



GABARITO

QUESTÕES DE MULTIPLA ESCOLHA

Questão	Alternativa
1	d
2	c
3	a
4	e
5	c
6	b
7	d
8	a
9	a
10	b
11	e
12	b
13	e
14	d
15	c

PARTE II – QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

QUESTÃO 16. O carbetto de cálcio (CaC_2) é um material sólido usado na indústria para a produção de acetileno. Sobre essas substâncias, as reações químicas e as transformações correlacionadas, analise e responda aos itens a seguir.

a) **Escreva** a equação química que representa a entalpia de formação molar padrão do CaC_2 .

Resposta:

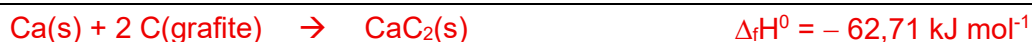
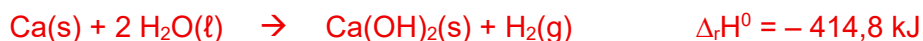
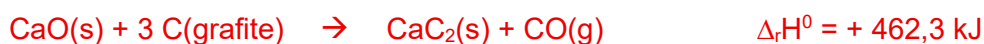
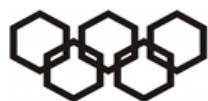


b) Considerando as equações termoquímicas apresentadas na tabela a seguir, **calcule** o valor da entalpia de formação molar padrão do CaC_2 .

Equação Termoquímica	$\Delta_r H^\theta / \text{kJ}$
$\text{Ca(s)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)}$	-414,8
$2 \text{C(grafite)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{CO(g)}$	-221,0
$\text{CaO(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2\text{(s)}$	-65,19
$2 \text{H}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O(l)}$	-571,8
$\text{CaO(s)} + 3 \text{C(grafite)} \rightarrow \text{CaC}_2\text{(s)} + \text{CO(g)}$	+462,3

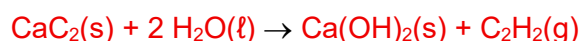
Resposta:

Resolução aplicando a Lei de Hess.



- c) Na produção do acetileno, o CaC_2 sólido reage com água líquida para gerar hidróxido de cálcio sólido e o gás acetileno (C_2H_2). **Escreva** a equação química balanceada, com os menores coeficientes estequiométricos inteiros, que representa esse processo.

Resposta:



- d) Considerando sua resposta para o item (b) e os dados contidos na tabela a seguir, **calcule** a variação de entalpia para a reação de produção do acetileno. **Indique** se o processo é endotérmico ou exotérmico.

Substância	$\Delta_f H^\circ$ (kJ mol ⁻¹)
$\text{H}_2\text{O(l)}$	-285,8
$\text{Ca(OH)}_2\text{(s)}$	-985,2
$\text{C}_2\text{H}_2\text{(g)}$	+227,4

Resposta:

Resolução aplicando a Lei de Hess.

$$\Delta_r H^\circ = [(-985,2) + (227,4)] - [(-62,71) + 2 \times (-285,80)] = - 123,49 \text{ kJ}$$

A reação é EXOTÉRMICA.

- e) Considerando os dados contidos na tabela a seguir, **calcule** a variação da energia de Gibbs da reação de produção do acetileno e **classifique** em espontânea ou não espontânea, **justificando a classificação** e considerando que ela ocorra à temperatura de 25,0 °C.

Substância	S° (J mol ⁻¹ K ⁻¹)
$\text{H}_2\text{O(l)}$	+70,0
$\text{Ca(OH)}_2\text{(s)}$	+83,4
$\text{C}_2\text{H}_2\text{(g)}$	+200,9
$\text{CaC}_2\text{(s)}$	+70,0

$$\text{Dados: } \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \text{ e } T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15.$$

Resposta:

$$\Delta_r S^\circ = [(83,4) + (200,9)] - [(70,0) + 2 \times (70,0)] = + 74,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

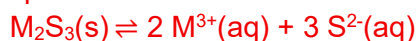
$$\Delta_r G^\circ = - 123,49 \times 10^3 \text{ J} - (298,15) \times (74,3) = - 145,64 \text{ kJ}$$

A reação é espontânea à temperatura de 25 °C porque o valor da variação da energia de Gibbs é negativa.

QUESTÃO 17. Um sulfeto com fórmula M_2S_3 foi dissolvido em água; 1,0 L do solvente dissolveu $1,36 \times 10^{-20}$ mol, correspondendo a 6,993 attogramas (10^{-18} g), uma das menores massas já medidas. Com base nesses dados, responda aos itens seguintes.

- a) **Escreva** a expressão de K_{ps} para o sulfeto.

Resposta:

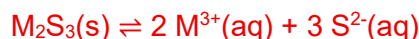




$$K_{ps} = [M^{3+}]^2 \times [S^{2-}]^3$$

b) **Calcule** o valor de K_{ps} do sulfeto.

Resposta:



$$K_{ps} = [M^{3+}]^2 \times [S^{2-}]^3$$

Se são dissolvidos $1,36 \times 10^{-20}$ mol,

$$[M^{3+}] = 2 \times 1,36 \times 10^{-20} = 2,72 \times 10^{-20} \text{ mol L}^{-1}, \text{ e } [S^{2-}] = 3 \times 1,36 \times 10^{-20} = 4,08 \times 10^{-20} \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_{ps} = [2,72 \times 10^{-20}]^2 \times [4,08 \times 10^{-20}]^3 = 5,025 \times 10^{-98}$$

c) **Determine** a massa atômica unificada do elemento M. **Indique** qual elemento seria esse na tabela periódica.

Resposta:

$$\frac{1,36 \times 10^{-20} \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \quad \frac{6,993 \times 10^{-18} \text{ g}}{X}$$

$$X = (6,993 \times 10^{-18}) / (1,36 \times 10^{-20}) = 514,19 \text{ g}$$

Pela estequiometria do sulfeto, $514,19 = 3 \times 32,06 + 2 \times \text{massa molar de M}$

$$\text{Massa molar de M} = (514,19 - 96,18) / 2 = 209,005 \text{ g mol}^{-1}$$

Ao consultar a tabela, o elemento cuja massa molar mais se aproxima (209) é o bismuto (Bi).

d) Quantos litros de água são necessários para dissolver uma molécula de M_2S_3 ?

Resposta:

$$\frac{1 \text{ mol}}{1,36 \times 10^{-20} \text{ mol}} \quad \frac{6,023 \times 10^{23} \text{ moléculas de } M_2S_3}{X}$$

$$X = 6,023 \times 10^{23} \times 1,36 \times 10^{-20} = 8,193 \times 10^3 \text{ moléculas de } M_2S_3 \text{ dissolvidas em 1 L (1000 mL) de água.}$$

$$\frac{8,193 \times 10^3 \text{ moléculas}}{1 \text{ molécula}} \quad \frac{1 \text{ L (1000 mL) de água}}{Y}$$

$$Y = 1 / 8,193 \times 10^3 = 1,22 \times 10^{-4} \text{ L ou } 0,122 \text{ mL de água}$$

e) Qual é a natureza da ligação entre os elementos M e S? **Justifique** sua resposta. Para isso considere que os valores de eletronegatividade de Pauling para os elementos M e S são 1,9 e 2,5, respectivamente.

Resposta:

O bismuto é um metal do grupo 15 da tabela periódica e o enxofre pertence ao grupo seguinte (16), sendo um não metal. A ligação química é predominantemente de caráter covalente. Isso ocorre porque a diferença de eletronegatividade não é muito grande ($\Delta\chi = 0,6$). Isso é refletido na solubilidade desse sal em água, que é muito baixa.

QUESTÃO 18. Em 5 de abril de 1913, Niels Bohr apresentou à comunidade científica mundial o artigo que levaria as discussões sobre a estrutura da matéria para um nível além das fronteiras da Física: “*On the Constitution of Atoms and Molecules*” (Bohr, N.; *Phil. Mag.*, 26, 1-25, 1913). Bohr propôs que o elétron, em uma dada órbita no átomo, deveria assumir um estado energético (E_n) fixo e que se relacionaria com o número inteiro n associado à sua órbita original. Ao fornecer uma quantidade de energia específica, o elétron absorveria essa energia e assumiria um novo estado energético $E_{(n+1)}$, passando para uma nova órbita, mais externa, associada ao número inteiro $(n+1)$. Ao retornar para a sua órbita original, o elétron emitiria a energia, a ele anteriormente fornecida, na



forma de radiação eletromagnética, o **famoso modelo do salto quântico**. Sabendo que o estado energético, para o elétron no i -ésimo nível energético, em um sistema hidrogenoide, é dado por $E_i = -13,6 \left(\frac{Z}{n}\right)^2 eV$ (em que Z é o número atômico do átomo e n o nível energético no qual o elétron se encontra), responda às perguntas a seguir.

- a) Qual estado energético um elétron assumiria, segundo esse modelo, se estivesse no nível de valência do átomo de hidrogênio?

Resposta:

Conforme apresentado na questão, se $n=1$ e $Z=1$, $E_1 = -13,6 \left(\frac{1}{1}\right)^2 eV \therefore E_1 = -13,6 eV$.

- b) Considerando o modelo apresentado, **escreva** a expressão matemática que deve ser usada para calcular a energia de ionização de um átomo. **Explicita** claramente o raciocínio usado para chegar à sua resposta.

Resposta:

De acordo com o modelo, se a excitação ocorrer de um i -ésimo (n_i) nível para um j -ésimo (n_j) nível, teremos:

$$E_j - E_i = \Delta E_{i \rightarrow j} = -13,6 \left(\frac{Z}{n_j}\right)^2 - \left[-13,6 \left(\frac{Z}{n_i}\right)^2\right]$$

ou seja

$$\Delta E_{i \rightarrow j} = 13,6 \times Z^2 \times \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_j^2}\right)$$

Assim, se estivermos tratando da ionização de um átomo, n_j assume valores muito grandes, de modo que

$$\Delta E_{i \rightarrow j} = E_{ion} = 13,6 \left(\frac{Z}{n_i}\right)^2 eV$$

- c) Com base na descrição apresentada no item anterior, quanto de energia precisaríamos fornecer para ionizar o átomo de hidrogênio?

Resposta:

Aplicando a equação $E_{ion} = 13,6 \left(\frac{Z}{n_i}\right)^2 eV$, onde $Z=1$ e $n_i = 1$, então $E_{ion} = 13,6 eV$.

- d) Qual seria a energia envolvida em uma excitação eletrônica, para o elétron no átomo de hidrogênio, de 1s para 2s?

Resposta:

No problema, notamos que se trata de uma excitação entre os subníveis 1s ($n=1$) e 2s ($n=2$) no átomo de hidrogênio ($Z=1$), logo

$$\Delta E_{1 \rightarrow 2} = 13,6 \times (1)^2 \times \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) eV = 10,2 eV$$

Ou seja, a energia envolvida na excitação do elétron, entre os estados descritos, seria de 10,2 eV.

- e) Considerando o modelo apresentado e o mesmo valor de n (mesma órbita), qual é a correlação existente entre Z e o estado de energia de um elétron em um átomo?

Resposta:

A energia do elétron no átomo é proporcional, em segunda ordem, a Z , de modo que



$$E_i = -13,6 \left(\frac{Z}{n} \right)^2 eV$$

Se assumirmos o mesmo valor de n , então quanto maior Z , mais estável o elétron estará no átomo.

QUESTÃO 19. A descoberta do háfnio (o nome háfnio vem do nome latino de Copenhague, Hafnia), elemento número 72, deu origem a um episódio polêmico na história da química. Em 1911, G. Urbain, um químico francês, afirmou ter isolado o elemento número 72 de uma amostra de substâncias contendo terras raras (elementos 58-71). No entanto, Niels Bohr pensou que o háfnio seria mais provável de ser encontrado junto com o zircônio do que com as terras raras. D. Coster e G. Von Hevesy, que trabalharam no laboratório de Bohr em Copenhague, mostraram em 1922 que o elemento 72 estava presente em uma amostra de zircão norueguês, um minério de zircônio. Considerando as informações apresentadas, responda aos itens seguintes.

a) Como você usaria argumentos de configuração eletrônica para justificar a previsão de Bohr?

Resposta:

A previsão de Niels Bohr se baseou na estrutura da Tabela Periódica e nas configurações eletrônicas dos elementos.

✓ O zircônio (Zr) tem número atômico 40 e configuração $[Kr] 4d^2 5s^2$.

✓ Esperava-se que o elemento 72, o háfnio (Hf), fosse o homólogo do Zr, no mesmo grupo 4 (4B antigo). Assim, sua configuração eletrônica seria $[Xe] 4f^{14} 5d^2 6s^2$.

Apesar de o háfnio ter orbitais f preenchidos (por estar logo após os lantanídeos), sua camada de valência é análoga à do zircônio: dois elétrons no subnível d , pertencendo ao mesmo grupo. Portanto, Bohr previu corretamente que o Hf estaria quimicamente mais próximo do zircônio do que das terras raras, por compartilhar propriedades químicas semelhantes (mesma configuração externa).

b) O zircônio, um vizinho do háfnio no grupo 4, pode ser produzido na forma metálica por redução de $ZrCl_4$ sólido com sódio metálico fundido. **Escreva** uma equação química, com os menores coeficientes estequiométricos inteiros, para a reação descrita. Essa reação é classificada como de oxidação-redução? Em caso afirmativo, o que oxida e o que reduz?

Resposta:

A equação balanceada da reação entre tetracloreto de zircônio ($ZrCl_4$) e sódio metálico (Na) é:



Sim, é uma reação de oxidação-redução, pois:

✓ O Zr^{4+} é reduzido a Zr^0 (ganha elétrons)

✓ O Na^0 é oxidado a Na^+ (perde elétrons)

c) O dióxido de zircônio sólido, $ZrO_2(s)$, reage com o cloro gasoso na presença de carbono. Os produtos da reação são $ZrCl_4$ e dois gases, CO_2 e CO na proporção de 1:2. **Escreva** uma equação química balanceada para a reação, com os menores coeficientes estequiométricos inteiros da equação.

Resposta:

Sabemos que os produtos: $ZrCl_4$, CO_2 e CO , sendo os gases na proporção de 1:2. Então a reação é:

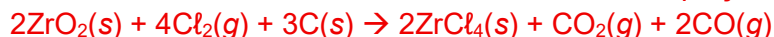


O balanceamento estequiométrico da reação, resulta em:





Para obter o balanceamento com os menores números inteiros da equação, multiplica-se por 2:



- d) A partir de uma amostra de 55,4 g de ZrO_2 , **calcule** a massa de ZrCl_4 que é formada, assumindo que ZrO_2 é o reagente limitante e que o rendimento é de 100 %.

Resposta:

- ✓ Massa de ZrO_2 , $m(\text{ZrO}_2) = 55,4 \text{ g}$
 - ✓ Massa molar do ZrO_2 , $M(\text{ZrO}_2) = 123,22 \text{ g mol}^{-1}$
 - ✓ Massa molar do ZrCl_4 , $M(\text{ZrCl}_4) = 233,04 \text{ g mol}^{-1}$
- $2 \text{ mols de } \text{ZrO}_2 \equiv 2 \text{ mols de } \text{ZrCl}_4$

$$\frac{m(\text{ZrO}_2)}{M(\text{ZrO}_2)} = \frac{m(\text{ZrCl}_4)}{M(\text{ZrCl}_4)}$$
$$m(\text{ZrCl}_4) = m(\text{ZrO}_2) \times \frac{M(\text{ZrCl}_4)}{M(\text{ZrO}_2)} = (55,4 \text{ g}) \times \frac{233,04 \text{ g mol}^{-1}}{123,22 \text{ g mol}^{-1}}$$
$$m(\text{ZrCl}_4) \approx 104,9 \text{ g}$$

- e) Com base em suas configurações eletrônicas, **explique** o fato de que Zr e Hf formarem cloretos de fórmula geral MCl_4 e óxidos de fórmula geral MO_2 .

Resposta:

Para a formação de MCl_4 e MO_2 para Zr e Hf, vejamos algumas características de ambos:

- ✓ Estão no grupo 4 da Tabela Periódica.
- ✓ Têm configuração de valência $ns^2 (n-1)d^2$.
- ✓ Portanto, podem atingir o estado de oxidação +4, comum para esse grupo.

Então ao formar cloretos MCl_4 , perdem 4 elétrons (formam M^{4+}), cada um ligado a 4 íon cloreto, Cl^- .

E ao formar óxidos MO_2 , o estado de oxidação +4 é compensado por dois íons oxigênio, O^{2-} .

Logo, a semelhança nas configurações eletrônicas externas explica por que ambos formam compostos com o mesmo número de oxidação e estequiometria.

Questão 20. Os núcleos atômicos são constituídos por núcleons, os prótons e os nêutrons, comprimidos em um pequeno volume. Apesar das imensas forças repulsivas que existem entre os prótons, os nêutrons contribuem para a estabilidade nuclear por meio da força nuclear intensa que une os núcleons. No entanto, em alguns casos as forças de repulsão superam essa força intensa, ocorrendo a ejeção de fragmentos dos núcleos, processo chamado de decaimento nuclear ou decaimento radioativo. Um exemplo de decaimento radiativo é a emissão de partículas alfa (α), cujo diagrama de energia é mostrado a seguir.

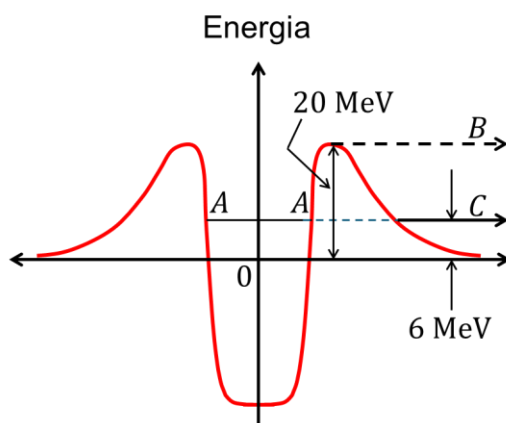




Diagrama de energia para emissão de partículas α . O nível **A** representa a energia da partícula α no núcleo; O nível **B** representa a energia cinética que a partícula α teria se tivesse superado a barreira coulômbica; o nível **C** representa a energia cinética média de uma partícula α emitida do núcleo. Adaptado de: Mahan, B. M., Myers, R. J. **Química: um curso universitário**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995, p.509.

Considere algumas reações nucleares de decaimento, representadas pelas equações nucleares numeradas de I a V e responda às perguntas indicadas a seguir.

- I. ${}_{15}^{29}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{29}\text{Si} + e^{+}$
II. ${}_{27}^{59}\text{Co} + n \rightarrow {}_{27}^{60}\text{Co}$
III. ${}_{20}^{41}\text{Ca} + e^{-} \rightarrow {}_{20}^{41}\text{K}$
IV. ${}_{6}^{14}\text{C} \rightarrow {}_{7}^{14}\text{N} + e^{-}$
V. ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + \alpha$

a) Qual o nome das partículas nucleares representadas nas equações I e II?

Resposta:

$e^{+} \Rightarrow$ pósitron

$n \Rightarrow$ neutron

b) Como se chama a reação nuclear representada pela equação III?

Resposta:

Captura de elétron.

c) Como explicar a emissão de um elétron do núcleo atômico, como representado na equação IV, considerando que no núcleo não há elétrons?

Resposta:

O processo de decaimento β pode ser interpretado como uma transformação de um nêutron em um próton, que permanece no núcleo, e um elétron, que é emitido, aumentando o número atômico em uma unidade e o mantendo o número de massa.

d) **Escreva** as partículas nucleares representadas nas equações I, II, III e V em ordem crescente de grau de penetração.

Resposta:

Ordem crescente de poder de penetração: $\alpha < e^{-} \approx e^{+} < n$

e) Observa-se experimentalmente que em um decaimento α , as partículas emitidas têm energia entre 3 e 9 MeV, porém a barreira coulômbica para uma partícula α ser emitida do núcleo é de 20 MeV. **Explique** como ocorre a emissão dessas partículas mesmo com a discrepância energética.

Resposta:

Podemos remover essa discrepância por meio da descrição do comportamento da partícula em termos de mecânica quântica. A partícula comporta-se como se pudesse “tunelar” através da barreira coulômbica com um nível energia menor que 20 MeV. A análise matemática desse fenômeno de tunelamento leva à previsão de que quanto mais estreita for a barreira de energia potencial, mais provável e frequente será a emissão de partículas.