

PARTE I - QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA

Questão 1 – Em um laboratório de química um estudante determinou a densidade de três líquidos distintos e imiscíveis entre si. Para cada líquido ele fez o seguinte procedimento:

- (1) mediu a massa de um béquer usando uma balança semianalítica;
- (2) mediu um determinado volume do líquido usando uma pipeta volumétrica;
- (3) mediu a massa do sistema (béquer + líquido) usando a mesma balança.

Os dados obtidos pelo estudante constam no quadro abaixo.

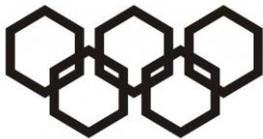
Líquido	Massa do béquer (g)	Volume do líquido (mL)	Massa do sistema (g)
1	30,22	20,00	59,80
2	35,43	10,00	42,57
3	40,28	25,00	65,23

Em relação ao experimento realizado, é **correto** afirmar que:

- a) o líquido 1 é menos denso que o líquido 2.
- b) o líquido 3 é menos denso que o líquido 2.
- c) em uma mistura dos três líquidos, o líquido 1 deve permanecer na parte inferior da mistura.
- d) em uma mistura dos líquidos 2 e 3, o líquido 2 deve permanecer na parte inferior da mistura.
- e) em uma mistura dos líquidos 1 e 3, o líquido 3 deve permanecer na parte inferior da mistura.

Questão 2 – O ácido fosfórico (H_3PO_4) é um ácido triprótico. Que massa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ seria necessária para neutralizar 100 mL de uma solução 1 mol L^{-1} de ácido fosfórico?

- a) 3,7 g
- b) 4,9 g
- c) 7,4 g
- d) 11,1 g
- e) 22,2 g



Questão 3 – O nitrato de amônio é usado como fertilizante, inseticida, herbicida, dentre outros. A decomposição do nitrato de amônio sólido gera óxido de dinitrogênio e água, ambos no estado gasoso. Alguns dados termoquímicos são apresentados para essas substâncias no quadro abaixo.

Substância	$\Delta_f H^\circ$ (kJ mol ⁻¹)	S° (J K ⁻¹ mol ⁻¹)
Nitrato de amônio (s)	- 365,6	151,1
Óxido de dinitrogênio (g)	81,6	220,0
Água (g)	- 241,8	188,8

A partir dos dados fornecidos, é correto afirmar que a reação de decomposição do nitrato de amônio

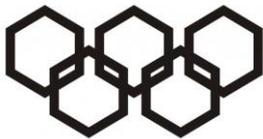
- a) é endotérmica.
- b) é espontânea a qualquer temperatura.**
- c) ocorre com diminuição de entropia.
- d) ocorre com aumento da energia livre de Gibbs.
- e) é espontânea somente em temperaturas inferiores a 0 °C.

Questão 4 – O azul da Prússia é um pigmento azul profundo contendo íons Fe²⁺, Fe³⁺ e CN⁻. Tem a fórmula Fe₇(CN)₁₈. Quantos íons Fe²⁺ e Fe³⁺ existem por unidade de fórmula?

- a) 0 Fe²⁺ e 6 Fe³⁺
- b) 3 Fe²⁺ e 4 Fe³⁺**
- c) 4 Fe²⁺ e 3 Fe³⁺
- d) 5 Fe²⁺ e 2 Fe³⁺
- e) 9 Fe²⁺ e 0 Fe³⁺

Questão 5 – As substâncias inorgânicas contendo flúor possuem diversas aplicações na indústria. Dentre elas, pode-se destacar: pentafluoreto de iodo, trifluoreto de arsênio ou cloro, difluoreto de enxofre ou xenônio. Qual dessas substâncias é classificada como não polar?

- a) Trifluoreto de cloro.
- b) Trifluoreto de arsênio.
- c) Pentafluoreto de iodo.
- d) Difluoreto de enxofre.
- e) Difluoreto de xenônio.**



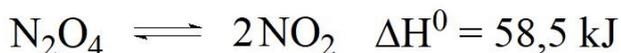
Questão 6 – A reação abaixo segue cinética de primeira ordem e, sob temperatura de 400 °C, sua constante de velocidade é $k = 2,0 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.



Qual é o percentual de decomposição de A_2B_2 , após aquecimento durante 900 segundos?

- a) 16,5 %
- b) 18,0 %
- c) 71,1 %
- d) 50,0 %
- e) 83,5 %

Questão 7 – Tetróxido de dinitrogênio é um composto com fórmula N_2O_4 . Apresenta-se como líquido abaixo de 21 °C e que solidifica a -11 °C. Decompõe-se facilmente e reversivelmente a um gás avermelhado que possui elétrons desemparelhados, agindo em muitos casos como radical livre, o NO_2 , segundo a reação:



É usado como propelente de foguetes, formando misturas hipergólicas (de autoignição), com hidrazina e seus compostos. Usado para essa finalidade, ele é conhecido simplesmente como *tetróxido de dinitrogênio* e a sigla **NTO** é amplamente utilizada nesses casos.

(Adaptado de:

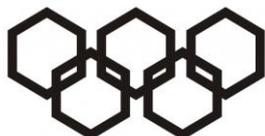
https://pt.wikipedia.org/wiki/Tetr%C3%B3xido_de_nitrog%C3%AAnio#:~:text=Tetr%C3%B3xido%20de%20nitrog%C3%AAnio%20ou%20tetr%C3%B3xido,radical%20livre%2C%20o%20NO2. Acesso

em: 24 de julho de 2023.)

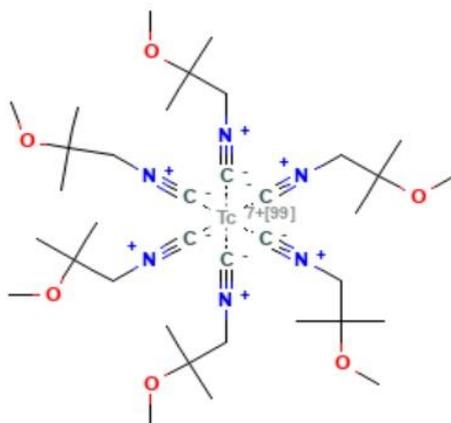
Assinale a afirmativa correta sobre a reação de decomposição do NTO.

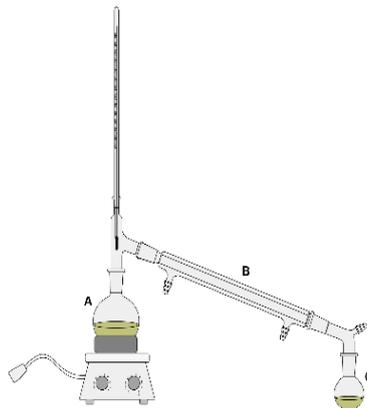
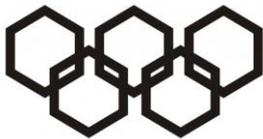
- a) Um aumento de temperatura desloca o equilíbrio para a esquerda.
- b) Um aumento da pressão parcial do $\text{NO}_2(\text{g})$ desloca o equilíbrio para a direita.
- c) O aumento da pressão total no sistema desloca o equilíbrio no sentido de aumentar a dissociação do **NTO**.
- d) Nas condições da experiência $K_p = K_c$
- e) Considerando que o $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ encontra-se 20 % dissociado, podemos afirmar que o valor do K_p nas condições da experiência vale 0,20 atm.

Questão 8 – O tecnécio é um produto radioativo da fissão do urânio. Ele é classificado como



um elemento cisurânico, pois é o único elemento artificial da tabela periódica cujo número atômico ($Z = 43$) é menor que o do urânio. O tecnécio-99m ($m =$ metaestável, $99 =$ número de massa) é um produto da desintegração do molibdênio-99 e apresenta um tempo de meia-vida de 6 horas. O tecnécio-99m tem importância na medicina nuclear, pois é administrado na forma do radiofármaco MIBI-99mTc (fórmula na figura a seguir), para exames de imagem, por exemplo na cintilografia do miocárdio.





Em relação a esse sistema, o estudante fez as seguintes anotações:

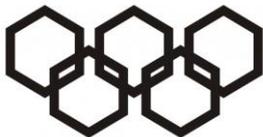
- I. No balão indicado pela letra **A** existe uma solução constituída por uma fase.
- II. A vidraria indicada pela letra **B** é um condensador de cano longo.
- III. No balão indicado pela letra **C** o líquido obtido é o etanol.
- IV. Na vidraria indicada pela letra **B**, a entrada de água é feita pelo lado esquerdo, próximo ao balão **A**.
- V. O processo usado na separação da mistura é uma destilação fracionada.

Quais anotações do estudante estão corretas?

- a) Apenas I e II.
- b) Apenas I, II e III.
- c) Apenas II, III e IV.
- d) Apenas III, IV e V.
- e) Apenas IV e V.

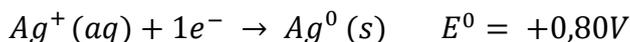
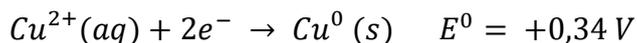
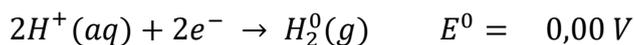
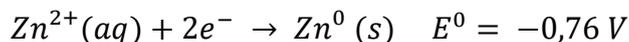
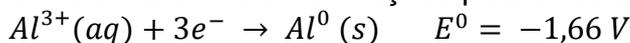
Questão 10 – Na cromagem, uma peça de metal a ser revestida é colocada em um banho quente de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido crômico (H_2CrO_4) e se torna o cátodo em uma célula eletrolítica. Considere que uma camada de cromo com espessura de $3,0 \times 10^{-3}$ cm precisa ser aplicada sobre uma placa metálica que possui área de $2,0 \times 10^3$ cm². Se uma corrente de 250 A for usada, indique o tempo aproximado (em minutos) que a corrente deve passar pela placa para se alcançar a espessura desejada. Admita que a densidade do cromo é de $7,2$ g cm⁻³.

- a) 64
- b) 32
- c) 21
- d) 11
- e) 7



Questão 11 – Uma célula galvânica ou célula voltaica, nomes dados em homenagem a Luigi Galvani e Alessandro Volta, respectivamente, é um dispositivo que converte energia química em energia elétrica, sendo usado em aplicações como baterias e células de combustível para gerar energia elétrica.

Considerando as semirreações padrão abaixo:



Afirma-se:

I- A ordem crescente do poder de oxidação dos cátions é: $\text{Al}^{3+}(\text{aq}) < \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) < \text{H}^{+}(\text{aq}) < \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) < \text{Ag}^{+}(\text{aq})$

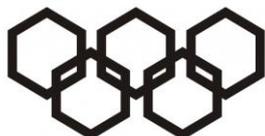
II- Em uma célula eletroquímica formada por eletrodos de alumínio e zinco, a oxidação ocorre no eletrodo de alumínio.

III- A corrosão galvânica, também conhecida como corrosão bimetálica, é um processo eletroquímico que ocorre quando metais distintos entram em contato elétrico através de um mesmo eletrólito e em um deles ocorre corrosão. Entre o cobre e o zinco, a corrosão ocorre no cobre.

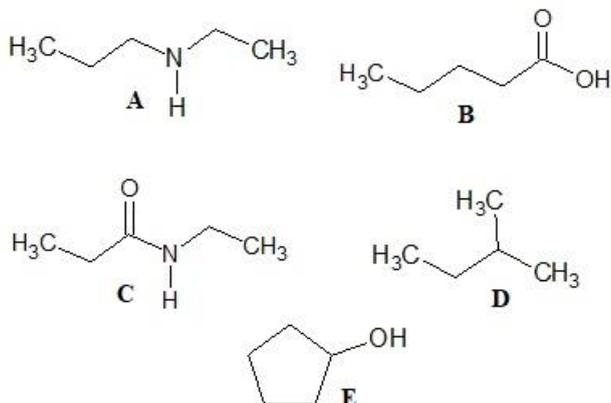
IV- Em uma célula eletroquímica formada por eletrodos de alumínio e cobre, onde as concentrações iniciais de íons zinco e alumínio são 1 mol L^{-1} , se após certo tempo a concentração de íons $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ cai para $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e a de íons alumínio permanece constante, podemos concluir que a voltagem da pilha será de $1,94 \text{ V}$.

Quais afirmações estão corretas?

- a) Apenas I e III.
- b) Apenas II, III e IV.
- c) Apenas I, II e III.
- d) **Apenas II e IV.**
- e) Todas elas.



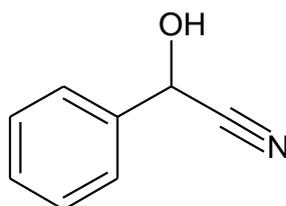
Questão 12 – Pela fórmula estrutural das substâncias orgânicas podemos identificar algumas de suas propriedades físicas como a polaridade e a solubilidade. Podemos observar na estrutura a presença de átomos eletronegativos e a possibilidade de formar ligações de hidrogênio, entre outras características. Considere as seguintes substâncias:



Assinale a alternativa que indica a ordem crescente de polaridade dessas substâncias.

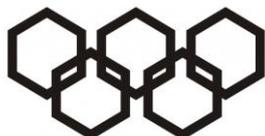
- a) $A < B < C < D < E$
- b) $B < E < C < A < D$
- c) $D < A < E < B < C$
- d) $C < A < D < E < B$
- e) $E < A < B < C < D$

Questão 13 – Cianidrina é uma substância tóxica liberada pelos miriápodes (centopeia) a partir da amigdalina. A cianidrina se decompõe liberando o ácido cianídrico (HCN), que é muito tóxico. Sua fórmula estrutural é:



Analise as proposições a seguir a respeito da cianidrina.

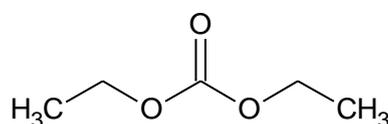
- I. As funções orgânicas presentes na molécula são álcool e nitrila.
- II. Com um carbono assimétrico, a molécula pode ter as configurações *R* e *S*.
- III. A fórmula molecular da cianidrina é C_7H_7NO .
- IV. Na molécula há 1 carbono com hibridação sp^3 , 6 carbonos com hibridação sp^2 e um com hibridação sp .
- V. Seu nome sistemático é 2-fenil-2-hidroxi-etanonitrila.



Assinale a alternativa que indica as proposições verdadeiras:

- a) apenas I, II, IV e V.
- b) apenas II, III e IV.
- c) apenas I, II, III e V.
- d) apenas III e IV.
- e) I, II, III, IV e V.

Questão 14 – Carbonato de dietila é uma substância inflamável, insolúvel em água, usada como solvente industrial de baixa toxicidade. Pode causar irritações nos olhos e aparelho respiratório. Sua fórmula estrutural é:

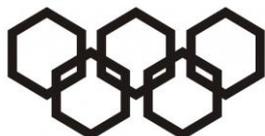


São feitas as seguintes proposições:

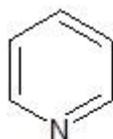
- I. Apesar de ter átomos eletronegativos em sua estrutura, não pode formar ligações de hidrogênio com moléculas da mesma substância, diminuindo sua polaridade.
- II. Sua cadeia carbônica é aberta, normal, heterogênea e insaturada.
- III. Na molécula há um átomo de carbono insaturado e 4 carbonos saturados.
- IV. Na molécula há 4 átomos de carbono com hibridação sp^3 e um carbono com hibridação sp^2 .
- V. Na molécula há uma ligação π (pi). Todas as demais são ligações σ (sigma).

Assinale a alternativa que indica as proposições verdadeiras:

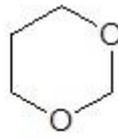
- a) apenas I, III e V.
- b) apenas I, III, IV e V.
- c) apenas II, III, IV e V.
- d) apenas IV e V.
- e) I, II, III, IV e V.



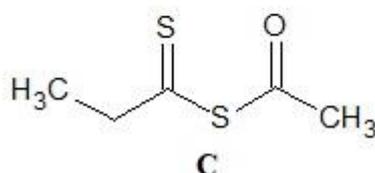
Questão 15 – Na nomenclatura sistemática para substâncias complexas são usados prefixos como oxa, tia, aza, oxo, tio, entre outros. Para as substâncias a seguir,



A



B



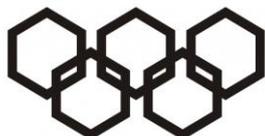
C

são dadas as nomenclaturas sistemáticas:

- I. A: azabenzeno
- II. B: 1,3-dioxociclo-hexano
- III. C: 2-oxo-3-tia-4-tio-hexano
- IV. B: 1,3-dioxaciclo-hexano

Quais associações entre estrutura e nomenclatura estão corretas?

- a) Apenas II e IV.
- b) Apenas I, II e III.
- c) Apenas I, III e IV.**
- d) Apenas II, III e IV.
- e) I, II, III e IV.



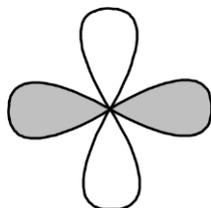
PARTE II - QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

Questão 16 – Em julho de 2023 estreou nos cinemas o filme “Oppenheimer”, que buscou contar a história do físico que dá nome ao filme e chefiou o projeto para o desenvolvimento da bomba nuclear durante a Segunda Guerra Mundial. Nesse filme, cientistas importantes, como Niels Bohr e Werner Heisenberg, foram retratados. Todos esses cientistas tiveram um papel fundamental para o entendimento da estrutura do átomo, de acordo com o modelo atual. Considerando seus conhecimentos sobre os modelos atômicos, responda aos itens seguintes.

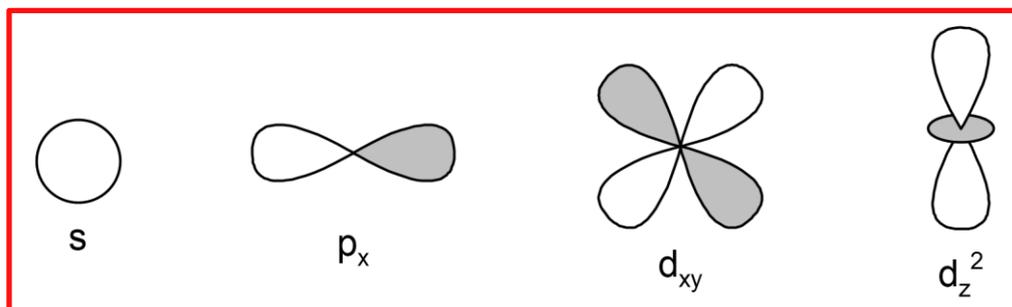
a) O modelo atômico proposto por Niels Bohr foi importante para a explicação do espectro de emissão dos gases, especialmente o hidrogênio. Considerando esse modelo, explique a origem da cor observada nos letreiros em neon.

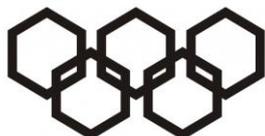
Nesses letreiros, uma diferença de potencial é aplicada e, conseqüentemente, o elétron de valência dos gases que constituem o letreiro é excitado do estado fundamental para uma órbita de maior energia. Quando esse elétron retorna para o estado fundamental, fótons são emitidos com comprimento de onda na região do visível.

b) No modelo atual, entende-se que em um átomo multieletrônico os elétrons ocupam orbitais. Esses orbitais foram designados como s, p, d, f, g etc. Como exemplo de um orbital, tem-se o orbital dx^2-y^2 , representado abaixo por meio de um diagrama de superfície limite.



Faça a representação (diagrama de superfície limite) dos orbitais s, p_x , d_{xy} e d_z^2 .





c) Considerando que os orbitais s, p_x , d_{xy} e d_{z^2} estejam localizados nos níveis 2, 3, 4 e 5, respectivamente, indique um conjunto de números quânticos (n , l e m_l) que descreve um elétron em cada subnível formado.

$2s \Rightarrow n = 2, l = 0$ e $m_l = 0$.

$3p_x \Rightarrow n = 3, l = 1$ e $m_l = +1$ ou -1 .

$4d_{xy} \Rightarrow n = 4, l = 2$ e $m_l = +1$ ou -1 ou $+2$ ou -2 .

$5d_{z^2} \Rightarrow n = 5, l = 2$ e $m_l = 0$.

d) Considerando o valor do número quântico principal (n) igual a 4 e 5, indique o número máximo de elétrons e orbitais que podem existir nesses níveis de energia.

$n = 4 \Rightarrow 16$ orbitais e 32 elétrons.

$n = 5 \Rightarrow 25$ orbitais e 50 elétrons.

e) A configuração eletrônica de gás nobre para os átomos de cobalto e zinco é $[\text{Ar}] 3d^7 4s^2$ e $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$, respectivamente. Nessas configurações $[\text{Ar}]$ se refere à configuração eletrônica do átomo de argônio. Escreva a configuração eletrônica completa dos seguintes íons: Co^{2+} , Co^{3+} e Zn^{2+} .

$\text{Co}^{2+} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$

$\text{Co}^{3+} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$

$\text{Zn}^{2+} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$

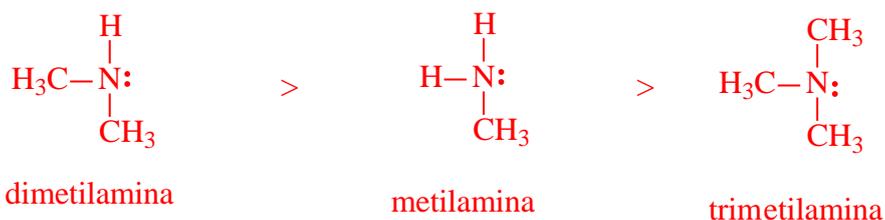
Questão 17 – Amina é uma função orgânica nitrogenada. São classificadas em primárias, secundárias ou terciárias, de acordo com o número de substituintes no nitrogênio. As aminas, por apresentarem um par de elétrons não ligantes, têm caráter básico.

Temos alguns exemplos clássicos como as anilinas, arilaminas utilizadas como corantes. Outros exemplos são os alcaloides, substâncias provenientes do metabolismo secundário vegetal que possuem diversas atividades no organismo humano, como cocaína, cafeína, atropina, morfina, nicotina, entre outros.

Sobre aminas, responda às questões formuladas abaixo.

a) Coloque as aminas, metilamina, dimetilamina e trimetilamina, em ordem crescente de força básica, quando em um solvente polar prótico. Justifique.

Resposta:

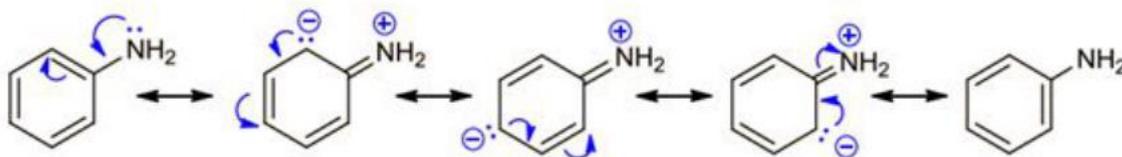


A basicidade da amônia e seus derivados está diretamente relacionada com a capacidade de doação do par de elétron não ligante do nitrogênio. A princípio, a substituição dos hidrogênios da amônia por grupo doadores de elétrons por efeito indutivo aumentariam a sua basicidade. Os grupos alquila são grupos doadores de elétrons por efeito indutivo. Portanto, a substituição de hidrogênio da amônia por um grupo metila (metilamina), dois grupos metila (dimetilamina) ou três grupos metila (trimetilamina) favorecem a doação do par de elétron do átomo central, o nitrogênio. Em geral, na fase gasosa ou na presença de solventes apróticos as aminas terciárias tem caráter mais básico que as aminas secundárias e primárias por ter mais grupos doadores de elétrons ligados ao nitrogênio. Entretanto, em solventes polares próticos essa ordem de basicidade é invertida, pois as ligações de hidrogênio estabilizam as aminas primárias e secundárias, porém não estabilizam a terciária. Isso faz com que a amina terciária seja a mais fraca das três.

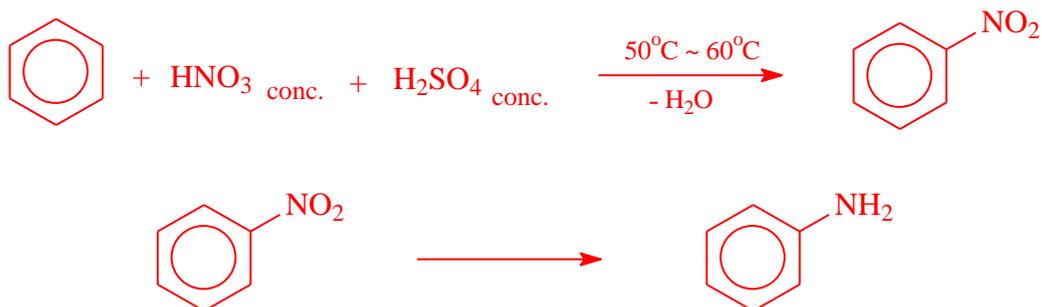
- b) As arilaminas geralmente são menos básicas que as alquilaminas, por exemplo, o pK_b da anilina é 9,37, enquanto o da metilamina $pK_b = 3,36$. Qual o fator que justifica esta diferença de basicidade? Descreva todas as estruturas contribuintes que justificam sua resposta.

Resposta:

As arilaminas apresentam o par isolado do nitrogênio que interage com o sistema de elétrons pi do anel aromático (ressonância), tornando-os menos disponíveis para ligação com o H^+ .

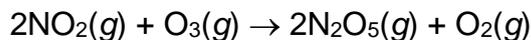


- c) Escreva a reação de nitração do benzeno seguida de reação de redução do grupo nitro.



As reações de redução de nitro-benzeno para amino-benzeno (anilina) anteriormente eram largamente realizados com ferro e ácido clorídrico ou sulfeto utilizando gás sulfídrico (H_2S) ou hidrossulfeto de sódio (NaHS), mas geravam grandes quantidades de resíduos. Posteriormente, essas reduções passaram a ser realizadas utilizando diversos sistemas catalíticos baseados em metais como ferro (Fe), Cobalto (Co), paládio (Pd), prata (Ag), cobre (Cu), ouro (Au), ródio (Rh), níquel (Ni), rutênio (Ru), cádmio (Cd) e rênio (Re), além de catalisadores bimetálicos ou catalisadores orgânicos. Portanto serão aceitas respostas que indiquem qualquer uma dessas opções. Portanto, serão aceitas as diferentes respostas que atendam aos catalisadores citados.

Questão 18 – Os dados na tabela abaixo referem-se à seguinte reação química, a 231 K.



Experimento	$[\text{NO}_2]$ (mol L^{-1})	$[\text{O}_3]$ (mol L^{-1})	$v_{\text{reação}}$ ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
1	0,020	0,010	$1,0 \cdot 10^{-4}$
2	0,040	0,010	$2,0 \cdot 10^{-4}$
3	0,020	0,020	$2,0 \cdot 10^{-4}$

Pede-se:

a) Escreva a Lei de Velocidade da reação com base nos dados da tabela, justificando sua resposta.

Resposta:

• Experimento 1 e 2 \rightarrow Quando a $[\text{NO}_2]$ duplica, a $[\text{O}_3]$ é constante, a velocidade duplica.

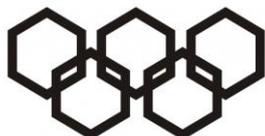
• Experimento 1 e 3 \rightarrow Quando a $[\text{NO}_2]$ é constante, a $[\text{O}_3]$ duplica, a velocidade duplica.

Vamos escrever: $v = k [\text{NO}_2]^m [\text{O}_3]^n$

$v \propto [\text{NO}_2]$, em que $m = 1$ e

$v \propto [\text{O}_3]$, $n = 1$ Logo $v = k [\text{NO}_2] [\text{O}_3]$

Em que: k = constante de velocidade de reação (ou constante de taxa de reação). É a constante de proporcionalidade, a qual é constante, enquanto a temperatura permanecer



constante

$$v = k [\text{NO}_2] [\text{O}_3]$$

Cinética de segunda ordem ou lei de velocidade de segunda ordem.

Bom, se cálculos são necessários, pode-se escrever:

$$(v_2/v_1) = (2,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}) / (1,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}) = 2$$

$$2 = (v_2/v_1) = k ([0,0400]m [0,010]n) / ([0,020]m [0,010]n) = 2^m \rightarrow \therefore \mathbf{m = 1}$$

$$(v_3/v_1) = (2,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}) / (1,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}) = 2$$

$$2 = (v_3/v_1) = k ([0,020]m [0,020]n) / ([0,020]m [0,010]n) = 2^n \rightarrow \therefore \mathbf{n = 1}$$

$$v = k [\text{NO}_2] [\text{O}_3]$$

Cinética de segunda ordem ou lei de velocidade de segunda ordem.

b) Qual a constante de velocidade da reação e sua unidade?

Resposta:

$$k = v / [\text{NO}_2][\text{O}_3] = (1,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}) / (0,020 \text{ mol L}^{-1} \times 0,010 \text{ mol L}^{-1}) = \\ = (1,0 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}) / (2,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}) = (0,5 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}) \rightarrow$$

$$\mathbf{k = 0,5 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}}$$

As duas outras combinações de valores chegam ao mesmo resultado.

c) Qual a velocidade da reação quando a concentração de NO_2 for duplicada e a concentração de O_3 for reduzida à metade?

Resposta:

Da resposta do **item "a"**, a lei de velocidade de reação é:

$$v = k[\text{NO}_2][\text{O}_2]$$

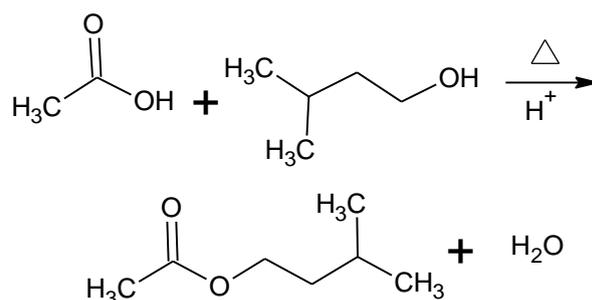
Se duplicarmos a concentração de NO_2 e reduzirmos a metade da concentração de O_2 , teremos:

$$v = k\{2 \times [\text{NO}_2]\} \left\{ \frac{[\text{O}_2]}{2} \right\}$$

A velocidade de reação não se altera, conforme representado na equação abaixo:

$$v = k[\text{NO}_2][\text{O}_2]$$

Questão 19 – As reações de esterificação são muito usadas na indústria, por exemplo, na produção de aromas artificiais. Um deles, o acetato de isoamila, com aroma de banana, é produzido na seguinte reação:



a) Escreva o nome sistemático de cada reagente dessa reação.

Resposta:

Ácido etanoico e 3-metilbutan-1-ol

b) Escreva o nome sistemático do produto orgânico.

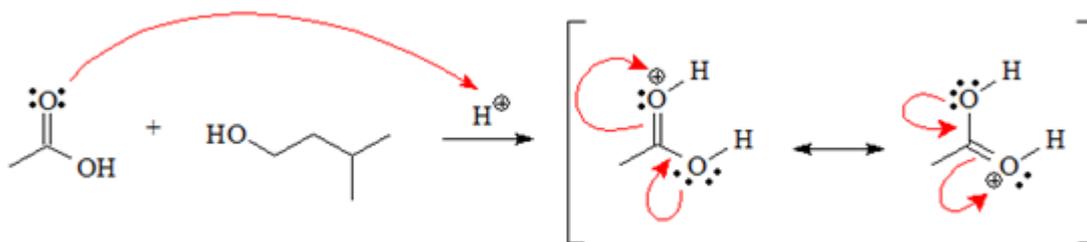
Resposta:

Etanoato de (3-metilbutila)

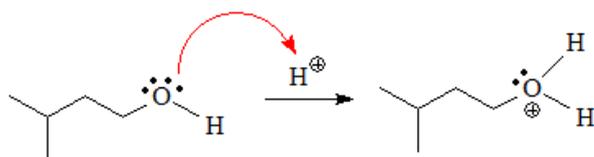
c) Considerando o ácido sulfúrico concentrado como catalisador, sugira um mecanismo para a reação.

Resposta:

Etapa 1: O Oxigênio carbonílico do ácido acético (ácido etanoico) é protonado. Essa protonação pode ser representada pelo ataque de um par de elétron do oxigênio carbonílico diretamente ao próton.

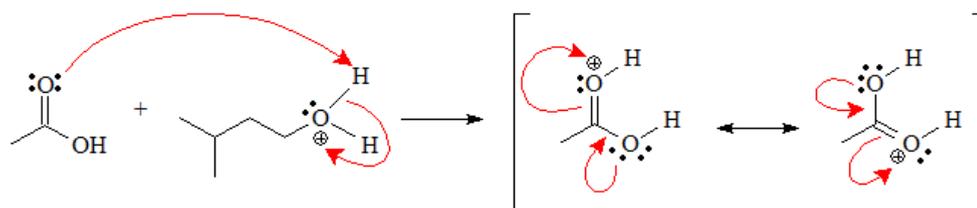


É razoável indicar que primeiramente o álcool sofreu a protonação antes do ácido considerando a basicidade do álcool.



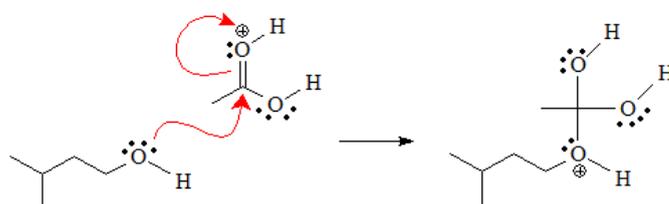


Em seguida, na presença do isoamiloxônio o ácido acético será protonado.

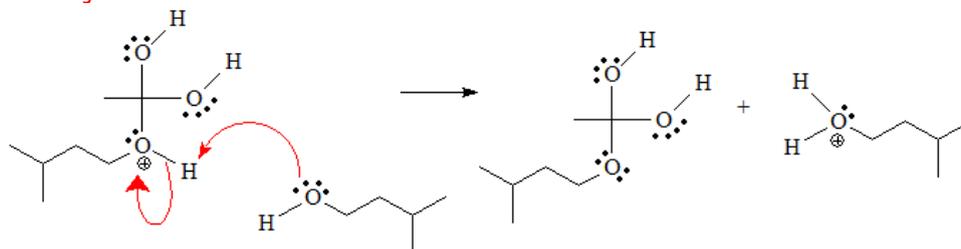


Portanto, as duas possibilidades são aceitas.

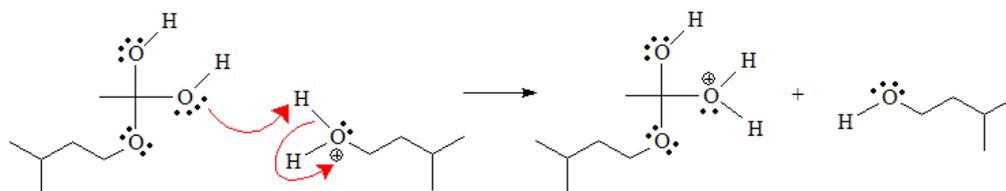
Etapa 2: A protonação do oxigênio carbonílico do ácido acético aumenta o caráter positivo do carbono carbonílico. Diante disso, o álcool isoamílico atua como nucleófilo atacando o carbono carbonílico.



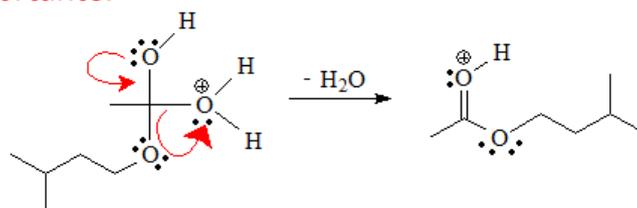
Etapa 3: A espécie de íon oxônio formado sofre a desprotonação mediada pelo álcool isoamílico fornecendo a espécie tetraédrica neutra. Vale ressaltar que a reação de esterificação é realizada com excesso de álcool.

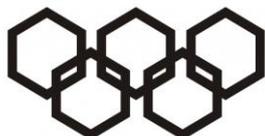


Etapa 4: Posteriormente um oxigênio hidroxílico sofre a protonação mediada pelo do isoamiloxônio formado na etapa anterior. Neste caso qualquer uma das hidroxilas poderá sofrer a protonação.

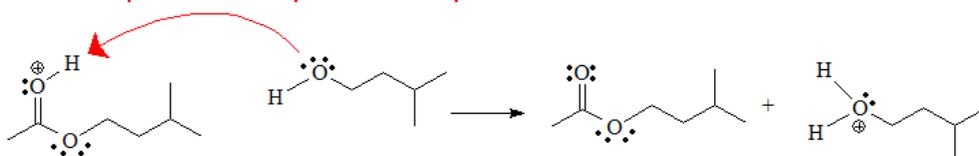


Etapa 5: Esse intermediário perde uma molécula de água formado uma forma protonada do éster. É importante.





Etapa 6: A espécie é desprotonado pelo álcool isoamílico formando o éster.



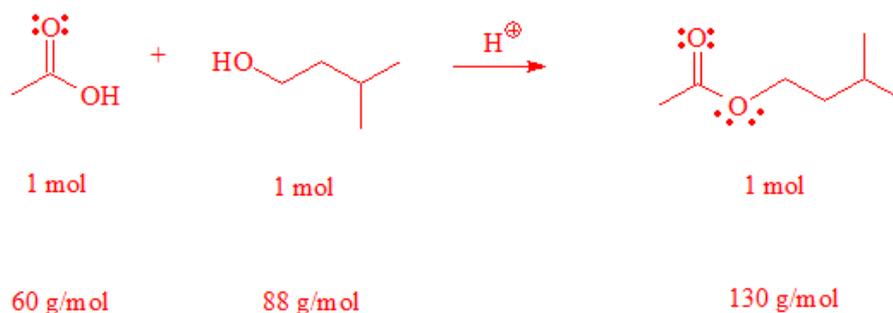
d) Para deslocar o equilíbrio da reação para a direita, um dos métodos usados é usar em excesso um dos reagentes. Utilizando 30 g de ácido acético e 60 g de álcool isoamílico, qual deles está em excesso?

Resposta:

Ácido acético: massa molar = 60 g/mol

Álcool isoamílico: massa molar = 88 g/mol

60 g do ácido reagem completamente com 88 g do álcool.



30 g de ácido acético correspondem à 0,50 mol do ácido.

60 g de 3-metilbutan-1-ol corresponde à 0,68 mol

A relação entre o ácido e o álcool deve ser 1:1, ou seja, são necessários apenas 0,5 mol de álcool para 0,5 mol de ácido acético.

Considerando que foi adicionado 0,68 mol de álcool, foram usados 0,18 mol de álcool em excesso.

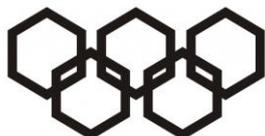
$0,68 \text{ mol} - 0,5 \text{ mol} = 0,18 \text{ mol}$ de excesso de álcool.

A relação deve ser feita em número de mols e não em relação a massa. O item pergunta apenas o reagente em excesso. Não especifica a quantidade em excesso.

e) Considerando um rendimento de 80%, qual a massa de acetato de isoamila produzida na reação com as massas de reagentes indicadas no **item (d)**?

Resposta:

Massa molar do acetato de isoamila = 130 g/mol.



Como o álcool está em excesso, o rendimento será calculado em torno do ácido acético, que foi todo consumido na reação.

60 g do ácido devem produzir 130 g do éster.

30 g do ácido devem produzir Y.

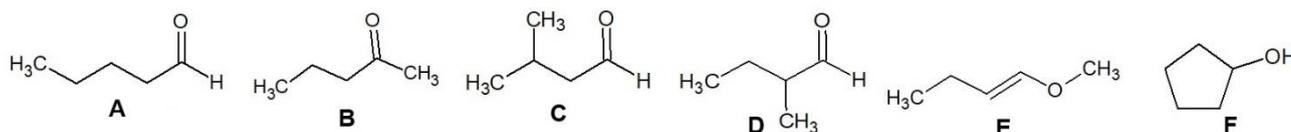
$$Y = \frac{30 \times 130}{60} = 65 \text{ g do éster}$$

O rendimento teórico tem que 65 g correspondem a 100%, mas o rendimento real foi de 80%. Portanto:

$$Z = \frac{65 \times 80}{100} = 52 \text{ g do éster}$$

É possível partir da relação molar para chegar na massa do éster no rendimento teórico de 100% e, em seguida, calcular a massa do éster com base no rendimento real.

Questão 20 – A isomeria é uma área muito importante em Química Orgânica. É muito comum ter duas ou mais substâncias com a mesma fórmula molecular. Existe a isomeria constitucional na qual os átomos apresentam conectividades diferentes, e a estereoisomeria na qual os átomos apresentam a mesma conectividade, mas diferentes arranjos espaciais. Com a fórmula molecular $C_5H_{10}O$, são dadas as seguintes substâncias:



a) Escreva o nome sistemático de cada substância.

Resposta:

A = pentanal; B = pentan-2-ona; C = 3-metilbutanal; D = 2-metilbutanal;
E = (E)-1-metoxibut-1-eno e F = ciclopentanol.

b) Cite o tipo de isomeria constitucional que ocorre entre os seguintes pares:

- (i) A e B
- (ii) C e D
- (iii) A e D
- (iv) E e F

Resposta:

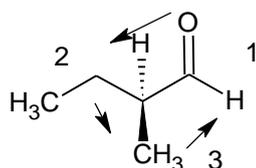
- (i) Constitucional funcional (ou de função)
- (ii) Constitucional posicional (ou de posição)
- (iii) Constitucional esqueletal (ou de cadeia)
- (iv) Constitucional funcional (ou de função)



c) Uma das substâncias citadas apresenta carbono assimétrico; portanto, apresenta estereoisomeria. Cite a substância e represente suas configurações *R* e *S*.

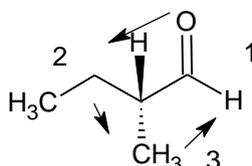
Resposta:

A substância D.



(Sentido anti-horário = *S*)

(*S*)-2-metilbutanal



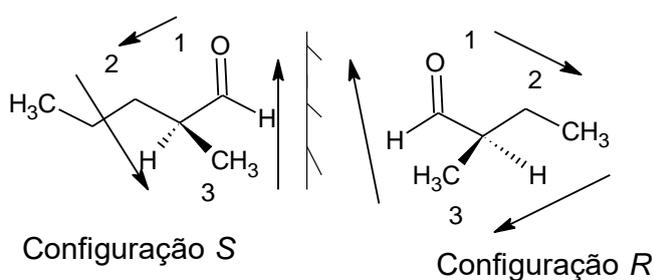
Sentido anti-horário = *S*;

Como o H está para

frente, precisa inverter:

(*R*)-butanal

OU



d) Uma das substâncias citadas pode apresentar estereoisomeria cis-trans. Qual? Faça as configurações.

Resposta:

ANULADA