

Questão 1

Em 1861, o pesquisador Kekulé e o professor secundário Loschmidt apresentaram, em seus escritos, as seguintes fórmulas estruturais para o ácido acético ($C_2H_4O_2$):



fórmula de Kekulé



fórmula de Loschmidt

Mais tarde, Lewis introduziu uma maneira, ainda utilizada, de representar estruturas moleculares.

Nas fórmulas de Lewis, o total de elétrons de valência dos átomos contribui para as ligações químicas, bem como para que cada átomo passe a ter configuração de gás nobre.

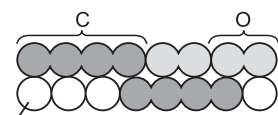
a) Faça uma legenda para as fórmulas de Kekulé e Loschmidt, indicando as figuras utilizadas para representar os átomos de C, H e O.

b) Escreva a fórmula de Lewis do ácido acético.

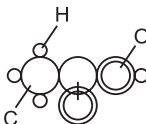
c) Mostre, usando fórmulas estruturais, as interações que mantêm próximas duas moléculas de ácido acético.

Resposta

a) *Legendas para as fórmulas estruturais clássicas:*

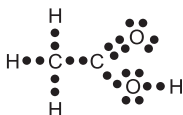


fórmula de Kekulé

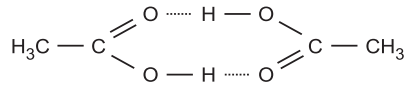


fórmula de Loschmidt

b) *A fórmula de Lewis ou eletrônica do ácido acético é:*



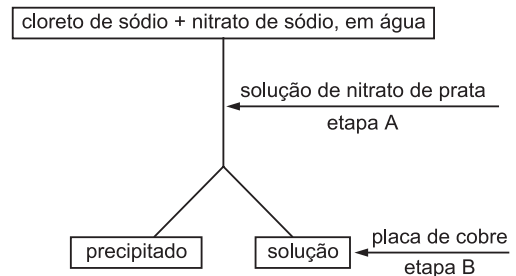
c) *As moléculas de ácido acético formam dímeros através de pontes de hidrogênio:*



Questão 2

Uma mistura de cloreto de sódio e nitrato de sódio, de massa 20,20 g, foi dissolvida em água suficiente. A essa solução adicionaram-se 250 mL de solução aquosa de nitrato de prata de concentração 0,880 mol/L. Separou-se o sólido formado, por filtração, e no filtrado mergulhou-se uma placa de cobre metálico de massa igual a 20,00 g. Após certo tempo, observou-se depósito prateado sobre a placa e coloração azul na solução. A placa seca pesou 21,52 g.

O esquema desse procedimento é:



a) Escreva a equação balanceada que representa a reação química que ocorre na etapa B.

b) Qual a quantidade, em mols, do depósito prateado formado sobre a placa de cobre? Mostre os cálculos.

c) Qual a quantidade, em mols, de nitrato de prata em 250 mL da solução precipitante? Mostre os cálculos.

d) Qual a massa de nitrato de sódio na mistura original? Mostre os cálculos.

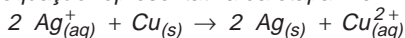
Dados:

massas molares (g/mol)

Ag.....108 Cu.....64 NaCl.....58

Resposta

a) A equação representativa da etapa B é:



b) Cálculo da massa da prata depositada:

$$m_{\text{Ag}} + m_{\text{Cu resta}} = 21,52 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{Ag}} + (20,00 - m_{\text{Cu reage}}) = 21,52$$

$$n_{\text{Ag}} = 2n_{\text{Cu reage}} \Rightarrow \frac{m_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}}} = 2 \cdot \frac{m_{\text{Cu reage}}}{M_{\text{Cu}}}$$

$$\frac{m_{\text{Ag}}}{108} = 2 \cdot \frac{m_{\text{Cu reage}}}{64} \Rightarrow m_{\text{Cu reage}} = 0,296 m_{\text{Ag}}$$

$$m_{\text{Ag}} + (20,00 - 0,296m_{\text{Ag}}) = 21,52$$

$$m_{\text{Ag}} - 0,296m_{\text{Ag}} = 1,52$$

$$0,704m_{\text{Ag}} = 1,52$$

$$m_{\text{Ag}} = 2,159 \text{ g}$$

Cálculo do número de mols de prata depositada:

$$n_{\text{Ag}} = 2,159 \text{ g Ag} \cdot \frac{1 \text{ mol Ag}}{108 \text{ g Ag}} = 0,020 \text{ mol}$$

m. molar

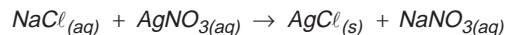
c) Cálculo do número de mols de nitrato de prata na solução precipitante:

$$n_{\text{AgNO}_3} = 0,25 \text{ L solução} \cdot \frac{0,880 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ L solução}} =$$

concentração

$$= 0,22 \text{ mol}$$

d) A equação de precipitação do AgCl na etapa A é:



Cálculo da massa de NaCl na mistura:

$$m_{\text{NaCl}} = 0,20 \text{ mol AgNO}_3 \cdot \frac{1 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol AgNO}_3}$$

eq. química

$$\cdot \frac{58 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} = 11,60 \text{ g}$$

m. molar

Cálculo da massa de NaNO_3 na mistura original:

$$m_{\text{NaNO}_3} = 20,20 - 11,60 = 8,60 \text{ g}$$

Questão 3

As florestas, que cobrem partes de nosso planeta, participam da remoção do dióxido de carbono do ar atmosférico que respiramos. No entanto, em uma nave espacial, é preciso utilizar determinadas substâncias para retirar o dióxido de carbono do ar que os astronautas respiram. Isto pode ser feito por meio de qualquer das seguintes transformações:

peróxido de sódio + dióxido de carbono \rightarrow carbonato de sódio + oxigênio

hidróxido de magnésio + dióxido de carbono

\rightarrow carbonato de magnésio + água

hidróxido de lítio + dióxido de carbono \rightarrow carbonato de lítio + água

a) Utilizando fórmulas químicas, escreva as equações balanceadas que representam essas transformações.

b) Uma nave espacial deve carregar o mínimo de carga. Assim, qual dos reagentes das três transformações acima seria o mais adequado para uma viagem interplanetária? Explique.

c) Um astronauta produz cerca de 400 L de CO_2 , medidos a 25 °C e 1 atm, a cada 24 horas. Calcule a massa do reagente, escolhido no item b, que será necessária para remover esse volume de CO_2 .

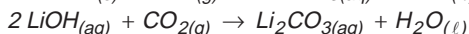
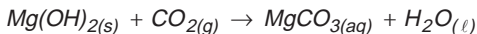
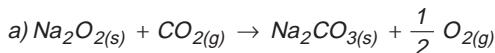
Dados:

Volume molar de gás a 25 °C e 1 atm: 25 L/mol

Massas molares (g/mol)

H...1,0 Li...7,0 C...12 O...16

Na...23 Mg...24

Resposta

b) Considerando a remoção de 1 mol de CO_2 (44 g) temos o consumo de:

$$1 \text{ mol Na}_2\text{O}_2 = 78 \text{ g Na}_2\text{O}_2$$

$$1 \text{ mol Mg(OH)}_2 = 58 \text{ g Mg(OH)}_2$$

$$2 \text{ mols LiOH} = 48 \text{ g LiOH}$$

Pelo critério de massa (menor massa) o material a ser escolhido será o LiOH.

$$\text{c) } 400 \text{ L CO}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol CO}_2}{25 \text{ L CO}_2} \cdot \frac{2 \text{ mols LiOH}}{1 \text{ mol CO}_2}$$

v. molar eq. química

$$\cdot \frac{24 \text{ g LiOH}}{1 \text{ mol LiOH}} = 768 \text{ g LiOH}$$

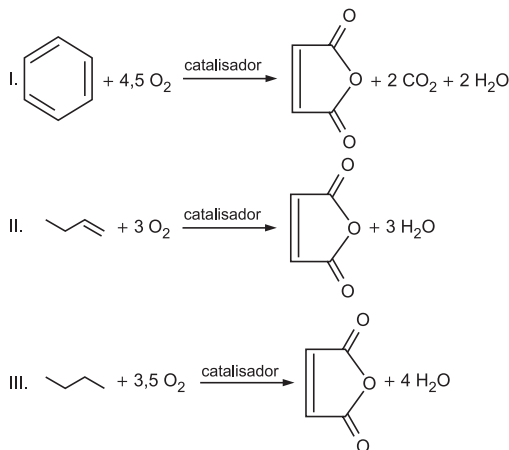
m. molar

Questão 4

A “química verde”, isto é, a química das transformações que ocorrem com o mínimo de impacto ambiental, está baseada em alguns princípios:

- 1) utilização de matéria-prima renovável,
- 2) não geração de poluentes,
- 3) economia atômica, ou seja, processos realizados com a maior porcentagem de átomos dos reagentes incorporados ao produto desejado.

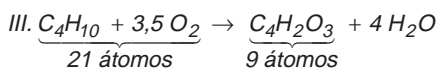
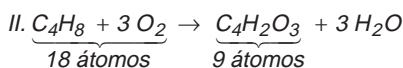
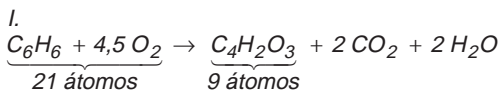
Análise os três processos industriais de produção de anidrido maléico, representados pelas seguintes equações químicas:



- a) Qual deles apresenta maior economia atômica? Justifique.
- b) Qual deles obedece pelo menos a dois princípios dentre os três citados? Justifique.
- c) Escreva a fórmula estrutural do ácido que, por desidratação, pode gerar o anidrido maléico.
- d) Escreva a fórmula estrutural do isômero geométrico do ácido do item c.

Resposta

a) As equações químicas representativas dos processos com fórmulas moleculares são:



Cálculo da economia atômica percentual:

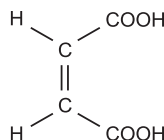
I e III: $\frac{9}{21} \cdot 100\% \cong 43\%$

II: $\frac{9}{18} \cdot 100\% = 50\%$

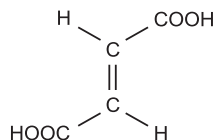
Portanto, o processo II é "mais verde", isto é, apresenta maior economia atômica.

b) Dentre os processos industriais citados, o número II obedece, pelo menos parcialmente, a todos os princípios da química verde:

- Utiliza pelo menos uma matéria-prima renovável (O_2);
 - Não gera poluentes (a água é o único produto formado além do anidrido maléico);
 - Apresenta uma razoável economia atômica (50%).
- c) A fórmula do ácido maléico é:



d) A estrutura do isômero trans do ácido maléico é:

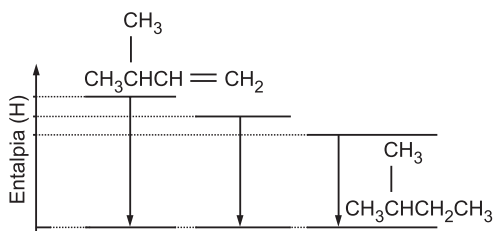


Questão 5

O 2-metilbutano pode ser obtido pela hidrogenação catalítica, em fase gasosa, de qualquer dos seguintes alcenos isoméricos:

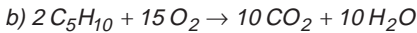
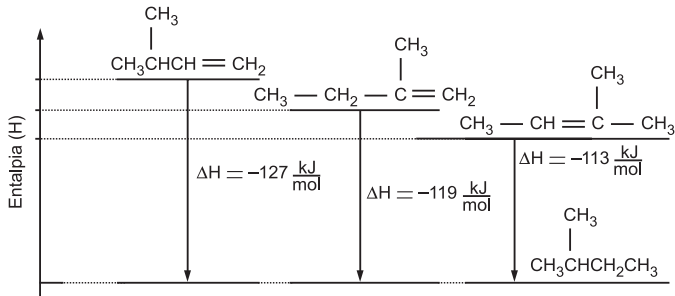
- 2-metil-2-buteno + $H_2 \rightarrow$ 2-metilbutano $\Delta H_1 = -113 \text{ kJ/mol}$
- 2-metil-1-buteno + $H_2 \rightarrow$ 2-metilbutano $\Delta H_2 = -119 \text{ kJ/mol}$
- 3-metil-1-buteno + $H_2 \rightarrow$ 2-metilbutano $\Delta H_3 = -127 \text{ kJ/mol}$

- a) Complete o esquema a seguir com a fórmula estrutural de cada um dos alcenos que faltam. Além disso, ao lado de cada seta, coloque o respectivo ΔH de hidrogenação.
- b) Represente, em uma única equação e usando fórmulas moleculares, as reações de combustão completa dos três alcenos isoméricos.
- c) A combustão total de cada um desses alcenos também leva a uma variação negativa de entalpia. Essa variação é igual para esses três alcenos? Explique.



Resposta

a)



c) Observando o gráfico termoquímico dado, conclui-se que os isômeros apresentam diferentes ΔH_f .

Então, na combustão, assim como na hidrogenação, os calores de reação serão diferentes.

Questão 6

A reação de acetato de fenila com água, na presença de catalisador, produz ácido acético e fenol. Os seguintes dados de concentração de acetato de fenila, [A], em função do tempo de reação, t , foram obtidos na temperatura de 5 °C:

t/min	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
$[A]/\text{mol L}^{-1}$	0,80	0,59	0,43	0,31	0,23	0,17	0,12

a) Com esses dados, construa um gráfico da concentração de acetato de fenila (eixo y) em função do tempo de reação (eixo x), utilizando o quadriculado abaixo.

b) Calcule a velocidade média de reação no intervalo de 0,25 a 0,50 min e no intervalo de 1,00 a 1,25 min.

c) Utilizando dados do item b, verifique se a equação de velocidade dessa reação pode ser dada por:

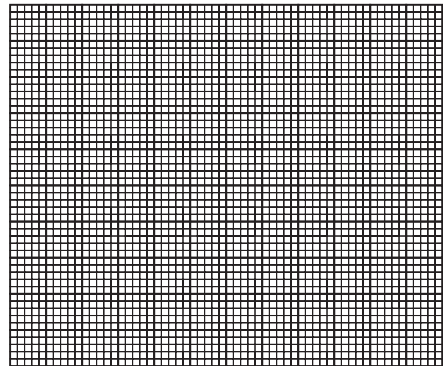
$$v = k [A]$$

onde v = velocidade da reação

k = constante, grandeza que independe de v e de $[A]$

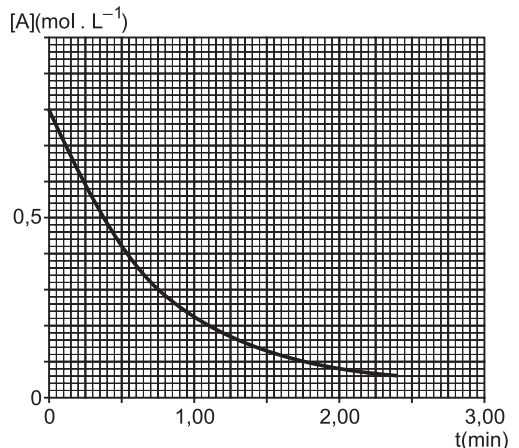
$[A]$ = concentração de acetato de fenila

d) Escreva a equação química que representa a hidrólise do acetato de fenila.



Resposta

a)



$$b) v_m = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t}$$

No intervalo 0,25 a 0,50 min:

$$v_{mI} = \frac{0,16}{0,25} = 0,64 \frac{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{\text{min}}$$

No intervalo 1,00 a 1,25 min:

$$v_{mII} = \frac{0,06}{0,25} = 0,24 \frac{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{\text{min}}$$

c) Considerando que v_{mI} é a velocidade no tempo 0,375 min e v_{mII} é a velocidade no tempo 1,125 min, e as concentrações correspondentes $0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (leitura a partir do gráfico), então:

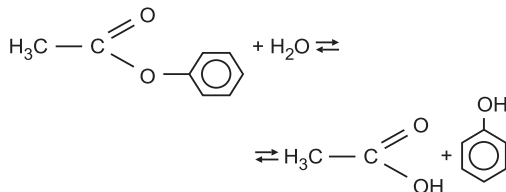
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k \cdot [A]_1^x}{k \cdot [A]_2^x}$$

ou seja:

$$\frac{0,64}{0,24} = \left(\frac{0,5}{0,2}\right)^x \Rightarrow 2,67 = 2,5^x$$

$$x \cong 1$$

Levando em conta as dificuldades relacionadas à leitura do gráfico, podemos dizer que a Lei da Velocidade pode ser dada pela expressão $v = k[A]$

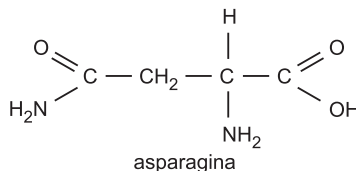
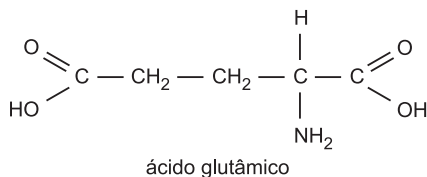
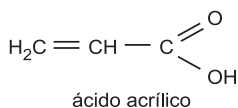


Questão 7

Ao cozinhar alimentos que contêm proteínas, forma-se acrilamida (amida do ácido acrílico), substância suspeita de ser cancerígena.

Estudando vários aminoácidos, presentes nas proteínas, com o α -aminogruppo marcado com nitrogênio-15, verificou-se que apenas um deles originava a acrilamida e que este último composto não possuía nitrogênio-15.

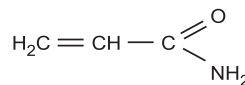
Dados:



- Dê a fórmula estrutural da acrilamida.
- Em função dos experimentos com nitrogênio-15, qual destes aminoácidos, a asparagina ou o ácido glutâmico, seria responsável pela formação da acrilamida? Justifique.
- Acrilamida é usada industrialmente para produzir poli(acrilamida). Represente um segmento da cadeia desse polímero.

Resposta

a) A amida do ácido acrílico é:

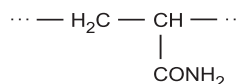


b) Os resultados dos experimentos com o nitrogênio-15 indicam que o α -aminogruppo não gera o grupo amida ($-\text{CONH}_2$).

Então, o grupo amida já existe no aminoácido que, por pirólise, gera a acrilamida.

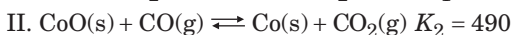
Portanto, a asparagina é a responsável pela liberação da acrilamida.

c) A fórmula de um segmento da poli(acrilamida) é:



Questão 8

Cobalto pode ser obtido a partir de seu óxido, por redução com hidrogênio ou com monóxido de carbono. São dadas as equações representativas dos equilíbrios e suas respectivas constantes a 550 °C.



a) Mostre como se pode obter a constante (K_3) do equilíbrio representado por



a 550 °C, a partir das constantes dos equilíbrios I e II.

b) Um dos processos industriais de obtenção de hidrogênio está representado no item a. A 550 °C, a reação, no sentido da formação de hidrogênio, é exotérmica. Para este processo, discuta a influência de cada um dos seguintes fatores:

- aumento de temperatura.
- uso de catalisador.
- variação da pressão.

Resposta

a) I) $K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}_2]} = 67$

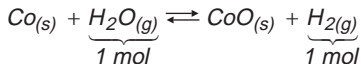
II) $K_2 = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]} = 490$

$$K_3 = \frac{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} = K_2 \cdot \frac{1}{K_1} = \frac{490}{67}$$

$K_3 \approx 7,31$

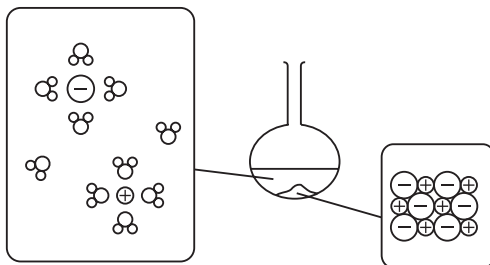
b) *Influência dos fatores na fabricação de H_2 pelo processo citado:*

- aumento da temperatura: *o equilíbrio químico é alcançado mais rapidamente, mas pelo Princípio de Le Chatelier, este será mais pobre de H_2 .*
- uso de catalisador: *o estado de equilíbrio é alcançado mais depressa. Porém, o catalisador não aumenta o rendimento estequiométrico do processo;*
- variação da pressão: *como o número de mols dos gases dos produtos e dos reagentes é igual, a pressão, neste caso, não irá alterar a produção de H_2 :*



Questão 9

Uma mistura constituída de 45 g de cloreto de sódio e 100 mL de água, contida em um balão e inicialmente a 20 °C, foi submetida à destilação simples, sob pressão de 700 mm Hg, até que fossem recolhidos 50 mL de destilado. O esquema abaixo representa o conteúdo do balão de destilação, antes do aquecimento:



Legenda

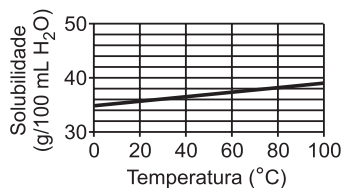


a) De forma análoga à mostrada acima, represente a fase de vapor, durante a ebulição.

b) Qual a massa de cloreto de sódio que está dissolvida, a 20 °C, após terem sido recolhidos 50 mL de destilado? Justifique.

c) A temperatura de ebulição durante a destilação era igual, maior ou menor que 97,4 °C? Justifique.

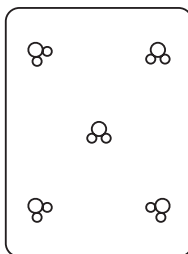
Dados: Curva de solubilidade do cloreto de sódio em água:



Ponto de ebulição da água pura a 700 mm Hg: 97,4 °C

Resposta

a) *Em uma situação ideal, a fase de vapor, durante a ebulição, possui apenas moléculas de H_2O bem separadas como mostra a figura a seguir:*



Legenda: ⊙⊙ molécula de H_2O

b) Cálculo da massa de NaCl , dissolvida, a 20°C , após terem sido recolhidos 50 ml de destilado (H_2O). Como no início havia 100 ml de H_2O , restarão 50 ml , assim temos:

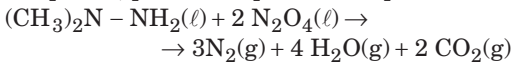
$$50\text{ ml } \text{H}_2\text{O} \cdot \frac{36\text{ g } \text{NaCl}}{100\text{ ml } \text{H}_2\text{O}} = 18\text{ g } \text{NaCl}$$

solubilidade
do sal a 20°C

c) A adição de um soluto não volátil causa um efeito coligativo: o aumento da temperatura de ebulição do solvente. Portanto, durante a destilação da solução (a 700 mmHg) serão observadas temperaturas de ebulição maiores que $97,4^\circ\text{C}$.

Questão 10

Dimetil-hidrazina e tetróxido de dinitrogênio foram usados nos foguetes do módulo que pousou na Lua nas missões Apollo. A reação, que ocorre pela simples mistura desses dois compostos, pode ser representada por



a) Entre os reagentes, identifique o oxidante e o redutor. Justifique sua resposta, considerando os números de oxidação do carbono e do nitrogênio.

b) Cite duas características da reação apresentada que tornam adequado o uso desses reagentes.

c) Qual a pressão parcial do gás nitrogênio quando a pressão da mistura gasosa liberada

se iguala à pressão na superfície da Lua? Mostre os cálculos.

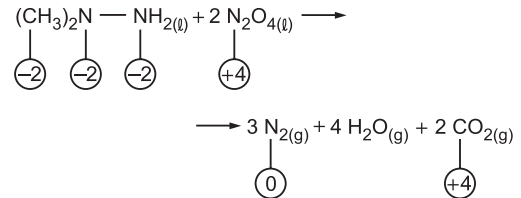
Dados:

número de oxidação do carbono na dimetil-hidrazina: -2

pressão na superfície lunar: $3 \times 10^{-10}\text{ Pa}$

Resposta

a) Os números de oxidação do nitrogênio e do carbono estão assinalados na reação a seguir:



Agente oxidante: N_2O_4 , visto que o Nox do nitrogênio diminuiu.

Agente redutor: $(\text{CH}_3)_2\text{N} - \text{NH}_2$, visto que o Nox do carbono e do nitrogênio aumentaram.

b) As características da reação são: baixa energia de ativação e elevada velocidade, pois a reação "ocorre pela simples mistura dos dois reagentes". Além disso, a reação é fortemente exotérmica e ocorre com um expressivo aumento de volume de gases.

c) Cálculo da pressão parcial do gás nitrogênio (N_2):

$$P_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2}}{n_t} \cdot P_t \Rightarrow P_{\text{N}_2} \frac{3}{9} \cdot 3 \cdot 10^{-10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{N}_2} = 10^{-10}\text{ Pa}$$