos bucais chegavam a conter quase um quarto de seu volume em álcool. 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 tintura de tecidos é uma arte que começou há milhares de anos e a disponibilidade comercial atual de corantes é enorme. A tecnologia moderna no tingimento consiste de dúzias de etapas que são escolhidas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e disponibilidade do corante para aplicação, propriedades de fixação compatíveis com o destino do material a ser tingido, considerações econômicas e muitas outras. Um importante composto industrial, a anilina, também conhecida como fenilamina ou aminobenzeno, é matéria-prima para a produção de inúmeros corantes.

Supondo que em uma indústria têxtil foi testada uma reação química entre anilina (C_6H_7N), líquida, e o ácido sulfúrico (H_2SO_4), em solução aquosa, com a intenção de se obter ácido sulfanílico ($NH_2C_6H_4SO_3H$), base para a produção de outros corantes, além da água como produto da reação. Considerando que neste processo reacional foram utilizados 93,0 g de anilina e 196,0 g de ácido sulfúrico, e observou-se que foram produzidos 17,3 g de ácido sulfanílico, atenda as solicitações a seguir:

- (a) Escreva a fórmula estrutural da anilina e indique o tipo de função orgânica a que este composto pertence.
- (b) Escreva a equação que representa a reação química de obtenção do ácido sulfanílico.
- (c) Calcule o número de mols de reagentes e do produto, relativos às quantidades em massa indicadas.
- (d) Identifique o reagente limitante nesta reação química. Justifique sua resposta.
- (e) Com base nos dados apresentados e calculados, pode-se dizer que este processo apresentou um rendimento satisfatório? Justifique sua resposta.

QUESTÃO 13

Para a Copa do Mundo da FIFA 2014® diversas arenas foram construídas utilizando-se estruturas metálicas contendo aço para a cobertura. Sabe-se que o aço é constituído majoritariamente por ferro, o qual pode sofrer corrosão, especialmente em cidades litorâneas. Alguns estádios, como o Beira-Rio, em Porto Alegre, utilizaram aço galvanizado para proteger as estruturas metálicas da corrosão e aumentar sua vida útil. O aço galvanizado contém uma camada de zinco, que atua como anodo de sacrifício.

O potencial padrão de redução E° para o ferro e para o zinco é dado abaixo:

Par	E° (Volt)
$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$	-0,447
$\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$	-0,760

- (a) Escreva a semi-reação que corresponde à oxidação do ferro.
- (b) Utilizando os dados da tabela acima explique como o zinco atua como metal de sacrifício e, dessa forma, protege o ferro da corrosão.
- (c) A intensidade (I) de uma corrente elétrica é expressa como a razão entre o módulo da quantidade de carga Q produzida ao longo da reação em um período de tempo Δt :

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

Onde, de acordo com o sistema internacional, I é dado em ampère (A), Q em coulomb (C) e Δt em segundos (s). Pretende-se proteger durante um ano a cobertura metálica do estádio, que compreende uma superfície (S) total de 40 m^2 , utilizando um anodo de sacrifício de zinco. Considerando uma densidade de corrente elétrica (j) por superfície do aço, gerada pela reação de oxirredução, igual a $0,1 \text{ A}\cdot\text{m}^2$, qual a massa total de zinco que deve ser adicionada sobre o aço necessária para protegê-lo durante um ano, antes que ocorra a corrosão do ferro? Dado que um mol de elétron possui carga elétrica $q = 9,65 \times 10^4 \text{ C}$.