

Bernoulli Resolve

6V | Volume 5 | Química

SUMÁRIO

Frente

A

Módulo 17:	Óxidos	3
Módulo 18:	Reações Inorgânicas I	6
Módulo 19:	Reações Inorgânicas II	10
Módulo 20:	Introdução ao Equilíbrio Químico	13

Frente

B

Módulo 17:	Catálises	17
Módulo 18:	Lei da Velocidade	20
Módulo 19:	Reações de Oxirredução e NO _x	23
Módulo 20:	Processos Eletroquímicos	28

Frente

C

Módulo 17:	Reações de Eliminação	32
Módulo 18:	Reações de Oxidação	36
Módulo 19:	Reações de Substituição	41
Módulo 20:	Polímeros	46

COMENTÁRIO E RESOLUÇÃO DE QUESTÕES

MÓDULO – A 17

Óxidos

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: Óxidos iônicos são formados por átomos de oxigênio ligados a elementos metálicos que apresentam cargas +1 e +2, principalmente, das famílias 1A e 2A da tabela periódica. Dentre as alternativas, os compostos descritos em B são classificados como óxidos iônicos, pois os elementos Na e K são metais pertencentes à família 1A e o Ca é um metal da família 2A.

Questão 02 – Letra C

Comentário: O monóxido de carbono é um óxido gasoso que não reage com ácidos nem com bases. Portanto, o monóxido de carbono é classificado como um óxido neutro.

Questão 03 – Letra B

Comentário: Óxidos neutros são aqueles que não reagem com água, nem com ácidos e nem com bases. Óxidos ácidos são aqueles que reagem com água e formam ácidos, e são comumente formados por ametais e oxigênio. Óxidos básicos reagem com água e formam bases, sendo compostos por oxigênio e, principalmente, metais alcalinos e alcalinos terrosos. Óxidos anfóteros comportam-se como óxidos ácidos ou básicos de acordo com o meio reacional. Logo, analisando cada uma das alternativas, temos:

- A) Incorreta. Na_2O : básico; N_2O_3 : ácido; CO_2 : ácido.
- B) Correta. N_2O : neutro; NO : neutro; CO : neutro.
- C) Incorreta. Na_2O_3 : básico; ZnO : anfótero; CO_2 : ácido.
- D) Incorreta. N_2O_5 : ácido; N_2O_3 : ácido; CO : neutro.

Questão 04 – Letra C

Comentário: Para a hematita, composto de fórmula Fe_2O_3 , a nomenclatura oficial é óxido de ferro (III) já que o NOx do ferro é 3+. Para a siderita, composto de fórmula FeCO_3 , a nomenclatura oficial é carbonato de ferro (II) pois o NOx do ferro nesse caso é 2+.

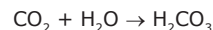
Questão 05 – Letra E

Comentário:

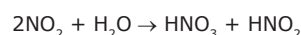
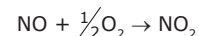
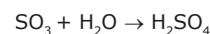
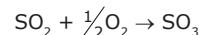
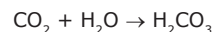
- I. Na_2O_2 : peróxido de sódio
- II. Fe_2O_3 : óxido de ferro (III)
- III. HNO_2 : ácido nitroso
- IV. SO_2 : anidrido sulfuroso

Questão 06 – Letra B

Comentário: O pH da chuva em ambientes não poluídos é levemente ácido, devido à presença de CO_2 no ar atmosférico, pois ele reage com a água da chuva formando o ácido carbônico H_2CO_3 , conforme a seguinte equação:



O pH da chuva em ambientes poluídos é ainda mais ácido, pois os óxidos SO_x e NO_x presentes na atmosfera reagem com a água da chuva e formam os ácidos H_2SO_4 , HNO_2 e HNO_3 , respectivamente, de acordo com as seguintes equações:



Questão 07 – Letra B

Comentário: O crescimento saudável dos vegetais é diretamente afetado pela variação do pH do solo. Alguns óxidos são capazes de corrigir o pH do solo, seja ele ácido ou básico, pois, ao reagirem com a água, podem originar ácidos ou bases. Para corrigir a acidez, por exemplo, deve-se utilizar um óxido de caráter básico (em meio aquoso origina uma base), que possibilita a neutralização de íons H^+ em excesso e, assim, a diminuição da acidez do solo. Por outro lado, para corrigir a alcalinidade do solo, deve-se utilizar um óxido de caráter ácido (em meio aquoso origina ácido), que possibilita a diminuição da alcalinidade do solo. O Na_2O é um óxido de caráter básico e o SO_2 é um óxido de caráter ácido e, portanto, podem resolver os problemas de acidez e basicidade do solo, respectivamente.

Questão 08 – Letra C

Comentário: O gás carbônico, também chamado de anidrido carbônico, é incolor e, devido ao fato de suas moléculas serem apolares, é relativamente pouco solúvel em água. É muito importante para a vida animal e vegetal, por participar do processo de fotossíntese. Além disso, é um dos grandes responsáveis pelo efeito estufa, e o excesso desse gás na atmosfera, devido à queima de combustíveis fósseis, é a principal causa da intensificação desse efeito. É um óxido formado por oxigênio e carbono, no qual o carbono apresenta o NOx máximo, +4. Portanto, sua fórmula molecular é CO_2 .

Na combustão incompleta de carvão ou de outros materiais ricos em carbono, como derivados de petróleo, ocorre a formação de monóxido de carbono, CO , cujos átomos de carbono apresentam $\text{NOx} = +2$. Esse óxido é gasoso, nas condições ambiente, incolor, inodoro e apresenta moléculas polares. É muito perigoso, devido à sua grande toxicidade, pois, ao ser inalado, forma, com a hemoglobina do sangue, complexos mais estáveis do que a hemoglobina com o oxigênio, podendo levar à morte por asfixia.

O dióxido de enxofre, SO_2 , é um gás incolor, tóxico e de cheiro fortemente irritante. É emitido na atmosfera pela queima de combustíveis derivados do petróleo e pela indústria. Em contato com o oxigênio atmosférico, sofre oxidação, formando o trióxido de enxofre, SO_3 , que, ao reagir com a água da chuva, produz ácido sulfúrico, H_2SO_4 , um dos causadores da chuva ácida.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. A molécula de SO_2 apresenta geometria angular pelo fato de ser composta por três átomos e o átomo central possuir um par de elétrons não ligantes.
- II. Correta. A molécula de SO_2 é formada por ligações covalentes realizadas entre os átomos de S e O.
- III. Incorreta. O SO_2 é classificado como óxido ácido, pelo fato de ser formado pelo oxigênio e por outro ametal. Além disso, a reação entre o SO_2 e H_2O leva à formação de um ácido.
- IV. Incorreta. A molécula de SO_2 é polar, pois apresenta momento dipolo diferente de zero.

Questão 02 – Letra C

Comentário: O $\text{Fe}(\text{OH})_3$ presente na limonita, pertence à função das bases ou hidróxidos, pois dissocia-se em meio aquoso e libera o ânion OH^- . Já o Fe_2O_3 presente na hematita, pertence à função dos óxidos uma vez que é constituída de dois elementos químicos sendo o oxigênio o mais eletronegativo deles.

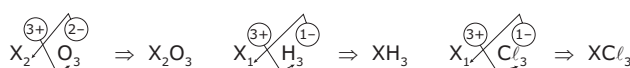
Questão 03 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A reação entre um ácido e uma base forma como produto sal e água.
- B) Correta. Os óxidos básicos apresentam como característica que os distinguem dos demais óxidos a propriedade de reagir com água e formar uma base inorgânica.
- C) Incorreta. A fenolftaleína é um indicador utilizado em reações ácido-base e que indica o ponto final da reação de neutralização.
- D) Incorreta. Ácidos são substâncias moleculares que sofrem ionização quando em contato com água, originando íons H^+ como cátions.

Questão 04 – Letra B

Comentário: Um átomo neutro de um certo elemento X, que possui três elétrons de valência, pertence à família IIIA e, ao se ligar com átomos dos elementos oxigênio, hidrogênio e cloro, apresenta $\text{NOx} + 3$. Para se determinar as fórmulas das substâncias neutras, basta, quando os NOx dos átomos são diferentes, fazer a inversão desses NOx . Logo, o óxido, o hidreto e o cloreto do elemento X apresentam, respectivamente, as fórmulas:



Questão 05 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. O CaO é um óxido básico, pois reage com água e forma uma base, o hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- B) Incorreta. O CaO é um óxido iônico, pois é um óxido de um metal de baixa eletronegatividade.
- C) Incorreta. O HClO apresenta ligações covalentes polares, uma vez que as ligações H-O e O-Cl são polarizadas devido à maior eletronegatividade do oxigênio em vista dos dois outros elementos.
- D) Incorreta. O Cl_2 é uma molécula apolar, pois não há diferença de eletronegatividade entre os átomos de Cl que compõe a molécula.
- E) Incorreta. Sabendo que o NOx no H é +1 e o NOx do O é -2, temos:

$$\begin{aligned} +1 + x - 2 &= 0 \\ x &= +1 \end{aligned}$$

Questão 06 – Letra D

Comentário: Os compostos citados na sequência foram:

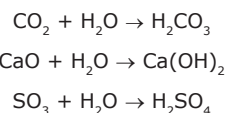
- Dióxido de enxofre, SO_2 , é um óxido gasoso liberado na combustão de compostos sulfurados.
- Carbonato de cálcio, CaCO_3 , é um sal formado pela reação entre o ácido carbônico e o hidróxido de cálcio.
- Óxido de cálcio, CaO , é um óxido formado na decomposição térmica do carbonato de cálcio.
- Dióxido de carbono, CO_2 , é um óxido gasoso formado em reações de combustão completa de compostos orgânicos.
- Sulfito de cálcio, CaSO_3 , um sal formado na reação entre o ácido sulfuroso e o hidróxido de cálcio.

Questão 07 – Letra C

Comentário: As fórmulas químicas dos compostos ácido sulfúrico, sulfato de cálcio, dióxido de carbono e água são respectivamente H_2SO_4 , CaSO_4 , CO_2 e H_2O .

Questão 08 – Letra A

Comentário: Óxidos ácidos são aqueles que reagem com água e formam ácidos inorgânicos, enquanto os óxidos básicos reagem com água e dão origem às bases inorgânicas. A amônia é uma base inorgânica e, por isso, reage com um óxido ácido em uma reação de neutralização. Logo, X deve ser um óxido ácido. O ácido clorídrico, por sua vez, é neutralizado por um óxido básico Y. Por fim, o óxido Z é considerado um óxido ácido pelo fato de formar uma solução aquosa de pH 3. Assim, a alternativa A é a que apresenta compostos com as características mencionadas, como pode ser visto através das reações a seguir:



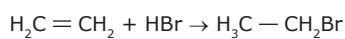
Questão 09 – Letra D

Comentário: Num óxido, quando o elemento ligado ao oxigênio é um metal com estado de oxidação +3 ou +4, o comportamento é anfótero, ou seja, tal óxido possui caráter tanto ácido quanto básico. É o que ocorre, por exemplo, com o óxido de alumínio, $Al_2O_{3(s)}$, espécie na qual o alumínio (metal) possui número de oxidação +3. Com isso, essa espécie é capaz de reagir com ácidos e bases fortes, originando sal e água.

Questão 10 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. Óxidos duplos ou mistos são aqueles formados pela associação entre dois óxidos do mesmo elemento. O Pb_3O_4 é considerado um óxido misto porque é formado pela associação do óxido de chumbo II (PbO) e do óxido de chumbo III (Pb_2O_3).
- B) Incorreta. Os óxidos neutros são óxidos gasosos de ametais e não reagem com ácidos, bases ou água. O chumbo é um metal, portanto os óxidos de chumbo não podem ser classificados como óxidos neutros.
- C) Incorreta. Para a produção de brometo de etila, H_3C-CH_2Br , a partir da reação com HBr , seria necessário que o outro reagente fosse o etileno, substância que contém carbono, e não o Pb_3O_4 .



- D) Incorreta. Como o NOx do oxigênio é -2, o NOx do chumbo nessa espécie será:

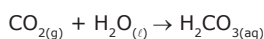
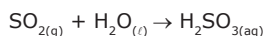
$$3 \cdot x + 4 \cdot (-2) = 0$$

$$x = \frac{8}{3}$$

- E) Incorreta. Os óxidos anfóteros reagem tanto com ácidos fortes quanto com bases fortes.

Questão 11 – Letra B

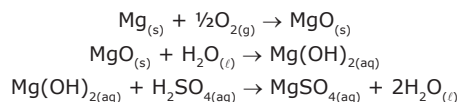
Comentário: Os gases originados da atividade vulcânica são: o metano (CH_4), o gás sulfídrico e cloreto de hidrogênio (H_2S e HCl), ambos ácidos, e o dióxido de enxofre e dióxido de carbono (SO_2 e CO_2), ambos óxidos de caráter ácido. Esses dois últimos compostos, quando reagem com água, originam os ácidos sulfuroso e carbônico, respectivamente, como representado pelas equações a seguir:

**Questão 12 – Letra A**

Comentário: O composto A é o cloreto de estanho, um sal formado pela reação entre o ácido clorídrico e o estanho metálico. O composto B é o trióxido de enxofre, um óxido de caráter ácido já que reage com uma base no processo II. O composto C é uma base forte mais conhecido como soda cáustica. O composto D é o óxido de magnésio de caráter básico pois ele reage com um óxido ácido (SO_2) no processo III.

Questão 13 – Letra A

Comentário: O magnésio submetido a combustão forma o óxido de magnésio, MgO (óxido A), que possui caráter básico pois quando reage com a água forma hidróxido de magnésio, $Mg(OH)_2$ (base B). Essa base pode neutralizar o ácido sulfúrico formando o sal sulfato de magnésio, $MgSO_4$ (sal C), e duas moléculas de água. As equações correspondentes a essas reações estão representadas a seguir:

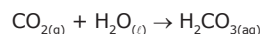
**Questão 14 – F V V F**

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada alternativa.

- A) Falsa. Óxidos são compostos binários, formado por oxigênio e outro elemento químico, seguindo a condição de que o oxigênio seja o elemento mais eletronegativo. Como o flúor é mais eletronegativo que o oxigênio, o composto OF_2 não é considerado um óxido.
- B) Verdadeira. Óxidos ácidos também são denominados anidridos. A nomenclatura de anidridos é feita pela palavra anidrido seguida do nome do ácido que dá origem ao óxido. O CrO_3 é também chamado de anidrido de crômio VI, porque
- C) Verdadeira. O Cu_2O é classificado como um óxido iônico, assim com o CaO . O óxido de cálcio é um dos principais constituintes das cinzas pelo fato de os ossos humanos conterem íons Ca^{+2} .
- D) Falsa. Os óxidos ácidos reagem com água para a formação de ácidos. Contudo, o NO não apresenta esta propriedade e é considerado um óxido neutro.

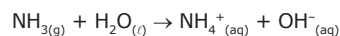
Questão 15 – Letra D

Comentário: O indicador tornassol fica vermelho em meio ácido e azul em meio básico, enquanto a fenolftaleína fica incolor em meio ácido e rósea em meio básico. O gás I possui natureza ácida, pois o papel de tornassol continua vermelho e a solução fica incolor na presença de fenolftaleína. O gás I é o dióxido de carbono que reage com água e produz ácido carbônico de acordo com a equação:



A solução aquosa de ácido carbônico é ácida e possui pH menor que 7,0.

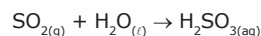
O gás II apresenta natureza básica porque torna o tornassol azul e a solução aquosa na presença de fenolftaleína fica vermelha. Assim, podemos identificar esse gás como amônia, que se comporta como uma base segundo a teoria ácido-base de Bronsted-Lowry. A equação a seguir representa a reação da amônia com a água.



A formação de íons hidróxido explicam a basicidade da solução aquosa de amônia, que possui pH maior que 7,0.

Já o gás III é o dióxido de enxofre, que possui propriedades ácidas, pois torna o tornassol vermelho e a solução aquosa desse óxido na presença de fenolftaleína fica incolor.

A reação desse óxido com a água forma uma solução ácida de acordo com a equação:



O pH da solução é menor que 7,0.

Questão 16

Comentário:

- A) As fórmulas das substâncias representadas por NO_x são NO e NO_2 , os óxidos de nitrogênio liberados em maiores quantidades pelos automóveis.
- B) A dificuldade de contato com a superfície do pavimento e a ausência de luz poderiam diminuir a eficiência do processo. Isso ocorre pois, caso o asfalto esteja encoberto por sujeiras de diversos tipos, o contato entre os NO_x e o TiO_2 será menor, o que provocaria a diminuição da eficiência do dispositivo. Além disso, caso a iluminação do local seja reduzida, a eficiência do processo também será menor, já que a reação se processa na presença de luz.

Seção Enem

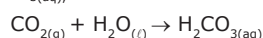
Questão 01 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: A combustão da pólvora presente no palito leva à formação de $\text{CO}_2(\text{g})$, ou seja, óxido ácido. Em água, ocorre a formação de $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$, como visto a seguir:



Sendo assim, ocorrem a diminuição do pH e o desaparecimento da cor rosa.

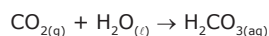
Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: III

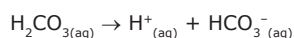
Competência de área: 7

Habilidade: 26

Comentário: O dióxido de carbono é um óxido de caráter ácido, pois, ao reagir com a água, produz o ácido carbônico. Essa reação pode ser representada pela seguinte equação:



O ácido carbônico, em meio aquoso, se dissocia produzindo íons H^+ . Essa reação pode ser representada pela seguinte equação:



A absorção de CO_2 pelas águas dos oceanos tem como consequência o aumento da acidez nos mares, devido ao aumento da concentração de íons H^+ nesse meio.

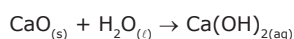
Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: I

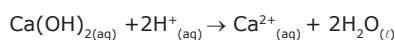
Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: A calagem é feita para a correção da acidez de um solo. O CaO , um óxido básico, reage com a água do solo formando uma base, o hidróxido de cálcio, conforme a seguinte reação:



O Ca(OH)_2 neutraliza a acidez do solo consumindo os íons H^+ para formar água. Os íons Ca^{2+} não participam da reação, sendo apenas íons espectadores.



MÓDULO – A 18

Reações Inorgânicas I

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Alguns processos físicos apresentam mudança de coloração, por exemplo, a separação de cores em um processo de cromatografia líquida de tinta de caneta imersa em álcool.
- B) Incorreta. O processo de vaporização da água corresponde a um processo de mudança de estado físico, sendo, portanto, um processo físico.
- C) Incorreta. Uma amostra de $\text{NaCl}_{(\text{s})}$ não apresenta condutividade elétrica. Contudo, ao ser dissolvido em água, processo físico, ocorre a formação de uma solução aquosa ($\text{NaCl}_{(\text{aq})}$) que apresenta alta condutividade elétrica.
- D) Incorreta. As reações químicas em sistemas isolados ocorrem com conservação de massa.
- E) Correta. Um processo químico ocorre a partir de um rearranjo atômico. Portanto, todo processo químico ocorre com mudança da natureza das espécies químicas formadoras dos sistemas.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos a reação química que se processa em cada uma das afirmativas.

- I. Correta. A reação entre bicarbonato de sódio e vinagre leva à formação de gás carbônico e água:
- $$\text{NaHCO}_{3(\text{s})} + \text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}_{(\text{aq})} + \text{CO}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$$
- II. Incorreta. A reação entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio tem como produtos cloreto de sódio e água:
- $$\text{HCl}_{(\text{aq})} + \text{NaOH}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NaCl}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$$
- III. Correta. A reação entre zinco metálico e ácido clorídrico forma cloreto de zinco e gás hidrogênio:
- $$\text{Zn}(\text{s}) + 2 \text{HCl}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$$
- IV. Incorreta. A reação entre gás carbônico e hidróxido de cálcio forma carbonato de cálcio e água:

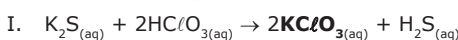


Questão 03 – Letra E

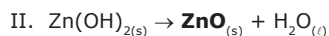
Comentário: Na reação descrita, houve variações nos números de oxidação dos átomos de sódio e de hidrogênio. O NO_x do sódio varia de 0 até +1, enquanto o NO_x do hidrogênio varia de +1 até 0.

Questão 04 – Letra E

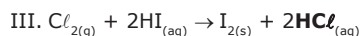
Comentário: Para a resolução dessa questão, classificaremos cada reação equacionada e nomearemos os compostos destacados em negrito.



Em I, há uma reação de dupla-troca, pois nota-se que duas substâncias compostas estão reagindo e permutando entre si os elementos potássio e hidrogênio, produzindo novas substâncias compostas. O $KClO_3$ é um sal formado pelo ânion ClO_3^- , clorato, e o cátion potássio. Assim, é denominado clorato de potássio.



Em II, há uma reação de análise ou de decomposição, que ocorre quando uma substância é decomposta em outras. Nesse caso, o hidróxido de zinco foi transformado em água e ZnO, que é o óxido de zinco.



Em III, ocorre uma reação de simples troca, pois uma substância simples reage com uma substância composta, originando uma outra substância simples. O HCl é produto dessa reação e é denominado ácido clorídrico.

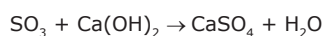
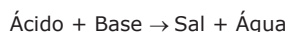
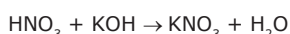
Assim, a alternativa E classifica e nomeia corretamente a reação ocorrida e o nome do composto destacado em negrito que foi formado.

Questão 05 – Letra D

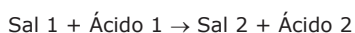
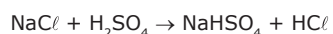
Comentário: A equação química que ocorre entre ferro metálico e oxigênio do ar é um exemplo de reação de síntese, na qual duas substâncias se unem para a formação de um único produto. Já a reação entre a glicose e o oxigênio é um caso de reação de combustão, em que há a produção de gás carbônico e água como produtos e ocorre liberação de energia.

Questão 06 – Letra C

Comentário: As seguintes reações são possíveis:

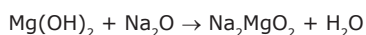


Ácido



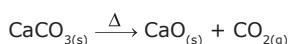
Ácido Básico

Já a seguinte reação não ocorre, pois envolve como reagentes duas substâncias de caráter básico:



Questão 07 – Letra C

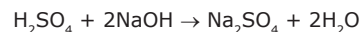
Comentário: Em uma reação de decomposição térmica uma substância química é decomposta em pelo menos duas outras substâncias quando aquecida. Na decomposição térmica do $CaCO_3$ ocorre a formação de cal virgem (CaO) e gás carbônico (CO_2), e a equação química balanceada que representa este processo é:



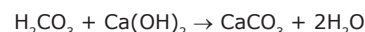
Questão 08 – Letra C

Comentário: Analisando cada uma das reações, temos:

Reação 1: A reação entre H_2SO_4 e NaOH leva à formação do sal Na_2SO_4 , que é formado pelo ânion proveniente do ácido, e pelo cátion proveniente da base, de acordo com a equação a seguir:



Reação 2: Os produtos $CaCO_3$ e H_2O são obtidos pela reação entre o ácido carbônico H_2CO_3 e o hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$. O sal é formado pelo ânion CO_3^- proveniente do ácido e o cátion Ca^{2+} proveniente da base, conforme a equação balanceada a seguir:



Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- Correta. As substâncias representadas na equação V são exemplos de substâncias compostas, uma vez que são constituídas por dois elementos químicos diferentes.
- Incorreta. Os produtos da reação representada em III são o NaOH aquoso e o H_2 gasoso. A presença de precipitado se caracteriza pela formação de produto no estado sólido.
- Incorreta. A reação I descreve o processo de decomposição térmica do clorato de potássio ($KClO_3$) e não do cloreto de potássio (KCl).
- Incorreta. A formação de bolhas, caracterizada pela formação de produtos gasosos, é observada apenas nas reações I, II e IV.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada um dos experimentos.

- Na reação de simples troca entre o zinco metálico e a solução de ácido clorídrico, verifica-se a liberação de bolhas de gás hidrogênio como um dos produtos da reação, ou seja, houve o desprendimento de gás.
- Ao misturar solução aquosa de nitrato de chumbo (II) e iodeto de potássio, ambas incolores, ocorre a formação de um sólido amarelo de iodeto de chumbo.
- Ao misturar a solução de ácido sulfúrico e a hidróxido de sódio verifica-se a elevação da temperatura do sistema, indicando que houve liberação de energia para o meio. Portanto, o gabarito correto é a alternativa B.

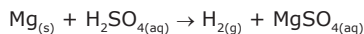
Questão 03 – Letra E

Comentário: Em uma reação de deslocamento uma substância simples reage com uma substância composta e os produtos formados são uma outra substância simples e outra substância composta. Dizemos então que o elemento da substância simples desloca um dos elementos da substância composta dos reagentes. No caso apresentado, o alumínio desloca a prata e formam-se uma substância composta (Al_2S_3) e uma substância simples (Ag) como produtos.

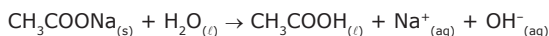
Questão 04 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

(1) A reação química entre o magnésio metálico e o ácido sulfúrico tem como produto a formação de sulfato de magnésio e o desprendimento de hidrogênio gasoso:

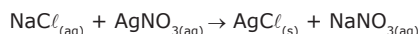


(2) O sal acetato de sódio promove a hidrólise da água, liberando íons OH^- e tornando o pH da solução alcalino, conforme representado a seguir:



(3) A mistura de cloreto de sódio e hidróxido de sódio não leva à formação de novos compostos, uma vez que ambos os compostos apresentam o mesmo metal (Na), não sendo possível uma reação de deslocamento.

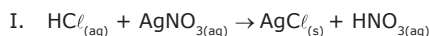
(4) A reação entre o cloreto de sódio e o nitrato de prata leva à formação de um precipitado cristalino branco de cloreto de prata, conforme equação representada a seguir:



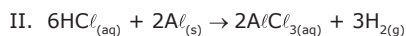
A ordem das afirmativas em relação aos fenômenos descritos é 4 – 1 – 2 – 3.

Questão 05 – Letra C

Comentário: As reações do ácido clorídrico com diversos materiais mostrados no esquema podem ser representadas pelas seguintes equações:



Evidência: Formação de precipitado de AgCl



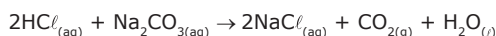
Evidência: Liberação de gás (H_2)



Evidência: Desaparecimento de sólido em suspensão

Questão 06 – Letra A

Comentário: Ácido clorídrico reage com carbonato de sódio de acordo com a seguinte equação:



A reação é acompanhada de efervescência, já que há a formação de um gás (CO_2).

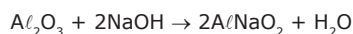
Assim, as soluções aquosas 1 e 4 contêm ácido clorídrico e carbonato de sódio, não necessariamente nessa ordem.

Ácido clorídrico não reage com cloreto férrico, já que, em solução aquosa, têm em comum o ânion cloreto.

Logo, o frasco 1 contém ácido clorídrico. Consequentemente, os frascos 2, 3 e 4 contêm, respectivamente, nitrato de prata, cloreto férrico e carbonato de sódio.

Questão 07 – Letra E

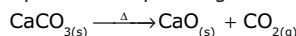
Comentário: A reação entre um óxido anfótero e um hidróxido forte formam como produtos sal e água. Um exemplo dessa reação pode ser descrito a seguir:



Questão 08 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, associaremos cada uma das situações com as respectivas reações químicas.

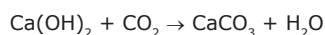
1. A decomposição térmica do calcário produz a denominada cal viva e é representada pela seguinte equação:



Essa equação não foi representada na coluna da direita e, portanto, não entrará na sequência de preenchimento.

2. A obtenção da cal extinta ocorre por meio da reação entre cal viva e água: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$.

3. A cal extinta é usada em caliação para proteger paredes da umidade, pois reage com o CO_2 formando uma película insolúvel:



4. A equação que representa a dissolução do carbonato de cálcio em água que contém CO_2 absorvido da atmosfera é:

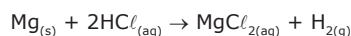


Portanto, a sequência correta de preenchimento dos parênteses é 4 – 3 – 2.

Questão 09 – Letra C

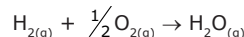
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

A) Incorreta. A reação entre o magnésio sólido e a solução de ácido clorídrico leva à formação de cloreto de magnésio e gás hidrogênio, de acordo com a seguinte equação:

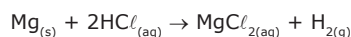


B) Incorreta. A reação de combustão do gás hidrogênio é $\text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$. O produto formado na reação de combustão é menos denso que o ar, uma vez que a água em estado gasoso tende a subir para camadas superiores da atmosfera, formando as nuvens.

C) Correta. A reação de combustão do gás hidrogênio em que o combustível é o gás hidrogênio, o comburente é o oxigênio e a água é o único produto está representada a seguir:



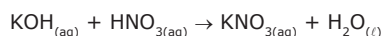
D) Incorreta. O magnésio tem seu estado de oxidação alterado de 0 para 2+, ou seja, sofrendo oxidação, conforme a seguinte equação:



E) Incorreta. O hidrogênio é um gás inflamável e, portanto, a reação de combustão é espontânea. Quando a concentração do gás é alta pode-se eliminar a fonte de ignição para que ocorra a combustão.

Questão 10 – Letra A

Comentário: Um sal inorgânico pode ser formado pela reação química entre um ácido e uma base em uma reação de neutralização, em que o sal formado contém o cátion da base e o ânion do ácido de origem. Dessa forma, o nitrato de potássio (KNO_3) é proveniente da reação entre o hidróxido de potássio (cátion K^+ da base) e o ácido nítrico (ânion NO_3^- do ácido), conforme representado pela equação a seguir:



Questão 11 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

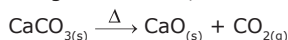
- A) Correta. A reação descrita pode ser explicada pela afirmativa I, uma vez que o produto AgCl formado é insolúvel.
- B) Correta. A reação descrita pode ser explicada pela afirmativa III, em que o ácido carbônico formado encontra-se menos ionizado que as demais espécies presentes nos reagentes.
- C) Correta. A reação descrita pode ser explicada pela afirmativa III, e o CH_3COOH é um ácido fraco menos dissociado.
- D) Incorreta. Os íons dos reagentes não se combinam para formar uma nova substância, seja ela um precipitado, um composto volátil ou um produto menos dissociado/ionizado.
- E) Correta. A reação descrita pode ser explicada pela afirmativa III, em que o HCN é um composto que se encontra menos ionizado / dissociado que as espécies presentes nos reagentes.

Questão 12 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos os produtos obtidos em cada um dos processos apresentados.

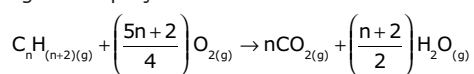
I. Aquecimento de CaCO_3 puro

Com aquecimento, o carbonato de cálcio decompõe-se em óxido de cálcio e gás carbônico, conforme a equação:

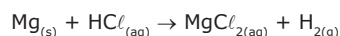


II. Combustão de uma vela

A vela é constituída por parafina, uma mistura de hidrocarbonetos saturados. A combustão dos gases liberados na vaporização da parafina pode ser representada pela seguinte equação não balanceada:

III. Reação de raspas de Mg com HCl

Em reações de ácidos com metais, ocorre formação de um sal e a liberação de gás hidrogênio, desde que o metal seja mais reativo que o hidrogênio. A reação entre magnésio metálico e o HCl pode ser representada pela seguinte equação:

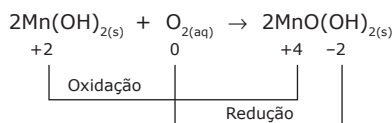


Para que os cristais de CoCl_2 anidro adquiram coloração rosa, eles devem entrar em contato com vapor de água e, para que uma solução de Ca(OH)_2 turve-se, ela deve entrar em contato com o CO_2 . Tais alterações ocorrem, simultaneamente, apenas quando ocorre a reação descrita no processo II, que tem como produtos CO_2 e H_2O .

Questão 13 – Letra C

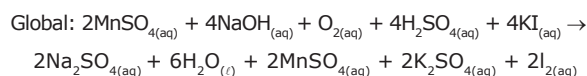
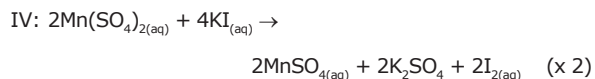
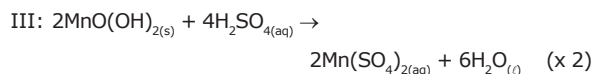
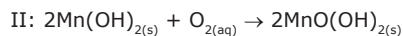
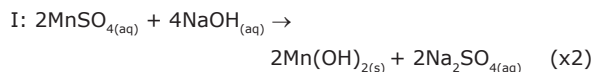
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- A) Incorreta. Na reação II, o gás oxigênio atua como agente oxidante e o elemento oxigênio tem seu número de oxidação diminuído, ou seja, sofre redução no processo.



- B) Incorreta. A reação I é do tipo dupla-troca.

- C) Correta. A soma das equações I, II, III e IV manipuladas matematicamente nos fornece a seguinte equação global:



Com base na equação global, determina-se que a proporção estequiométrica, em mol, entre o oxigênio consumido e o iodo formado é de 1:2. Dessa forma, é possível calcular a concentração de oxigênio dissolvido na água, determinando a quantidade de iodo formado no final do processo.

- D) Incorreta. Uma reação de decomposição ocorre quando uma substância é convertida em duas ou mais substâncias.

Questão 14

Comentário:

- A) A injeção deve ser feita depois de o dispositivo receber luz, pois, nessa circunstância, o cério é encontrado como óxido de cério (Ce_2O_3), podendo reagir tanto com o CO_2 quanto com a H_2O .
- B) A utilidade do dispositivo seria na obtenção de energia pois, de acordo com a equação 3, há formação de gás hidrogênio como um dos produtos, que é um gás utilizado como combustível. A poluição não seria eliminada devido à formação do CO que é um gás poluente, conforme a equação 2.

Seção Enem**Questão 01 – Letra C**

Eixo cognitivo: II

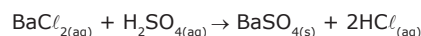
Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: A equação que representa o processo que ocorre quando o carbonato de bário reage com ácido clorídrico está representada a seguir:



O cloreto de bário, ao reagir com solução aquosa de ácido sulfúrico, forma o sulfato de bário, que se precipita e, portanto, poderia indicar a presença de íons bário solúveis na amostra.



Questão 02 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Quando a dona de casa mistura água sanitária, amoníaco e sabão em pó, o hipoclorito de sódio presente na água sanitária reage com o hidróxido de amônio do amoníaco, gerando, entre outros produtos, cloroaminas (gases asfixiantes).

Apesar disso, é possível deduzir a ocorrência de reação química a partir das próprias informações disponíveis no enunciado, aspecto típico das questões do Enem. A fervura após a mistura feita pela dona de casa, juntamente com a liberação de gases, são fortes indicadores de que o fenômeno ocorrido é químico e não físico.

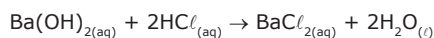
MÓDULO – A 19

Reações Inorgânicas II

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra C

Comentário: De acordo com a Lei de Conservação das Massas, a soma das massas dos produtos formados após uma reação química deve ser igual à soma das massas dos reagentes, ou seja, a massa se conserva. Portanto, a equação química balanceada que representa a reação é a seguinte:



A soma dos coeficientes estequiométricos é $1 + 2 + 1 + 2 = 6$.

Questão 02 – Letra D

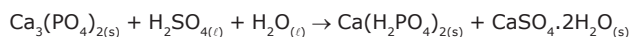
Comentário: Para determinar os coeficientes estequiométricos da reação de combustão do ácido maleico, deve-se realizar o balanceamento dos elementos químicos nos reagentes e produtos pelo método das tentativas. Portanto, a equação balanceada dessa reação é:



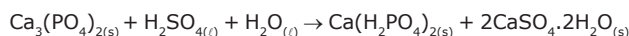
Logo, os coeficientes estequiométricos são iguais a 1, 3, 4 e 2.

Questão 03 – Letra C

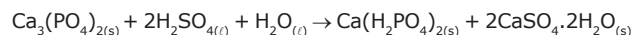
Comentário: A reação em questão pode ser balanceada pelo método das tentativas, uma vez que não se trata de um processo de oxirredução. O balanceamento pode ser iniciado igualando a quantidade do elemento que possui os maiores índices.



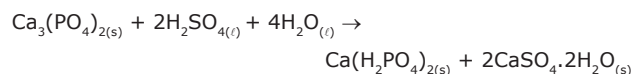
Assim, iniciaremos tentando balancear o elemento cálcio. Existem 3 átomos de cálcio no primeiro membro e apenas 2 átomos desse elemento no segundo membro. No segundo membro temos duas substâncias que possuem, cada uma, 1 átomo do elemento cálcio. Podemos empregar coeficientes estequiométricos nessas substâncias de forma que a soma desses coeficientes seja igual a 3. A melhor escolha, nesse caso, é empregar o coeficiente 2 na fórmula do $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pois assim não será alterada a quantidade de grupos fosfato (PO_4^{3-}).



Essa etapa do balanceamento modifica a quantidade de grupos sulfato (SO_4^{2-}) no segundo membro da equação. Para balancear as quantidades desses grupos, deve-se empregar o coeficiente 2 para o H_2SO_4 no primeiro membro.



A última etapa do balanceamento consiste em igualar a quantidade de átomos dos elementos hidrogênio e oxigênio. A quantidade de átomos do elemento hidrogênio no segundo membro da equação é igual a 12. Para balancear a quantidade de átomos desse elemento deve-se empregar o coeficiente 4 para o H_2O no primeiro membro da equação.



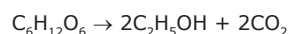
Note que a quantidade de átomos do elemento oxigênio também foi balanceada nessa etapa.

A equação encontra-se balanceada e a soma dos coeficientes estequiométricos mínimos inteiros da reação é igual a:

$$1 + 2 + 4 + 1 + 2 = 10$$

Questão 04 – Letra B

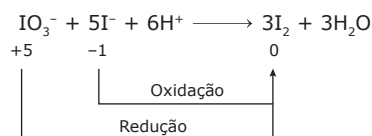
Comentário: O coeficiente estequiométrico é o número colocado na frente da fórmula química de um composto que indica a proporção entre o número de espécies químicas. Balanceando a reação de fermentação da glicose pelo método das tentativas, temos:



Logo, os coeficientes valem $x = 1$, $y = 2$ e $z = 2$.

Questão 05 – Letra C

Comentário: A equação a seguir representa uma reação de oxirredução:



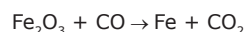
Redução: $|\Delta\text{NOx}| = 5 \cdot 2 = 10 : 2 = 5$

Oxidação: $|\Delta\text{NOx}| = 1 \cdot 2 = 2 : 2 = 1$

Após balancear a equação, a soma dos coeficientes mínimos inteiros é $1 + 5 + 6 + 3 + 3 = 18$.

Questão 06 – Letra A

Comentário: A reação em questão é uma reação de oxirredução. Para o seu balanceamento, deve-se igualar o número de elétrons perdidos e recebidos. Para tal, deve-se calcular o ΔNOx do oxidante e do redutor:



Redução \rightarrow ganho de $3e^-$ por átomo de ferro.

Oxidação \rightarrow perda de $2e^-$ por átomo de carbono.

Calculando Δ :

Oxidante: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \Delta \text{oxi} = 3 \cdot 2 = 6$

Redutor: $\text{CO} \Delta \text{red} = 2 \cdot 1 = 2$

Como os Δ formam múltiplos de 2, podemos simplificá-los por 2.

Invertendo Δ :

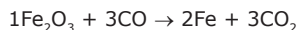
Coefficiente do oxidante (Fe_2O_3): 1

Coefficiente do redutor (CO): 3

Logo,



Terminando o balanceamento, por tentativas, temos:

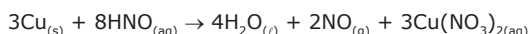


Questão 07 – Letra B

Comentário: Uma equação química deve ser balanceada, ou seja, seus coeficientes devem ser corretamente indicados para que o número de átomos se conserve. Nos produtos da equação, verifica-se que o coeficiente estequiométrico do composto MnSO_4 é 2 e, portanto, o valor de x também deve ser 2, pois ele é o coeficiente estequiométrico do composto KMnO_4 . No lado dos produtos, verifica-se que a única espécie que contém hidrogênio é a água, cujo coeficiente estequiométrico é 8. Portanto, para que no lado dos reagentes também haja 16 mol de H, o valor de y deverá ser igual a 5, uma vez que já existem 6 mol de H no composto H_2SO_4 . Por fim, o valor de z também deverá ser igual a 5, para balancear a quantidade de oxigênios nos reagentes e produtos.

Questão 08 – Letra B

Comentário: Para determinar a soma dos coeficientes estequiométricos é necessário balancear a equação química pelo método de tentativas, a fim de igualar a quantidade dos elementos químicos nos reagentes e produtos. A equação balanceada é a seguinte:



Logo, a soma dos coeficientes estequiométricos é a seguinte:

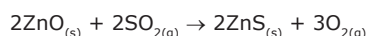
$$3 + 8 + 4 + 2 + 3 = 20.$$

O agente redutor é a espécie química que provoca a redução de outra espécie química, ou seja, o agente redutor é a espécie que sofre oxidação. Na equação descrita o cobre apresenta o NOx variado de 0 a +2, o que indica que houve oxidação do metal. Além disso, o composto iônico formado na reação é o $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, denominado nitrato de cobre II.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra D

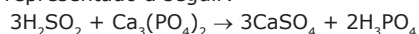
Comentário: Para obtermos os coeficientes estequiométricos mínimos e inteiros da reação química descrita, realizaremos o balanceamento pelo método das tentativas para igualar a quantidade de átomos nos reagentes e nos produtos. A equação balanceada da esfalerita, admitindo o coeficiente 2 para essa substância é a seguinte:



O coeficiente estequiométrico do oxigênio é 3, do óxido de zinco é 2 e do dióxido de enxofre é 2.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Para determinar os coeficientes estequiométricos da equação química utilizaremos o método de tentativas, conforme representado a seguir:



Logo, os coeficientes são 3, 1, 3 e 2, respectivamente.

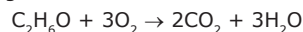
Questão 03 – Letra D

Comentário: A equação química balanceada que representa corretamente os produtos pode ser escrita da seguinte maneira:

$$8\text{NaHCO}_3 + 3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 8\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$$

Questão 04 – Letra B

Comentário: A equação química balanceada de combustão do etanol é a seguinte:



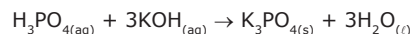
De acordo com os coeficientes estequiométricos, são necessários 3 mol de gás oxigênio e são produzidos 2 mol de gás carbônico na combustão completa de cada mol de etanol.

Questão 05 – Letra A

Comentário: Em uma equação química balanceada, o número de átomos dos elementos químicos é igual nos reagentes e nos produtos. Assim sendo, a equação química balanceada de combustão completa do etanol é $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$. Logo, a somatória dos coeficientes estequiométricos é $1 + 3 + 2 + 3 = 9$.

Questão 06 – Letra C

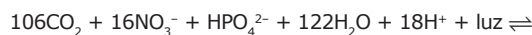
Comentário: Na molécula de ácido fosfórico existem três hidrogênios ligados diretamente a átomos de oxigênio, o que significa que o H_3PO_4 possui 3 hidrogênios ionizáveis. Diante disso, pode-se equalizar a reação de neutralização do ácido fosfórico pelo hidróxido de potássio, a qual origina o sal fosfato de potássio e água. Essa reação não é de oxirredução e, para o seu balanceamento, devemos igualar o número de hidroxilas da base com o número de hidrogênios ionizáveis do ácido. Assim, são necessárias três hidroxilas para três hidrogênios ionizáveis, ou seja, devemos multiplicar a fórmula da base por três e acertar as quantidades de cada elemento químico no segundo membro da equação. A equação balanceada é:



Assim, a soma dos menores coeficientes inteiros que balanceiam a equação é $1 + 3 + 1 + 3 = 8$.

Questão 07 – Letra D

Comentário: As equações devem ser balanceadas para que o total de átomos de um determinado elemento seja igual no membro dos reagentes e dos produtos.



No membro dos reagentes, temos:

$$1 + (2 \cdot 122) + 18 = 263 \text{ átomos de H}$$

$$2 \cdot (106) + 3 \cdot (16) + 4 + 122 = 386 \text{ átomos de O}$$

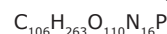
106 átomos de C

16 átomos de N

1 átomo de P

Nos produtos, já temos $138 \cdot 2 = 276$ átomos de oxigênio na forma de O_2 . Logo, ainda faltam 110 átomos de oxigênio.

Assim, a fórmula unitária do tecido vegetal é:



Questão 08 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das considerações.

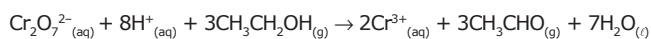
- I. Correta. A equação química apresentada refere-se ao processo químico em que o Cr^{6+} do dicromato é reduzido a Cr^{3+} . A formação dos íons Cr^{3+} provoca a mudança de coloração do meio, que deve estar ácido para que a transformação aconteça, uma vez que íons H^+ são consumidos na reação.
- II. Correta. Cálculo da massa molar do íon dicromato:

$$M(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 2 \cdot M(\text{Cr}) + 7 \cdot M(\text{O}) = 2 \cdot 52 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} + 7 \cdot 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 216 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Em cada mol de íons dicromato há 216 g dessa espécie.

- III. Incorreta. Considerando os menores coeficientes estequiométricos inteiros para a reação, temos:



Portanto, para a redução de um mol do elemento cromo (variando o NOx de +6 para +3), é necessário o ganho de 3 mol de elétrons. Como o processo balanceado apresenta 2 mol de átomos de cromo, a quantidade total de elétrons recebida é 6 mol.

Como a quantidade de elétrons recebida e perdida é a mesma, o elemento carbono deve perder 6 mol de elétrons e, portanto, o total de elétrons transferidos é igual a 6 mol.

- IV. Incorreta. A equação já está balanceada. A quantidade de átomos e a carga elétrica total no primeiro membro são iguais às do segundo membro. Além disso, o número de elétrons cedidos pelo redutor é igual ao número de elétrons recebidos pelo oxidante.
- V. Incorreta. O cromo presente no dicromato sofre redução; logo, o $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ é o agente oxidante. O carbono ligado à hidroxila no etanol sofre oxidação; dessa forma, o $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ é o agente redutor.

Questão 09

Comentário:

- A) As espécies químicas e os estados físicos das substâncias I e II são:
- I. $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$
- II. $\text{Fe}(\text{s})$
- B) As ligações químicas predominantes nas espécies III e IV são:
- III. Covalentes
- IV. Iônicas
- C) As reações químicas podem ser escritas como:
- a) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$
- b) $4\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$
- D) Dentre as substâncias citadas, apenas o $\text{O}_2(\text{g})$ é molecular.

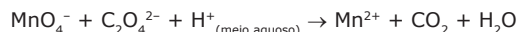
Questão 10 – V V V F V

Comentário: Com base no enunciado, temos:

Reagentes: MnO_4^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ e H^+ (meio aquoso)

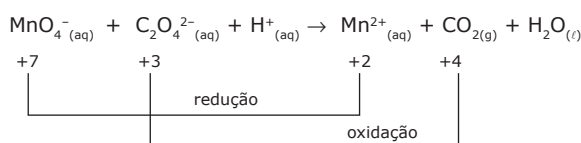
Produtos: Mn^{2+} , CO_2

Nessa reação, além dos produtos citados, ainda há a formação de água, como podemos visualizar na equação não balanceada a seguir:



Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

1. Verdadeira. O NOx do manganês varia de +7 no permanganato para +2 no íon Mn^{2+} . O íon MnO_4^- possui a espécie que sofreu redução; logo, esse íon atua como agente oxidante.



2. Verdadeira. Nessa reação, o NOx do carbono varia de +3 no oxalato para +4 no dióxido de carbono, ou seja, esse elemento está sofrendo oxidação com a perda de 1 elétron para cada átomo de carbono.
3. Verdadeira. A reação em questão pode ser representada pela equação química apresentada no item 1, na qual podem ser identificados o oxidante e o redutor:

Redução \Rightarrow ganho de $5 e^-$ por átomo de manganês

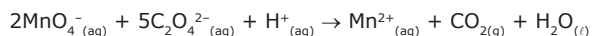
Oxidação \Rightarrow perda de $1 e^-$ por átomo de carbono

Para balancear essa reação, utilizaremos o método por oxirredução.

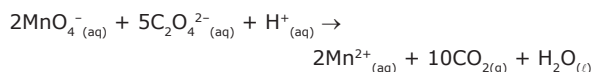
Oxidante: MnO_4^- Redutor: $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

$$\Delta_{\text{oxi}} = 5 \cdot 1 = 5 \quad \Delta_{\text{red}} = 1 \cdot 2 = 2$$

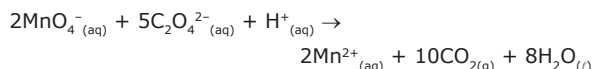
Invertendo os Δ , temos:



Terminaremos o balanceamento utilizando o método por tentativas. Para igualar a quantidade de átomos de manganês e carbono, empregamos os coeficientes 2 para o Mn^{2+} e 10 para o CO_2 no segundo membro da equação.

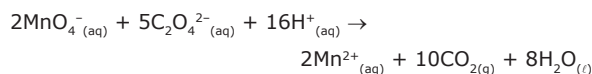


Existem 28 átomos do elemento oxigênio no primeiro membro da equação. Para igualar a quantidade de átomos desse elemento, emprega-se o coeficiente 8 para o H_2O .



É conveniente, em uma reação que ocorre em meio ácido, igualar a quantidade de átomos de hidrogênio por último, visto a possibilidade em alterar a quantidade de átomos desse elemento, empregando qualquer coeficiente na fórmula do H^+ sem alterar a quantidade de átomos de outro elemento químico.

Existem 16 átomos do elemento hidrogênio no segundo membro da equação. Para igualar a quantidade de átomos desse elemento, deve-se empregar o coeficiente 16 para o H^+ no primeiro membro, tornando a equação balanceada com os menores coeficientes estequiométricos possíveis:



A equação encontra-se balanceada com coeficientes estequiométricos, possuindo os menores valores inteiros possíveis.

- Falsa. O estado de oxidação do manganês no permanganato é +7.
- Verdadeira. De acordo com a equação balanceada obtida no comentário do item 2, a relação estequiométrica, em mol, entre os íons permanganato consumidos e a água produzida é de 1:4.

Seção Enem

Questão 01 – Letra D

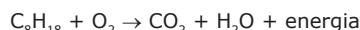
Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

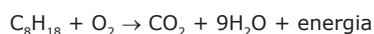
Habilidade: 24

Comentário: Combustão é o termo utilizado para designar uma reação de oxirredução exotérmica e rápida o suficiente para manter uma chama. O combustível é a substância que contém o elemento que sofre oxidação, enquanto o comburente é a substância que contém o elemento que sofre redução. O comburente mais comum é o oxigênio, um dos gases mais abundantes da atmosfera.

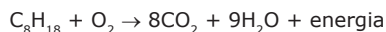
A equação termoquímica, não balanceada, que representa a combustão completa de octano em um motor está representada a seguir:



Pode-se balancear essa equação utilizando-se o método por tentativas. Primeiramente, iguala-se a quantidade de átomos do elemento que possui maior índice, o hidrogênio. Existem 18 átomos de hidrogênio no primeiro membro. Para se igualar a quantidade de átomos de hidrogênio nos dois membros da equação, deve-se multiplicar por 9 a fórmula da água.



Para se igualar a quantidade de átomos de carbono nos dois membros da equação, deve-se multiplicar por 8 a fórmula do CO_2 .



Existem 25 átomos de oxigênio no segundo membro. Para se igualar a quantidade de átomos de oxigênio nos dois membros da equação, deve-se multiplicar por 12,5 a fórmula do O_2 .



Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- Incorreta. O oxigênio é um dos reagentes da reação.
- Incorreta. Conforme a reação balanceada, a proporção, em mol, da água e do octano é de 4:1.
- Incorreta. A água é um dos produtos da reação.
- Correta. Conforme a reação balanceada, a proporção, em mol, do oxigênio e do octano é de 12,5:1 ou 25:2.
- Incorreta. Conforme a reação balanceada, a proporção, em mol, do gás carbônico e do octano é de 8:1.

MÓDULO – A 20

Introdução ao Equilíbrio Químico

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: No estado de equilíbrio, todas as espécies químicas estão presentes: $\text{H}_{2(\text{g})}$, $\text{I}_{2(\text{g})}$ e $\text{HI}_{(\text{g})}$. Os três gases estarão difundidos, ocupando, homoganeamente, todo o recipiente.

Questão 02 – Letra E

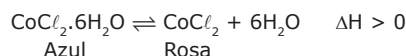
Comentário: Num sistema em que, inicialmente, os reagentes são colocados em contato, a concentração destes é máxima e a dos produtos é nula. Contudo, com a evolução da reação, a concentração dos reagentes diminui e a dos produtos aumenta até que as velocidades direta e inversa sejam iguais. A partir desse instante, as concentrações de reagentes e de produtos se tornam constantes. Como o produto é mais estável que o reagente, a sua concentração no equilíbrio é maior.

Questão 03 – Letra A

Comentário: De acordo com o gráfico, as concentrações de H_2 , N_2 e NH_3 permanecem constantes após atingir o equilíbrio químico. Isso ocorre porque as velocidades de formação e decomposição dessas espécies são iguais.

Questão 04 – Letra C

Comentário: O equilíbrio envolvido na mudança de cor do “galinho do tempo” é representado pela seguinte equação:



Como o processo direto é endotérmico ($\Delta H > 0$), a cor rosa será favorecida pelo aumento da temperatura, e a azul, pela diminuição da temperatura. Além disso, o aumento da umidade favorece o predomínio da espécie azul, pois aumenta a quantidade de água no sistema.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Valores de ΔH negativos indicam processos exotérmicos, ou seja, que ocorrem com liberação de energia térmica, deslocando o equilíbrio no sentido exotérmico, favorecendo a formação da amônia. Já o aumento da pressão desloca o equilíbrio para o lado em que há menor volume gasoso, ou seja, no sentido de formação de amônia.

Questão 06 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos as consequências de cada efeito aplicado sobre o equilíbrio da reação em questão.

- Incorreta. Aumento da pressão: o aumento da pressão sobre um sistema gasoso desloca o equilíbrio no sentido que produz a menor quantidade de espécies gasosas, na tentativa de reduzir parte do aumento de pressão e restabelecer o estado de equilíbrio. Nessa reação, o aumento de pressão desloca o equilíbrio para o sentido de formação de reagentes e, assim, a formação de H_2 não é favorecida.

- II. Incorreta. Adição de catalisador: os catalisadores agem com a mesma intensidade na reação direta e na reação inversa quando atuam em uma reação reversível. Assim, a adição de catalisador faz com que o equilíbrio seja estabelecido mais rapidamente, no entanto não desloca o equilíbrio de modo a favorecer a formação de produtos ou de reagentes.
- III. Correta. Aumento da temperatura: em uma reação reversível, o aumento da temperatura do sistema reacional desloca o equilíbrio no sentido endotérmico da reação. Nessa reação, o sentido de formação do H_2 é endotérmico, dessa forma o aumento de temperatura favorecerá a sua formação.

Questão 07 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Os catalisadores agem com a mesma intensidade na reação direta e na reação inversa quando atuam em uma reação reversível. Assim, a redução ou o aumento da quantidade de catalisador são fatores que não intensificam a degradação catalítica do CO.
- B) Incorreta. Quando reduzimos a concentração molar de reagentes ou produtos, o sistema reacional sai do estado de equilíbrio. Para que o equilíbrio seja restabelecido, parte da quantidade reduzida deve ser novamente produzida, favorecendo, então, o sentido de sua formação. Dessa maneira, reduzindo-se a concentração de O_2 , o equilíbrio será deslocado no sentido de formação dos reagentes e, conseqüentemente, haverá produção, e não degradação, do CO.
- C) Incorreta. Em uma reação reversível, o aumento da temperatura do sistema reacional desloca o equilíbrio no sentido endotérmico da reação. Nessa reação, o sentido de degradação do CO é exotérmico. Dessa forma, o aumento de temperatura deslocará o equilíbrio no sentido de formação de CO e O_2 .
- D) Correta. O aumento da pressão sobre um sistema gasoso desloca o equilíbrio no sentido que produz a menor quantidade de espécies gasosas, na tentativa de reduzir parte do aumento de pressão e restabelecer o estado de equilíbrio. Assim, nessa reação, o aumento de pressão é uma alteração eficiente para intensificar a degradação catalítica do monóxido de carbono, porque desloca o equilíbrio no sentido de formação dos produtos.

Questão 08 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O processo em questão é exotérmico. Portanto, a produção de monóxido de dinitrogênio aumenta com a diminuição da temperatura.
- B) Incorreta. A adição de um catalisador a um meio reacional aumenta, igualmente, a velocidade da reação direta e inversa, portanto, não favorece nenhum dos dois sentidos da reação.
- C) Incorreta. O equilíbrio químico é atingido quando as concentrações de reagentes e produtos se tornam constantes e não necessariamente iguais.
- D) Incorreta. O aumento da concentração de um produto ($H_2O_{(g)}$) favorece o sentido de formação dos reagentes, ou seja, favorece o sentido de formação do nitrato de amônio.

- E) Correta. A diminuição da concentração de um produto ($N_2O_{(g)}$) favorece o sentido de sua formação, ou seja, contribui para a decomposição do nitrato de amônio.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A presença de catalisador não influencia o estado de equilíbrio de uma reação química.
- B) Correta. O equilíbrio é estabelecido quando as velocidades da reação direta e inversa são iguais, ou seja, quando a velocidade de consumo dos reagentes é igual à dos produtos.
- C e D) Incorretas. A diminuição da temperatura provoca uma alteração no equilíbrio de uma reação química. Portanto, não é uma condição necessária para que o equilíbrio seja alcançado.

Questão 02 – Letra E

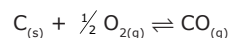
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. O aumento da pressão desloca o equilíbrio no sentido em que há menor volume gasoso. Logo, equilíbrio descrito é deslocado para a esquerda, ou seja, no sentido de formação da amônia.
- II. Correta. A reação direta é endotérmica, pois apresenta valor de ΔH positivo. A diminuição da temperatura, portanto, desloca o equilíbrio no sentido exotérmico, ou seja, no sentido de formação da amônia.
- III. Correta. Como a reação direta é endotérmica, a reação inversa, na qual ocorre a formação de amônia, será exotérmica.

Questão 03 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Por se tratar de um sistema heterogêneo (em que os participantes estão em estado físico diferente) a adição do carbono sólido não altera o equilíbrio.
- B) Correta. A redução na pressão do sistema desloca o equilíbrio para o lado em que há maior número de mols gasosos, ou seja, o equilíbrio será deslocado no sentido de formação de CO. A equação balanceada é representada da seguinte forma:



- C) Incorreta. O aumento na concentração de CO desloca o equilíbrio no sentido de decomposição dessa substância.
- D) Incorreta. A diminuição na concentração de oxigênio desloca o equilíbrio no sentido de formação dessa substância, o que provoca o consumo de CO.
- E) Incorreta. Um menor volume está associado ao aumento da pressão. Portanto, nessa situação, o equilíbrio será deslocado para o lado em que há menor número de mols gasosos favorecendo o consumo do monóxido de carbono.

Questão 04 – Letra A

Comentário: Considerando um sistema que se encontra em equilíbrio, o aumento de reagentes promove o deslocamento no sentido da reação que consome parte dos reagentes adicionados com o objetivo de modo a restabelecer o estado de equilíbrio. Quando isso ocorre, as concentrações dos reagentes aumentam e em seguida diminuem, aumentando as concentrações dos produtos, até que elas voltem a ser constantes. O gráfico que representa corretamente essa situação é o da alternativa A.

Questão 05 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A seguir calcularemos a concentração de todas as espécies químicas dessa reação no equilíbrio. Como o volume do recipiente onde ocorre a decomposição da amônia é igual a 2 litros, as concentrações de amônia no início, e quando a reação atinge o equilíbrio, são 5 e 2,5 mol.L⁻¹, respectivamente. A evolução das concentrações dessas espécies pode ser descrita pelo seguinte quadro:

	$2\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$		
Início	5	0	0
Consumiu / Formou	2x	x	3x
Equilíbrio	2,5	x	3x

Assim, temos que:

$$5 - 2x = 2,5$$

$$x = 1,25 \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim, no equilíbrio, a concentração de N₂ será de 1,25 mol.L⁻¹.

- B) Incorreta. Como a concentração de H₂ no equilíbrio é igual a 3,75 mol.L⁻¹ (3x) e o volume do recipiente onde ocorre a reação é igual a 2 litros, no equilíbrio foram formados 7,5 mol de H₂.
- C) Incorreta. *Vide* justificativa da alternativa A.
- D) Incorreta. Como as concentrações do gás amônia e do gás hidrogênio no equilíbrio serão, respectivamente, 2,5 mol.L⁻¹ e 3,75 mol.L⁻¹, e o volume do recipiente onde a reação ocorre é igual a 2 litros, a quantidade em mol de amônia será menor que a quantidade em mol de hidrogênio.

$$n(\text{NH}_3) = 5 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = 7,5 \text{ mol}$$

- E) Incorreta. A concentração de gás hidrogênio no equilíbrio é igual a 3,75 mol.L⁻¹

Questão 06 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. Todos os compostos binários em que o oxigênio é o elemento mais eletronegativo são denominados óxidos. A hidroxiapatita não pertence a essa função, uma vez que não atende a esses requisitos.

- II. Correta. O aumento da concentração de reagentes ou de produtos desloca o equilíbrio no sentido oposto à adição de reagentes ou de produtos. Por outro lado, a diminuição da concentração de reagentes ou de produtos desloca o equilíbrio no sentido de aumentar novamente a concentração dessas espécies químicas e estabelecer um novo equilíbrio. Assim, o aumento ou a diminuição da concentração dos íons cálcio e dos íons fosfato, os quais são produtos no processo de desmineralização da hidroxiapatita, influenciará na estabilidade desse constituinte do esmalte do dente.

- III. Correta. A presença de H⁺ no meio bucal faz com que os íons OH⁻ sejam consumidos e, conseqüentemente, que o equilíbrio seja deslocado no sentido de desmineralização do esmalte dentário, a fim de repor parte da quantidade de OH⁻ que foi consumida.

Questão 07 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. A adição de cloreto de amônio desloca o equilíbrio no sentido de consumo dessa espécie, ou seja, o equilíbrio é deslocado no sentido da reação inversa.
- II. Correta. A adição de cloreto de ferro (III) (FeCl₃) desloca o equilíbrio no sentido de consumo dessa espécie, ou seja, o equilíbrio é deslocado no sentido da reação direta.
- III. Correta. A adição de tiocianato de amônio (NH₄SCN) desloca o equilíbrio no sentido de consumo dessa espécie, ou seja, o equilíbrio é deslocado no sentido da reação direta.

Questão 08 – Letra A

Comentário: Analisando os dados da tabela, percebe-se que, quanto menor a temperatura, menor é a concentração do produto no equilíbrio e maior deverá ser o tempo necessário para que esse equilíbrio químico seja alcançado. Portanto, o aumento da temperatura favorece a formação do produto.

- A) Incorreta. O tempo t₄ é menor que t₅, pois a temperatura em que a reação se processa é maior em t₄, favorecendo a formação do produto.
- B) Correta. O tempo t₂ é maior que t₁, pois a temperatura em que a reação se processa é menor em t₂, o que desfavorece a formação do produto fazendo com que o equilíbrio demore mais tempo para ser atingido.
- C) Correta. O tempo t₄ é menor que t₃, pois a temperatura em que a reação se processa é maior em t₄, o que favorece a formação do produto.
- D) Correta. O tempo t₁ é menor que t₂, pois a temperatura em que a reação se processa é maior em t₁, o que favorece a formação do produto.

Questão 09 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. Pela análise do gráfico, a porcentagem de saturação de Hb por O_2 é maior na hemoglobina fetal em valores de pressão parcial entre 0 e 100 mmHg.
- II. Correta. Durante a viagem do litoral para um local de grande altitude, a concentração de O_2 no sistema diminuirá, o que desloca o equilíbrio no sentido de formação desse gás e, conseqüentemente, de consumo de $Hb(O_2)_n$. O aumento da concentração de Hb no sangue desloca o equilíbrio no sentido de reestabelecer a concentração de $Hb(O_2)_n$.
- III. Incorreta. Sabendo que $pO_2(\text{pulmão}) > pO_2(\text{tecidos})$, no pulmão a concentração de O_2 é maior, portanto, a concentração de hemoglobina associada a oxigênio é maior do que nos tecidos.

Questão 10 – Letra A

Comentário: A reação descrita na questão é classificada como um processo endotérmico, em que a energia dos produtos é maior que a energia dos reagentes. Assim, o aumento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido endotérmico, ou seja, no sentido de consumo do hexano. Já o aumento da pressão desloca o equilíbrio no sentido de menor volume gasoso, favorecendo a formação do reagente.

Após seis horas, a temperatura do sistema foi aumentada ocasionando o deslocamento do equilíbrio no sentido de consumo do hexano, conforme evidenciado no gráfico pela segunda queda na curva de concentração desse componente. Após doze horas de reação, o aumento da pressão provoca o deslocamento do equilíbrio no sentido de formação do reagente, que pode ser identificado no gráfico pelo aumento da concentração dessa espécie até que o equilíbrio seja reestabelecido.

Logo, entre os gráficos apresentados, o que expressa o comportamento anteriormente descrito é o da alternativa A.

Questão 11 – Letra C

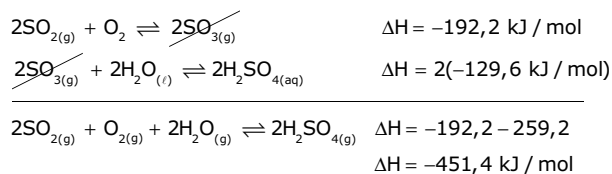
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A e B) Incorretas. O catalisador influencia somente na velocidade com que a reação se processa, não alterando a entalpia ou o equilíbrio químico.
- C) Correta. A reação de produção do estireno é um processo endotérmico ($\Delta H > 0$) e o aumento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido de favorecer a reação direta, ou seja, o equilíbrio é favorecido no sentido de formação do estireno.
- D) Incorreta. O aumento da pressão desloca o equilíbrio para o lado em que há menor volume gasoso. Logo, a reação é favorecida no sentido de formação do etilbenzeno.
- E) Incorreta. O aumento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido da reação endotérmica e, portanto, a formação do estireno é favorecida.

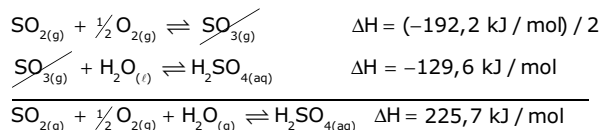
Questão 12

Comentário:

- A) A equação global e seu valor de variação de entalpia são dados a seguir:



Resposta alternativa:



- B) A concentração de SO_3 vai aumentar, pois o aumento da pressão, em um determinado sistema, desloca o equilíbrio para o lado em que há menor volume gasoso, ou seja, no sistema (1), deve deslocar para a direita. Com a diminuição da temperatura em determinado sistema, o equilíbrio é deslocado no sentido do processo exotérmico ($\Delta H < 0$), ou seja, no caso do sistema (2) isso favorece a formação do ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Seção Enem

Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: O excesso de gás carbônico dissolvido na água dos mares e oceanos aumenta a concentração de íons carbonato (CO_3^{2-}), acarretando uma maior precipitação de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) na superfície dos corais e no fundo do mar. Essa precipitação diminui a disponibilidade de íons Ca^{2+} na estrutura interna dos corais, uma vez que há uma tendência de restabelecimento do estado de equilíbrio com o meio externo, o que leva a menor taxa de biofixação e, conseqüentemente, dano à estrutura dos esqueletos calcários dos corais.

Questão 02 – Letra D

Eixo cognitivo: II

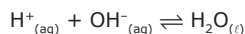
Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: A formação das estalactites é uma reação que é favorecida com o aumento da temperatura, pois trata-se de uma reação é endotérmica. Dessa maneira, caso a temperatura aumente, o equilíbrio é deslocado para a direita, que é o sentido da formação de carbonato.

Questão 03 – Letra B**Eixo cognitivo:** II**Competência de área:** 4**Habilidade:** 15

Comentário: A ingestão diária de refrigerantes eleva a concentração de íons H^+ no meio bucal, devido à ionização de substâncias ácidas presentes nessas bebidas (ácido fosfórico no caso de refrigerantes de cola). Os íons H^+ reagem com os íons OH^- , conforme a seguinte equação:



Como haverá o consumo de parte dos íons OH^- , o processo de desmineralização dentária é, então, favorecido, pois o equilíbrio é deslocado no sentido da reação direta, a fim de repor parte desses íons consumidos na reação com os íons H^+ .

Questão 04 – Letra A**Eixo cognitivo:** I**Competência de área:** 7**Habilidade:** 24

Comentário: Ao abrir um refrigerante, a pressão interna do recipiente é reduzida. De acordo com o Princípio de Le Chatelier, a diminuição da pressão desloca o equilíbrio no sentido do processo que forma a maior quantidade de gás, na tentativa de compensar parte da diminuição da pressão e restabelecer o equilíbrio. Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. Com a diminuição da pressão, o equilíbrio será favorecido no sentido da formação de CO_2 que, em sistema aberto, é liberado para o ambiente.
- B) Incorreta. O efeito térmico associado à reação inversa (decomposição do ácido carbônico) é insignificante, uma vez que essa reação ocorre em pequena extensão devido à baixa concentração de ácido no líquido contido no recipiente.
- C) Incorreta. Mesmo com o favorecimento da produção de gás carbônico, a pressão interna do recipiente não se altera, pois o gás, em sistema aberto, é liberado para o ambiente.
- D) Incorreta. Parte do gás carbônico dissolvido no líquido está sob a forma de ácido carbônico. Esse ácido tem sua concentração diminuída em virtude do favorecimento do equilíbrio no sentido de formação de $CO_{2(g)}$.
- E) Incorreta. A quantidade de água formada pela reação inversa – a reação de decomposição do ácido carbônico – é muito menor que a quantidade de água já existente no recipiente.

MÓDULO – B 17**Catálises****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra D**

Comentário: Quando adicionamos um catalisador para acelerar o processo direto, ele também acelera o processo inverso. Logo, um catalisador não afeta um sistema em equilíbrio e as concentrações de equilíbrio são independentes de sua concentração. Logo, as alternativas B e C estão incorretas.

A velocidade das reações pode ser influenciada pela concentração do catalisador. Isso ocorre, geralmente, em catálises homogêneas, já que o catalisador se encontra na mesma fase que os reagentes. Assim, a alternativa A está incorreta.

O catalisador pode participar de uma das etapas da reação, sendo consumido; porém, ao final do processo, ele é integralmente regenerado. Portanto, a alternativa D está correta.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Um catalisador é uma espécie que altera a velocidade de uma reação química sem sofrer uma variação química permanente no processo. Eles afetam os tipos de colisões (o mecanismo) que levam à reação, de modo que proporcionam um caminho geralmente alternativo com menor energia de ativação, aumentando a velocidade da reação.

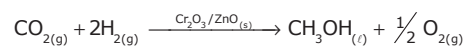
Questão 03 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

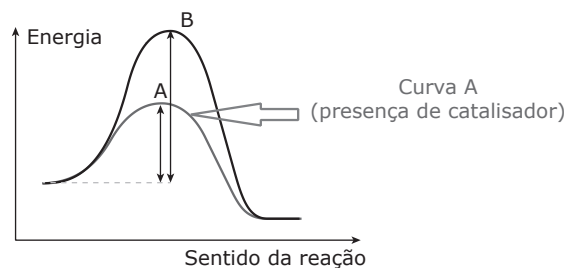
- A) Incorreta. Na ausência do catalisador, Al_2O_3 , a energia de ativação é alta, o que torna a reação lenta.
- B) Correta. É uma catálise heterogênea, pois os reagentes e o catalisador estão em estados fases diferentes, formando um sistema heterogêneo.
- C) Incorreta. O catalisador não é consumido na reação química, independentemente se a catálise for homogênea ou heterogênea.
- D) Incorreta. O estado físico do catalisador é diferente do estado físico dos reagentes, logo, trata-se de uma catálise heterogênea.
- E) Incorreta. O Al_2O_3 participa da reação. Porém, trata-se de uma catálise heterogênea.

Questão 04**Comentário:**

- A) O tipo de catálise é a heterogênea, pois os reagentes e os catalisadores apresentam diferentes estados de agregação. A equação química que representa o processo está representada a seguir:



- B) Na presença do catalisador a energia de ativação diminui, pois essas substâncias, ao serem adicionadas ao sistema reacional, aumentam a velocidade da reação. A curva que representa a reação catalisada está representada a seguir:



Questão 05 – Letra E

Comentário: Analisando as sentenças, temos:

Falsa. A platina age como catalisador na reação. Portanto, a platina é consumida durante a reação e regenerada ao fim do processo.

Verdadeira. Trata-se de uma catálise heterogênea, pois o catalisador e os reagentes formam mais de uma fase.

Verdadeira. O nitrogênio é a espécie que sofre oxidação, e o oxigênio é a espécie que sofre redução. Logo, é uma reação de oxirredução.

Falsa. A equação química balanceada é $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$. A quantidade de matéria de água formada é 6,0 mol.

Falsa. O número de átomos de qualquer espécie química da reação é mantido no primeiro e no segundo membro da equação.

Questão 06 – Letra B

Comentário: Em um mecanismo de reação química, a etapa que apresentar maior energia de ativação será a etapa lenta, pois apenas uma pequena fração de moléculas tem essa energia mínima para reagir, e, assim, essa etapa se processa lentamente.

Questão 07 – Letra A

Comentário: Um catalisador é uma substância que aumenta a velocidade de uma reação, já que possibilita um novo mecanismo de menor energia de ativação. Na catálise homogênea, o catalisador se encontra na mesma fase que os reagentes, enquanto, na catálise heterogênea, encontra-se numa fase diferente. Quando um dos produtos da reação é o próprio catalisador, trata-se de uma autocatálise. Para acentuar o efeito de um catalisador, deve-se adicionar um promotor ou ativador. Já o veneno diminui ou anula a ação do catalisador. Portanto, a sequência correta é 6-4-2-3-5.

Questão 08 – Letra C

Comentário: A atividade enzimática pode ser afetada por dois fatores: a temperatura e o pH. O aumento da temperatura, até certos limites, promove o aumento da atividade enzimática, uma vez que aumenta a energia cinética das moléculas e eleva a probabilidade de ocorrerem colisões efetivas que levam à formação de produtos. Contudo, o aumento excessivo da temperatura faz com que as colisões efetivas sejam tão intensas que promove o rompimento das ligações que formam a configuração espacial das enzimas, desnaturando-as.

As enzimas também possuem um máximo de atuação em algumas faixas de pH bem estabelecidas. Variações intensas no pH podem alterar a estrutura especial da enzima, causada pela repulsão de cargas, fazendo com que a enzima perca sua atividade no organismo.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O aumento da temperatura promove o aumento do número de moléculas com energia suficiente para a formação do complexo ativado, acelerando a reação. A energia cinética média das moléculas aumenta com o fornecimento aumento de temperatura, ocasionando o aumento da frequência de choques. Assim, o número de choques efetivos e a velocidade de formação dos produtos são elevados.
- B) Incorreta. A função do catalisador é reduzir a energia do complexo ativado para que mais moléculas reagentes tenham a energia suficiente para reagir. Isso ocorre devido a formação de uma nova estrutura intermediária de menor energia, em que as moléculas do catalisador participam. Após esse complexo ativado ser desfeito, o catalisador é regenerado e um número maior de moléculas reagentes reagiram de fato.
- C) Correta. Esse é o enunciado da lei da ação das massas, após a verificação experimental da influência da concentração dos reagentes na velocidade da reação.
- D) Incorreta. Quanto maior a superfície de contato entre as espécies químicas reagentes, maior é o número de choques efetivos e, portanto, maior será a velocidade da reação.
- E) Incorreta. Para sistemas gasosos, quanto maior a pressão, menor será o volume ocupado pelas espécies, favorecendo, dessa forma, os choques entre elas. Nesse cenário, a probabilidade de ocorrência de choques efetivos é maior, aumentando a velocidade da reação.

Questão 02 – Letra E

Comentário: As enzimas são catalisadores biológicos naturais. Portanto, atuam nas reações bioquímicas diminuindo a energia de ativação necessária para que a reação aconteça, aumentando a sua velocidade. Os catalisadores não alteram o equilíbrio químico, ou seja, o equilíbrio químico da reação não é deslocado devido a presença de enzimas.

Questão 03 – Letra D

Comentário: Os catalisadores são específicos para cada reação. Quando adicionados para acelerar o processo direto, também aceleram o processo inverso. Logo, um catalisador não afeta um sistema em equilíbrio, e as concentrações de equilíbrio são independentes de sua concentração.

A velocidade das reações pode ser influenciada pela concentração do catalisador. Isso ocorre, geralmente, em catálises homogêneas, já que o catalisador se encontra na mesma fase que os reagentes. Numa catálise heterogênea, às vezes, a reação pode ser catalisada pelas próprias paredes do recipiente.

Questão 04 – Soma = 21

Comentário: Analisando cada uma das afirmativas, temos:

01. Correta. Os inibidores diminuem a velocidade de uma reação química porque atuam aumentando a energia de ativação. Logo, os conservantes de alimentos são inibidores da enzima que promove o amadurecimento dos alimentos, fazendo com que esses produtos tenham maior prazo de consumo.
02. Incorreta. Em um processo que se desenvolve em várias etapas, a velocidade da etapa lenta é a que determina o cálculo da velocidade do processo como um todo.
04. Correta. Espécies que são denominadas venenosas atuam diminuindo a atividade de um catalisador, pois aumentam a energia de ativação da reação diminuindo a velocidade do processo.
08. Incorreta. O fato de uma reação ser endotérmica ou exotérmica não é determinante da velocidade de uma reação química. O que pode aumentar a velocidade de uma reação é o aumento da temperatura do meio reacional, seja ele um processo endo ou exotérmico.
16. Correta. As reações entre compostos inorgânicos iônicos são mais rápidas porque as espécies já estão em condições de formarem novas ligações químicas nos produtos, enquanto que em compostos orgânicos as espécies estão todas unidas por ligações covalentes, sendo necessário que primeiro ocorra o rompimento dessas ligações para em seguida formarem novas ligações nos produtos.

Questão 05 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. Para a catálise ser classificada como heterogênea, é necessário que o catalisador e os reagentes estejam em estados físicos diferentes, ou seja, que formem um sistema bifásico. Assim, é possível visualizar a superfície na qual será estabelecido o contato entre espécies reagentes e o catalisador.
- II. Incorreta. A energia de ativação corresponde à diferença entre a energia do complexo ativado e a energia dos reagentes. Assim, o aumento ou diminuição da concentração de reagentes não influenciará nesse valor, pois o conteúdo energético será o mesmo. O aumento da concentração dos reagentes favorece o número de colisões entre as partículas.
- III. Correta. A constante de velocidade k é única para cada reação química e depende diretamente da temperatura.
- IV. Incorreta. *Vide* comentário da afirmativa II.

Questão 06 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. O óxido de alumínio (Al_2O_3) apresenta massa molar igual a $102 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ enquanto o dióxido de nitrogênio (NO_2) possui massa molar igual a $46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- B) Correta. Nesse sistema ocorre o processo de catálise heterogênea, pois o catalisador, sólido, encontra-se em um estado físico diferente dos reagentes e dos produtos gasosos.
- C) Correta. Os catalisadores atuam em uma reação química diminuindo a energia de ativação. Com isso, a reação se processa mais rapidamente quando comparada à mesma reação sem a presença de um catalisador.
- D) Incorreta. A estrutura em colmeia interfere na velocidade da reação química, visto que aumenta a superfície de contato entre o catalisador e os reagentes.

Questão 07 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Ao elevar a temperatura do processo a velocidade da reação aumenta, pois, a energia cinética das moléculas aumenta, assim como a probabilidade de ocorrerem colisões efetivas para a formação dos produtos.
- B) Correta. A vitamina C é um ácido que promove o bloqueio da participação da enzima PFO, pois provoca a diminuição do pH do meio. Com isso, a velocidade da reação de escurecimento de sucos e frutas diminui.
- C) Incorreta. A enzima PFO não é totalmente consumida, mas pode ter sua atividade enzimática diminuída pela ação de uma substância inibidora.
- D) Incorreta. O armazenamento de frutas, vegetais e sucos em geladeira é recomendado, pois a diminuição da temperatura diminui a velocidade da reação de escurecimento das frutas, fazendo com que durem por mais tempo.

Seção Enem**Questão 01 – Letra B**

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

Habilidade: 26

Comentário: Os catalisadores são substâncias químicas que, ao serem adicionadas a um sistema reacional, aumentam a velocidade da reação diminuindo a sua energia de ativação. As enzimas são moléculas de origem proteica que funcionam como catalisadores de diversos processos bioquímicos agindo no substrato que é uma partícula reagente que se conecta à enzima em uma região específica denominada sítio ativo. Existem três fatores que influenciam a velocidade de uma reação enzimática: temperatura, concentração dos substratos e o pH do meio reacional, pois as enzimas são sensíveis a esses parâmetros em determinadas condições. Apesar disso, uma das vantagens de se substituírem os catalisadores químicos tradicionais por enzimas decorre do fato de estas serem compostos orgânicos de fácil degradação na natureza.

Questão 02 – Letra C

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: A transformação do carboidrato em amido, no processo de amadurecimento do milho, é um processo catalisado por enzimas. As enzimas são catalisadores altamente específicos e atuam em quase todos os processos metabólicos dos seres vivos, fazendo com que as reações biológicas aconteçam em tempo útil para a manutenção da vida. No aquecimento do milho verde, as enzimas que convertem carboidratos em amido são desnaturadas, ou seja, perdem sua função catalítica em virtude da modificação de suas estruturas tridimensionais. Sem o agente catalisador que converte carboidrato em amido, o milho preserva seu sabor adocicado.

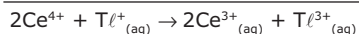
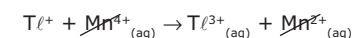
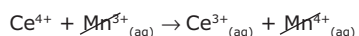
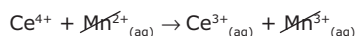
Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: O catalisador é uma substância que aumenta a velocidade de uma reação, mas ele próprio não é consumido ao final da reação, pois, em uma das etapas do processo, ele será consumido e, em uma etapa posterior, ele será regenerado. A reação da questão é catalisada e acontece em 3 etapas, sendo duas rápidas e uma lenta. Para descobrir qual espécie atua como catalisador, é preciso verificar qual é consumida, porém regenerada, durante o processo e não participa da reação global. Somando as três etapas, temos:



Note que, durante o processo, há o consumo do íon Mn^{2+} – que, posteriormente, gera os íons intermediários Mn^{3+} e Mn^{4+} – e a regeneração do mesmo ao final. Como o íon Mn^{2+} não participa da reação global, essa espécie atua como catalisador no processo descrito.

MÓDULO – B 18

Lei da Velocidade

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra E

Comentário: De acordo com a Lei de ação das massas para essa reação, a cinética da reação é de ordem dois para o NO_2 e de ordem zero para o CO. Isso significa que a velocidade da reação será expressa pela seguinte relação:

$$v = k \cdot [\text{NO}_2]^2$$

Logo, se dobrarmos a concentração de NO_2 a velocidade aumentará quatro vezes:

$$v = k \cdot [2\text{NO}_2]^2$$

$$v = k \cdot 4[\text{NO}_2]^2$$

$$v = 4 \cdot k \cdot [\text{NO}_2]^2$$

Questão 02 – Letra A

Comentário: Analisando os dados da tabela podemos concluir que, quando a concentração inicial de A é duplicada (experimentos 1 e 2) a velocidade da reação também duplica. Logo, a velocidade é proporcional à concentração de A. O mesmo é percebido quando a concentração inicial de B é duplicada (experimentos 1 e 3). Quando a concentração inicial de C é duplicada, percebe-se que a velocidade da reação é quadruplicada. Portanto, a velocidade da reação é proporcional ao quadrado da concentração de C. A expressão da lei da velocidade para a reação é

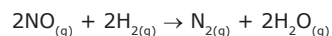
$$v = k \cdot [\text{A}]^1 \cdot [\text{B}]^1 \cdot [\text{C}]^2$$

Questão 03 – Letra D

Comentário: Quando uma reação química ocorre em várias etapas, a etapa mais lenta é a que determina a velocidade do processo. Isso pode ser explicado, simplificada, pelo fato de que o processo global depende da ocorrência da etapa lenta para ser finalizado e a velocidade dessa etapa é a que mais afeta a cinética da reação.

Questão 04 – Letra C

Comentário: A equação de velocidade de uma reação não elementar é obtida a partir da equação que representa a etapa lenta. Assim, para a reação



a lei da velocidade é:

$$v = k \cdot (p_{\text{NO}})^2 \cdot p_{\text{H}_2}$$

Dessa forma, triplicando-se a pressão parcial do NO e mantendo-se constante a do H_2 , tem-se:

$$p_{\text{NO}} \text{ inicial} = x$$

$$p_{\text{NO}} \text{ final} = 3x$$

$$p_{\text{H}_2} \text{ inicial} = y$$

$$p_{\text{H}_2} \text{ final} = y$$

$$v_{\text{inicial}} = k \cdot x^2 \cdot y$$

$$v_{\text{final}} = k \cdot (3x)^2 \cdot y = 9 \cdot k \cdot x^2 \cdot y$$

Assim,

$$v_{\text{final}} = 9 \cdot v_{\text{inicial}}$$

Questão 05 – Letra B

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas:

- 1) Incorreta. Molecularidade de uma reação é a quantidade de moléculas reagentes que se chocam para a formação dos produtos na etapa mais lenta da reação. Assim, verificando a etapa lenta dessa reação, verificamos que trata-se de uma reação bimolecular ou de molecularidade 2.
- 2) Correta. Quando a reação ocorre em etapas, a etapa lenta é a que determina a velocidade da reação. Assim, a lei da velocidade dessa reação é: $v = k \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{Br}_2]$.
- 3) Incorreta. A etapa determinante na velocidade de uma reação é a etapa lenta que, nesse caso, corresponde à etapa 1.

Questão 06 – Letra E

Comentário: Quando a concentração de CO é duplicada, a velocidade da reação quadruplica, mostrando que a reação é de segunda ordem em relação ao CO. Quando a concentração de O₂ é duplicada, a velocidade da reação também duplica e, por isso, a reação é de primeira ordem em relação ao O₂. Logo, a reação global é de terceira ordem, pois $v = k \cdot [\text{CO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$. Para ocorrer a formação do CO₂ é necessário que determinada concentração de O₂ esteja no meio reacional. Assim, a velocidade de formação de CO₂ depende da concentração de O₂. Substituindo os valores da tabela na equação da lei da velocidade, temos:

$$7,36 \cdot 10^{-5} = k \cdot (0,04)^2 \cdot 0,04$$

$$k = 1,15 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$$

Questão 07 – Letra C

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A espécie Y²⁺ foi adicionada na primeira etapa do processo e regenerada na última etapa, representando, assim, o catalisador dessa reação. As espécies Y³⁺ e Y⁴⁺ são espécies intermediárias da reação.
- B) Correta. A ordem de uma reação é obtida por meio da soma dos expoentes encontrados na lei da ação das massas. Como essa reação ocorre em três etapas, o cálculo da velocidade depende somente da etapa lenta, a qual denominamos etapa determinante da velocidade. Assim, temos que:

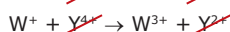
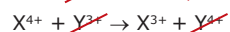
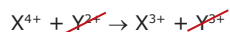
$$v = k \cdot [\text{X}^{4+}] \cdot [\text{Y}^{2+}] \text{ (Lei da ação das massas)}$$

A ordem da reação será a soma dos expoentes, ou seja, a reação será de 2ª ordem.

- C) Incorreta. Como foi mencionado no comentário anterior, a velocidade de uma reação que ocorre em etapas dependerá somente da etapa lenta. Assim, o cálculo da velocidade para essa reação será feito pela seguinte relação:

$$v = k \cdot [\text{X}^{4+}] \cdot [\text{Y}^{2+}] \text{ (Lei da ação das massas)}$$

- D) Correta. A reação global dessa reação pode ser obtida por meio da soma das etapas com a eliminação das espécies repetidas. Veja:

**Questão 08**

Comentário:

- A) A etapa determinante da reação é a etapa mais lenta, ou seja, a segunda etapa: $\text{O}_{3(\text{g})} + \text{O}_{(\text{g})} \rightarrow \text{O}_{2(\text{g})}$
- B) A ordem global de uma reação é a soma dos expoentes encontrados na expressão da lei da velocidade. Logo, a ordem global da reação é 2 (2ª ordem).

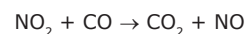
$$\begin{aligned} \text{C) } v &= k \cdot [\text{O}_3] \cdot [\text{O}] \\ 0,40 &= k \cdot 0,20 \cdot 0,20 \\ k &= 10,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2 &= k \cdot [\text{O}_3] \cdot [\text{O}] \\ v_2 &= 10,0 \cdot 0,40 \cdot 0,40 \\ v_2 &= 1,6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \end{aligned}$$

A constante de velocidade da reação (k) é 10,0 L mol⁻¹min⁻¹, e a velocidade da reação para o experimento 2 (V₂) é 1,6 mol L⁻¹min⁻¹

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra D**

Comentário: A lei da ação das massas enuncia que a velocidade de uma reação é diretamente proporcional ao produto das concentrações dos reagentes elevadas a expoentes determinados experimentalmente, a uma dada temperatura. Para reações que ocorrem em etapas, a etapa lenta é a determinante da velocidade, e, por isso, nessas reações, verifica-se, experimentalmente, que a velocidade da reação não depende da concentração de todos os reagentes da reação global, mas somente das concentrações dos reagentes da etapa lenta. De acordo com o enunciado, a velocidade da reação



depende somente da concentração de NO₂ elevada ao quadrado; logo, a reação ocorre em etapas. Além disso, ao duplicar a concentração inicial de NO₂, a velocidade da reação quadruplica. Um catalisador pode participar de uma das etapas da reação sendo consumido. Porém, ao final do processo, ele é integralmente regenerado e, portanto, não aparece na reação global, a não ser que o processo seja de autocatálise.

Questão 02 – Letra A

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. O íon IO⁻ é o intermediário da reação, pois é um dos produtos na etapa 1 e reagente da etapa 2.
- B) Incorreta. O íon I⁻ é o catalisador da reação, por é consumido na etapa 1 e regenerado na etapa 2. Portanto, ele atua reduzindo a energia de ativação da reação.
- C) Incorreta. A água é produto das duas etapas. O complexo ativado corresponde a uma espécie em que as ligações dos reagentes começam a ser rompidas e, ao mesmo tempo, as ligações dos produtos começam a ser formadas.
- D) Incorreta. A lei da velocidade é determinada pela etapa mais lenta da reação, que nesse caso, é a etapa 1. Assim, a lei da velocidade para essa reação é $v = k [\text{H}_2\text{O}_2] \cdot [\text{I}^-]$.
- E) Incorreta. Conforme mencionado, a etapa 1, lenta, é a determinante na velocidade da reação.

Questão 03 – Letra C

Comentário: Analisando os dados da tabela podemos concluir que, quando a concentração inicial de NO é duplicada (experimentos 1 e 2), a velocidade de consumo inicial de NO é quadruplicada. Logo, a velocidade da reação é proporcional ao quadrado da concentração de NO: $[NO]^2$. Da mesma forma, quando a concentração de H_2 é duplicada (experimentos 1 e 3), a velocidade de consumo inicial de NO também é duplicada. Então, a velocidade da reação é diretamente proporcional à concentração de H_2 : $[H_2]^1$. Portanto, a equação da lei da velocidade para a reação descrita é a seguinte:

$$v = k \cdot [NO]^2 \cdot [H_2]^1$$

Questão 04 – Letra C

Comentário: Analisando os dados da tabela podemos concluir que, ao duplicar a concentração inicial de CO, a velocidade da reação também é duplicada. Logo, a velocidade é proporcional à concentração de CO. Quando a concentração inicial de O_2 é reduzida à metade, a velocidade da reação é reduzida à um quarto da velocidade inicial. Portanto, a velocidade é proporcional ao quadrado da concentração de O_2 . A lei da velocidade para a reação é $v = k \cdot [CO] \cdot [O_2]^2$.

A constante de lei da velocidade, considerando os dados do experimento I, vale:

$$v = k \cdot [CO] \cdot [O_2]^2$$

$$4,0 \cdot 10^{-6} = k \cdot [1,0] \cdot [2,0]^2$$

$$k = 1,0 \cdot 10^{-6}$$

Questão 05 – Letra E

Comentário: Ao duplicar a concentração inicial de NO, a velocidade da reação é quadruplicada. Logo, a velocidade é proporcional ao quadrado da concentração de NO. Quando a concentração inicial de H_2 é duplicada, a velocidade da reação é também duplicada. Portanto, a velocidade é proporcional à concentração de H_2 . A lei da velocidade para a reação é $v = k \cdot [NO]^2 \cdot [H_2]$.

A constante de lei da velocidade, considerando os dados do experimento I, vale:

$$v = k \cdot [NO]^2 \cdot [H_2]$$

$$3 \cdot 10^{-5} = k \cdot [1 \cdot 10^{-3}]^2 \cdot [1 \cdot 10^{-3}]$$

$$k = 3 \cdot 10^4$$

Quando ambas as concentrações de NO e de H_2 forem iguais a $3 \cdot 10^{-3}$ mol/L, a taxa de desenvolvimento será:

$$v = k \cdot [NO]^2 \cdot [H_2]$$

$$v = 3 \cdot 10^4 \cdot [3 \cdot 10^{-3}]^2 \cdot [3 \cdot 10^{-3}]$$

$$v = 81 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Questão 06

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

00. Incorreta. Analisando-se o gráfico, quando a concentração de NO se mantém constante e igual a 0,05 M, observa-se que a velocidade da reação dobra com a duplicação da concentração de O_2 . Assim, a velocidade da reação varia de forma diretamente proporcional com a concentração de O_2 , ou seja, essas duas grandezas variam linearmente. Portanto, a reação é de primeira ordem em relação ao O_2 .

01. Correta. Analisando-se o gráfico, quando a concentração de O_2 se mantém constante e igual a 0,03 M, observa-se que a velocidade da reação quadruplica com a duplicação da concentração de NO. Assim, a velocidade para essa reação varia com o quadrado da concentração de NO e, portanto, a reação é de segunda ordem em relação ao NO.

02. Correta. A reação $NO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)}$ é de primeira ordem em relação ao O_2 e de segunda ordem em relação ao NO, dessa forma, a sua lei de velocidade pode ser expressa da seguinte maneira:

$$v = k \cdot [NO]^2 \cdot [O_2]$$

Utilizando os valores de concentração de NO e O_2 referentes à velocidade inicial $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e substituindo na equação que expressa a lei de velocidade para essa reação, temos:

$$2,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = k \cdot [0,05 \text{ mol.L}^{-1}]^2 \cdot [0,03 \text{ mol.L}^{-1}]$$

$$k = \frac{2,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}}{[0,05 \text{ mol.L}^{-1}]^2 \cdot [0,03 \text{ mol.L}^{-1}]}$$

$$k = 28 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{min}^{-1}$$

03. Correta. Substituindo-se os valores das concentrações dos reagentes por 1 mol.L^{-1} na equação que expressa a lei de velocidade, temos:

$$v = 28 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot [1 \text{ mol.L}^{-1}]^2 \cdot [1 \text{ mol.L}^{-1}]^1$$

Logo, o valor da velocidade da reação será:

$$v = 28 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

04. Incorreta. O valor da energia de ativação não é afetado pela concentração dos reagentes. O aumento da concentração dos reagentes promove o aumento da velocidade da reação devido ao aumento da frequência das colisões efetivas.

Questão 07 – Soma = 15

Comentário: Analisando cada uma das afirmativas, temos que:

01. Correta. A velocidade interfere na velocidade da reação, visto que, para um mesmo valor de concentração, quanto maior a temperatura, mais rapidamente a reação se processa.

02. Correta. Pela análise do gráfico, podemos concluir que o volume de oxigênio produzido no experimento 3, após 4 minutos de reação, é de 30 mL.

04. Correta. A velocidade da reação foi triplicada do experimento 3 para o experimento 1, pois a velocidade da reação do experimento (3) é igual a $v = \frac{\Delta[V]}{\Delta t} = \frac{15 - 0}{2 - 0} = 7,5 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, e a velocidade da reação do experimento (2) é igual a

$$v = \frac{\Delta[V]}{\Delta t} = \frac{45 - 0}{2 - 0} = 22,5 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$$

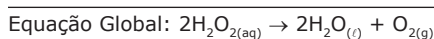
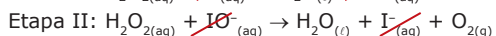
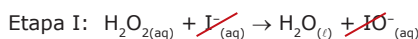
08. Correta. A velocidade da reação do experimento (1) é aproximadamente $15 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, pois $v = \frac{\Delta[V]}{\Delta t} = \frac{60 - 0}{4 - 0} = 15 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$.

16. Incorreta. A concentração de hipoclorito de sódio influencia na velocidade da reação, pois no experimento (4) a concentração da solução utilizada foi menor do que a concentração da solução no experimento (1), em uma mesma temperatura. Logo, a velocidade da reação em (4) foi menor do que a velocidade em (1).

Questão 08

Comentário:

- A) A equação que representa o processo global de decomposição da água oxigenada é representada por:



- B) De acordo com as equações anteriores, o catalisador I^- participa da reação, sendo consumido em uma etapa e regenerado na etapa posterior. Logo, a afirmação é falsa.

- C) $m = 1$ $n = 1$

Comparando-se os experimentos I e II, percebe-se que, mantendo-se constante a concentração de $\text{KI}_{(\text{aq})}$ e duplicando-se a concentração de $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$, a velocidade da reação também dobra. Logo, a velocidade é diretamente proporcional à concentração de $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ ($v \propto [\text{H}_2\text{O}_2]$).

Comparando-se os experimentos II e III, percebe-se que, mantendo-se constante a concentração de $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ e reduzindo-se a concentração de $\text{KI}_{(\text{aq})}$ à metade, a velocidade da reação também se reduz à metade. Logo, a velocidade é diretamente proporcional à concentração de $\text{KI}_{(\text{aq})}$ ($v \propto [\text{KI}]$).

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A lei de velocidade para a reação é:

$$v = k \cdot [\text{Hemoglobina}_{(\text{aq})}]^x \cdot [\text{O}_{2(\text{g})}]^y$$

1ª Etapa – cálculo de x:

Triplmando-se a concentração de hemoglobina e mantendo-se a concentração de oxigênio constante, tem-se:

$$[\text{Hemoglobina}_{(\text{aq})}]_i = A$$

$$[\text{Hemoglobina}_{(\text{aq})}]_f = 3 \cdot A$$

$$[\text{O}_{2(\text{g})}]_i = B$$

$$[\text{O}_{2(\text{g})}]_f = B$$

$$v_f = 3 \cdot v_i$$

Substituindo-se esses valores na lei de velocidade, tem-se:

$$v_i = k \cdot (A)^x \cdot (B)^y \text{ (eq. 1)}$$

e

$$v_f = k \cdot (3A)^x \cdot (B)^y \text{ (eq. 2)}$$

Dividindo-se a equação 2 pela equação 1, tem-se:

$$\frac{v_f}{v_i} = \frac{k \cdot (3A)^x \cdot (B)^y}{k \cdot (A)^x \cdot (B)^y}$$

$$\frac{3 \cdot v_i}{v_i} = 3^x$$

$$3^x = 3$$

$$x = 1$$

2ª Etapa – Cálculo de y

Duplicando-se a concentração de oxigênio e mantendo-se constante a concentração de hemoglobina, tem-se:

$$[\text{Hemoglobina}_{(\text{aq})}]_i = A$$

$$[\text{Hemoglobina}_{(\text{aq})}]_f = A$$

$$[\text{O}_{2(\text{g})}]_i = B$$

$$[\text{O}_{2(\text{g})}]_f = 2 \cdot B$$

$$v_f = 2 \cdot v_i$$

Substituindo-se esses valores na lei de velocidade, tem-se:

$$v_i = k \cdot (A)^x \cdot (B)^y \text{ (eq. 3)}$$

e

$$v_f = k \cdot (A)^x \cdot (2B)^y \text{ (eq. 4)}$$

Dividindo-se a equação 4 pela equação 3, tem-se:

$$\frac{v_f}{v_i} = \frac{k \cdot (A)^x \cdot (2B)^y}{k \cdot (A)^x \cdot (B)^y}$$

$$\frac{2 \cdot v_i}{v_i} = 2^y$$

$$2^y = 2$$

$$y = 1$$

Portanto, a lei de velocidade para a reação de conversão de oxiemoglobina é

$$v = k \cdot [\text{Hemoglobina}_{(\text{aq})}] \cdot [\text{O}_{2(\text{g})}]$$

MÓDULO – B 19

Reações de Oxirredução e NOx

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: Os estados de oxidação dos elementos que constituem uma substância eletricamente neutra, quando somados, se anulam. Logo,

- $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$
 $2 \cdot \text{NOx}(\text{Na}) + 2 \cdot \text{NOx}(\text{H}) + 2 \cdot \text{NOx}(\text{P}) + 7 \cdot \text{NOx}(\text{O}) = 0$
 $2(+1) + 2(+1) + 2 \cdot \text{NOx}(\text{P}) + 7(-2) = 0$
 $\text{NOx}(\text{P}) = +5$
- K_2MnO_4
 $2 \cdot \text{NOx}(\text{K}) + \text{NOx}(\text{Mn}) + 4 \cdot \text{NOx}(\text{O}) = 0$
 $2(+1) + \text{NOx}(\text{Mn}) + 4(-2) = 0$
 $\text{NOx}(\text{Mn}) = +6$
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
 $2 \cdot \text{NOx}(\text{K}) + 2 \cdot \text{NOx}(\text{Cr}) + 7 \cdot \text{NOx}(\text{O}) = 0$
 $2(+1) + 2 \cdot \text{NOx}(\text{Cr}) + 7(-2) = 0$
 $\text{NOx}(\text{Cr}) = +6$

- HCOOH
 $2 \cdot \text{NOx}(\text{H}) + \text{NOx}(\text{C}) + 2 \cdot \text{NOx}(\text{O}) = 0$
 $2(+1) + \text{NOx}(\text{C}) + 2(-2) = 0$
 $\text{NOx}(\text{C}) = +2$
- CaH₂
 $\text{NOx}(\text{Ca}) + 2 \cdot \text{NOx}(\text{H}) = 0$
 $+2 + 2 \cdot \text{NOx}(\text{H}) = 0$
 $\text{NOx}(\text{H}) = -1$

Questão 02 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, calcularemos o NOx de cada elemento químico das substâncias apresentadas.

O NOx de um elemento químico, em uma substância, está relacionado à carga elétrica dos átomos desses elementos naquela substância. Em íons monoatômicos, o número de oxidação é a própria carga do íon e, por isso, apresentam NOx fixo em seus compostos. O NOx pode ser obtido da seguinte forma:

- HNO₃

Elemento	H	N	O
NOx	+1	x	-2

$$1 + x + 3 \cdot (-2) = 0$$

$$x = +5$$

- Fe₂O₃

Elemento	Fe	O
NOx	x	-2

$$2 \cdot x + 3 \cdot (-2) = 0$$

$$x = +3$$

- AgOH

Elemento	Ag	O	H
NOx	+1	-2	+1

- NaF

Elemento	Na	F
NOx	+1	-1

- AlCl₃

Elemento	Al	Cl
NOx	+3	x

$$3 + 3 \cdot x = 0$$

$$x = -1$$

O elemento químico que apresenta maior NOx é o nitrogênio.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Na espécie NO₃⁻, o átomo de nitrogênio realiza três ligações com os átomos de oxigênio. Como o átomo de oxigênio é mais eletronegativo, os elétrons das ligações são mais atraídos pelo átomo de oxigênio, fazendo com que a carga do átomo de nitrogênio seja +5. Logo, o número de oxidação do N é igual a +5.

Questão 04 – Letra E

Comentário: O número de oxidação do oxigênio é -2 e o do hidrogênio é +1. Para encontrar o NOx do carbono, usaremos o fato de que a soma de todos os números de oxidação deve ser igual a zero por se tratar de um composto neutro.

Para o CO₂, temos:

Elemento	C	O
NOx	x	-2

$$x + 2 \cdot (-2) = 0$$

$$x = +4$$

Para o CH₄, temos:

Elemento	C	H
NOx	x	+1

$$x + 4 \cdot (+1) = 0$$

$$x = -4$$

Com base nos valores calculados, a variação do NOx do carbono é de 8 unidades (de +4 até -4).

Questão 05 – Letra C

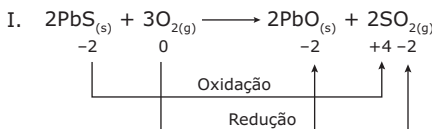
Comentário: Para a resolução dessa questão é necessário que o NOx de todos os átomos dos compostos envolvidos nessa reação sejam determinados, como representado na equação a seguir:



Verifica-se que o NOx do cádmio variou de 0 para +2 e que o NOx do Ni variou de +4 para +2. Assim, como o cádmio teve seu número de oxidação aumentado, dizemos que ele sofreu oxidação e, portanto, é o agente redutor. Por outro lado, o NOx do níquel diminuiu, ou seja, sofreu redução. A espécie NiO₂, que contém o Ni, é, portanto, agente oxidante da reação.

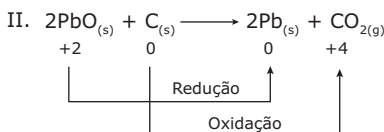
Questão 06 – Letra D

Comentário: As três equações a seguir representam reações de oxirredução.



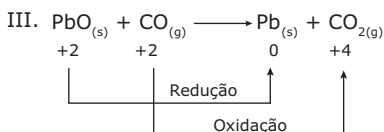
Agente oxidante: O_{2(g)}

Agente redutor: PbS_(s)



Agente oxidante: PbO_(s)

Agente redutor: C_(s)

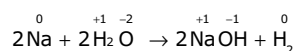


Agente oxidante: PbO_(s)

Agente redutor: CO_(g)

Questão 07 – Letra D

Comentário:



oxidação : Na

redução : H₂

ag. redutor : Na

ag. oxidante : H₂O

Questão 08 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, calcularemos o NOx do átomo de enxofre em cada uma das substâncias apresentadas:

- Dióxido de enxofre – SO₂

Elemento	S	O
NOx	x	-2

$$x + 2 \cdot (-2) = 0$$

$$x = +4$$

- Sulfato – SO₄²⁻

Elemento	S	O
NOx	x	-2

$$x + 4 \cdot (-2) = -2$$

$$x = +6$$

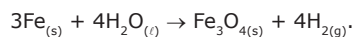
Oxidação é o processo em que uma espécie química perde elétrons e, portanto, tem o aumento do seu número de oxidação. No caso, o enxofre perdeu 2 elétrons e teve seu NOx alterado de +4 para +6.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmações.

- A) Incorreta. Reação de decomposição é aquela em que um único reagente composto é transformado em outras duas ou mais substâncias, o que não corresponde à reação descrita.
- B) Incorreta. Um exemplo de reação de neutralização é aquele que ocorre entre um ácido e uma base, com a formação de sal e água. Os reagentes e os produtos da reação descrita não correspondem a essas funções. Essas reações também podem ocorrer entre um óxido básico e um ácido, ou entre um óxido ácido e uma base.
- C) Correta. O número de oxidação dos elementos químicos Fe e H sofrem alteração devido à transferência de elétrons envolvidos na reação. O ferro sofre oxidação, pois perde elétrons (aumento do NOx) e o hidrogênio sofre redução, pois ganha elétrons (diminuição do NOx).
- D) Incorreta. A equação balanceada da reação é:



Portanto, nesse processo são liberados quatro mol de H₂.

- E) Incorreta. De acordo com a equação balanceada, são consumidos quatro mols de água na reação, considerando os menores coeficientes mínimos e inteiros.

Questão 02 – Letra D

Comentário: O NOx dos elementos são: N = +3; P = +5 e K = +1, conforme os cálculos realizados a seguir:

- NaNO₂

Elemento	Na	N	O
Nox	+1	x	-2

$$+1 + x + 2 \cdot (-2) = 0$$

$$x = +3$$

- Ca₃(PO₄)₂

Elemento	Ca	P	O
Nox	+2	x	-2

$$3 \cdot (+2) + 2 \cdot x + 8 \cdot (-2) = 0$$

$$x = +5$$

- KNO₃

Elemento	K	N	O
Nox	+1	x	-2

Questão 03 – Letra B

Comentário: O Nióbio apresenta estado de oxidação igual a +5. O ânion niobato é composto por um átomo de Nb e 3 átomos de oxigênio e sua fórmula é igual a NbO₃⁻. A carga negativa do niobato é balanceada pela carga positiva da espécie Li⁺ e, portanto, a fórmula do niobato de lítio é LiNbO₃.

Questão 04 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, calcularemos o NOx do átomo de nitrogênio para todas as substâncias apresentadas na etapa III.

- Dióxido de nitrogênio – NO₂

Elemento	N	O
NOx	x	-2

$$x + 2 \cdot (-2) = 0$$

$$x = +4$$

- Ácido nítrico – HNO₃

Elemento	H	N	O
NOx	+1	x	-2

$$1 + x + 3 \cdot (-2) = 0$$

$$x = +5$$

- Monóxido de nitrogênio – NO

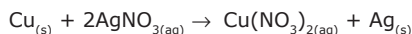
Elemento	N	O
NOx	x	-2

$$x + (-2) = 0$$

$$x = +2$$

Questão 05 – Letra D

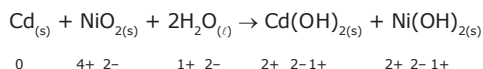
Comentário: A equação que representa a reação química descrita no processo é a seguinte:



Nesse caso, o cobre sólido é oxidado pelos íons Ag^+ presentes na solução de AgNO_3 , enquanto, os íons Ag^+ são reduzidos pelo cobre sólido e se transformam em $\text{Ag}_{(s)}$. Nesse processo, o NOx do cobre varia de 0 a +2, sofrendo oxidação, enquanto o NOx da prata tem varia de +1 a 0, sofrendo redução.

Questão 06 – Letra D

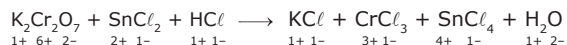
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas, mas, primeiramente, devemos identificar o NOx de cada uma das espécies envolvidas no processo.



- I. Correta. O NOx do cádmio aumentou de 0 para +2, indicando que ele sofreu oxidação.
- II. Incorreta. O NOx do níquel passou de 4+ no NiO_2 para 2+ no $\text{Ni}(\text{OH})_2$, indicando que ele reduziu. Portanto, o dióxido de níquel é o agente oxidante.
- III. Incorreta. O NOx do cádmio passou de 0 para 2+ no $\text{Cd}(\text{OH})_2$, indicando que ele oxidou. Portanto, o cádmio é o agente redutor.
- IV. Correta. *vide* NOx das espécies envolvidas no processo apresentados na introdução desta resolução.

Questão 07 – Letra B

Comentário: Inicialmente determina-se o NOx de todas as espécies envolvidas na reação, conforme representado a seguir:



Nessa reação, o cromo é reduzido e seu NOx varia de +6 para +3, ou seja, cada átomo de cromo ganha 3 elétrons. Como existem 2 átomos de cromo sofrendo redução, o total de elétrons recebidos é igual a 6. O estanho sofre oxidação e seu NOx varia de +2 para +4, ou seja, cada átomo de estanho perde 2 elétrons. Como existe apenas 1 átomo de estanho sofrendo oxidação, o total de elétrons perdidos é igual a 2.

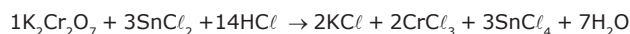
$\Delta\text{NOx}(\text{Cr}) = 3 \cdot 2 = 6$, ou seja, cada átomo de cromo recebe três elétrons.

$\Delta\text{NOx}(\text{Sn}) = 2 \cdot 1 = 2$, ou seja, cada átomo de estanho perde dois elétrons.

Assim, são necessários três átomos de estanho e dois átomos de cromo para que o número de elétrons perdidos seja igual ao número de elétrons recebidos:



Para se obter a equação balanceada, deve-se igualar o número de átomos de potássio, cloro, oxigênio e hidrogênio dos dois membros da equação pelo método de tentativas:

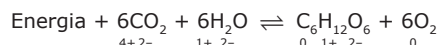


Agora, analisaremos cada uma das alternativas para a resolução dessa questão.

- A) Incorreta. O NOx do cromo na reação variou de +6 para +3, isso significa que cada átomo de cromo recebe 3 elétrons.
- B) Correta. Nessa reação cada átomo de cromo presente no $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, recebeu três elétrons, portanto sofreu redução. O NOx do estanho variou de +2 para +4, ou seja, que ele sofreu oxidação.
- C) Incorreta. Conforme verificado na equação balanceada, o coeficiente mínimo e inteiro do CrCl_3 é 2.
- D) Incorreta. A espécie que contém o elemento que sofreu redução, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, é denominada agente oxidante. Por outro lado, a espécie que contém o elemento que sofreu oxidação, SnCl_2 , é o agente redutor.

Questão 08 – Letra C

Comentário: A seguir se encontra a equação do processo de fotossíntese com os respectivos NOx dos átomos presentes nas espécies envolvidas na reação, necessários para a resolução desta questão.



Observação: Na glicose foi determinado o NOx médio do carbono.

- A) Incorreta. A respiração é um processo em que há consumo de glicose e oxigênio e liberação de CO_2 , H_2O e energia, correspondendo, portanto, à reação no sentido inverso. Assim, nesse processo, o oxigênio é reduzido, pois o seu NOx do oxigênio varia de 0 para -2.
- B) Incorreta. A fotossíntese, reação representada pelo sentido direto, é um processo que ocorre em seres vivos clorofilados, em que há utilização de CO_2 e H_2O , na presença de luz, para a obtenção de glicose e gás oxigênio. Nesse processo, o NOx do carbono varia de +4 para 0 e, portanto, ele é reduzido.
- C) Correta. No processo de fotossíntese o NOx do oxigênio varia de -2 para 0 sendo, portanto, oxidado.
- D) Incorreta. Durante a respiração o NOx do carbono varia de 0 para +4. Dessa forma, os organismos oxidam o carbono quando realizam a respiração.

Questão 09 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A liga de alumínio e magnésio é uma mistura homogênea sólido-sólido.
- B) Incorreta. A reação é de combustão, pois há a presença de um combustível (propano), de um comburente (oxigênio) levando à formação de CO_2 e água. Contudo, também é uma reação de oxidação-redução porque os elementos C e O tem seus números de oxidação alterados durante a reação.
- C) Incorreta. Os elementos alumínio e magnésio pertencem ao 3º período da tabela periódica.
- D) Correta. O carbono tem tendência de atrair para si os elétrons da ligação C—H. Assim, cada carbono das extremidades terá NOx -3, pois cada um está ligado a 3 hidrogênios, e o átomo de carbono central terá NOx -2, uma vez que está ligado a apenas 2 hidrogênios.

Questão 10 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A prata, em substâncias compostas, sempre apresenta número de oxidação igual a +1.
 B) Incorreta. O estado de oxidação do enxofre no $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ é igual a +2, enquanto no Na_2SO_3 é igual a +4.
 C) Incorreta. Os metais alcalinos apresentam sempre o número de oxidação igual a +1, pois formam cátions monovalentes, independente do composto em que estejam presentes.
 D) Incorreta. O enxofre no Na_2SO_3 está em um estado mais oxidado que o enxofre no $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, uma vez que apresenta maior valor de NOx.
 E) Incorreta. O número de oxidação do oxigênio é -2 em todos os compostos, com exceção dos peróxidos.

Questão 11 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. O número de oxidação do Cd_(s) é igual a 0, uma vez que se trata de uma substância simples. Já o número de oxidação do Cd no $\text{Cd}(\text{OH})_2$ é igual a +2, de acordo com o seguinte cálculo:

Elemento	Cd	O	H
NOx	x	-2	+1

$$x + 2 \cdot (-2) + 2 \cdot 1 = 0$$

$$x = +2$$

- B) Incorreta. O Ni presente no composto NiO_2 sofre redução e o seu número de oxidação varia de +4 no NiO_2 para +2 no $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Sendo assim, o NiO_2 é o agente oxidante da reação uma vez que essa substância age causando a oxidação de alguma outra espécie química, que no caso é o Cd.
 C) Incorreta. O Cd sofre oxidação à medida que é convertido em $\text{Cd}(\text{OH})_2$, pois tem o NOx aumentado de 0 para +2.
 D) Incorreta. O Ni ganha elétrons à medida que é reduzido e convertido de NiO_2 para $\text{Ni}(\text{OH})_2$.
 E) Incorreta. O número de oxidação do Ni no $\text{Ni}(\text{OH})_2$ é +2.

Seção Enem

Questão 01 – Letra B

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Como pode ser observado nas equações fornecidas, o corante adsorvido sobre o TiO_2 (TiO_2IS) funciona como catalisador, pois é consumido na etapa 1 e regenerado na etapa 3. Além disso, é responsável por absorver a energia luminosa. Dessa forma, a etapa 3 é fundamental para o contínuo funcionamento da célula solar por regenerar o corante.

Questão 02 – Letra E

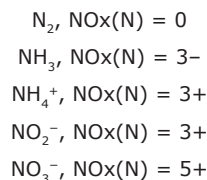
Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

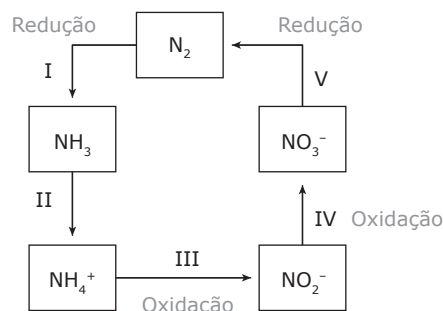
Habilidade: 24

Comentário: A espécie nitrogenada mais oxidada é o íon nitrato (NO_3^-), pois o nitrogênio encontra-se no mais elevado estado de oxidação, 5+.

Os estados de oxidação ou NOx do nitrogênio nas espécies químicas que participam do ciclo são os seguintes:



Como o processo de desnitrificação corresponde a um processo de redução, no qual ocorre uma diminuição do estado de oxidação da espécie nitrogenada mais oxidada, ele corresponde à etapa V.



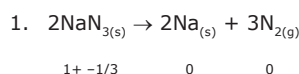
Questão 03 – Letra D

Eixo cognitivo: I

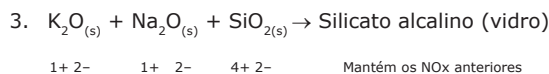
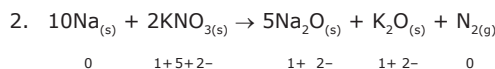
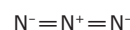
Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas, mas, primeiramente, devemos identificar o NOx dos elementos em cada uma das espécies envolvidas nos processos.



Observação: O NOx do N no N_3^- é um NOx médio. A estrutura correta do íon trinitreto é



- A) Incorreta. O sódio metálico não recebe elétrons em nenhuma das reações e, portanto, não atua como agente oxidante.
 B) Incorreta. Na reação 2, o nitrogênio do $\text{KNO}_{3(s)}$ recebe elétrons para formar o $\text{N}_{2(g)}$, e, assim, o $\text{KNO}_{3(s)}$ é um agente oxidante.
 C) Incorreta. Os NOx do potássio e do oxigênio no $\text{K}_2\text{O}_{(s)}$ não variam em nenhuma das reações; então, ambos atuam como íons espectadores, e, assim, o $\text{K}_2\text{O}_{(s)}$ não tem papel efetivo na reação de oxirredução.
 D) Correta. O sódio e o nitrogênio, formadores do $\text{NaN}_{3(s)}$, trocam elétrons entre si, formando sódio metálico e nitrogênio gasoso em um processo de auto-oxirredução.
 E) Incorreta. As reações 1 e 2 são reações de oxirredução.

Questão 04 – Letra E

Eixo cognitivo: I

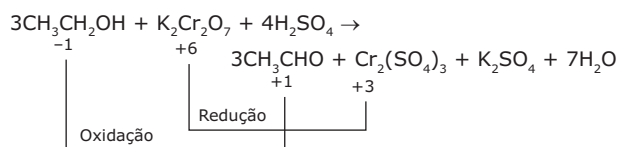
Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Conforme descrito no texto, à medida que o etanol reage com a solução de dicromato, ocorre a produção de íons cromo (III). A solução, inicialmente laranja devido à presença de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, torna-se esverdeada devido ao aumento da concentração de Cr^{3+} .

Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A mudança de cor em um processo químico está associada à produção de uma nova substância com propriedades ópticas diferentes das substâncias reagentes.
- B) Incorreta. O etanol sofre oxidação e produz aldeído. Porém, o aldeído não é o responsável pela alteração de cor do sistema.
- C) Incorreta. Ver comentário da alternativa B.
- D) Incorreta. A seguir, está representada a equação da reação entre o etanol e a solução acidulada de dicromato, na qual está evidenciada os estados de oxidação que sofreram modificação.



Agente oxidante: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Agente redutor: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

- E) Correta. Ver comentário da alternativa D.

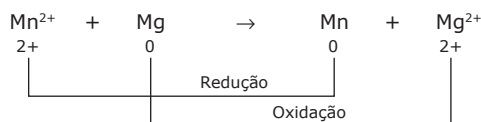
MÓDULO – B 20

Processos Eletroquímicos

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra A

Comentário: A variação de NOx de cada espécie participante da reação ocorre da seguinte forma:



No sentido espontâneo da reação, o magnésio metálico (Mg) é a espécie que sofre oxidação e, portanto, é o agente redutor mais forte.

Questão 02 – Letra D

Comentário: Na equação química descrita, a prata sofre oxidação, uma vez que o NOx varia de 0 para +1, enquanto o oxigênio sofre redução porque teve variação no NOx de 0 para -2. O agente redutor desse processo é a prata, pois atua na redução do oxigênio, enquanto o agente oxidante é o oxigênio.

Questão 03 – Letra C

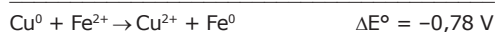
Comentário: O metal que apresenta maior potencial padrão de oxidação deve ser aquele que apresenta maior poder de oxidação, ou seja, ele deve se oxidar com maior facilidade, sendo mais reativo quando colocado em contato com soluções contendo cátions de outros metais.

A partir da análise dos dados da tabela, verifica-se que o magnésio metálico reage com todas as soluções contendo cátions de outros metais, sendo, portanto, o metal que apresenta maior facilidade para oxidar-se e, portanto, maior potencial padrão de oxidação.

Questão 04 – Letra D

Comentário: Para que aconteça uma reação eletroquímica quando um eletrodo metálico for mergulhado em uma solução aquosa de um sal, a reação deverá ocorrer de forma espontânea. Isso significa que, quando os reagentes, nas condições padrão, forem misturados entre si, o ΔE° deve ser positivo. Assim, para a resolução dessa questão, calcularemos o ΔE° das reações que estão apresentadas em cada alternativa.

- A) Incorreta. Não há reação eletroquímica espontânea, pois o ΔE° é negativo.



- B) Incorreta. Não há reação eletroquímica espontânea, pois o ΔE° é negativo.



- C) Incorreta. Não há reação eletroquímica espontânea, pois o ΔE° é negativo.



- D) Correta. Há reação eletroquímica espontânea, pois o ΔE° é positivo.

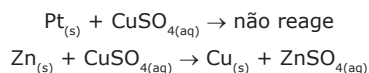


Questão 05 – Letra E

Comentário: O metal menos adequado para a produção do container é aquele que apresenta maior facilidade em ser oxidado e, consequentemente, promover a redução dos íons zinco. Como o alumínio apresenta o maior potencial de oxidação, quando a solução contendo íons zinco for adicionada ao container metálico de alumínio, este terá grande tendência a oxidar-se e, portanto, não seria adequado para armazenar a referida solução.

Questão 06 – Letra B

Comentário: As considerações feitas no enunciado podem ser representadas por meio das seguintes equações:



A solução de CuSO_4 apresenta coloração azulada devido aos íons Cu^{2+} . Quando uma placa de zinco é mergulhada nessa solução, os íons cobre são reduzidos a cobre metálico, promovendo descoloração da solução. O mesmo não ocorre quando uma placa de platina é mergulhada na mesma solução, pois a platina possui maior tendência a permanecer em sua forma reduzida, ou seja, possui maior potencial de redução que o cobre. Quanto maior for o potencial de redução de uma espécie, maior será a sua força oxidante e, conseqüentemente, menor será a sua força redutora.



Logo, a ordem crescente da força redutora dessas três espécies é: $\text{Pt} < \text{Cu} < \text{Zn}$.

Questão 07 – Letra B

Comentário: Uma tubulação de ferro pode ser protegida contra a corrosão se a ela for conectada uma peça metálica, cujo metal constituinte apresente um potencial de oxidação maior que o do ferro. A tabela apresenta os potenciais de redução para cinco metais diferentes. Os metais que possuem potenciais de redução menores que o do ferro (zinco e magnésio) podem ser usados para a proteção da tubulação.

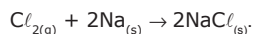
Questão 08 – Letra C

Comentário: Os metais capazes de proteger o ferro são aqueles que apresentam potenciais de oxidação maiores que o dele, ou seja, aqueles com menores potenciais de redução em relação ao ferro. O único metal relacionado que possui menor potencial de redução que o do ferro é o zinco, presente no tubo 3.

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra B**

Comentário: Para a resolução desta questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. A equação química que representa a reação é a seguinte:



Nessa reação o Na sofre variação de 0 para +1 em seu Nox, enquanto o Cl_2 passa do estado 0 para -1. Como ocorreu variação no número de oxidação das duas espécies, podemos afirmar que trata-se de uma reação de oxirredução.

- II. Correta. O cloreto de sódio é um composto iônico que conduz corrente elétrica quando fundido, mas não apresenta essa propriedade quando em estado sólido devido à falta de mobilidade dos íons que compõe a rede cristalina do sal.
- III. Incorreta. A substância apresenta fórmula NaX , pois tanto o cátion Na^+ quanto o ânion X^- são monovalentes.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- I. Incorreta. Em uma reação de oxidação-redução apenas os átomos que sofrem redução e oxidação passam por mudança do NOx.
- II. Correta. Para que uma espécie sofra oxidação é necessário que outra espécie sofra redução, e vice-versa, mantendo assim o balanceamento das cargas.
- III. Incorreta. Em algumas reações de dupla troca podem acontecer a oxidação-redução de espécies envolvidas. Esse fato não pode ser generalizado para todas as reações desse tipo, pois depende das espécies reagentes em cada caso.
- IV. Correta. As reações de combustão são exemplos de processos em que um elemento presente no combustível sofre oxidação pela ação do gás oxigênio que, por sua vez, sofre redução.
- V. Correta. Oxidante e redutor são denominações dadas às substâncias que apresentam o elemento químico que sofreu algum desses processos.

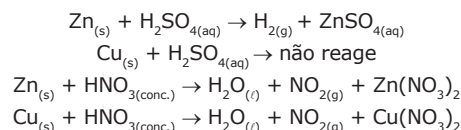
Questão 03 – Letra D

Comentário: O enunciado da questão trata de dois metais, o ferro e o ouro. A frase "Ferro Velho Coisa Nova" faz menção ao fato de que o ferro sofre oxidação com o passar do tempo, conferindo aspecto de envelhecido à objetos feitos com esse metal. Objetos de ferro que estão oxidados não podem ser utilizados para a função à qual foram fabricados, mas podem ganhar novos usos, principalmente os decorativos. Por isso, "Ferro Velho Coisa Nova" torna-se apropriada. Já o uso da palavra Velho na frase "Compro Ouro Velho" não tem o mesmo sentido que na frase anterior. Um objeto feito de ouro pode ser velho devido ao período de tempo de sua fabricação, mas não quanto ao fato de sofrer oxidação, visto que o ouro é um metal nobre. Logo, a expressão "Compro Ouro Velho" é inapropriada. Considerando essas afirmações, podemos concluir que:

- A) Incorreta. Apenas o ferro sofre oxidação com o passar do tempo.
- B) Incorreta. Nenhum dos metais tendem a sofrer redução com o passar do tempo.
- C) Incorreta. O ferro não possui a tendência de sofrer redução, enquanto o ouro apresenta a característica de ser um metal nobre.
- D) Correta. O ferro sofre oxidação com o passar do tempo e o ouro é um metal nobre.

Questão 04 – Letra B

Comentário: As reações descritas estão apresentadas a seguir:



De acordo com as reações observadas, o zinco sofre oxidação tanto pelo ataque do ácido sulfúrico quanto pelo ataque do ácido nítrico. O cobre, por sua vez, é oxidado apenas pelo ataque do ácido nítrico.

Sendo assim, o zinco é a espécie com maior tendência a sofrer oxidação e, portanto, é o agente redutor mais forte.

O ácido nítrico reage com os dois metais, promovendo suas oxidações. O ácido sulfúrico é capaz de oxidar apenas o cobre. Logo, o ácido nítrico é o melhor agente oxidante.

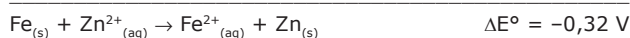
Questão 05 – Letra A

Comentário: O metal de sacrifício é aquele que sofre oxidação mais facilmente do que um outro metal que se deseja proteger. Portanto, para a proteção do ferro deve-se selecionar entre os metais da tabela aqueles que apresentam potencial-padrão de redução menor que o do ferro, que no caso são o magnésio e o zinco. Porém, o magnésio é o escolhido por ser um redutor mais forte.

Questão 06 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Deve-se utilizar um metal que sofra redução preferencialmente ao zinco.
- B) Incorreta. O níquel sofrerá redução na presença de zinco, devido a sua maior facilidade em ser reduzido quando comparado ao zinco.
- C) Correta. O ferro possui maior dificuldade em ser oxidado pelo zinco e, por isso, o potencial da reação entre esses metais será negativo, indicando que o processo não ocorrerá espontaneamente:

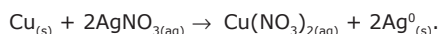


- D) Incorreta. No processo de armazenagem de uma solução que contenha íons zinco, o metal utilizado da fabricação da embalagem não deve sofrer oxidação, pois a estrutura seria desfeita e a solução não ficaria armazenada.

Questão 07 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos os processos ocorridos em cada tubo.

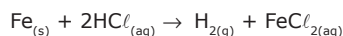
Tubo 1 – Há formação de depósito de prata metálica no fundo do tubo de ensaio devido à redução da prata no AgNO_3 em Ag^0 , de acordo com a equação química:



Tubo 2 – A reação química não ocorre espontaneamente devido a maior facilidade do zinco em sofrer oxidação ao compararmos com o ferro.

Tubo 3 – Não ocorre reação química pois o cobre é menos reativo que o hidrogênio e, portanto, não desloca o hidrogênio do ácido clorídrico em uma reação de simples troca.

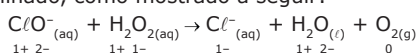
Tubo 4 – Ocorre liberação de gás H_2 , em que o hidrogênio do ácido clorídrico é deslocado pelo ferro em uma reação de simples troca:



Questão 08

Comentário:

- A) Para indicar o agente oxidante e o agente redutor da reação em questão é necessário, inicialmente, que os NOx de todos os elementos presentes em todas as espécies seja determinado, como mostrado a seguir:

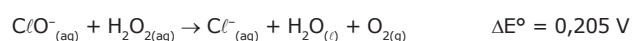
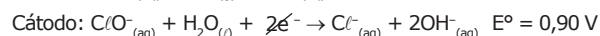
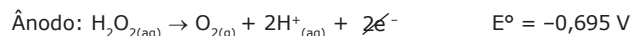


Observa-se que o NOx do Cl passou de 1+ para 1-, ou seja, o Cl recebeu elétrons e, portanto, foi reduzido. Por outro lado, o NOx do oxigênio presente na água oxigenada passou de 1- para 0, significando que sofreu oxidação. Sabe-se que a espécie que contém o elemento que sofre redução é o agente oxidante e a espécie que contém o elemento que sofre oxidação é o agente redutor. Assim, temos:

Agente oxidante: ClO^-

Agente redutor: H_2O_2

- B) Para calcular o ΔE° do processo de produção do O_2 a partir da reação entre água sanitária e água oxigenada, é necessário que a primeira equação seja invertida e somada à segunda equação. Essas operações devem ser feitas porque, nesse processo, a H_2O_2 é a espécie que contém o elemento que oxida, ao passo que o ClO^- é a espécie que reduz.



O valor do ΔE° do processo também pode ser calculado da seguinte forma:

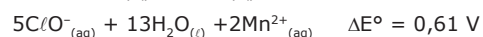
$$\Delta E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{red}}(\text{maior}) - E^{\circ}_{\text{red}}(\text{menor})$$

$$\Delta E^{\circ} = 0,90 \text{ V} - 0,695 \text{ V}$$

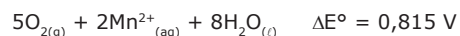
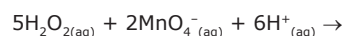
$$\Delta E^{\circ} = 0,205 \text{ V}$$

- C) Tanto o cloreto (Cl^-) quanto o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) podem descolorir uma solução de permanganato em meio ácido, pois ambos possuem potencial de redução menor que o do permanganato. A seguir, serão representadas as equações das reações de permanganato em meio ácido com o cloreto e também com o peróxido de hidrogênio, nas quais espontaneamente há formação da espécie Mn^{2+} , que é incolor.

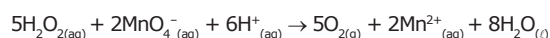
Reação de permanganato em meio ácido com o cloreto



Reação de permanganato em meio ácido com o peróxido de hidrogênio



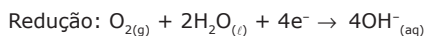
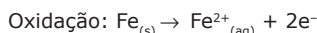
- D) Conforme demonstrado no item anterior, a equação da reação balanceada do permanganato com peróxido de hidrogênio em meio ácido é:



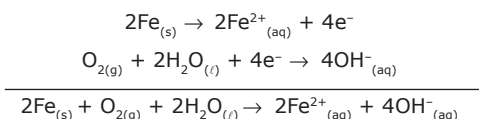
Questão 09

Comentário:

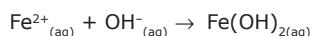
- A) As equações químicas balanceadas que descrevem a oxidação do ferro em meio aquoso neutro são:



Multiplicando a primeira equação por 2 e somando-a com a segunda equação temos:



A equação química balanceada que descreve a formação do hidróxido ferroso é a seguinte:



- B) A formação do hidróxido ferroso depende da presença de íons OH^{-} em solução. Portanto, quanto maior o pH, maior a concentração de íons OH^{-} em solução e maior será a produção de $\text{Fe}(\text{OH})_2$.
- C) O potencial da reação é calculado pela seguinte equação:

$$\Delta E = E_{\text{oxida}} - E_{\text{reduz}}$$

O ferro sofre oxidação e apresenta $E^{\circ} = +0,44 \text{ V}$, enquanto o oxigênio sofre redução e apresenta $E^{\circ} = +0,40 \text{ V}$.

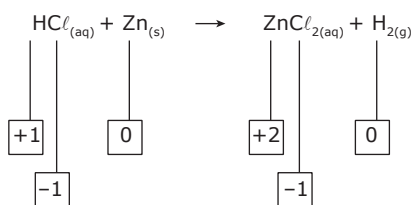
$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{\text{oxida}} - E_{\text{reduz}} \\ \Delta E &= +0,44 \text{ V} - (+0,40 \text{ V}) \\ \Delta E &= +0,04 \text{ V} \end{aligned}$$

A espontaneidade da reação é justificada pelo valor de ΔE . Como a reação apresenta $\Delta E > 0$, o processo é dito espontâneo.

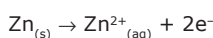
Questão 10

Comentário:

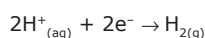
- A) Os números de oxidação são:



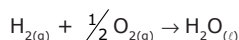
- B) O elemento que sofreu oxidação foi o zinco e o elemento que sofreu redução foi o hidrogênio.
- C) O agente oxidante é o $\text{HCl}_{(aq)}$ e o agente redutor é o $\text{Zn}_{(s)}$.
- D) A semirreação de oxidação pode ser representada da seguinte maneira:



A semirreação de redução pode ser representada da seguinte maneira:



- E) A equação que representa a reação de combustão do hidrogênio é a seguinte



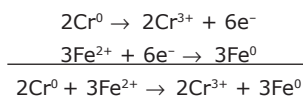
Questão 11 – Letra C

Comentário: Os metais não reagem com as soluções dos nitratos cujos cátions são dos seus respectivos metais. Pela análise do quadro é possível constatar que o cobre é o metal menos reativo, uma vez que ele não reagiu em nenhuma das situações propostas. Já o zinco apresenta reatividade intermediária, pois reagiu apenas quando em contato com uma das soluções. Dessa forma, o magnésio apresenta a maior reatividade entre os três metais testados, pois sofreu transformação química com duas das soluções nas quais foram realizados os testes e, portanto, a ordem crescente de reatividade é $\text{Cu} < \text{Zn} < \text{Mg}$.

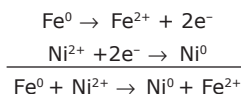
Questão 12 – Letra E

Comentário: Para a resolução desta questão, analisaremos cada um dos experimentos descritos.

No primeiro experimento o Cr^0 reagiu com Fe^{2+} , formando Cr^{3+} e Fe^0 . Logo, podemos reescrever essa informação por meio das seguintes equações químicas:



O cromo sofreu oxidação e, por isso, podemos concluir que o potencial de redução do Cr^{3+} é menor que o potencial de redução do Fe^{2+} . Logo, o potencial do cromo deve ser inferior à $-0,44 \text{ V}$. No segundo experimento, o Fe^0 reagiu com Ni^{2+} , formando íons Fe^{2+} e Ni^0 . Rescrevendo esses dados em equações químicas, temos:



O ferro sofreu oxidação, o que nos leva a concluir que o potencial de redução do Fe^{2+} é menor que o potencial de redução do Ni^{2+} . Então, o potencial de redução do níquel deve ser superior a $-0,44 \text{ V}$.

No terceiro experimento, o Cu^0 não reagiu com íons Ni^{2+} . Logo, podemos concluir que o potencial de redução do cobre é maior do que o potencial de redução do níquel.

Analisando as alternativas, os valores de potencial de redução do cromo e do níquel que satisfazem as condições descritas anteriormente, são os indicados na alternativa E.

Seção Enem

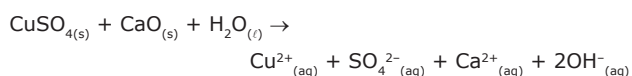
Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: A equação que representa a formação da calda bordalesa está representada a seguir:

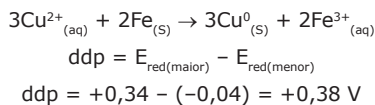


Os íons $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ presentes na solução não sofrem redução, pois o $E^{\circ}_{\text{redução}}$ apresenta um valor negativo.

Os íons $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ presentes na solução sofrem redução, pois o $E^{\circ}_{\text{redução}}$ apresenta um valor positivo.

A faca, que é constituída de ferro, sofre oxidação a Fe^{3+} .

A formação de uma mancha vermelha indica a ocorrência de reação química (mudança de cor) devido à formação de $\text{Cu}^0_{(s)}$. Portanto, a equação química que representa a reação de formação da mancha vermelha é:



Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: V

Competência de área: 5

Habilidade: 19

Comentário: Se a lata for amassada, a fina camada de estanho se rompe e o alimento entra em contato com o ferro. Como o ferro oxida mais facilmente que o estanho, o alimento pode ser alterado.

Questão 03 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: A recuperação da prata metálica envolve a semirreação $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}_{(s)} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(aq)}$ em que íons Ag^+ são reduzidos. Para que ocorra essa redução, devemos empregar uma espécie que apresente um potencial de redução menor que +0,002 V, ou potencial de oxidação mais elevado, ou seja, $\text{Al}_{(s)}$, $\text{Sn}_{(s)}$ ou $\text{Zn}_{(s)}$. Dentre as opções fornecidas temos o $\text{Sn}_{(s)}$.

Questão 04 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: O enunciado descreve o funcionamento espontâneo de um dispositivo eletroquímico. As camadas escuras de polipirrol funcionam como os eletrodos e o filme branco atua como ponte salina, permitindo, assim, manter a neutralidade elétrica do sistema. A mobilidade dos íons em solução cria uma diferença de potencial iônico e, assim, fecha o circuito elétrico.

Questão 05 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Os metais que podem proteger o alumínio presente nas latas da oxidação nos fornos são aqueles que possuem maior tendência a oxidar frente ao alumínio, funcionando como metal de sacrifício. Pela tabela, é possível determinar os metais que sofrerão oxidação por meio dos valores de potencial de redução fornecidos. Os metais que possuem os menores potenciais de redução são os que possuem maior tendência a oxidar, já que terão os maiores potenciais de oxidação. O magnésio presente nos anéis das latas funciona bem como metal de sacrifício, por ter o potencial de redução (-2,36 V) menor que o do alumínio (-1,66 V). Assim, na falta do magnésio, os metais que poderiam proteger o alumínio são aqueles com os menores potenciais de redução, ou seja, o lítio e o potássio.

Questão 06 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: As semiequações representadas mostram que a água e o oxigênio são as substâncias que atuam na corrosão e no enferrujamento das ferramentas de aço. Ao engraxar essas ferramentas, estamos impedindo o contato com o ar úmido, tornando os processos de corrosão e enferrujamento lentos.

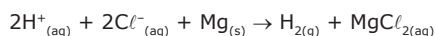
Questão 07 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Nos processos da metalurgia, os metais são obtidos a partir dos seus minérios presentes na natureza, com exceção dos metais nobres, como ouro e platina, por exemplo, que são encontrados na forma metálica. Esses minérios são, geralmente, óxidos ou sulfetos dos metais. Nesses compostos, os metais se apresentam oxidados. Para obtê-los na forma metálica, é necessário reduzi-los. Com isso, metais que apresentam dificuldade em serem reduzidos em processos eletroquímicos apresentam baixos potenciais de redução e são mais difíceis de serem obtidos na forma metálica. A tabela apresenta os valores de potenciais de redução de vários metais e, entre todos os metais que foram apresentados, o potencial de redução do magnésio é o menor. Isso indica que esse metal apresenta dificuldade em sofrer redução e facilidade em sofrer oxidação ($E_{\text{oxi}} = +2,37 \text{ V}$). Dessa forma, o magnésio reagirá vigorosamente com o ácido clorídrico diluído, pois, nesse processo, ele se oxidará e formará o cloreto correspondente conforme a equação a seguir:



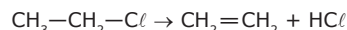
MÓDULO – C 17

Reações de Eliminação

Exercícios de Aprendizagem

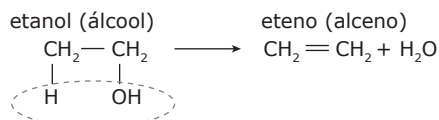
Questão 01 – Letra D

Comentário: A obtenção do eteno a partir do cloreto de etila corresponde a uma reação de eliminação de HCl (desidroalogenação), que pode ser representada pela seguinte equação:



Questão 02 – Letra C

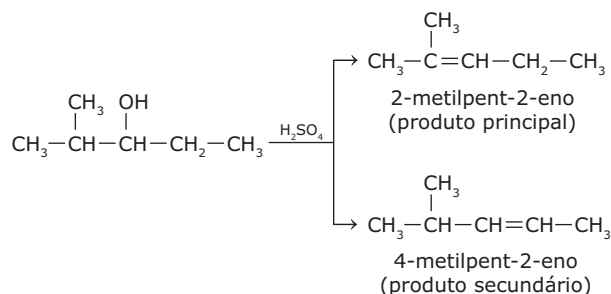
Comentário: A reação de eliminação intramolecular que ocorre com o etanol pode ser representada pela seguinte equação:



Trata-se de uma reação de desidratação de álcoois, em que o produto orgânico formado é o eteno, um alceno.

Questão 03 – Letra A

Comentário: As desidratações intermoleculares de álcoois produzem éteres e ocorrem a 140 °C, enquanto as desidratações intramoleculares produzem alquenos e ocorrem a 180 °C. De acordo com a Regra de Saytzeff, o hidrogênio eliminado é o do carbono menos hidrogenado. Essa regra determinará qual alqueno será formado em maior proporção. O H₂SO₄ é um agente desidratante, por isso é usado como catalisador nas reações de desidratação. O 4-metilpent-2-eno não é o produto principal na desidratação intramolecular do 2-metilpentan-3-ol, pois não obedece à Regra de Saytzeff.



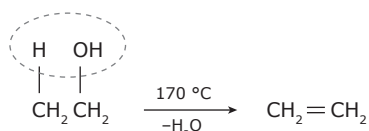
Como o carbocátion terciário é mais estável do que um carbocátion secundário, que, por sua vez, é mais estável do que um carbocátion primário, o 2-metilpropan-2-ol desidrata com maior facilidade do que o propan-2-ol, que se desidrata mais facilmente do que o propan-1-ol.

Questão 04 – Letra B

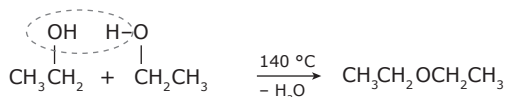
Comentário: A reação descrita é um tipo de reação de desidratação intramolecular de álcoois, que leva à formação de um alceno e a eliminação de uma molécula de água. O *terc*-butanol, quando aquecido em meio ácido¹, perde uma molécula de água na reação de eliminação², produzindo também o alceno 2-metilpropeno³ como produto da reação. O ácido sulfúrico atua como catalisador da reação, promovendo a saída de um próton H⁺ e da hidroxila OH⁻ do álcool, formando uma molécula de água. O 2-metilpropeno é obtido pela dupla ligação entre os átomos de carbono vizinhos que perderam os grupos H e OH.

Questão 05 – Letra B

Comentário: A reação de desidratação intramolecular produz eteno, conforme representado pela seguinte equação:



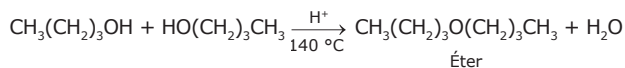
Já a reação de desidratação intermolecular produz etoxietano, conforme representado pela equação a seguir:



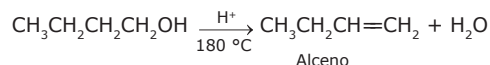
Questão 06

Comentário: Os álcoois podem sofrer desidratação de duas maneiras, dependendo das condições de temperatura.

I. Em menores temperaturas, o álcool n-butílico se desidrata, levando à formação do éter dibutílico.

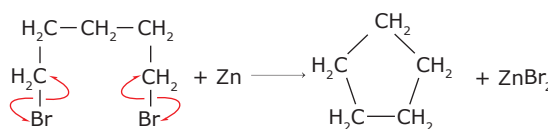


II. Em temperaturas maiores, o álcool n-butílico se desidrata, formando o but-1-eno.



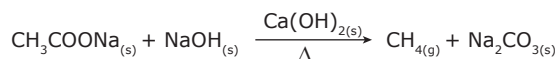
Questão 07 – Letra D

Comentário: Os dialetos não vicinais são aqueles em que os halogênios não se encontram em posições adjacentes na cadeia, como é o caso do 1,5-dibromopentano (Br-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-Br). Quando são tratados com zinco metálico, podem ser desalogenados, gerando alcanos cíclicos. Nesse processo, o zinco cede elétrons para os átomos de bromo, rompendo homoliticamente a ligação C-Br e fechando a cadeia.



Questão 08 – Letra D

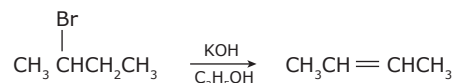
Comentário: Pelo método de Dumas, o alceno formado apresenta um carbono a menos do que o sal que o originou. Assim, para a obtenção do metano (1 átomo de C), o composto de origem será o acetato de sódio (2 átomos de C):



Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra E

Comentário: A reação é de desidroalogenação e, portanto, o produto que se forma, preferencialmente, é o alceno que tiver o maior número de grupos alquila ligados aos átomos de carbono da ligação dupla (Regra de Saytzeff):



Assim, o composto formado em maior quantidade é o 2-buteno.

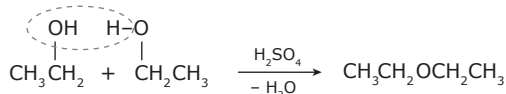
Questão 02 – Letra C

Comentário: A reação corresponde a um processo de descarboxilação, ou seja, eliminação de gás carbônico da molécula de um ácido carboxílico. Como há a eliminação de uma molécula, a reação também pode ser classificada como eliminação.

Questão 09 – Letra D

Comentário: O etoxietano pode ser obtido por meio de uma reação de desidratação intermolecular do álcool etílico, conforme representado a seguir:

desidratação intermolecular

**Questão 10 – F F V V F**

Comentário: Analisando cada uma das proposições, temos:

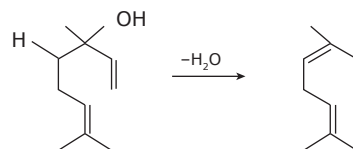
00. Falsa. De acordo com a regra de Saytzeff, na reação de eliminação a saída do átomo de hidrogênio ocorre no carbono menos hidrogenado vizinho ao Br, levando à formação da dupla ligação e da molécula de HBr. Na molécula do 2-bromopentano, o carbono C₃ é menos hidrogenado (ligado à dois átomos de hidrogênios) do que o carbono C₁ (ligado à três átomos de hidrogênios) e, portanto, o hidrogênio que sofre eliminação é decorrente do carbono C₃ e a dupla ligação é formada entre os carbonos C₂ e C₃. O produto majoritário da reação é o A.
01. Falsa. O composto A pode ser *trans* ou *cis*, pois os átomos de carbonos da dupla ligação apresentam dois ligantes diferentes entre si. Apenas com as informações fornecidas na questão não é possível determinar a isomeria em A. O composto B, por sua vez, não é um isômero geométrico, uma vez que os átomos de carbono da dupla ligação possuem três ligantes H iguais, não se constituindo um isômero.
02. Verdadeira. O composto de partida para a reação, o 2-bromopentano, é um haleto orgânico que não possui centro de simetria, pois o carbono C₂ é um carbono quiral que apresenta quatro ligantes diferentes.
03. Verdadeira. Os compostos A e B são isômeros de posição, pois a única diferença estrutural entre esses compostos é a posição da dupla ligação na cadeia principal.
04. Falsa. O subproduto da reação é o ácido bromídrico (HBr), pois ocorre a eliminação de um átomo de hidrogênio e um átomo de bromo para a formação da dupla ligação entre os carbonos.

Questão 11 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O nome do composto é 3,7-dimetilocta-1,6-dien-3-ol.
- B) Incorreta. O composto não admite isomeria espacial geométrica (*cis-trans*), mas apresenta isomeria espacial óptica devido à presença de um átomo de carbono quiral ou assimétrico.

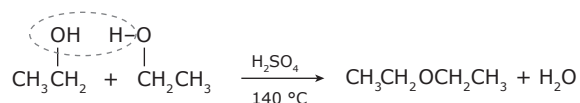
- C) Correta. O composto pode sofrer reação de desidratação (eliminação de H₂O) com a formação de uma ligação dupla, que ficará conjugada com uma das ligações duplas já existentes. Essa reação de desidratação segue a regra de Saytzeff, segundo a qual o produto da reação que se forma, preferencialmente, é o alqueno que tiver o maior número de grupos alquila ligados aos átomos de carbono na ligação dupla.



- D) Incorreta. O composto apresenta em sua estrutura um álcool terciário.
- E) Incorreta. O composto apresenta 4 carbonos sp² e 6 carbonos sp³.

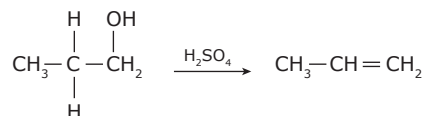
Questão 12 – Letra A

Comentário: A reação descrita corresponde à reação de desidratação intermolecular do etanol, com a formação de éter etílico (etoxietano) e água:

**Questão 13 – Letra A**

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmações.

- I. Correta. A desidratação intramolecular do propan-1-ol forma o propeno.



- II. Correta. O ácido sulfúrico age como desidratante na reação de desidratação intramolecular, assim como na reação de desidratação intermolecular, pois promove a retirada de água nas reações de desidratação.
- III. Incorreta. A formação do éter é favorecida em temperaturas mais baixas, já que a reação de desidratação apresenta variação de entalpia menor que zero. Já a formação do alceno é favorecida em temperaturas mais altas, tendo em vista a variação de entalpia apresentada por esse processo, que é maior que zero.

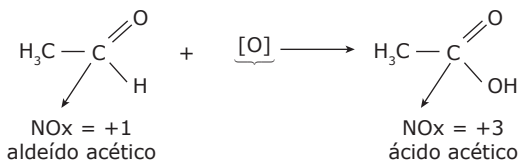
MÓDULO – C 18

Reações de Oxidação

Exercícios de Aprendizagem

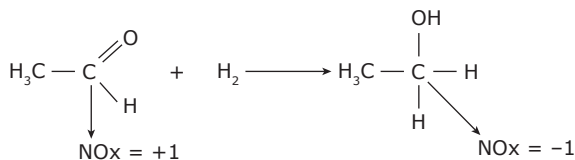
Questão 01 – Letra C

Comentário: A transformação de um aldeído em ácido carboxílico é uma reação de oxidação. Um aldeído, ao ser colocado em contato com um agente oxidante, é oxidado a ácido carboxílico causando a variação do NOx do átomo de carbono ligado ao grupo funcional, conforme esquema genérico a seguir.



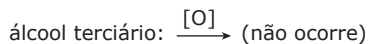
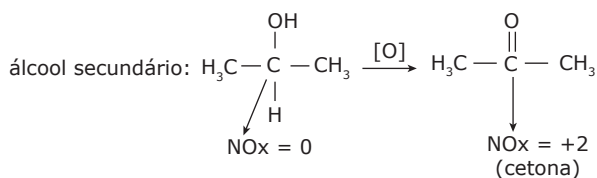
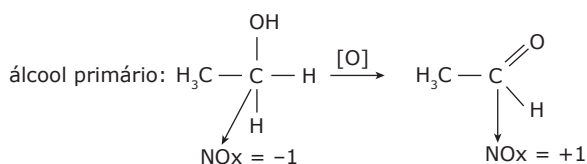
Questão 02 – Letra A

Comentário: Ao analisar os dois compostos, percebe-se que a xilose é um aldeído e o xilitol é um álcool. A conversão de um aldeído em álcool primário na presença de um agente redutor é um tipo de reação de redução de compostos orgânicos oxigenados, em que ocorre a diminuição do número de oxidação do átomo de carbono ligado ao grupo funcional, de acordo com o esquema genérico a seguir:



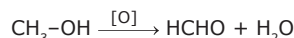
Questão 03 – Letra B

Comentário: Os álcoois podem ser classificados como primários, secundários ou terciários dependendo do átomo de carbono ao qual a hidroxila está ligada. Quando em contato com determinado agente oxidante, os álcoois se comportam de maneira diferente de acordo com a classificação destes: álcoois primários são oxidados à aldeído enquanto álcoois secundários são oxidados à cetona.



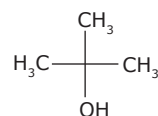
Questão 04 – Letra A

Comentário: Quando exposto a algum agente oxidante, o metanol sofre oxidação. Por ser um álcool primário, o metanol sofre oxidação e forma um aldeído, conforme a reação a seguir



Questão 05 – Letra D

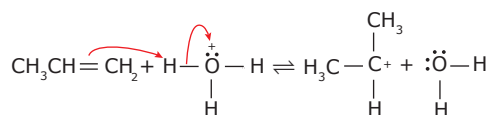
Comentário: Álcoois primários e secundários sofrem oxidação, formando aldeídos, cetonas ou ácidos carboxílicos. Dentre os álcoois apresentados, o que corresponde à alternativa D é o único que está ligado a um carbono terciário e, portanto, não pode ser oxidado pelo permanganato de potássio. A estrutura desse composto está representada a seguir:



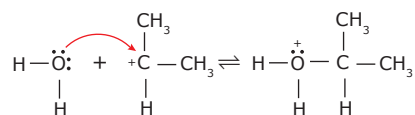
Questão 06 – Letra D

Comentário: O composto A é formado por meio da hidratação em meio ácido do propeno. A reação, que ocorre em etapas e segue a Regra de Markovnikov, tem seu mecanismo representado a seguir:

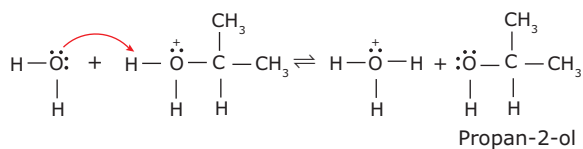
Etapa 1: A primeira etapa envolve a protonação da ligação dupla com a formação preferencial do carbocátion mais estável. Observe que o ácido atua como catalisador, sendo consumido na primeira etapa e regenerado na última.



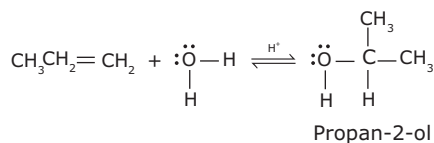
Etapa 2: Em seguida, ocorre o ataque nucleofílico da água ao carbocátion.



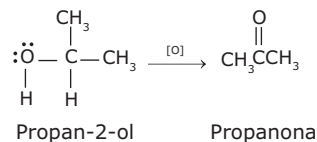
Etapa 3: A última etapa consiste na desprotonação do álcool.



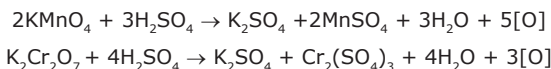
Reação global:



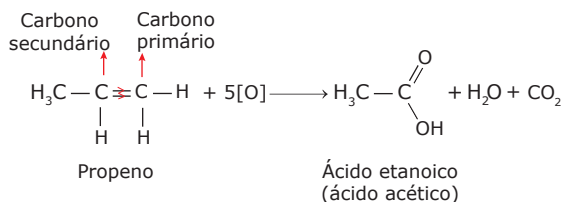
O composto B é formado por meio da oxidação do propan-2-ol, um álcool secundário. Álcoois secundários são oxidados a cetonas. Assim, temos que:



O composto C é formado por meio da oxidação enérgica do propeno. A reação de oxidação enérgica ocorre quando há o rompimento das insaturações dos alcenos ou dos alcinos, por meio da reação com permanganato de potássio (KMnO₄) ou de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇), em meio ácido e sob aquecimento. Na primeira etapa dessa reação, o permanganato ou o dicromato se decompõe gerando o oxigênio [O] que atacará o alceno ou o alcino, quebrando a molécula entre os carbonos da insaturação:



Se a insaturação estiver entre dois carbonos secundários, os dois produtos formados serão ácidos carboxílicos. Se apenas um dos carbonos for secundário e o outro for primário, como é o caso do propeno, serão formadas uma molécula de ácido carboxílico e outra de ácido carbônico, que se decomporá em H₂O e CO₂.

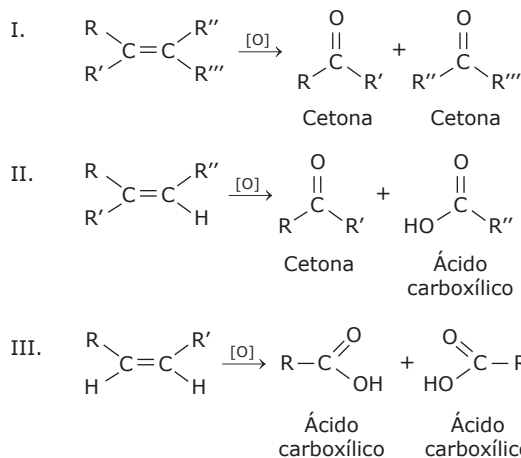


Questão 07

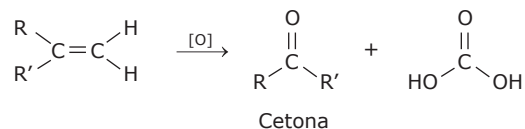
Comentário:

A) Os dois reagentes mais utilizados na reação de oxidação enérgica de alcenos são o permanganato de potássio (KMnO₄) e o dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) concentrados, em meio ácido, a quente. Ambos os agentes oxidantes liberam grande quantidade de átomos de oxigênio nascente [O], o que impede a obtenção de aldeídos como produto final. Mesmo que ocorra a formação de aldeídos intermediariamente, eles serão oxidados a ácidos carboxílicos devido ao excesso de oxigênio nascente.

De forma geral, existem três possibilidades para os produtos dessa reação, dependendo das características estruturais do alceno. Veja:

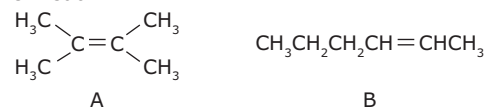


Existe ainda um caso particular. Quando a dupla-ligação estiver na extremidade da cadeia, os dois hidrogênios ligados ao carbono insaturado serão transformados em dois grupos OH, originando o ácido carbônico.

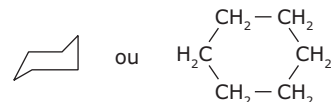


O ácido carbônico é instável e sofre decomposição, originando CO₂ + H₂O.

Na primeira reação citada no enunciado da questão, formam-se somente cetonas, enquanto, na segunda, formam-se apenas ácidos carboxílicos. Logo, as estruturas de A e B são:



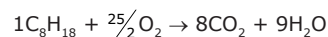
B) Para que um composto sofra oxidação enérgica, nas condições apresentadas no enunciado, é necessário que ele apresente insaturação. Assim, um composto, de fórmula molecular C₆H₁₂, que não reage nessas condições, poderia ser um cicloalcano de fórmula estrutural:



Questão 08 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. O processo em questão corresponde a uma combustão completa de um hidrocarboneto.
- B) Incorreta. Os dois produtos formados são substâncias compostas, pois são formados por mais de um elemento químico.
- C) Incorreta. O processo não corresponde a uma reação de eliminação, e sim a um processo de oxidação.
- D) Incorreta. A equação balanceada do processo corresponde a:



Assim, um mol de C₈H₁₈ fornece nove mols de água.

- E) Incorreta. O processo não corresponde a uma reação de substituição, e sim a um processo de oxidação.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

Comentário: Álcoois primários sofrem oxidação completa levando à formação de ácido carboxílico. Esse tipo de reação de oxidação consiste na utilização de agentes oxidantes, tais como o KMnO_4 e o $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, concentrados e em meio ácido. A alternativa C é a que apresenta um agente oxidante que pode ser utilizado na síntese descrita.

Questão 02 – Letra A

Comentário: A primeira etapa da síntese corresponde a uma reação de substituição (substituição de um hidrogênio do anel aromático por um grupamento metil), denominada alquilação de Friedel-Crafts. Esse processo não corresponde a uma reação de redução nem de oxidação, pois a substituição não altera o NO_x dos átomos de carbono.

A segunda etapa da síntese do TNT corresponde a uma reação de substituição (substituição de três hidrogênios do anel aromático por três grupamentos nitro) denominada nitração. Esse processo corresponde a uma reação de oxidação, visto que a substituição aumenta o NO_x dos átomos de carbono ligados aos grupos nitro.

A terceira etapa da síntese corresponde a uma reação de oxidação, pois há a transformação do grupo metil em carboxila, o que aumenta o NO_x do carbono.

Questão 03 – Letra C

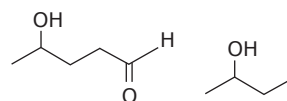
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- Incorreta. O local deve ser climatizado para diminuir a possibilidade de ocorrência da oxidação do álcool presente no vinho.
- Incorreta. A posição vertical favorece a entrada de gás oxigênio presente na atmosfera nas garrafas de vinho, o que provoca a oxidação do etanol em ácido etanoico.
- Correta. A posição horizontal evita a entrada de gás oxigênio presente no ar atmosférico nas garrafas de vinho, o que evita a oxidação de etanol em ácido etanoico, conservando, assim, o sabor típico do vinho.
- Incorreta. A diminuição da temperatura desfavorece a oxidação do etanol, porque diminui a rapidez com que esse processo ocorre. Por esse motivo, o local de armazenamento dos vinhos deve ser climatizado.

Questão 04 – Letra D

Comentário: A oxidação da hidroxila primária do 1,4-pentanodiol produz um aldeído com a mesma quantidade de átomos de carbono na cadeia. A oxidação da hidroxila secundária do 1,4-pentanodiol leva a formação de uma cetona, também com a mesma quantidade de átomos de carbono na cadeia. A descarboxilação do composto A leva a diminuição de uma carbonila, mantendo o restante da cadeia intacta.

De acordo com essas informações, os compostos A e B apresentam, respectivamente, as seguintes estruturas:



Questão 05 – Letra D

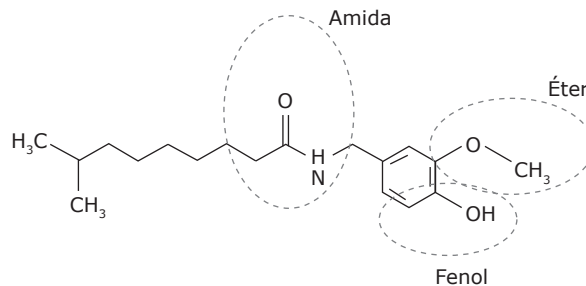
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- Incorreta. A é um éster por apresentar o grupo funcional $-\text{COOC}$ em sua estrutura.
- Incorreta. D é um ácido carboxílico por apresentar o grupo funcional $-\text{COOH}$ em sua estrutura.
- Correta. A forma B é um álcool primário e, ao sofrer oxidação, se transforma em aldeído, conforme a forma C.
- Correta. O ácido carboxílico é a forma mais oxidada de um composto orgânico oxigenado. Ele é proveniente da oxidação total de um álcool primário ou da oxidação de um aldeído.

Questão 06 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

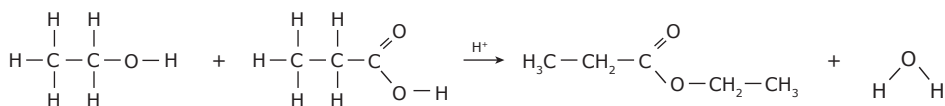
- Correta. As funções orgânicas presente na capsaicina são amida, fenol e éter, conforme destacado na estrutura a seguir:



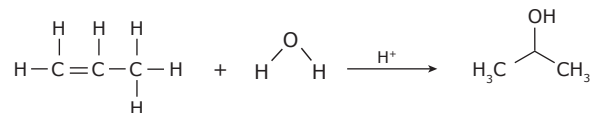
- Incorreta. Na oxidação energética, caso seja formado um aldeído como produto, o agente oxidante irá oxidá-lo a ácido carboxílico.
- Correta. A ozonólise é um processo que ocorre com o rompimento de dupla ligação entre carbonos por uma molécula de O_3 . Nessa reação, um átomo de oxigênio é adicionado em cada átomo de carbono que teve a dupla ligação rompida, formando como produtos cetona e aldeído. No caso do composto em questão, não é possível a formação de cetonas, uma vez que não há carbonos terciários na estrutura.
- Correta. O Br_2 reage com os carbonos de dupla ligação em uma reação de adição, em que cada átomo desse halogênio é adicionado a carbonos vizinhos que tiveram a ligação dupla rompida e, por isso, são chamados de di-haletos vicinais.

Questão 07 – Letra B

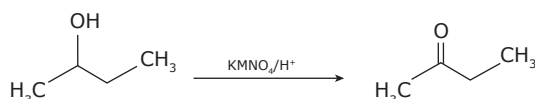
Comentário: Para determinar a substância X, é preciso lembrar que o produto da reação entre um álcool e um ácido é um composto pertencente à função éster. Logo, a reação entre o etanol e o ácido propanoico produz o propanoato de etila, de acordo com a equação:



Para determinar a substância Y, basta recordar que a hidratação de alcenos em meio ácido permite a obtenção de álcoois. A hidratação do propeno em meio ácido leva à formação do 2-propanol, segundo a equação:



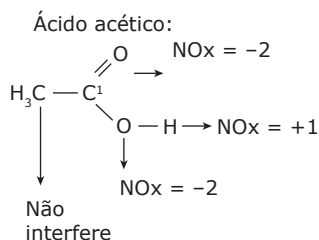
Por fim, para determinar a substância Z é preciso lembrar que a oxidação de álcool secundário leva a formação de uma cetona. A oxidação do 2-butanol na presença de permanganato de potássio em meio ácido produz a 2-butanona, conforme a equação:



Questão 08 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

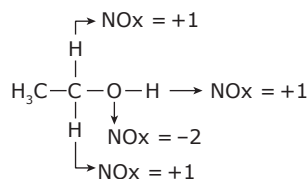
- I. Correta. A transformação do etanol em ácido acético ocorre por meio de uma reação de oxidação, com aumento do número de oxidação do átomo de carbono ligado ao grupo funcional.
- II. Incorreta. O átomo de carbono carboxílico apresenta NOx igual a +3.



III. Correta. O oxigênio é a espécie química que provoca a oxidação do etanol e, portanto, é classificado como agente oxidante. O agente oxidante é a espécie que sofre redução em uma reação.

IV. Incorreta. O átomo de carbono que possui o grupo funcional no etanol apresenta NOx -1.

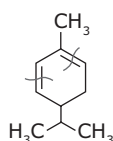
Etanol:



Questão 09 – Letra A

Comentário: A ozonólise é uma reação que utiliza ozônio (O₃) na presença de água (H₂O) e zinco (Zn). O ozônio adiciona-se à dupla-ligação do alqueno, originando um composto intermediário instável, denominado ozonídeo. Este, por sua vez, hidrolisa-se, originando aldeídos e / ou cetonas.

Considerando-se as estruturas dos produtos formados, conclui-se que o α-felandreno pode ser representado por



As cisões representadas na figura anterior indicam os fragmentos formados devido à ozonólise. Em cada ligação, C=C origina duas ligações C=O.

Questão 10 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

1ª afirmativa: Verdadeira. A antraquinona é uma cetona que, ao ser reduzida, produz o álcool secundário 9,10-dihidroxiانترaceno.

2ª afirmativa: Falsa. O 9,10-dihidroxiانترaceno é um agente redutor na segunda etapa, pois provoca a redução do O₂ ao mesmo tempo em que é oxidado a uma cetona.

3ª afirmativa: Falsa. O oxigênio molecular é reduzido, uma vez que o NO_x varia de 0 no O₂ para -1 no H₂O₂.

4ª afirmativa: Verdadeira. O número de oxidação do oxigênio em seus compostos é -2 (exceto nos peróxidos, em que o NO_x é -1). Assim, no par antraquinona / 9,10-dihidroxiانترaceno o NO_x do oxigênio é o mesmo.

Questão 11 – Letra C

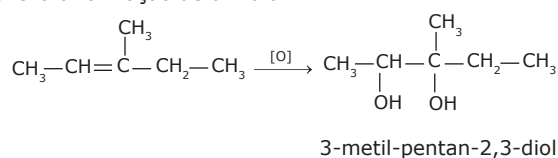
Comentário: “Negro de fumo” é também um nome dado à fuligem, que é composta por átomos de carbono em partículas muito finas formando uma dispersão coloidal. Para a formação do negro de fumo é necessário que ocorra a combustão parcial de um alcano em meio rarefeito, isto é, com pouca concentração de oxigênio.

Questão 12 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, apresentaremos a seguir todas as reações representadas no esquema.

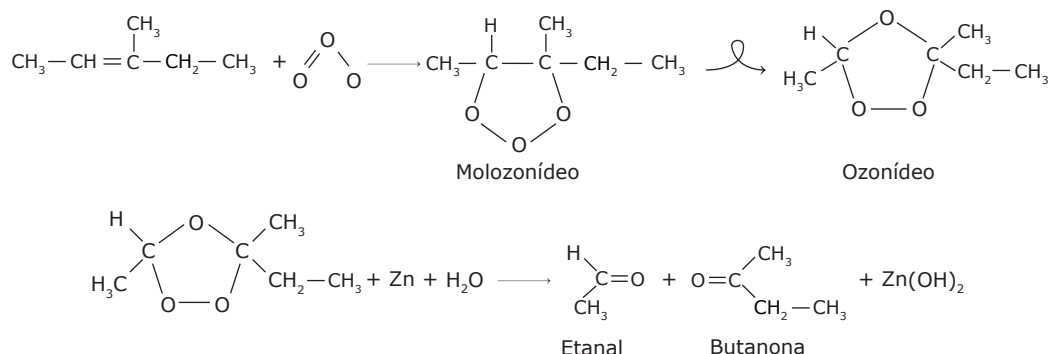
I. Oxidação branda

A oxidação branda ocorre em presença de um agente oxidante, geralmente KMnO₄ ou K₂Cr₂O₇, em solução aquosa diluída, neutra ou levemente alcalina, e leva à formação de um diol.



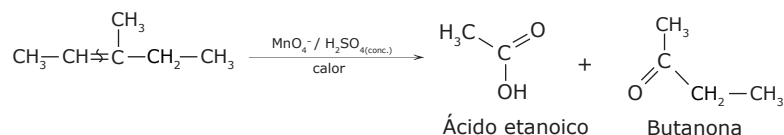
II. Ozonólise

Na ozonólise, há formação de compostos instáveis denominados molozonídeo, que se rearranja para formar o ozonídeo. Este, por sua vez, ao ser tratado com zinco e água, forma compostos carbonílicos (aldeídos e / ou cetonas). Assim, temos que:



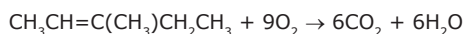
III. Oxidação enérgica

A oxidação enérgica do alceno ocorre em presença de uma solução concentrada do agente oxidante, aquecida e ácida, e leva à formação de ácidos carboxílicos e / ou cetonas. Haverá cisão da ligação dupla com formação de carbonila em cada um dos carbonos que continha a dupla-ligação. Caso esses carbonos contenham hidrogênio, haverá oxidação com formação de uma hidroxila. Assim, temos que:



IV. Combustão completa

O termo combustão é usado para designar uma reação rápida de uma substância com oxigênio molecular, acompanhada por emissão de calor e chama visível ou invisível. As reações de combustão podem ser completas ou parciais. Nas completas, há maior liberação de energia e o carbono é oxidado a CO₂, enquanto o hidrogênio é convertido em H₂O. Na combustão parcial, o produto obtido ainda pode sofrer uma nova reação, liberando quantidade adicional de energia. A reação de combustão completa do 3-metil-pent-2-eno é representada pela seguinte equação:



Seção Enem

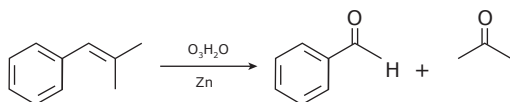
Questão 01 – Letra A

Eixo cognitivo: III

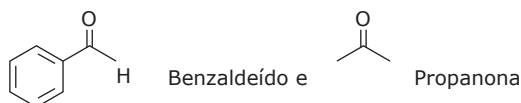
Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Considerando a reação de ozonólise do composto 1-fenil-2-metilprop-1-eno,



os produtos são:



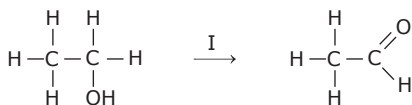
Questão 02 – Letra E

Eixo cognitivo: III

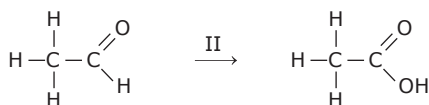
Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Em meio ácido e na presença de um agente oxidante, os álcoois primários podem ser parcialmente oxidados a aldeídos, que, por sua vez, podem ser oxidados a ácidos carboxílicos. No caso do etanol, a primeira etapa de sua oxidação gera o etanal, de fórmula molecular C_2H_4O .



A segunda etapa de sua oxidação leva à formação de aldeído à ácido acético:



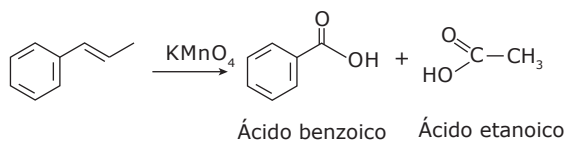
Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Como a oxidação do alceno mencionada produz ácidos carboxílicos, trata-se de uma oxidação enérgica:



Assim, os ácidos carboxílicos produzidos na oxidação enérgica do 1-fenil-1-propeno são: ácido benzoico e ácido etanoico.

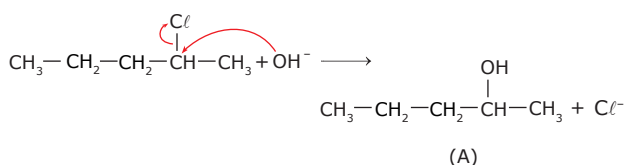
MÓDULO – C 19

Reações de Substituição

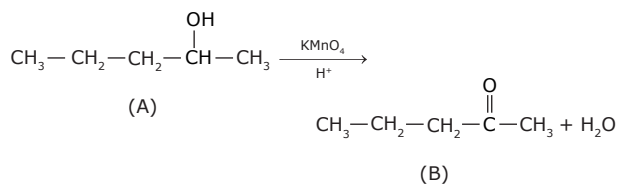
Exercícios de Aprendizagem

Questão 01

Comentário: A presença de um halogênio ligado ao carbono confere-lhe uma carga parcial positiva, tornando-o suscetível ao ataque nucleofílico. Nesse caso, a hidroxila proveniente da dissociação do hidróxido de sódio é o nucleófilo, que ataca o carbono ligado ao cloro. Após esse ataque nucleofílico, há um deslocamento do halogênio, de acordo com o mecanismo apresentado a seguir:



O produto formado nessa reação de substituição nucleofílica é o pentan-2-ol, um álcool secundário. Ao serem oxidados, os álcoois secundários são transformados em cetonas, como representa a equação a seguir:

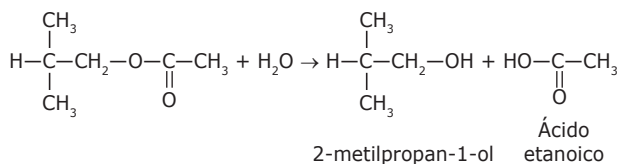


Nome do composto (A): pentan-2-ol

Função química do composto (B): cetona

Questão 02

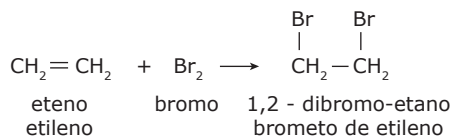
Comentário: Para se obterem as fórmulas dos compostos que originaram o éster, basta equacionar a reação inversa da esterificação, a hidrólise:



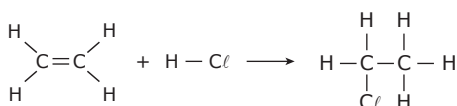
Questão 03 – Letra D

Comentário: Essa reação é um exemplo da alquilação de Friedel-Crafts, na qual ocorre a substituição de átomos de hidrogênio do anel aromático por grupos metil. Devido à presença do grupo hidroxila no anel, as posições em que ocorrerão substituição serão as posições orto- e para-, pois esse grupo é ativador e aumenta a densidade eletrônica do anel, orientando a substituição para essas duas posições.

- C) Incorreto. Essa reação serve como teste para identificação de compostos insaturados. Nela ocorre a quebra da dupla de ligação e a inserção de átomos de bromo em ambos os carbonos.



- D) Incorreto. Essa reação ocorre com a quebra da dupla ligação e a inserção do hidrogênio no carbono mais hidrogenado e do cloro no outro carbono.




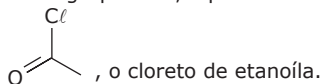
Questão 03 – Letra B

Comentário: O átomo de cloro não é seletivo na reação de monocloração de alcanos, ou seja, o cloro realiza a substituição de qualquer átomo de hidrogênio do alcano seja ele primário, secundário ou terciário. Entretanto, a quantidade de cada composto formado é proporcional ao tipo de carbono ao qual o hidrogênio substituído está ligado. A única exceção que pode ser percebida é na cloração de cicloalcanos, cujos átomos de hidrogênio são todos iguais e a substituição de qualquer um deles pelo cloro gera o mesmo composto. A alternativa B é a que apresenta um cicloalcano e, portanto, o ciclobutano é o único entre os alcanos descritos que forma apenas um haloalcano por monocloração.

Questão 04 – Letra D

Comentário: Em determinadas reações químicas, na presença de catalisador adequado, haletos de alquila e haletos de acila realizam substituições em anéis aromáticos. Na primeira reação, chamada de alquilação de Friedel-Crafts, um átomo de hidrogênio do anel aromático é substituído por um grupo

alquila, representado por A, de fórmula estrutural , o 2-cloropropano. Na segunda reação, denominada acilação, o anel aromático monosubstituído sofre nova substituição, em que um átomo de hidrogênio em posição *para* é substituído por um grupo acila, representado por B e de fórmula estrutural



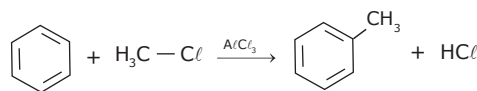
Questão 05 – Letra D

Comentário: Nas reações de halogenação de alcanos, a luz ultravioleta é utilizada por possuir energia suficiente para romper a molécula de cloro homoliticamente, originando dois radicais Cl^{\bullet} . Um desses radicais retira um átomo de hidrogênio do alcano, dando origem a um radical alquila e a uma molécula de HCl . Por serem estruturas bastante instáveis, os radicais alquila e os radicais Cl^{\bullet} reagem formando um alcano halogenado.

Questão 06 – V V F V V

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

1. Verdadeira. O esquema mostra uma reação de substituição na qual o átomo de hidrogênio do benzeno é substituído pelo grupo metil do cloreto de metila, tendo como produtos da reação o tolueno (metil-benzeno) e cloreto de hidrogênio, conforme segue:



2. Verdadeira. Ver o comentário da alternativa 1.
3. Falsa. O AlCl_3 é um ácido de Lewis e atua como catalisador dessa reação.
4. Verdadeira. A alquilação corresponde à substituição de um átomo de hidrogênio de um composto aromático benzênico por um grupo alquila. Esse tipo de reação, na presença catalítica de um ácido de Lewis como o AlCl_3 , foi descoberta pelo químico Charles Friedel e por seu colaborador James Crafts, o que justifica o seu nome.
5. Verdadeira. De acordo com os coeficientes estequiométricos da reação, sabe-se que 1 mol de benzeno produz 1 mol de tolueno (produto A). A massa molar do tolueno é equivalente a $92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Dessa forma, 1 mol de benzeno produz 92 g de tolueno. Considerando um rendimento de 50%, apenas metade da quantidade de tolueno é gerada, o que equivale a 46 g de tolueno.

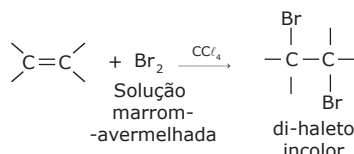
Questão 07 – Soma = 31

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas:

01. Correta. Em ambas as reações ocorre a substituição de um átomo de hidrogênio no benzeno, um composto aromático. Na reação A, um átomo de hidrogênio é substituído por um átomo de cloro e na reação B e por um grupo acila.
02. Correta. O produto da reação B é uma cetona cuja carbonila está ligada a um anel benzênico e um grupo metil.
04. Correta. A reação de Friedel-Crafts envolve a substituição de um átomo de hidrogênio por um grupo acila da molécula de $\text{R}-\text{CO}-\text{X}$.
08. Correta. A utilização de Br_2 como reagente no lugar do Cl_2 produzirá por substituição o bromobenzeno.
16. Correta. Ambos os produtos contêm um benzeno em sua constituição podendo ser classificados como compostos aromáticos.

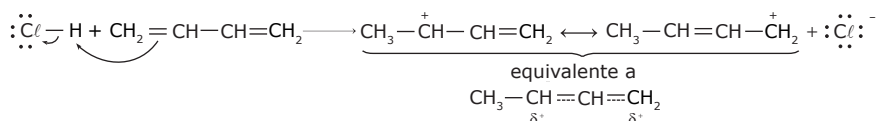
Questão 08 – Letra D

Comentário: A adição de bromo dissolvido em CCl_4 é um teste útil na identificação de ligações múltiplas carbono-carbono. Desse modo, como o hidrocarboneto A descora solução de bromo em CCl_4 , pode-se afirmar que esse composto é um alqueno ou alquino. Esse descolorimento ocorre porque a solução de bromo, que inicialmente é marrom-avermelhada, se descolore, pois o di-haleto formado é incolor.



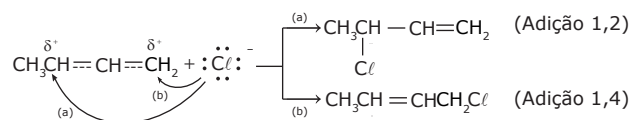
Como o hidrocarboneto A sofre preferencialmente reação de adição 1,4, conclui-se que esse composto é um dieno conjugado, uma vez que esse tipo de adição ocorre apenas em alquenos que possuem duplas-ligações alternadas. Em uma reação de adição hipotética de cloreto de hidrogênio, apresentada a seguir, observa-se que um próton se adiciona a um dos átomos de carbono terminais do buta-1,3-dieno com o objetivo de formar um carbocátion mais estável.

Etapa 1



Na segunda etapa, um íon cloreto forma uma ligação com um dos átomos de carbono que possui uma carga positiva parcial. A reação em um desses átomos de carbono resulta no produto de adição 1,2, enquanto a reação no outro fornece o produto de adição 1,4.

Etapa 2

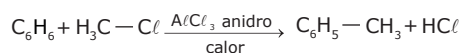


Dessa forma, entre as alternativas apresentadas, o único dieno conjugado é o buta-1,3-dieno.

Em relação ao hidrocarboneto B, trata-se de um composto alicíclico saturado, indicando que se trata de um composto que tem cadeia fechada e não aromática. Além disso, como esse composto sofre reação de substituição quando reage com Br_2 em presença de luz U.V., pode-se afirmar que se trata também de um ciclo saturado com 5 ou mais carbonos. Entre as alternativas apresentadas, o ciclo-hexano é o único que atende a todos esses requisitos.

Questão 09 – Letra B

Comentário: A equação corresponde a uma reação de substituição em um composto aromático benzênico, na qual o átomo de hidrogênio do benzeno é substituído pelo grupo metil do cloreto de metila, tendo como produtos da reação o tolueno (metil-benzeno) e o cloreto de hidrogênio, conforme a seguir:



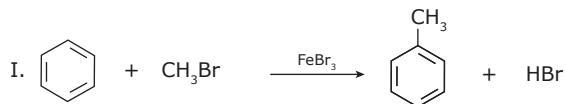
Reações como essa, em que ocorre a substituição de um átomo de hidrogênio de um composto aromático benzênico por um grupo alquila são denominadas reações de alquilação. Esse tipo de reação, na presença catalítica de um ácido de Lewis como o $AlCl_3$, foi descoberta pelo químico Charles Friedel e por seu colaborador James Crafts e, por isso, é denominada reação de Friedel-Crafts. Dessa forma, apenas as alternativas III e IV são verdadeiras.

Questão 10 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das reações:

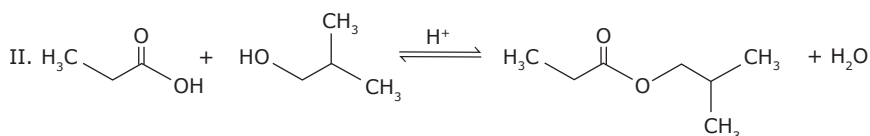
• Reação I

Essa reação é a alquilação de anel aromático em que um átomo de hidrogênio será substituído pelo grupo alquila e é formado o ácido de haleto correspondente. Nessa reação ocorrerá a formação de tolueno (metilbenzeno) e ácido bromídrico conforme ilustrado a seguir:



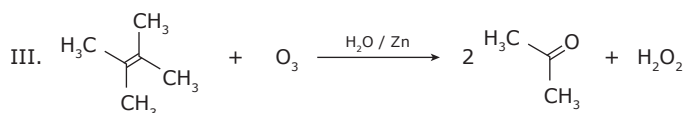
• Reação II

A reação entre álcool e ácido carboxílico para a produção de éster e água é denominada esterificação. Nela o hidrogênio ionizável do ácido se liga ao -OH do álcool formando água e o éster correspondente. Nessa reação será formado o propanoato de isobutila.



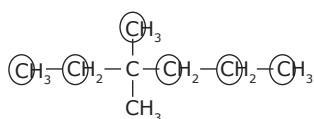
• Reação III

Essa reação é de ozonólise e ocorre com a quebra da dupla ligação para a formação de cetona e água oxigenada. Forma-se um intermediário denominado ozonídeo que sofre hidrólise formando os produtos. Nessa reação serão formados dois mols de moléculas de propanona.



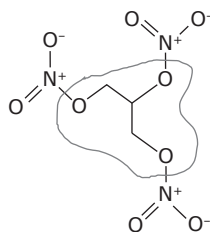
Questão 11 – Letra D

Comentários: A reação de monocloração do 3,3-dimetil-hexano ocorre por substituição de um átomo de hidrogênio por um átomo de cloro com formação de ácido clorídrico. Assim, para esse composto existem seis possibilidades para a monocloração em átomos de carbono diferentes. Os compostos produzidos serão isômeros, ou seja, compostos que apresentam mesma fórmula molecular, porém estruturas diferentes entre si. A figura a seguir mostra a estrutura do 3,3-dimetil-hexano.



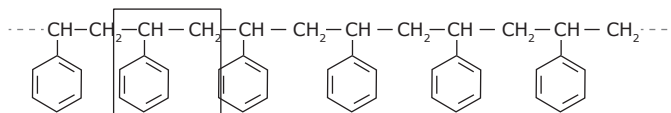
Questão 12 – Letra D

Comentário: O explosivo descrito é um exemplo típico de nitração, uma reação de substituição que ocorre devido à presença do ácido nítrico (HNO_3) em meio acidificado com H_2SO_4 . Essa reação ocorre na maioria dos casos com alcanos e anéis benzênicos, que tem um de seus átomos de hidrogênio substituído pelo grupo NO_2 , dando origem a um nitrocomposto e água. Esse tipo de reação também pode ocorrer com outros substratos orgânicos, como é o caso dessa questão, em que a molécula que sofreu nitração possuía três átomos de oxigênio em sua estrutura e, portanto, não se trata de um alcano e nem um anel benzênico, mas sim de um triálcool: o propano-1,2,3-triol ou glicerina. Os átomos de hidrogênio da hidroxila da glicerina são substituídos por NO_2 do ácido nítrico, formando o explosivo trinitroglicerina.

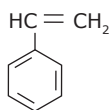


Questão 03 – Letra A

Comentário: O poliestireno é um polímero de adição obtido a partir do monômero estireno. Essa unidade de repetição foi destacada na cadeia polimérica conforme é mostrado na figura a seguir.



Para chegar à estrutura do polímero, destaca-se a unidade de repetição e refaz-se a ligação dupla entre os carbonos da cadeia. Assim a estrutura do estireno é:



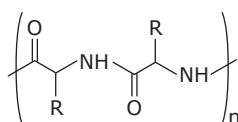
Questão 04 – Letra E

Comentário: A estrutura representa o monômero do polímero cloreto de vinila, conhecido como PVC. Ele é obtido pela reação de polimerização de cloretos de vinila (cloroeteno). Assim como ocorre com os outros polímeros de adição, a ligação dupla entre os carbonos é rompida, permitindo então a formação de ligações simples entre as moléculas do cloreto de vinila.

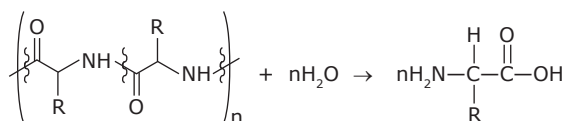
Questão 05 – Letra C

Comentário: As proteínas são polímeros formados por reações de condensação entre aminoácidos. Nessas reações, ocorre a formação da ligação peptídica, originando a função amida na estrutura e eliminando moléculas de água.

Considerando a estrutura da proteína



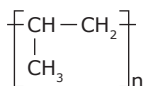
em que R representa $-H$, $-CH_3$ ou outro grupo de átomos, é possível identificar a representação genérica para os monômeros de aminoácidos fazendo a reação inversa, ou seja, promovendo a quebra das ligações peptídicas e a adição de água à estrutura:



Questão 06 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. O polipropileno é um polímero formado por meio das reações de adição entre as moléculas de propeno. Nessas reações, ocorre a quebra da ligação π das moléculas do monômero e a formação de novas ligações σ entre as estruturas.
- B) Incorreta. O propeno, $CH_3CH=CH_2$, é um hidrocarboneto alifático insaturado por apresentar a dupla-ligação.
- C) Incorreta. O polipropileno é um polímero constituído de um só monômero; portanto, é denominado homopolímero.
- D) Incorreta. O isopor é uma espuma formada a partir do polímero poliestireno, e não do polipropileno.
- E) Incorreta. Como na formação do polipropileno ocorre a quebra da ligação π do monômero, a unidade de repetição do polipropileno é



Questão 07 – Letra E

Comentário: Os polímeros podem ser classificados, quanto ao processo de fabricação, como polímeros de adição ou de condensação. Os polímeros de adição são formados por meio de reações de adição com monômeros olefínicos ou etínicos, pois estes apresentam insaturação em que uma unidade se adiciona a outra até formar uma macromolécula. Já os polímeros de condensação são formados por meio de reações de eliminação nas quais há a eliminação de pequenas moléculas: H_2O , C_2H_5OH , HCl , etc.

O poliestireno é um polímero de adição, cujo monômero é o vinilbenzeno. O náilon é uma poliamida, formada pela união de grupos amina com grupos carboxila, o que origina uma ligação amídica e a eliminação de moléculas de água. Já o teflon é formado pela união de várias moléculas de tetrafluoreteno por meio de reações de adição. Portanto, esses polímeros são classificados como polímero de adição, polímero de condensação e polímero de adição, respectivamente.

Questão 08 – Letra C

Comentário: O polímero representado foi obtido pela adição de monômeros de propileno ou propeno que produzem uma cadeia carbônica linear com vários grupos metila. O produto obtido, portanto, é o polímero de adição polipropileno.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra B

Comentário: O polietileno é um polímero de adição formado pela união de várias moléculas de eteno. É muito usado para confecção de sacolas plásticas e garrafas de plástico. Possui

fórmula $\left[CH_2-CH_2\right]_n$ e o símbolo de reciclagem é o número 4. O polipropileno é formado pela adição de várias moléculas

de propileno e possui fórmula $\left[CH_2-CH\left(CH_3\right)\right]_n$ e é usado na confecção de objetos de plástico e para-choques. Seu símbolo de reciclagem é o número 5.

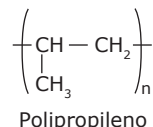
Questão 02 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Os sacos de rafia são constituídos pelo polímero polipropileno e são muito resistentes à ação de micro-organismos. Tal resistência, bem como outras propriedades dos polímeros, vem das forças intermoleculares entre as cadeias poliméricas, que em geral são muito intensas.
- B) Incorreta. O polipropileno é utilizado na produção de utensílios de cozinha, fibras para tapetes e carpetes, para-choques de automóveis, etc. O isopor é constituído pelo polímero

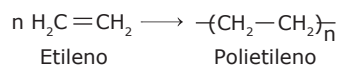
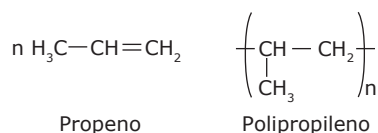
poliestireno e possui baixa densidade devido à presença de bolhas de gás retidas dentro do material. Os tecidos sintéticos, por sua vez, podem ser constituídos de poliamidas ou, principalmente, de poliésteres.

- C) Incorreta. O monômero do polímero polipropileno pode ser representado a partir da seguinte unidade de repetição:

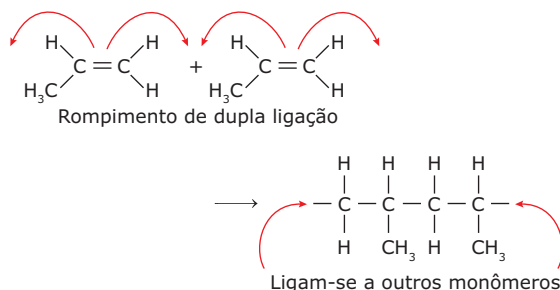


Polipropileno

- D) Incorreta. Copolímeros são polímeros formados por meio da união de dois monômeros diferentes. Tanto o polipropileno quanto o polietileno, que são polímeros de adição, são formados por meio da união de monômeros iguais. No caso do polipropileno, a cadeia polimérica é formada pela união de moléculas de propeno e no polietileno a cadeia é formada pela união de moléculas de eteno (etileno), conforme representado a seguir:



- E) Correta. Para que haja produção de polipropileno é necessário que haja polimerização do propeno pelo método de adição. Nessa reação, a dupla ligação em cada molécula de propeno se rompe e os dois elétrons originários dessa ligação são utilizados para formar uma nova ligação simples C—C com outras moléculas de propeno.



Questão 03 – Letra D

Comentário: A reação de formação do polietileno é uma reação de polimerização por adição que ocorre com a quebra da dupla ligação do etileno para a formação do polímero. Assim, um monômero que pode ser polimerizado por adição deve conter uma dupla ligação entre carbonos livre para ser quebrada. O anel benzênico não pode ser polimerizado pois, para isso, seria necessário quebrar o anel e, devido a sua estabilidade, isso é inviável. Dessa forma, somente o vinil benzeno pode ser utilizado nesse tipo de reação.

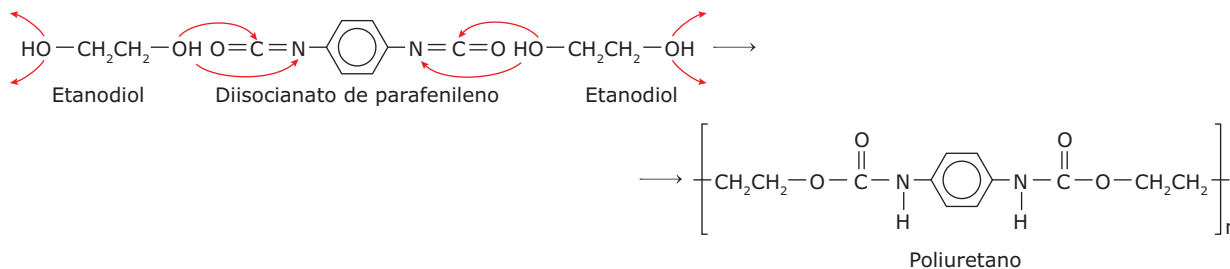
Questão 04 – Letra C

Comentário: O polímero condutor está representado na alternativa C, pois essa estrutura apresenta ligações duplas conjugadas que fazem com que os elétrons π ressonantes ao longo da cadeia tornem esse material bom condutor de corrente elétrica.

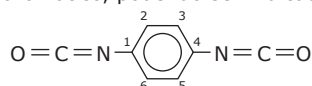
Questão 05 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

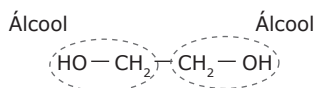
A) Incorreta. A seguir, representamos as fórmulas das moléculas necessárias para a obtenção do poliuretano, diisocianato de parafenileno e etanodiol, bem como se dá a reação de polimerização.



Assim, pode-se afirmar que, no diisocianato de parafenileno, os radicais substituintes não estão em carbonos vizinhos, pois eles se encontram nas posições 1,4 do anel aromático, podendo ser indicadas, também, pelo prefixo **para-**.

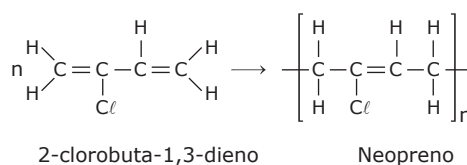


B) Incorreta. O etanodiol é um diálcool, conforme mostrado na representação a seguir. Além disso, a presença do sufixo “ol” é um indicativo da função orgânica a que essa substância pertence, um álcool.



C) Correta. Observa-se que, no poliuretano, há unidades estruturais (monômeros) derivadas de moléculas de etanodiol e de diisocianato de parafenileno que se repetem regularmente ao longo de sua estrutura. A reação que resulta na formação de polímeros a partir dessa repetição de monômeros é denominada polimerização.

D) Incorreta. O neopreno é um polímero de adição cujo monômero é o 2-clorobuta-1,3-dieno. As estruturas do monômero e do polímero estão representadas no esquema a seguir:



E) Incorreta. No neopreno o átomo de cloro se liga ao carbono por meio de ligação simples (sigma), como podemos observar na estrutura desse polímero.

Questão 06 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

A) Incorreta. A formação do Kevlar ocorre por meio da reação de condensação entre monômeros de um ácido carboxílico e de uma amina primária, com a eliminação de uma molécula de água.

B) Incorreta. A polimerização ocorre por reação de condensação e os grupos funcionais ligados ao anel benzênico ocupam somente a posição para.

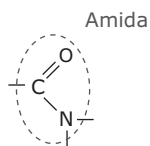
C) Incorreta. A polimerização por adição ocorre com rompimento de uma ligação dupla e a formação de uma ligação simples, o que não é o caso do Kevlar, um polímero de condensação. Nesse processo, forma-se uma poliamida cujos grupos característicos dessa função estão ligados a um anel aromático.

D) Correta. A polimerização do Kevlar ocorre por reação de condensação de um ácido carboxílico e uma amina, resultando em uma poliamida aromática.

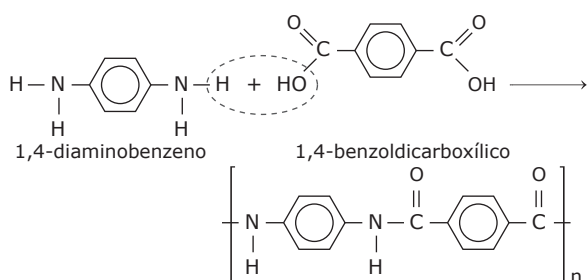
E) Incorreta. A reação é de polimerização por condensação e um dos reagentes é o ácido tereftálico (1,4-benzoldicarboxílico).

Questão 07

Comentário: A função orgânica nitrogenada que compõe a estrutura do polímero é a função amida, que é representada pelo grupamento a seguir:



O Kevlar® é um polímero de condensação, ou seja, para sua formação, duas moléculas são unidas para formar uma molécula maior por meio da eliminação de uma molécula pequena, como H₂O. No caso desse polímero, as moléculas dos monômeros 1,4-diaminobenzeno e 1,4-benzoldicarboxílico (ácido tereftálico) reagem com eliminação de uma molécula de água, como representado a seguir:



Nas moléculas desse polímero, observa-se que existem átomos de hidrogênio ligados a átomos de nitrogênio, os quais são fortemente eletronegativos. Com isso, os átomos de hidrogênio são polarizados positivamente e interagem diretamente com o oxigênio, átomo pequeno e fortemente eletronegativo, das moléculas adjacentes do polímero, resultando em uma forte rede de interações intermoleculares conhecidas como ligações de hidrogênio.

Questão 08 – Letra B

Comentário: De acordo com os dados da tabela, os polímeros termoplásticos são os únicos que podem ser moldados após serem aquecidos, o que favorece a reciclagem desse tipo de polímero. Já os polímeros termorrígidos sofrem decomposição térmica com a elevação da temperatura, portanto, não são interessantes no processo de reciclagem. Por fim, os polímeros elastômeros não podem ser fundidos, tornando inviável o reaproveitamento do material.

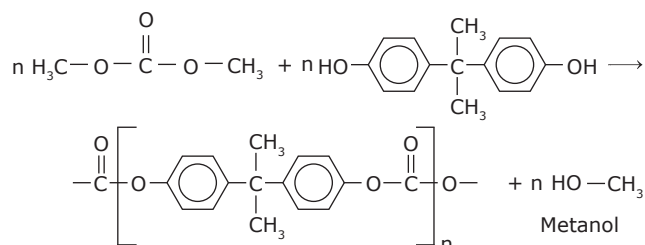
Questão 09 – Letra D

Comentário: O poliacetato de vinila é um polímero sintético formado pela reação de adição do acetato de vinila, um éster insaturado. O polímero apresenta uma ramificação na cadeia principal que contém o grupo éster que impede que as cadeias se interajam com maior força fazendo com que tenha esse comportamento termoplástico.

Quando aquecido, o PVA amolece sem se degradar o que lhe confere a característica de ser reciclável já que pode ser moldado para outras formas nessas condições.

Questão 10 – Letra D

Comentário: De forma análoga ao que acontece na reação utilizando o fosgênio como reagente, a formação de policarbonato a partir do dimetilcarbonato ocorre com a eliminação do grupo substituinte ligado ao carbono da carbonila e do hidrogênio da função fenol, dando origem ao metanol como produto lateral, conforme a reação a seguir:



Questão 11 – Letra C

Comentário: O Dacron é um polímero que apresenta em sua estrutura função éster, ou seja, é um poliéster produzido pela adição de um triol, que pode ser a glicerina com um ácido dicarboxílico. Esses dois grupos carboxila do ácido permitem que sejam estabelecidas ligações cruzadas entre as cadeias o que confere maior resistência e a característica termorrígida desse polímero.

Questão 12 – Letra B

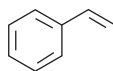
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A borracha natural é pouco resistente a variações de temperatura: em temperaturas elevadas apresenta o aspecto mole e em temperaturas baixas se torna dura e quebradiça. Por essa razão não é empregada na fabricação de pneus.
- B) Correta. Os compósitos são materiais formados pela junção de outros materiais diversos, com a finalidade de obter um novo material que apresenta maior qualidade. Logo, a união dos fios de aço, da lona de poliéster e da borracha sintética vulcanizada formam o material utilizado na fabricação de pneus.
- C) Incorreta. O número crescente de ligações entre átomos de enxofre torna a borracha sintética mais rígida, o que faz com que ela perca a sua elasticidade.
- D) Incorreta. A borracha sintética vulcanizada com elevado teor de enxofre possui alta resistência mecânica e é pouco elástica, devido ao grande número de pontes de enxofre.
- E) Incorreta. A borracha sintética vulcanizada é um polímero ramificado, devido à presença de pontes de enxofre que promovem a ligação entre as cadeias poliméricas.

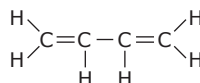
Questão 13 – Soma = 16

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das proposições.

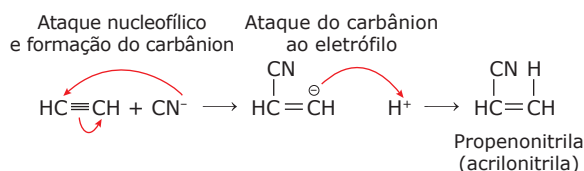
01. Falsa. Tanto o estireno quanto o vinilbenzeno são nomenclaturas para o mesmo composto químico, representado pela estrutura a seguir:



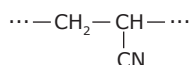
02. Falsa. No monômero B, but-1,3-dieno, a hibridização de todos os átomos de carbono é do tipo sp^2 , pois eles estão unidos por uma dupla ligação e duas ligações simples.



04. Falsa. A reação entre o etino e o HCN é um caso de adição nucleofílica e leva à formação da propenonitrila, conforme esquematizado a seguir:

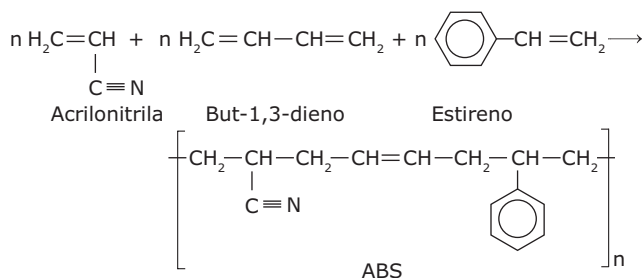


A acrilonitrila presente no ABS teve sua ligação dupla rompida, e cada um dos elétrons provenientes dessa ligação são utilizados na formação de duas ligações simples.



Observação: O vestibular não considerou que a acrilonitrila resultante da reação entre o etino e o HCN está presente no polímero. Entretanto, é muito comum encontrarmos na literatura que essas unidades estruturais, que se repetem regularmente nos polímeros, são monômeros que contêm a dupla ligação.

08. Falsa. O ABS é obtido a partir de reações de adição de três monômeros diferentes. Assim, como se trata de um polímero de adição, há apenas ruptura de duplas ligações e formação de novas ligações simples, não ocorrendo, portanto, eliminação de quaisquer substâncias. Veja a seguir um esquema que representa a reação de obtenção do ABS:



16. Verdadeira. O ABS possui características termoplásticas já que é um polímero linear, ou seja, um polímero que não possui ligações cruzadas entre as suas cadeias. A cadeia desse polímero apresenta algumas ramificações e estas interagem entre si por meio de interações intermoleculares. Isso permite que os polímeros, ao serem aquecidos, se fundam e possam ser remodelados, podendo ser utilizados para outros fins. Se houvesse a incidência de ligações covalentes entre átomos de cadeias adjacentes (ligações cruzadas), o polímero não teria esse comportamento, ou seja, não seria possível fundi-lo, sendo classificado como termofixo.

32. Falsa. As matérias-primas utilizadas na obtenção do ABS têm baixa biodegradabilidade.



Rua Diorita, 43 - Prado

Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3029-4949

www.bernoulli.com.br/sistema