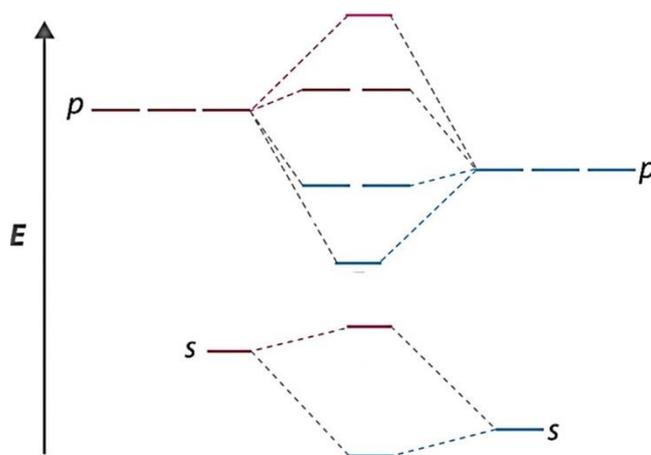
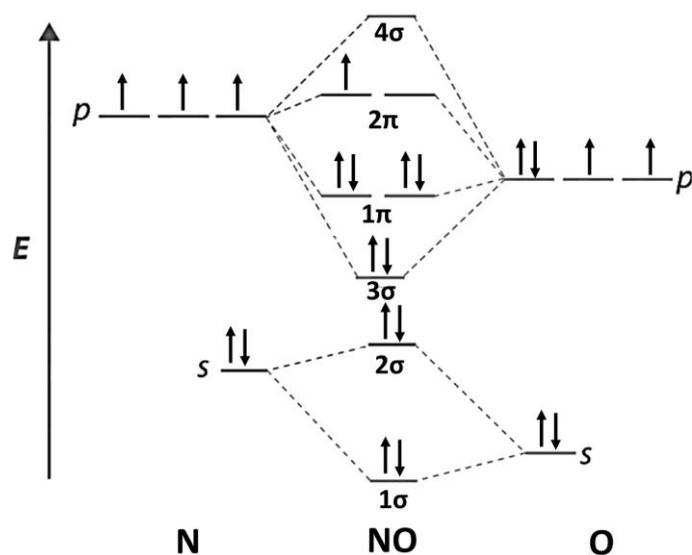


1ª Questão

a) O óxido de nitrogênio(II), normalmente chamado de óxido nítrico (NO), é uma molécula que diferentemente do seu correspondente NO<sub>2</sub> não forma um dímero estável em fase gasosa. Esta diferença ocorre devido a maior deslocalização eletrônica no NO. A partir dessa informação, complete o diagrama de orbitais moleculares para o NO, indicando as simetrias dos orbitais. Calcule a ordem de ligação e diga se a molécula é paramagnética ou diamagnética (3,0 pontos).



Resp:



Ordem de ligação (OL) = (nº de e<sup>-</sup> orbitais ligantes – nº de e<sup>-</sup> orbitais antiligantes)/2

$$OL = (8 - 3)/2 = 2,5$$

A molécula é paramagnética, pois possui um elétron desemparelhado.

b) Considere os dois íons complexos: 1.  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  e 2.  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ .

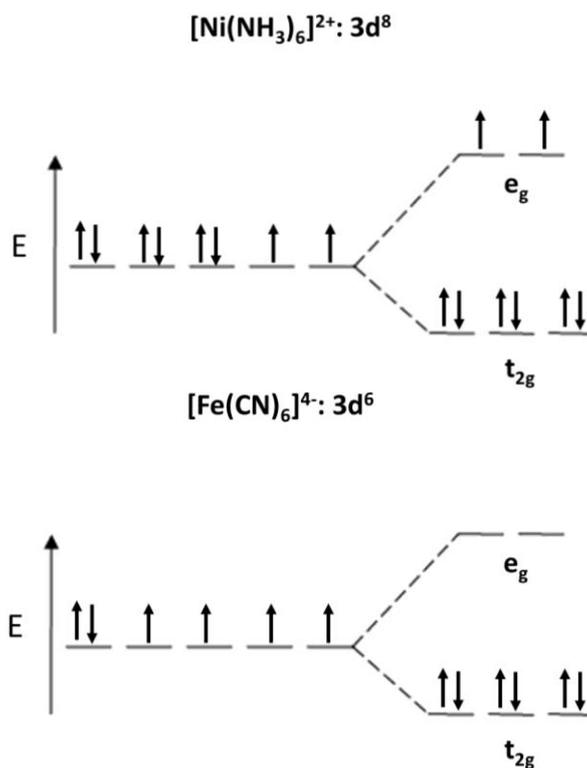
Construa os diagramas de campo cristalino, a partir dos orbitais d, para os dois íons complexos.

**(3,0 pontos)**

Dado a série espectroquímica:

$\text{CO}, \text{CN}^- > \text{phen} > \text{NO}_2^-, \text{en} > \text{py}, \text{NH}_3 > \text{NCS}^- > \text{H}_2\text{O} > \text{O}^{2-} > \text{OH}^- > \text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{S}^{2-} > \text{SCN}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$

**Resp:**



c) Qual tipo de configuração (spin alto ou baixo) os íons irão adotar? Por quê? Indique com base na configuração eletrônica o caráter paramagnético ou diamagnético esperado para os dois íons. **(4,0 pontos)**

**Resp:**

Para complexos octaédricos  $d^8$ , como o  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ , não há dúvida sobre a configuração, e as indicações de spin alto e spin baixo não são usadas. Devido à presença de dois elétrons desemparelhados nos orbitais  $e_g$  o complexo apresenta comportamento paramagnético. No íon complexo  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  o ferro tem estado de oxidação  $2+$  correspondendo a uma configuração  $d^6$ . Dado que o ligante  $\text{CN}^-$  é forte (série espectroquímica) espera-se que os seis elétrons ocupem completamente os orbitais  $t_{2g}$ , de modo que todos os elétrons encontram-se emparelhados e o complexo tem comportamento diamagnético.

## 2ª Questão

Um aluno ao realizar uma aula prática de Química Analítica, adicionou a solução aquosa de sua amostra contendo íons  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  ambos a  $0,010 \text{ mol/L}$ , uma solução tampão  $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ . Os hidróxidos  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  e  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  são precipitados conforme o controle de íons hidroxilas. Baseando-se nas informações responda:

Dados:  $K_{\text{ps}} \text{Fe}(\text{OH})_3 = 3,2 \times 10^{-38}$ ;  $K_{\text{ps}} \text{Mg}(\text{OH})_2 = 6,0 \times 10^{-10}$ ;  $(6,0)^{1/2} = 2,45$ ;  $\log(2,45) = 0,39$ ;

$\text{pK}_b = 4,74$ .



a) Explique, através do efeito do íon comum e do produto de solubilidade, como a adição da solução diluída de amônia em presença de cloreto de amônio, pode impedir a precipitação de outros hidróxidos mais solúveis. **(3,0 pontos)**

**Resp:**

Devido ao efeito do íon comum, no caso o  $\text{NH}_4^+$ , o equilíbrio é deslocado no sentido da diminuição da concentração de íons hidroxilas. Assim, a concentração de  $\text{OH}^-$  no meio não é muito alta, suficiente apenas para precipitar hidróxidos de menor  $K_{\text{ps}}$ .

b) Em que pH o segundo íon começa a precipitar? **(4,0 pontos)**

**Resp:**

O segundo íon a precipitar é o  $\text{Mg}^{2+}$ , cuja  $[\text{Mg}^{2+}] = 0,010 \text{ mol/L}$ , então:

$$K_{\text{ps}} \text{Mg}(\text{OH})_2 = [\text{Mg}^{2+}] [\text{OH}^-]^2 = 6,0 \times 10^{-10};$$

$$[\text{OH}^-] = (6,0 \times 10^{-10}/0,01)^{1/2} = 2,45 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log(2,45 \times 10^{-4}) = -(\log(2,45) + \log(10^{-4})) = -(0,39 - 4,0) = 3,61$$

$$\text{pH} = 14 - 3,61 = \mathbf{10,39}.$$

c) Qual o pH de um litro da solução tampão contendo 0,010 mol de  $\text{NH}_3$  e 0,010 mol de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ?

**(3,0 pontos)**

**Resp:**

$$\text{pH} = 14 - \text{pKb} - \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$$

$$\text{pH} = 14 - 4,74 - \log (0,010/0,010), \text{ como } \log 1 = 0$$

$$\text{pH} = 14 - 4,74 = \mathbf{9,26}.$$

3ª Questão

O Calor de Combustão de benzeno é  $q = 2000 \text{ KJ mol}^{-1}$ . Quando 39,0 g de benzeno é queimado na bomba calorimétrica, a temperatura sobe de  $20,0 \text{ }^\circ\text{C}$  para  $30,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Isto ocorre a **volume constante**.

a) Calcule a variação de energia interna ( $\Delta U$ ). **(3,0 pontos)**

b) Qual é a capacidade calorífica do calorímetro ( $C_v$ )? **(3,0 pontos)**

c) Calcule a variação de entropia ( $\Delta S$ ) deste processo, assumindo que a capacidade calorífica é constante nesse intervalo de temperatura. **(4,0 pontos)**

**Dados:**

$$T \text{ em K} = \text{ }^\circ\text{C} + 273$$

$$\text{Massa Molecular do Benzeno} = 78,0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\Delta U = q + w, \text{ então } dU = dq + dw$$

$$\Delta U = C_v \Delta T, \text{ então } dU = C_v dT$$

$$\Delta S = \int_i^f \frac{dq}{T}$$

$$\int_i^f \frac{A dX}{X} = A \int_i^f \frac{dX}{X} = A \ln \left( \frac{X_f}{X_i} \right)$$

$$\frac{303}{293} = 1,034$$

$$\ln 1,034 = 0,0336$$

Resp:

- a) 78 g de benzeno -----1 mol  
39 g de benzeno ----- X = 0,50 mol de benzeno

1 mol de benzeno ----- 2000 k J mol<sup>-1</sup>  
0,50 mol de benzeno ----- Y = 1000 k J (1,0 ponto)

Variação de energia interna ( $\Delta U$ ) é dada por:  $\Delta U = q + w$ . Como o processo acontece a volume constante, não existe a execução de trabalho ( $w$ ), logo  $w = 0$  e  $\Delta U = q = 1000$  kJ (2,0 pontos)

- b)  $T_i = 20\text{ }^\circ\text{C} + 273 = 293$  K  
 $T_f = 30\text{ }^\circ\text{C} + 273 = 303$  K  
 $\Delta T = (303 - 293)$  K = 10 K (1,0 ponto)

$$\Delta U = C_v \times \Delta T \Rightarrow 1000 \text{ kJ} = C_v \times 10 \text{ K} \Rightarrow C_v = 100 \text{ kJ K}^{-1} \text{ (2,0 pontos)}$$

- c) Se  $du = dq + dw = C_v \times dT$ , e  $dw = 0$  (Volume constante), então:  $dq = C_v \times dT$  (1,0 ponto)

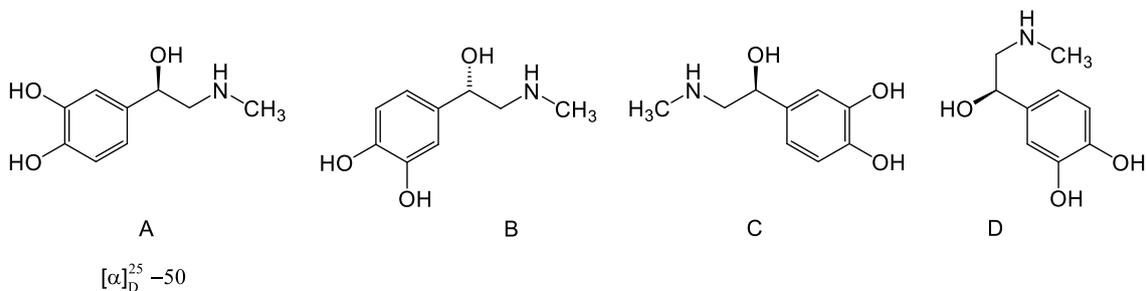
$$\Delta S = \int_i^f \frac{dq}{T}$$

$$\Delta S = \int_i^f \frac{C_v dT}{T} = C_v \int_i^f \frac{dT}{T} = C_v \ln\left(\frac{303\text{K}}{293\text{K}}\right) \text{ (1,0 ponto)}$$

$$\Delta S = C_v \ln(1,034) = 100 \text{ kJ K}^{-1} \times 0,0336 = 3,36 \text{ kJ K}^{-1} \text{ (2,0 pontos)}$$

#### 4ª Questão

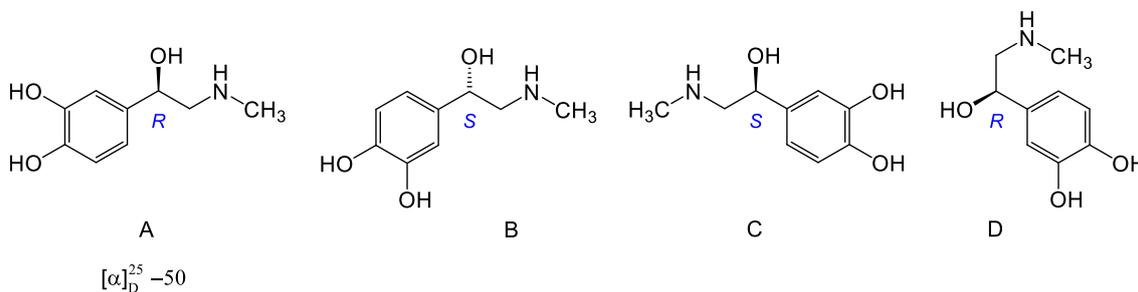
Levando em consideração os aspectos estereoquímicos nas estruturas abaixo.



Responda:

a) Determine a configuração absoluta *R* ou *S* (segundo Cahn, Ingold e Prelog) dos carbonos assimétricos presentes nos compostos **A–D**. (4,0 pontos)

Resp:



b) Quais são as relações estereoquímicas (idênticos, enantiômeros ou diastereômeros) entre: (3,0 pontos)

I) **A e B**

II) **A e C**

III) **A e D**

Resp:

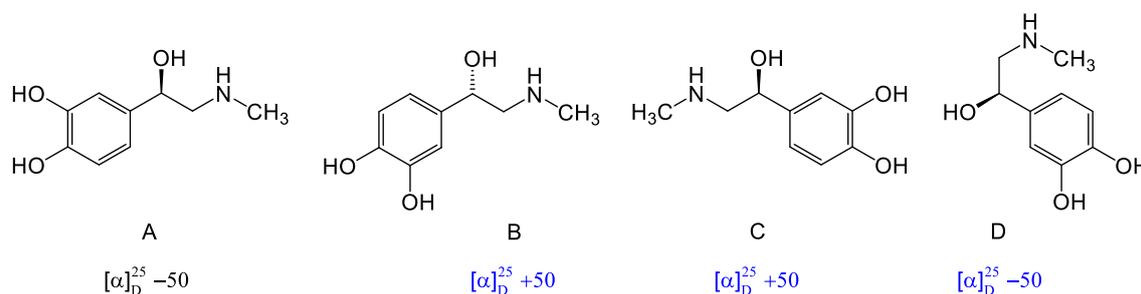
I) **A e B** são enantiômeros.

II) **A e C** são enantiômeros.

III) **A e D** são idênticos.

c) Determine a rotação específica ( $[\alpha]_D^{25}$ ) dos compostos **B**, **C** e **D**. (3,0 pontos)

Resp:

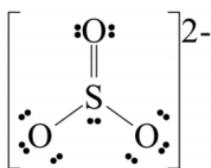


### 5ª Questão

As principais funções da adição de compostos de S(IV) em alimentos são a ação antimicrobiana e fungicida; inibição da descoloração; ação antioxidante e a capacidade de inibição de enzimas. Sabendo que os elétrons em uma molécula devem estar distribuídos de forma que as cargas nos átomos fiquem o mais próximo possível de zero:

- a) Esboce a melhor estrutura de Lewis para o íon sulfito,  $\text{SO}_3^{2-}$ , com base nas cargas formais. Deixe os cálculos indicados. **(4,0 pontos)**

**Resp:**



Carga formal (CF): Número de elétrons de valência no átomo isolado – número de elétrons atribuídos a esse átomo na estrutura de Lewis

$$\text{CF}_S = 6 - 6 = 0$$

$$\text{CF}_{\text{O}'} = 6 - 7 = -1$$

$$\text{CF}_{\text{O}''} = 6 - 6 = 0$$

- b) Identifique a hibridização do átomo de enxofre no íon  $\text{SO}_3^{2-}$ . **(3,0 pontos)**

**Resp:**

Hibridização  $\text{sp}^3$ , característica de arranjo tetraédrico.

- c) Em solução aquosa o íon sulfito interage com os íons  $\text{H}^+$ . O  $\text{H}^+$  se liga ao átomo de S ou ao átomo de O no  $\text{SO}_3^{2-}$ ? Justifique. **(3,0 pontos)**

**Resp:**

Os íons  $\text{H}^+$  devem se ligar aos átomos de oxigênio, devido à carga formal negativa desse átomo, enquanto o enxofre apresenta carga formal zero.

### 6ª Questão

No dia a dia nos laboratórios de química, as reações e os processos são realizados a partir de soluções denominadas estoques ou de reagentes puros. A partir dessa informação responda:

a) Considerando uma solução estoque de hidróxido de sódio a 0,100 mol/L e sabendo que sua massa molar é igual a 40,00 g/mol, calcule a massa, em gramas do hidróxido contido em 50,00 mL da solução estoque. Expresse em g/L a concentração da solução estoque.

**(4,0 pontos)**

**Resp:**

$$0,100 \text{ mol} \text{ ----- } 1 \text{ L}$$

$$x \text{ ----- } 0,05 \text{ L} \quad \rightarrow \quad x = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} \text{ ----- } 40,00 \text{ g}$$

$$5 \times 10^{-3} \text{ mol} \text{ ----- } y \quad \rightarrow \quad y = 0,2000 \text{ g de NaOH}$$

$$1 \text{ mol/L} \text{ ----- } 40,00 \text{ g}$$

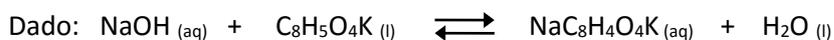
$$0,100 \text{ mol/L} \text{ ----- } z \quad \rightarrow \quad z = 4,0000 \text{ g/L}$$

**OBS: outra solução da questão.**

$$m = C(\text{mol/L}) \times V(\text{L}) \times M(\text{g/mol}) = 0,100 \times 0,05 \times 40,00 = 0,2000 \text{ g de NaOH}$$

$$C(\text{g/L}) = C(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol}) = 0,100 \times 40,00 = 4,0000 \text{ g/L}$$

b) Calcule a massa necessária de biftalato de potássio ( $C_8H_5O_4K$ ), cuja massa molar é igual a 204,00 g/mol e sua pureza de 97%, para reagir com uma alíquota de 20,00 mL da solução estoque de NaOH. **(3,0 pontos)**



**Resp:**

$n_{\text{biftalato}} = n_{\text{NaOH}}$  como  $n = m/M$  temos:

$$m_{\text{biftalato}} = C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times M_{\text{biftalato}} = 0,100 \times 0,02 \times 204,00 = 0,4080 \text{ g de biftalato}$$

Como o grau de pureza é 97%, temos:

$$0,4080 \text{ g biftalato} \text{ ----- } 97\%$$

$$x \text{ ----- } 100\% \quad \rightarrow \quad x = 0,4206 \text{ g de biftalato.}$$

c) qual o pH quando na titulação de 10,00 mL da solução estoque de NaOH forem adicionados 10,00 mL da HCl  $5,0 \times 10^{-2}$  mol/L? (dado  $\log 2,5 = 0,40$ ) **(3,0 pontos)**

**Resp:**

$$C_{\text{NaOH exc.}} = C_b \times V_b - C_a \times V_a / V_a + V_b = (0,100 \times 10,00) - (5 \times 10^{-2} \times 10,00) / 20,00$$

$$C_{\text{NaOH exc.}} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$C_{\text{NaOH exc.}} = [\text{OH}^-]$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 2,5 \times 10^{-2} = 2 - 0,40 = 1,60$$

$$\text{pH} = 14 - 1,60 = \mathbf{12,40.}$$

### 7ª Questão

Considerando a reação do NO(g) com Cl<sub>2</sub>(g) produzindo NOCl(g) e os dados da tabela, responda:

Experimento	[NO] (mol/L)	[Cl <sub>2</sub> ] (mol/L)	Velocidade (mol/L s)
1	0,250	0,250	$1,43 \times 10^{-6}$
2	0,500	0,250	$5,72 \times 10^{-6}$
3	0,250	0,500	$2,86 \times 10^{-6}$
4	0,500	0,500	$11,4 \times 10^{-6}$

a) Escreva a equação balanceada da reação e de velocidade. **(4,0 pontos)**

**Resp:**

Equação balanceada:  $2 \text{NO(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \longrightarrow 2 \text{NOCl(g)}$

Equação de velocidade:

- Comparando os experimentos 1 e 2, onde [Cl<sub>2</sub>] foi mantida constante e a [NO] dobrou, a velocidade da reação aumenta em um fator de 4 (de  $1,43 \times 10^{-6}$  para  $5,72 \times 10^{-6}$ ), portanto a reação é de segunda ordem para o NO. Então a velocidade  $\propto [\text{NO}]^2$ .

- Comparando os experimentos 1 e 3, onde [Cl<sub>2</sub>] dobrou e a [NO] foi mantida constante, a velocidade da reação dobra (de  $1,43 \times 10^{-6}$  para  $2,86 \times 10^{-6}$ ), portanto a reação é de primeira ordem para o Cl<sub>2</sub>. Então a velocidade  $\propto [\text{Cl}_2]$ .

Daí: **Velocidade = k [NO]<sup>2</sup> [Cl<sub>2</sub>]**

b) Determine o valor da constante de velocidade da reação. **(3,0 pontos)**

**Resp:**

Podemos escolher os dados de qualquer um dos quatro experimentos. Optando pelo experimento 1, temos:

$$k = \text{Velocidade}/[\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2] = 1,43 \times 10^{-6}/(0,250)^2 (0,250) = \mathbf{9,15 \times 10^{-5} \text{ L/mol s}}$$

c) Calcule a velocidade da reação quando 0,250 mol/L de NO reagirem com 0,750 mol/L de Cl<sub>2</sub>.  
**(3,0 pontos)**

**Resp:**

$$\text{Velocidade} = k [\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2] = 9,15 \times 10^{-5} \times (0,250)^2 \times 0,750 = \mathbf{4,29 \times 10^{-6} \text{ mol/L s}}$$

**OBS: outra solução da questão.**

Baseando-se que a reação é de terceira ordem global, temos:

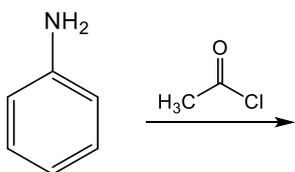
$$\text{Velocidade} = 3 \times \text{Velocidade (experimento 1)} = 3 \times 1,43 \times 10^{-6} = \mathbf{4,29 \times 10^{-6} \text{ mol/L s}}$$

### 8ª Questão

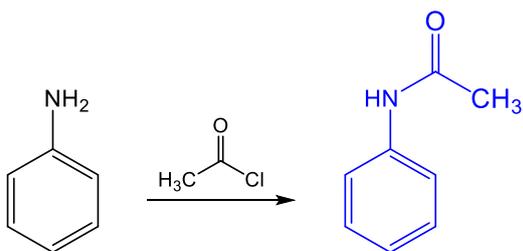
Qual é o **produto majoritário** de cada uma das reações propostas abaixo. Explique.

**Sugestão de nota:** itens a) e b) 2 pts para cada produto e 1 pto para a explicação. Item c) 3 pts para o produto e 1 pto para a explicação. As explicações podem ser na forma descritiva ou com o mecanismo.

a) Substituição nucleofílica. (3,0 pontos)

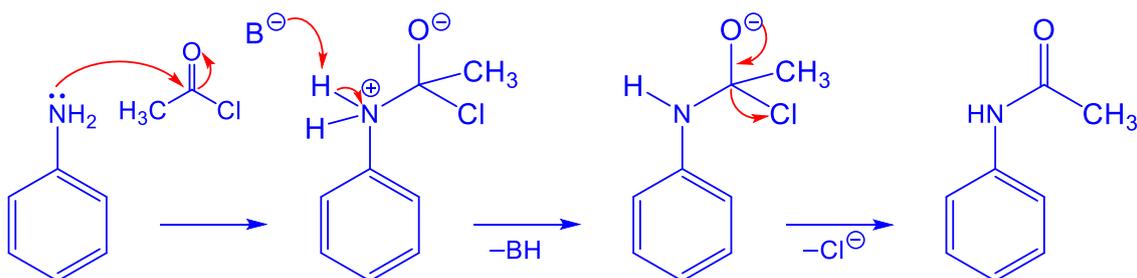


Resp:

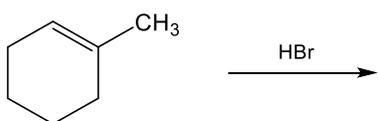


Esta reação trata-se de uma substituição nucleofílica acílica, assim o nucleófilo (nitrogênio da anilina) atacará o carbono da carbonila do cloreto de acila. A ligação  $\pi$  (entre carbono e oxigênio) se rompe, ficando o par de elétrons com o oxigênio. Na sequência, é reestabelecida a ligação dupla da carbonila (entre o oxigênio e o carbono), e com isso o cloreto é eliminado, uma vez que é um bom grupo abandonador. O produto formado é a *N*-feniletanamida ou *N*-fenilacetamida (amida).

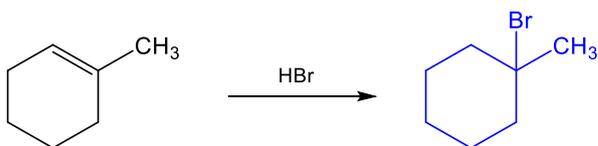
**Ou na forma de mecanismo:**



b) Adição. (3,0 pontos)

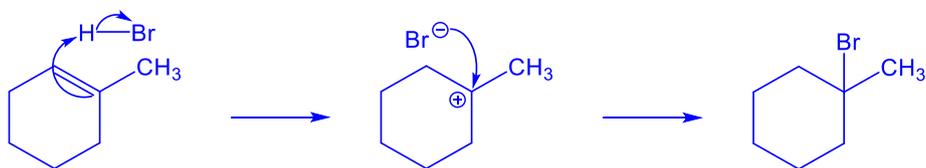


Resp:

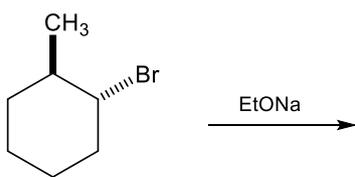


Por se tratar de uma reação de adição a dupla ligação de alcenos, inicialmente a dupla ligação do alceno ataca o hidrogênio do ácido (HBr), liberando o íon brometo. Nesta etapa o hidrogênio é adicionado ao carbono mais hidrogenado da dupla ligação (regra de Markovnikov), formando assim o carbocátion mais estável (terciário). Na sequência o brometo ataca o carbocátion, levando a formação do produto (1-bromo-1-metilcicloexano).

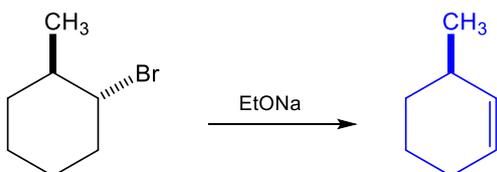
Ou na forma de mecanismo:



c) Eliminação. (4,0 pontos)

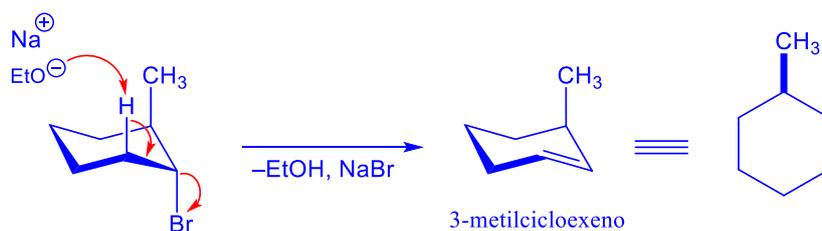


Resp:



Por se tratar de uma reação de eliminação, o produto deverá ser um alceno. Inicialmente é necessário avaliar qual dos hidrogênios do cicloexano está antiperiplanar ao grupo abandonador ( $\text{Br}$ ), o que é necessário para o andamento das reações de eliminação. Para este tipo de análise, estruturas de cadeira ajudam na visualização. Analisando esta estrutura é possível observar que só há hidrogênios antiperiplanares na posição 6 do cicloexano. Assim, quando a base ( $\text{EtO}^-$ ) capturar o hidrogênio antiperiplanar o alceno formado será o 3-metilcicloexeno.

**Ou na forma de mecanismo:**

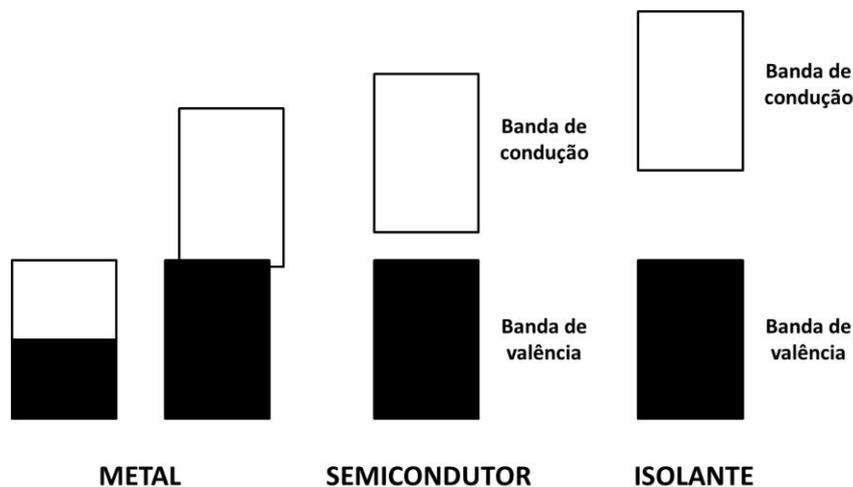


### 9ª Questão

Os elementos do grupo 14, carbono, silício, germânio, estanho e chumbo, mostram uma diversidade muito grande em suas propriedades físicas e químicas, Considerando essa informação:

a) Desenhe as estruturas de banda e explique de que maneira os condutores, os isolantes e os semicondutores se diferem de acordo com essas estruturas. **(4,0 pontos)**

**Resp:**



Em um metal existem duas possíveis estruturas: uma onde a banda não está completamente preenchida e outra onde as energias dos orbitais s e p são similares e as bandas se sobrepõem. Em ambas as estruturas os elétrons possuem mobilidade através do sólido e o mesmo é um condutor elétrico. Um sólido é um isolante se a banda de valência está completamente preenchida e existe uma grande separação de energia (band gap) até a banda de condução. Em um semicondutor a separação energética entre as bandas é pequena, sendo que a energia térmica faz com que alguns elétrons passem para a banda de condução.

b) Quais das seguintes substâncias, quando adicionadas em quantidades traço ao germânio, produziria um semicondutor do **tipo n**: (i) enxofre, (ii) alumínio, (iii) estanho ou (iv) arsênio? Explique. **(3,0 pontos)**

**Resp:**

O enxofre e o arsênio, pois possuem um número maior de elétrons de valência que o germânio, introduzindo elétrons na banda de condução.

c) Qual das seguintes substâncias, quando adicionada em quantidades traço ao germânio, produziria um semicondutor do **tipo p**: (i) enxofre, (ii) alumínio, (iii) estanho ou (iv) arsênio? Explique. **(3,0 pontos)**

**Resp:**

O alumínio, pois possui um número menor de elétrons de valência que o germânio, introduzindo buracos na banda de valência.

#### 10ª Questão

O contato com certos metais (como o cobre e o estanho) pode acelerar a corrosão de uma placa de ferro e torná-la mais intensa, enquanto o contato com metais (como zinco e o magnésio) pode impedir ou retardar a formação de ferrugem. Levando-se em conta os valores dos potenciais ( $E^\circ_{\text{Red}}$ ), responda:

Dados:  $E^\circ_{\text{Red}}(\text{Cu}) = +0,337 \text{ V}$ ;  $E^\circ_{\text{Red}}(\text{Zn}) = -0,763 \text{ V}$ ;  $E^\circ_{\text{Red}}(\text{Fe}) = -0,440 \text{ V}$ .

a) Explique por que uma placa de ferro sofre corrosão numa solução de  $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ . Numa pilha formada por ferro e zinco indique quem são o cátodo e o ânodo, e escreva as respectivas semi-reações. **(3,0 Pontos)**

**Resp:**

A placa de ferro sofrerá corrosão numa solução de  $\text{CuSO}_4$  porque o potencial de oxidação do ferro é maior que o potencial de oxidação do cobre. **(1,0 ponto)**

cátodo: placa de ferro ( $\text{Fe}^\circ$ ) **(0,5 ponto)**

semi-reação:  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$  **(0,5 ponto)**

ânodo: placa de zinco ( $\text{Zn}^\circ$ ) **(0,5 ponto)**

semi-reação:  $\text{Zn}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$  **(0,5 ponto)**

b) De acordo com a IUPAC como deve ser representada a pilha formada por ferro e zinco? Calcule o potencial eletroquímico desta pilha. **(3,0 pontos)**

**Resp:**

representação:  $\text{Zn}(\text{s}) / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) // \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) / \text{Fe}(\text{s})$  **(2,0 ponto)**

$E^\circ = E^\circ_{\text{Red}} + E^\circ_{\text{Oxi}} = -0,440 + (+0,763) = +0,323 \text{ V}$  **(1,0 ponto)**

c) Considerando que a pilha formada por ferro e zinco encontra-se à temperatura de 25 °C, calcule a variação da energia livre padrão ( $\Delta G^\circ$ ) e a constante de equilíbrio ( $K_{eq}$ ) da célula. Explique os resultados. **(4,0 pontos)**

**Dados:**

$$\Delta G^\circ = -n F E^\circ$$

$$T \text{ em K} = ^\circ\text{C} + 273$$

$$K_{eq} = e^{\frac{\Delta G^\circ}{RT}}$$

$$e^{25,15} = 8,33 \times 10^{10}$$

$$F = 96\,500 \text{ C mol}^{-1}$$

$$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J C}^{-1}$$

**Resp:**

$$\Delta G^\circ = -n F E^\circ, n = 2$$

$$\Delta G^\circ = -2 \times 96\,500 \text{ C mol}^{-1} \times 0,323 \text{ V}$$

$$\Delta G^\circ = -2 \times 96\,500 \text{ C mol}^{-1} \times 0,323 \text{ J C}^{-1}$$

$\Delta G^\circ = -62,3 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1} = -62,3 \text{ kJ mol}^{-1} \Rightarrow$  Valor negativo de  $\Delta G^\circ$  implica que o processo de redução do ferro pelo zinco é espontâneo. **(2,0 pontos)**

$$K_{eq} = e^{\frac{\Delta G^\circ}{RT}}$$

$$K_{eq} = e^{\frac{-62300 \text{ J mol}^{-1}}{8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}} = e^{25,15} = 8,33 \times 10^{10}$$

A constante de equilíbrio de  $8,33 \times 10^{10}$  é muito maior que 1, e isso implica que o sistema segue para o equilíbrio favorecendo os produtos. **(2,0 pontos)**