

**EXAME DA FASE III****A****PARTE I - QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA****Leia o texto abaixo e responda as Questões 1 e 2:**

Em janeiro de 2019 o mundo ficou consternado com a tragédia do rompimento da barragem de Brumadinho-MG. Além de centenas de mortes provocadas pelo avanço da lama (rejeitos de mineração), houve danos incalculáveis à saúde pública e ao meio ambiente. Uma das grandes preocupações ambientais relacionadas com esse desastre foi o alcance dos rejeitos à Barragem de Três Marias, que fica no Rio São Francisco. Vazaram da barragem cerca de 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos, oriundos da extração e beneficiamento de ferro. Em sua maior parte, as impurezas do minério de ferro são silicatos como areia e argilas, mas contém também compostos de outros elementos como Al, Cd, Cu, Hg, Mn e Pb. Em análises preliminares feitas da lama que chegou ao Rio Paraopeba, afluente do Rio São Francisco, detectou-se uma concentração de chumbo total de cerca de vinte vezes maior que a concentração permitida desse metal para o descarte de efluentes.

Considere também as seguintes informações complementares:

- Capacidade total da Barragem de Três Marias: 20 bilhões de metros cúbicos de água;
- Volume de água da Barragem de Três Marias: 60 % da capacidade total;
- A concentração de chumbo na Barragem de Três Marias é equivalente à concentração

limite característica de água doce, conforme a tabela abaixo:

Legislação	Padrão Referente	Limite (mg L ⁻¹)
Resolução N ^o 357/2005 – CONAMA	Águas Doces	0,033
Resolução N ^o 430/2011 – CONAMA Portaria N ^o 05/2017 –	Lançamentos de efluentes	0,50
MS	Potabilidade	0,01

Questão 1 – Analise os itens a seguir:

- I. Compostos de metais pesados Tais como alumínio e silício representam grandes riscos

ao meio ambiente e ao próprio homem quando ingeridos ou em contato com a pele.

- II. Concentrações significativas de alguns minérios que contêm mercúrio e chumbo, além dos seus respectivos íons solúveis, em fontes aquáticas utilizadas para o consumo humano, estão entre os principais problemas ambientais do desastre de Brumadinho.
- III. O minério de ferro pode ser separado da areia por flotação devido a sua maior densidade.
- IV. Uma água com concentração de chumbo de $1,6 \times 10^{-7}$ mol L⁻¹ é classificada como potável.

Estão CORRETOS apenas os itens:

- a) II e III;
- b) II, III e IV;
- c) I, II, III e IV;
- d) III e IV;
- e) II e IV

Questão 2 – Qual seria a concentração de chumbo na Barragem de Três Marias caso vinte por cento da lama da Barragem de Brumadinho fosse despejada na mesma. Considere uma adição instantânea da lama, com completa homogeneização.

- a) 0,035 g L⁻¹ ;
- b) 0,043 mg L⁻¹ ;
- c) **0,035 mgL⁻¹ ;**
- d) 0,043 g L⁻¹ ;
- e) 2,000 mg L⁻¹ .

Questão 3 – O câncer de pele não-melanoma é o tipo mais comum da doença no Brasil, que corresponde a 30 % de todos os tumores malignos registrados. Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA, www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/), a estimativa para 2018 era de 165,5 mil novos casos de câncer de pele não-melanoma e 6.260 casos de melanoma, o tipo mais agressivo. Os níveis de irradiância ultravioleta efetiva (IUV) indicam o risco de exposição ao Sol para pessoas de pele do Tipo II (pele de pigmentação clara). O tempo de exposição segura (TES) corresponde ao

**EXAME DA FASE III****A**

tempo de exposição aos raios solares sem que ocorram queimaduras de pele. Na tabela abaixo, é mostrada a correlação entre riscos de exposição, IUV e TES.

Risco de exposição	IUV	TES (em minutos)
Baixo	0 a 2	Máximo 60
Médio	3 a 5	30 a 60
Alto	6 a 8	20 a 30
Extremo	Acima de 8	Máximo 20

Uma das maneiras de se proteger contra queimaduras provocadas pela radiação ultravioleta é o uso dos cremes protetores solares, cujo Fator de Proteção Solar (FPS) é calculado pela razão entre o tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele protegida (TPP) e o tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele desprotegida (TPD). Assim, o FPS mínimo que uma pessoa de pele Tipo II necessita para evitar queimaduras ao se expor ao Sol, considerando para o TPP o intervalo das 12:00 às 14:00 horas, num dia em que a irradiância efetiva é maior que 8, de acordo com os dados fornecidos, é:

- a) 6
- b) 4
- c) 8
- d) 10
- e) 20

Questão 4 – A Organização das Nações Unidas proclamou o ano de 2019 como o Ano Internacional da Tabela Periódica, por conta dos 150 anos da proposição desta tabela, pelo químico russo Dmitri Mendeleev. As características periódicas são essenciais para se prever as propriedades de um determinado elemento ou substância. Uma dessas propriedades é a energia de ionização. Quais são os quatro fatores que afetam os valores obtidos da energia de ionização para um determinado elemento?

- a) Número de Elétrons, Raio Covalente, Grupo, Eletronegatividade;
- b) Período, Número Atômico, Raio Covalente, Número de níveis;

- c) Carga Nuclear, Número Atômico, Grupo, Afinidade eletrônica;
- d) Carga Eletrônica, Período, Subnível, Estado Físico;
- e) **Carga Nuclear, Efeito de Blindagem, Raio Atômico, Subnível.**

Questão 5 – A Vitamina C é considerada fundamental para a saúde do indivíduo. Uma de suas funções mais importantes no corpo humano é evitar que o ferro seja oxidado do estado +2 para o estado +3. O ferro é importante, pois a sua deficiência causa, entre outros problemas, a anemia. Assim, a ingestão de Vitamina C com alimentos que contenham ferro é importante para a manutenção da saúde de um indivíduo. Isso ocorre por que?

- a) **O Fe^{2+} é menos reativo do que o Fe^{3+} ;**
- b) Como o Fe^{3+} é mais reativo do que o Fe^{2+} , a Vitamina C oxida o mesmo, impedindo qualquer reação;
- c) O Fe^{3+} é um agente redutor, com um potencial de oxidação maior do que a Vitamina C;
- d) **A Vitamina C é um agente redutor, com um potencial de oxidação maior do que o ferro;**
- e) A Vitamina C forma um complexo octaédrico com o Fe^{3+} , impedindo-o de reagir com qualquer substância, no corpo humano.

Questão 6 – De acordo com uma recente reportagem, cientistas japoneses estão tentando sintetizar o elemento químico de número atômico 119. Suponha que alguns comportamentos químicos deste elemento sejam a reação com a água e a solubilidade de seu respectivo fosfato. Assim, assinale a opção CORRETA:

- a) A reação com água ocorreria e seria formada uma solução básica; o fosfato desse elemento seria insolúvel em água.
- b) A reação com a água ocorreria e seria formada uma solução ácida; o fosfato desse elemento seria pouco solúvel em água.
- c) **A reação com a água ocorreria e seria formada uma solução básica; o fosfato desse elemento seria solúvel em água.**
- d) A reação com água não ocorreria; o fosfato desse elemento seria solúvel somente em compostos orgânicos apolares.



EXAME DA FASE III

A

- e) A reação com a água não ocorreria; o fosfato desse elemento seria insolúvel em água

Questão 7 – Uma das formas de obtenção de cobre metálico, essencial para uso em eletricidade, é passar gás amônia sobre óxido de cobre(II) aquecido. Nessa reação são obtidos cobre metálico, nitrogênio e vapor d'água. Considerando que 100 g do óxido de cobre(II) tem 95 % de pureza e que a reação tem um rendimento de 75 %, assinale a opção CORRETA.

Dados de Massa Molar (g mol^{-1}): Cu = 63,5; N = 14,0; H = 1,0; O = 16,0

- a) $1,73 \times 10^{23}$ moléculas de água foram obtidas;
b) 10,72 L de gás nitrogênio, nas CNTP, foram obtidos;
c) **0,89 mol de cobre metálico foi obtido;**
d) $2,43 \times 10^{23}$ átomos de cobre metálico foram obtidos;
e) 128,75 g de produtos foram obtidos.

Questão 8 – Uma técnica clássica de quantificação é a titulação do excesso de ácido ou base em uma reação de neutralização. Para exemplificar, no laboratório um estudante de química reagiu 1,295 g de amostra de um carbonato metálico (MCO_3) com 500 mL de solução de HCl $0,100 \text{ mol L}^{-1}$. O ácido HCl excedente foi neutralizado por 32,80 mL de NaOH $0,588 \text{ mol L}^{-1}$. Com base nos dados identifique o metal M.

Dados de Massa Molar (g mol^{-1}): C = 12 e O = 16.

- a) Ba (137,3 u);
b) Zn (65,4 u);
c) Cu (63,5 u);
d) **Mg (24,3 u);**
e) Ca (40,1 u).

Questão 9 NULA– Na figura abaixo visualiza-se a célula galvânica para mensurar o potencial padrão de redução do zinco (E^\ominus), a 25°C . Em outra condição para a célula galvânica, o seu potencial (E) foi medido a 25°C , sendo obtido o valor de 0,54 V. Considere que $[\text{Zn}^{2+}] = 1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e que $p(\text{H}_2) = 1,0 \text{ atm}$. Calcule a concentração aproximada, em quantidade de matéria, de H_3O^+ .



Dados de constante dos gases, $R = 8,315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ e constante de Faraday, $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$.

- a) $2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$;
b) $4 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$;
c) $2 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$;
d) $4 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$;
e) $2 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

Questão 10 – A química nuclear é o estudo das reações que envolvem alterações dos núcleos atômicos. Começou com a descoberta da radioatividade natural por Antoine Becquerel seguido das investigações subsequentes de Pierre e Marie Curie, entre muitos outros. Quanto às reações nucleares pode-se afirmar que:

- Os elementos (ou isótopos do mesmo elemento) são convertidos um no outro.
- Podem estar envolvidos os prótons, os nêutrons, os elétrons e outras partículas elementares.
- As reações são acompanhadas da absorção ou liberação de pequenas quantidades de energia.
- As velocidades das reações normalmente são afetadas pela temperatura, pela pressão ou pelos catalisadores.

As afirmações acima são, respectivamente.

- a) V, F, F e V;
b) **V, V, F e F;**
c) V, F, V e F;
d) F, V, V e F;
e) F, F, V e V.



PARTE II - QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

Questão 11 –ANULADA Teste falha ao indicar que herbicida é cocaína, e homem fica 21 dias preso no Paraná. Um empresário no oeste do Paraná foi detido por policiais rodoviários federais depois que um teste preliminar indicou cocaína em pacotes supostamente contendo herbicida, encontrados no carro que ele dirigia. É um produto vendido sem restrição e que pode ser comprado por qualquer pessoa. Segundo o motorista, o produto foi comprado para matar ervas daninhas e mesmo assim os policiais rodoviários continuaram desconfiados e se convenceram de que era cocaína depois de fazerem o narcoteste. A justiça concedeu a liberdade após um laudo do Instituto de Criminalística do Paraná apontar que a substância não era droga ilícita. Em nota, a PRF informou que esta é a primeira vez no Paraná que se registra um “falso positivo” no narcoteste. O comunicado explica ainda que a identificação definitiva é feita por meio de perícia. (adaptado de <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/teste-indica-que-herbicida-era-cocaina-e-homem-fica21-dias-presno-parana.ghtml>. Acesso em 12/02/2019.) Com base na notícia acima, responda o que se pede:

- O que é narcoteste?
- Considerando o método de Scott, qual o nome científico do reagente químico utilizado para a realização do narcoteste?
- Considerando que a droga da notícia acima fosse cocaína ($C_{17}H_{21}NO_4$), equacione a reação química do ensaio do narcoteste.
- Considerando que o herbicida da notícia acima fosse o ácido 2-(4-isopropil-4-metil-5-oxo-2-imidazolin-2-il)nicotínico - nome comercial Imazapir ($C_{13}H_{15}N_3O_3$), equacione a reação química que ocorreu no ensaio do narcoteste.
- Com base nos conhecimentos químicos, quais os fatores que induziram os policiais ao “falso positivo” no narcoteste?

Questão 12 – Em um recipiente de 1,0 L foram colocados 4,0 mol de H_2 e 4,0 mol de Cl_2 , ambos gasosos. Em seguida, o recipiente foi aquecido a uma temperatura T , e logo se estabeleceu o equilíbrio químico $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2 HCl(g)$, com uma constante de equilíbrio de 0,25. A partir destas informações, responda o que se pede:

- Determine as concentrações de todas as espécies químicas no equilíbrio;

- Equação química balanceada: $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2 HCl_{(g)}$

- Base de cálculo: 4 mol para cada gás nos reagentes (H_2 e Cl_2).

- Utilizando a tabela de equilíbrio químico:

	$H_{2(g)}$ (mol)	$Cl_{2(g)}$ (mol)	\rightleftharpoons	$2 HCl_{(g)}$ (mol)
Início	4	4		0
Reage	α	α		2α
Equilíbrio	$(4 - \alpha)$	$(4 - \alpha)$		2α

- Determinação das expressões das concentrações molares ($mol.L^{-1}$):

$$[H_2] = \frac{4 - \alpha}{V}$$

$$[Cl_2] = \frac{4 - \alpha}{V}$$

$$[HCl] = \frac{2\alpha}{V}$$

- Cálculo do grau de dissociação (α):

$$K_c = \frac{[HCl]^2}{[H_2] \cdot [Cl_2]} = 0,25.$$



$$\frac{\left[\frac{2\alpha}{V}\right]^2}{\left[\frac{4-\alpha}{V}\right]^2} = 0,25$$

- Tirando a raiz quadrada da equação acima, tem-se:

$$\sqrt{\frac{\left[\frac{2\alpha}{V}\right]^2}{\left[\frac{4-\alpha}{V}\right]^2}} = \sqrt{0,25}$$

$$\frac{2\alpha}{4-\alpha} = 0,5$$

$$\alpha = 0,80 \text{ (80\%)}$$

- Cálculo das expressões das concentrações molares ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$):

$$[\text{H}_2] = \frac{(4-0,8)}{1} = 3,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}_2] = \frac{(4-0,8)}{1} = 3,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[\text{HCl}] = \frac{2 \times (0,8)}{1} = 1,60 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

b) Calcule o valor de K_c da equação inversa;

- Cálculo da constante de equilíbrio inversa (K_c'):

Para a reação direta: $\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{HCl}_{(g)}$

$$K_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{H}_2] \times [\text{Cl}_2]} = 0,25$$

Para a reação inversa: $2 \text{HCl}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$

$$K_c' = \frac{[\text{H}_2] \times [\text{Cl}_2]}{[\text{HCl}]^2} = \frac{1}{0,25} = 4.$$

c) Calcule o valor de K_p da equação direta;

Primeira maneira de resolução:

- Cálculo do número de mol total:

$$n_T = n_{\text{H}_2} + n_{\text{Cl}_2} + n_{\text{HCl}}$$

$$n_T = (4 - \alpha) + (4 - \alpha) + 2\alpha$$

$$n_T = 8 \text{ mol.}$$

- Cálculo das pressões parciais:

Pressão Parcial do P_{H_2} : $\text{P}_{\text{H}_2} = X_{\text{H}_2} \times p_T$

$$\text{P}_{\text{H}_2} = \frac{(4 - \alpha)}{8} \cdot p_T = \frac{(4 - 0,8)}{8} \cdot p_T = \frac{3,2}{8} \cdot p_T = 0,4 \cdot p_T$$

Pressão Parcial do P_{Cl_2} : $\text{P}_{\text{Cl}_2} = X_{\text{Cl}_2} \times p_T$

$$\text{P}_{\text{Cl}_2} = \frac{(4 - \alpha)}{8} \cdot p_T = \frac{(4 - 0,8)}{8} \cdot p_T = \frac{3,2}{8} \cdot p_T = 0,4 \cdot p_T$$

Pressão Parcial do P_{HCl} : $\text{P}_{\text{HCl}} = X_{\text{HCl}} \times p_T$

$$\text{P}_{\text{HCl}} = \frac{(2\alpha)}{8} \cdot p_T = \frac{(2 \times 0,8)}{8} \cdot p_T = \frac{1,6}{8} \cdot p_T = 0,2 \cdot p_T$$

- Cálculo da constante de equilíbrio em função das pressões parciais:

$$K_p = \frac{\text{P}_{\text{HCl}}^2}{\text{P}_{\text{H}_2} \times \text{P}_{\text{Cl}_2}} = \frac{(0,2 \cdot p_T)^2}{(0,4 \cdot p_T) \cdot (0,4 \cdot p_T)} = 0,25.$$

Segunda maneira de resolução:



EXAME DA FASE III

A

- Sabendo que a relação entre K_p e K_c é dado pela seguinte equação química, tem-se:

$$K_p = K_c \times (R.T)^{\Delta n}$$

- Cálculo da variação do número de mol:

$$\Delta n = n_{\text{produtos}} - n_{\text{reagentes}} = 2 - (1 + 1) = 0.$$

$$\frac{K_p}{K_c} = (R.T)^0 = 1. \text{ Ou seja, } K_p = K_c.$$

Como no enunciado do problema $K_c = 0,25$, logo, $K_p = 0,25$.

d) Mantendo a temperatura constante, descreva o que se observa no valor de K_1 , com o aumento da concentração de $\text{Cl}_2(\text{g})$;

Como a temperatura é constante, a constante de equilíbrio químico (K_c) não muda, permanecendo constante.

e) Após o equilíbrio ser alcançado, foram inseridos 0,75 mol de gás hidrogênio no sistema. De acordo com o Princípio de Le Chatelier, o que deve ocorrer com o sistema?

f) RESPOSTA:

g) De acordo com esse princípio, qualquer perturbação no sistema promoverá uma reorganização do mesmo, para alcançar um novo equilíbrio. Como foi adicionada uma quantidade de reagente, o sistema reagirá para diminuir essa nova concentração, fazendo a reação deslocar-se em direção dos produtos, ou seja, aumentando a concentração do produto formado.

Questão 13 – O elemento bismuto (Bi, número atômico 83) é o mais pesado do grupo 15. O subsalicilato de bismuto é o ingrediente ativo do Pepto-Bismol®, um medicamento de venda livre indicado para desconforto gástrico.

a) Os raios atômicos de ligação de tálio (Tl) e chumbo (Pb) são 1,48 Å e 1,47 Å, respectivamente. Usando esses valores e aqueles na figura abaixo, preveja o raio atômico de ligação do elemento bismuto (Bi). Justifique sua resposta.

												13	14	15	16	17	18														
H 0,37															B 0,82	C 0,77	N 0,75	O 0,73	F 0,71	He 0,32											
Li 1,34	Be 1,30													Al 1,18	Si 1,11	P 1,06	S 1,02	Cl 0,99	Ar 0,69												
Na 1,54	Mg 1,30													K 1,96	Ca 1,74	Sc 1,44	Ti 1,36	V 1,25	Cr 1,27	Mn 1,39	Fe 1,25	Co 1,26	Ni 1,21	Cu 1,38	Zn 1,31	Ga 1,26	Ge 1,22	As 1,19	Se 1,16	Br 1,14	Kr 1,10
Rb 2,11	Sr 1,92	Y 1,62	Zr 1,48	Nb 1,37	Mo 1,45	Tc 1,56	Ru 1,26	Rh 1,35	Pd 1,31	Ag 1,55	Cd 1,48	In 1,44	Sn 1,41	Sb 1,38	Te 1,35	I 1,33	Xe 1,30														
												Tl	Pb	Bi																	

R: Observe que há uma diminuição gradual no raio dos elementos nos grupos 3A-5A à medida que avançamos no quinto período, isto é, na série In-Sn-Sb. Portanto, é razoável esperar uma diminuição de cerca de 0,02 Å à medida que nos movemos de Pb para Bi, levando a uma estimativa de 1,45 Å. O valor tabulado é de 1,46 Å.

b) O que explica o aumento geral do raio atômico dos elementos no grupo 15?

R: O aumento geral no raio com o aumento do número atômico nos elementos do grupo 15 ocorre porque as camadas adicionais de elétrons estão sendo adicionadas, com aumentos correspondentes na carga nuclear. Os elétrons centrais em cada caso, em grande parte, filtram os elétrons mais externos do núcleo, de modo que a carga nuclear efetiva não varia muito à medida que vamos para números atômicos mais altos. No entanto, o número quântico principal, n , dos elétrons mais externos aumenta constantemente, com um aumento correspondente no raio orbital.



EXAME DA FASE III

A

c) Outro uso importante do bismuto tem sido um ingrediente em ligas metálicas de baixo ponto de fusão, tais como aquelas usadas em sistemas de sprinklers contra incêndios e na composição tipográfica. O elemento em si é um sólido cristalino branco quebradiço. Como essas características se encaixam no fato de que o bismuto está no mesmo grupo periódico com elementos não metálicos como nitrogênio e fósforo?

R: O contraste entre as propriedades do bismuto e as do nitrogênio e fósforo ilustra a regra geral de que c) existe uma tendência de aumento do caráter metálico à medida que nos movemos para baixo em um determinado grupo. O bismuto, na verdade, é um metal. O caráter metálico aumentado ocorre porque os elétrons mais externos são mais facilmente perdidos na ligação, uma tendência que é consistente com sua menor energia de ionização.

d) Bi_2O_3 é um óxido básico. Escreva uma equação química balanceada para sua reação com ácido nítrico diluído. Se 6,77 g de Bi_2O_3 são dissolvidos em solução ácida diluída para fazer 0,500 L de solução, qual é a concentração molar da solução de íon Bi^{3+} ?

R: Seguindo os procedimentos para escrever as equações iônicas moleculares e líquidas, temos o seguinte:

Equação molecular: $\text{Bi}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6\text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Bi}(\text{NO}_3)_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\ell)$

Equação iônica líquida: $\text{Bi}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Bi}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\ell)$

Na equação iônica líquida, o ácido nítrico é um ácido forte e o $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ é um sal solúvel, então precisamos mostrar apenas a reação do sólido com o íon hidrogênio formando o íon Bi^{3+} e a água. Para calcular a concentração da solução, pode-se da seguinte forma:

$$[\text{Bi}^{3+}] = \frac{6,77 \text{ g Bi}_2\text{O}_3}{0,500 \text{ L solução}} \times \frac{466,0 \text{ g Bi}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Bi}_2\text{O}_3} \times \frac{1 \text{ mol Bi}_2\text{O}_3}{2 \text{ mol Bi}^{3+}}$$
$$[\text{Bi}^{3+}] = \frac{0,0581 \text{ mol Bi}^{3+}}{\text{L solução}} = 0,0581 \text{ mol L}^{-1}$$

e) ^{209}Bi é o isótopo estável mais pesado de qualquer elemento. Quantos prótons e nêutrons estão presentes neste núcleo? Qual a sua distribuição eletrônica esperada?

R: O bismuto é o elemento 83; existem, portanto, 83 prótons no núcleo. Porque o número de massa atômica é 209, há $209 - 83 = 126$ nêutrons no núcleo.

A distribuição eletrônica é



f) A densidade de Bi a 25 °C é 9,808 g cm^{-3} . Quantos átomos de Bi estão presentes em um cubo do elemento que é de 5,00 cm em cada borda? Quantos moles do elemento estão presentes? Dado de Massa Molar (g mol^{-1}): Bi = 209,0.

R:

Procederemos como nas Seções 1.4 e 3.4: O volume do cubo é $(5,00)^3 \text{ cm}^3 = 125 \text{ cm}^3$. Então temos:

$$n = 125 \text{ cm}^3 \text{ Bi} \times \frac{9,808 \text{ g Bi}}{1 \text{ cm}^3 \text{ Bi}} \times \frac{1 \text{ mol Bi}}{209,0 \text{ g Bi}} = 5,87 \text{ mol Bi}$$
$$N = 5,87 \text{ mol Bi} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ átomos Bi}}{1 \text{ mol Bi}} = 3,53 \times 10^{24} \text{ átomos Bi}$$

Questão 14 – A trinitroglicerina, $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ (geralmente referida simplesmente como nitroglicerina), tem sido amplamente utilizada como explosivo e Alfred Nobel a utilizou para fazer dinamite em 1866. Surpreendentemente, também é usada como medicamento, para aliviar a angina (dores no peito resultantes de artérias parcialmente bloqueadas no coração) dilatando os vasos sanguíneos. A 1 atm de pressão, a entalpia de decomposição da trinitroglicerina para formar gás nitrogênio, gás



EXAME DA FASE III

dióxido de carbono, água líquida e oxigênio gasoso é $-1541,4 \text{ kJ mol}^{-1}$.

a) Escreva uma equação química balanceada para a decomposição da trinitroglicerina.

: A forma geral da equação que devemos equilibrar é



Nós nos equilibramos da maneira usual. Para obter um número par de átomos de nitrogênio na esquerda, nós multiplicamos a fórmula para $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ por 2, o que nos dá 3 mol de N_2 , 6 mol de CO_2 e 5 mol de H_2O . Tudo está equilibrado, exceto pelo oxigênio. Nós temos um número ímpar de oxigênio átomos à direita. Podemos equilibrar o oxigênio adicionando $\frac{1}{2}$ mol de O_2 à direita:



Nós multiplicamos por 2 para converter todos os coeficientes em números inteiros:



(À temperatura da explosão, a água é um gás. A rápida expansão dos produtos gasosos cria a força de uma explosão.)

b) Calcule o calor padrão de formação da trinitroglicerina. Use os dados da tabela abaixo.

Substância	$\Delta_f H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{CO}_2(\text{g})$	- 393,5
$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	- 258,8
$\text{N}_2(\text{g})$	0
$\text{O}_2(\text{g})$	0

RESPOSTA:

O calor de formação é a variação de entalpia na equação química balanceada:



Podemos obter o valor usando a equação para o calor da decomposição de trinitroglicerina:



A variação de entalpia nesta reação é $4 \times (-1541,4 \text{ kJ mol}^{-1}) = -6561,6 \text{ kJ mol}^{-1}$, pois existe 4 mols de $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9(\ell)$ na equação balanceada. Essa variação de entalpia é dada pela soma dos calores de formação dos produtos menos os calores de formação do reagente, cada um multiplicado pelo seu coeficiente na equação balanceada, logo:

$$-6165,6 \text{ kJ mol}^{-1} = \{6\Delta_f H^\circ[\text{N}_2(\text{g})] + 12\Delta_f H^\circ[\text{CO}_2(\text{g})] + 10\Delta_f H^\circ[\text{H}_2\text{O}(\ell)] + \Delta_f H^\circ[\text{O}_2(\text{g})]\} - 4\Delta_f H^\circ[\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9(\ell)]$$

Os valores para $\text{N}_2(\text{g})$ e $\text{O}_2(\text{g})$ são zero, por definição. Usando os valores para $\text{H}_2\text{O}(\ell)$ e $\text{CO}_2(\text{g})$ da tabela acima pode-se estimar a variação de entalpia de formação da nitroglicerina:

$$-6165,6 \text{ kJ} = 12 \times (-393,5 \text{ kJ mol}^{-1}) + 10 \times (-258,8 \text{ kJ mol}^{-1}) - 4\Delta_f H^\circ[\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9(\ell)]$$
$$\Delta_f H^\circ[\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9(\ell)] = -286,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

c) Uma dose padrão de trinitroglicerina para alívio da angina é de 0,60 mg. Se a amostra for eventualmente oxidada no corpo (não explosivamente!) a gás nitrogênio, gás dióxido de carbono e água líquida, que número de calorias é liberada?

Dados: Massa Molar (g mol^{-1}): C = 12; H = 1; N = 14 e O = 16. 1 cal = 4,184 J.



EXAME DA FASE III

: Sabemos que na oxidação 1 mol de $C_3H_5N_3O_9(l)$ produz 1541,4 kJ. Precisamos calcular o número de moles de $C_3H_5N_3O_9(l)$ em 0,60 mg:

$$\Delta H = (0,60 \times 10^{-3} \text{ g } C_3H_5N_3O_9) \times \left(\frac{1 \text{ mol } C_3H_5N_3O_9}{227 \text{ g } C_3H_5N_3O_9} \right) \times \left(\frac{1541,4 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_3H_5N_3O_9} \right)$$
$$\Delta H = 4,1 \times 10^{-3} \text{ kJ} = 4,1 \text{ kJ}$$

d) Uma forma comum de trinitroglicerina funde-se aproximadamente a 3 °C. A partir dessas informações e da fórmula da substância, você esperaria que ela fosse um composto molecular ou iônico? Justifique sua resposta.

: Como a trinitroglicerina se funde abaixo da temperatura ambiente, espera-se que seja um composto molecular. Com poucas exceções, as substâncias iônicas são geralmente materiais duros e cristalinos que se fundem a altas temperaturas. (Seções 2.6 e 2.7) Além disso, a fórmula molecular sugere provavelmente que seja uma substância molecular. Todos os elementos que compõe a trinitroglicerina são não-metais.

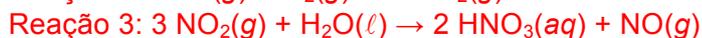
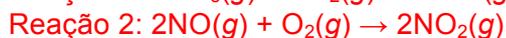
e) Descreva as várias conversões de formas de energia quando a trinitroglicerina é usada como um explosivo para quebrar os rochedos na construção de rodovias.

R: A energia armazenada na trinitroglicerina é a energia potencial química. Quando a substância reage explosivamente, ela forma substâncias como dióxido de carbono, água e gás nitrogênio, que são de energia potencial menor. No curso da transformação química, a energia é liberada na forma de calor; os produtos de reação gasosa são muito quentes. Essa energia térmica muito alta é transferida para o ambiente; os gases se expandem contra o ambiente, que podem ser materiais sólidos. O trabalho é feito movendo os materiais sólidos e transmitindo energia cinética para eles. Por exemplo, um pedaço de rocha pode ser impulsionado para cima. Foi-lhe dada energia cinética por transferência de energia dos gases quentes e em expansão. À medida que a rocha se eleva, sua energia cinética é transformada em energia potencial. Eventualmente, novamente adquire energia cinética quando cai na Terra. Quando atinge a Terra, sua energia cinética é convertida em grande parte em energia térmica, embora também possa ser feito algum trabalho pode ser feito nas vizinhanças também.

Questão 15 – Uma das formas de se obter o ácido nítrico é a partir da amônia pelo Processo Ostwald. Numa primeira etapa, a amônia é colocada para reagir com gás oxigênio, a 1000 °C, com catalisador. Dessa forma, se obtém o monóxido de nitrogênio e a água. Numa segunda etapa, o monóxido de nitrogênio reage com gás oxigênio, formando o dióxido de nitrogênio. Esse, por sua vez, é colocado para reagir com água, formando ácido nítrico e monóxido de nitrogênio.



a) Escreva uma equação química balanceada, com os menores coeficientes inteiros, que represente cada uma das etapas descritas no enunciado da questão.



b) Para a segunda e a terceira reações, calcule os respectivos valores de $\Delta_r H$, considerando a utilização de 250 g de monóxido de nitrogênio e 350 g de dióxido de nitrogênio, respectivamente. Na tabela abaixo constam os dados de variação de entalpia padrão de formação das diversas substâncias envolvidas na produção do ácido nítrico.

Substância	$\Delta_f H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	-258,8
$\text{HNO}_3(\text{aq})$	-173,2
$\text{NO}_2(\text{g})$	+33,9
$\text{NO}(\text{g})$	+90,4

Dados de Massa Molar (g mol^{-1}): N = 14 e O = 16.

Para a segunda reação (ou 2):

$$\Delta_r H_2 = 2\Delta_f H^\circ(\text{NO}_2, \text{g}) - [2\Delta_f H^\circ(\text{NO}, \text{g}) + \Delta_f H^\circ(\text{O}_2, \text{g})]$$

$$\Delta_r H_2 = (2 \times 33,9 - 2 \times 90,4) \text{ kJ mol}^{-1} = +112,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r H_2 = +112,6 \text{ kJ mol}^{-1} \times \frac{250 \text{ g NO}}{2 \times 30 \text{ g mol}^{-1} \text{ NO}} \approx +469,2 \text{ kJ}$$

Para a terceira reação (ou 3):

$$\Delta_r H_3 = 2\Delta_f H^\circ(\text{HNO}_3, \text{aq}) + \Delta_f H^\circ(\text{NO}, \text{g}) - [3\Delta_f H^\circ(\text{NO}_2, \text{g}) + \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \ell)]$$

$$\Delta_r H_3 = \{2 \times (-173,2) + 90,4 - [3 \times 33,9 + (-258,8)]\} \text{ kJ mol}^{-1} = -98,9 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r H_2 = -98,9 \text{ kJ mol}^{-1} \times \frac{350 \text{ g NO}_2}{3 \times 46 \text{ g mol}^{-1} \text{ NO}_2} \approx -250,8 \text{ kJ}$$

c) Quais condições (temperatura, volume, concentração, pressão) que podem favorecer a produção de ácido nítrico, de acordo com a terceira reação?

A reação 3 é exotérmica, logo diminuir a temperatura favorecerá a reação. O número de mols dos gases antes e depois da reação são diferentes, sendo maior nos reagentes. Assim, a diminuição do volume reacional ou aumento da pressão do sistema, irá interferir na reação, deslocando-a em direção aos produtos. Por último, o acréscimo de NO_2 ou de água no meio reacional, deslocará a reação em direção aos reagentes, favorecendo a formação de ácido nítrico. Por outro lado, a remoção de monóxido de nitrogênio também favorecerá a reação, na ordem direta.

d) Qual a energia (gasta ou absorvida) utilizada para se obter 1 L de uma solução 70 % em massa de ácido nítrico (essa solução é conhecida como ácido nítrico fumegante e tem densidade igual a $1,42 \text{ g cm}^{-3}$).

Em 1 L de solução 70 % de ácido nítrico, temos:

$$m = d \times V = 1,42 \text{ g cm}^{-3} \times 1000 \text{ L} = 1420 \text{ g}$$

A massa de HNO_3 na solução é:

$$m(\text{HNO}_3) = 0,7 \times 1420 \text{ g} = 994 \text{ g}$$



EXAME DA FASE III

A

Da variação de entalpia da reação 3, tem-se:

$$\Delta_r H_2 = -98,9 \text{ kJ mol}^{-1} \times \frac{994 \text{ g HNO}_3}{2 \times 63 \text{ g mol}^{-1} \text{ HNO}_3} \approx -780,2 \text{ kJ}$$

e) Determine o pH de uma solução aquosa de HNO_3 $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, com $pK_a = -1,4$ e $\alpha = 93\%$

O HNO_3 é um ácido monoprotico, logo a sua acidez provém da formação de apenas um mol de íons hidroxônio por mol de HNO_3 .

$$\begin{aligned} \text{HNO}_3(aq) &\rightleftharpoons \text{H}^+(aq) + \text{NO}_3^-(aq) \\ [\text{H}^+] &= 0,93 \times 0,1 \text{ mol L}^{-1} = 0,093 \text{ mol L}^{-1} \\ pH &= -\log 0,093 = 1,03 \end{aligned}$$

Questão 16 – Em 2006, um ex-agente da KGB foi assassinado em Londres. As investigações demonstraram que a causa da morte foi o envenenamento com o isótopo radioativo ${}_{84}^{210}\text{Po}$, colocado na sua comida/bebida.

A figura abaixo é o recorte da tabela periódica em que se destacam os elementos polônio e adjacentes.

ouro 79 Au 197,0	mercúrio 80 Hg 200,6	tálio 81 Tl 204,4	chumbo 82 Pb 207,2	bismuto 83 Bi 209,0	polônio 84 Po (209)	astato 85 At (210)	radônio 86 Rn (222)
---------------------------	-------------------------------	----------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------

a) O ${}_{84}^{210}\text{Po}$ é preparado pelo bombardeamento de ${}_{83}^{209}\text{Bi}$ com nêutrons. Escreva uma equação para a reação.

A equação de bombardeamento é dada por

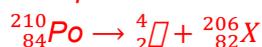


b) Quem descobriu o elemento polônio? E qual a contribuição desse elemento no experimento de Rutherford?

O polônio foi descoberto por Marie Curie e Pierre Curie, em 1898. O polônio por ser um emissor natural de partícula alfa foi usado no bombardeamento de lâmina de ouro no experimento de Rutherford, que estabeleceu o modelo de atômico de sistema planetário.

c) O tempo de meia-vida do ${}_{84}^{210}\text{Po}$ é de 138 d e ele decai com a emissão de uma partícula α . Escreva uma equação para o processo de decaimento. Considere que uma amostra de ${}_{84}^{210}\text{Po}$ de altíssima pureza foi preparada, guardada e isolada por 276 dias. Após esse período, quais elementos químicos estarão presentes na amostra e em que proporção, em número de átomos?

A reação do processo de decaimento é dada por



onde $X = \text{Pb}$ (tabela periódica), logo:

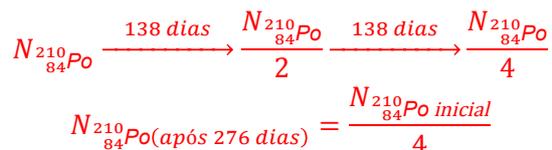


Os elementos químicos presentes são polônio e chumbo, e seus números de átomos são estimados a seguir:

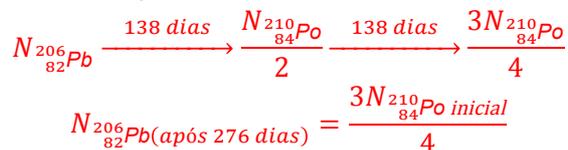
✓ número de átomos de polônio, $N_{{}_{84}^{210}\text{Po}}$:



EXAME DA FASE III



✓ número de átomos de chumbo, $N_{82}^{206}\text{Pb}$:



d) Calcule a energia de uma partícula α emitida. Pressuponha que o núcleo pai e o núcleo filho têm energia cinética igual a zero.

Dados de massas atômicas (u): $^{210}\text{Po} = 209,98285$; $^{206}\text{Po} = 205,97444$; $^4_2\alpha = 4,00150$; unidade

atômica, $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ kg}$; constante da velocidade da luz, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

A massa de desintegração no processo de emissão de uma partícula α é

$$m = m(^{210}_{84}\text{Po}) - [m(^4_2\alpha) + m(^{206}_{82}\text{Pb})]$$
$$m = [209,98285 - (4,00150 + 205,97444)] \text{ u} = 6,91 \times 10^{-3} \text{ u}$$
$$m = 6,91 \times 10^{-3} \text{ u} \times \frac{1,66 \times 10^{-24} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 1,147 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

Assim, a energia de emissão da partícula α é:

$$E = (1,147 \times 10^{-26} \text{ kg}) \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 1,03 \times 10^{-9} \text{ J}$$

e) A ingestão de $1 \mu\text{g}$ de ^{210}Po pode ser fatal. Qual é a energia total liberada por esta quantidade

^{210}Po .

$$m(^4_2\alpha) = 1 \times 10^{-6} \text{ g} \times \frac{4,00150 \text{ u}}{209,98285 \text{ u}} = 1,90563 \times 10^{-8} \text{ g}$$
$$m(^{206}_{82}\text{Pb}) = 1 \times 10^{-6} \text{ g} \times \frac{205,9744 \text{ u}}{209,98285 \text{ u}} = 9,80911 \times 10^{-7} \text{ g}$$

A massa convertida é

$$m = [1 \times 10^{-6} - (1,90563 \times 10^{-8} + 9,80911 \times 10^{-7})] \text{ g} = 3,27 \times 10^{-11} \text{ g} = 3,27 \times 10^{-14} \text{ kg}$$

Assim, a energia de emissão da partícula α é:

$$E = (3,27 \times 10^{-14} \text{ kg}) \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 2,943 \times 10^3 \text{ J}$$