

Óxidos

Todos os compostos binários em que o oxigênio é o elemento mais eletronegativo são denominados óxidos. Normalmente, o oxigênio nos óxidos possui $NOx = -2$.

Exemplos:

H_2O , SiO_2 , Al_2O_3 e CaO .

Observe que os compostos OF_2 e O_2F_2 não são óxidos, e sim fluoretos, pois, nesses compostos, o flúor é o elemento mais eletronegativo.

CLASSIFICAÇÃO DOS ÓXIDOS

Quanto ao tipo de ligação

Óxidos moleculares

São óxidos de ametais, sendo, geralmente, gases ou líquidos, e possuindo ligações covalentes.

Exemplos:

CO_2 , CO , NO , XeO_3 e SeO_4 .

OBSERVAÇÃO

Até o gás nobre xenônio é capaz de formar óxidos sob condições especiais.

Óxidos iônicos

São óxidos de metais de baixa eletronegatividade, sendo, geralmente, sólidos, e possuindo ligações iônicas.

Exemplos:

CaO , MgO e Li_2O .

Óxidos de caráter intermediário

São óxidos de metais de eletronegatividade mediana.

Exemplos:

ZnO e PbO_2 .

Óxidos covalentes

São óxidos, geralmente sólidos, cujos átomos que os compõem formam ligações covalentes, estabelecendo uma macroestrutura com um número indefinido de átomos.

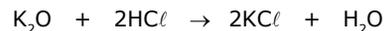
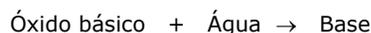
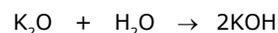
Exemplos:

$(SiO_2)_n$ e $(BeO)_n$.

Quanto ao comportamento químico

Óxidos básicos

São óxidos que se comportam como base em uma reação de neutralização ou que, em meio aquoso, originam uma base.



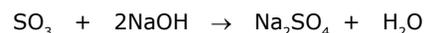
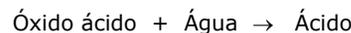
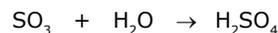
Esses óxidos são formados por metais de baixo NOx (+1, +2 ou +3) e são sólidos iônicos de elevadas T.E. e T.F. Os óxidos básicos são pouco solúveis em água, exceto os óxidos das famílias IA (1) e IIA (2).

Exemplos:

Na_2O , Fe_2O_3 e Cu_2O .

Óxidos ácidos ou anidridos

São óxidos que se comportam como ácidos em reações de neutralização ou que, em meio aquoso, originam ácidos.

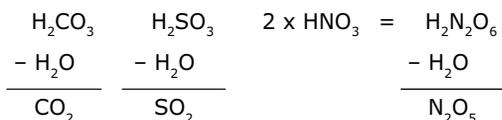


São formados por metais de alto NOx ou por ametais (nesse caso, são, geralmente, gases).

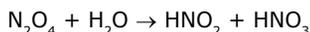
Exemplos:

SO_2 , SO_3 , CO_2 , N_2O_5 , CrO_3 , MnO_3 e Mn_2O_7 .

Os anidridos podem ser considerados compostos obtidos pela desidratação total do respectivo oxiácido do elemento.



Alguns anidridos produzem dois ácidos diferentes quando reagem com a água. Eles são denominados anidridos duplos.

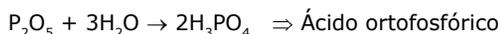
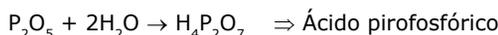


Exemplos:



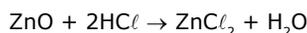
Outros anidridos, quando são hidratados com quantidades crescentes de água, produzem ácidos diferentes.

Exemplo: P₂O₅

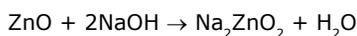


Óxidos anfóteros

São óxidos que se comportam como ácidos ou como bases em reações de neutralização, dependendo do meio. Normalmente, reagem com ácidos ou bases fortes, definindo o seu caráter. Em meio neutro, os óxidos anfóteros não apresentam reatividade.



Base



Ácido

Exemplos:



Óxidos neutros

São óxidos indiferentes, não reagindo com ácidos, bases ou água. São óxidos gasosos de ametais.

Exemplos:

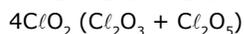
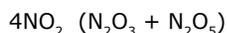


Quanto à estrutura

Óxidos duplos, mistos ou salinos

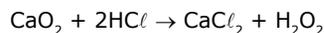
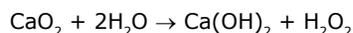
São óxidos formados pela associação de dois outros óxidos do mesmo elemento.

Exemplos:

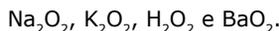


Peróxidos

São óxidos em que o NOx do oxigênio é -1. Reagem com água ou ácidos diluídos, produzindo água oxigenada, H₂O₂.



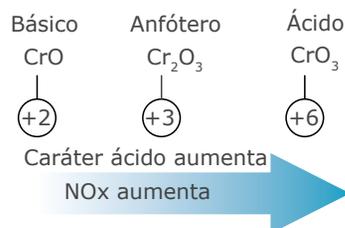
Exemplos:



O peróxido de hidrogênio, H₂O₂, é um exemplo de peróxido molecular líquido, porém não é o único. Existem, também, os peróxidos orgânicos que podem ser considerados peróxidos derivados do H₂O₂, em que um ou ambos os átomos de hidrogênio foram substituídos por grupos orgânicos. Os demais peróxidos são sólidos iônicos que possuem em sua estrutura o ânion peróxido, -O-O- (O₂²⁻).

OBSERVAÇÕES

- Do que foi exposto, pode-se concluir que, devido à grande variabilidade de óxidos e às suas respectivas características, não é possível atribuir propriedades e características (constantes ou fixas) aos óxidos.
- Quando um metal der origem a vários óxidos, o seu caráter varia de acordo com a variação do NOx.

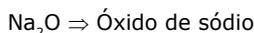


NOMENCLATURA DE ÓXIDOS

Quando um elemento forma um único óxido, tem-se:

Óxido de _____
nome do elemento ligado ao oxigênio

Exemplos:

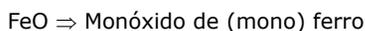


Porém, quando o elemento forma mais de um óxido, deve-se enunciar o NOx do elemento em algarismo romano ou enunciar o número de átomos do elemento e o número de átomos de oxigênio.

Exemplos:



ou, ainda,



OBSERVAÇÃO

Sufixos $\begin{cases} \text{-oso} \Rightarrow \text{menor NOx} \\ \text{-ico} \Rightarrow \text{maior NOx} \end{cases}$

Para elementos que apresentam mais de dois NOx, usam-se os prefixos **hipo-** (geralmente para o NOx +1) e **per-** (geralmente para o NOx +7).

Os anidridos podem, ainda, receber o nome do ácido que os origina, quando hidratados, antecedido da palavra anidrido.

Resumo	
Se o elemento possui 1 NOx	Anidrido _____ (-ico)
Se o elemento possui 2 NOx	Anidrido _____ (-oso)
	Anidrido _____ (-ico)
Se o elemento possui 4 NOx	Anidrido hipo _____ (-oso)
	Anidrido _____ (-oso)
	Anidrido _____ (-ico)
	Anidrido per _____ (-ico)

Exemplos:

$\text{SO}_2 \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ Anidrido sulfuroso
 $\text{SO}_3 \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ Anidrido sulfúrico
 $\text{CO}_2 \Rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ Anidrido carbônico
 $\text{NO}_2 \Rightarrow \text{HNO}_2 / \text{HNO}_3$ Anidrido nitroso / nítrico

Comparação dos tipos de nomenclatura

Óxido	Nomenclatura antiga	Nomenclatura de Stock	Nomenclatura empírica
CaO	Óxido de cálcio	Óxido de cálcio	Monóxido de (mono) cálcio
B_2O_3	Anidrido bórico	Óxido de boro	Trióxido de diboro
Fe_2O_3	Óxido férrico	Óxido de ferro (III)	Trióxido de diferro
FeO	Óxido ferroso	Óxido de ferro (II)	Monóxido de (mono) ferro
SO_2	Anidrido sulfuroso	Óxido de enxofre (IV)	Dióxido de enxofre
SO_3	Anidrido sulfúrico	Óxido de enxofre (VI)	Trióxido de enxofre
Cl_2O_3	Anidrido hipocloroso	Óxido de cloro (III)	Trióxido de dicloro
Cl_2O_5	Anidrido cloroso	Óxido de cloro (V)	Pentóxido de dicloro
Cl_2O_7	Anidrido perclórico	Óxido de cloro (VII)	Heptóxido de dicloro
CrO_3	Anidrido crômico	Óxido de cromo (VI)	Trióxido de cromo

PRINCIPAIS ÓXIDOS DO COTIDIANO



Óxido de cálcio (CaO)

- Sólido branco com temperatura de fusão extremamente elevada.
- Recebe o nome de cal viva ou cal virgem.
- Em contato com a água, ocorre uma reação exotérmica, formando a água de cal.

Óxido de hidrogênio (H_2O)

- Líquido incolor nas condições ambiente, insípido, inodoro e de grande capacidade dissolvente.
- Contribui com cerca de 70% da matéria formadora da crosta terrestre e é fundamental para a vida dos animais e vegetais.

Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)

- Líquido incolor, instável, viscoso e solúvel em água. Sua solução aquosa é chamada de água oxigenada, utilizada em alvejamento, como antisséptico, microbicida, oxidante, etc.
- Sofre fotólise quando exposto à radiação luminosa.

Óxido de magnésio (MgO)

- Sólido branco, inodoro, pouco solúvel em água e de grande resistência ao aquecimento, sendo, por isso, usado na fabricação de tijolos refratários e cadinhos.
- A suspensão aquosa desse óxido, que é usada como antiácido e laxante brando, recebe o nome de leite de magnésia.

Dióxido de carbono (CO_2)

- Gás incolor e pouco solúvel em água.
- Também é chamado de anidrido carbônico e gás carbônico.
- Ocorre no ar atmosférico e é muito importante para a vida animal e vegetal por participar do processo de fotossíntese.
- Quando no estado sólido, sob determinadas condições, é usado para refrigeração em forma de blocos (gelo-seco).
- Um dos grandes responsáveis pelo efeito estufa.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (PUC-SP) Um óxido básico é um óxido iônico que reage com água tendo um hidróxido como produto.

São óxidos básicos todas as seguintes substâncias:

- A) CO_2 , SO_3 , TiO_2 D) Li_2O , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, SiO_2
 B) CaO , Na_2O , K_2O E) KNO_3 , CaO , BaSO_4
 C) CaSO_4 , MgO , CO

- 02.** (FCMSC-SP-2021) Dependendo das condições reacionais, monóxido de nitrogênio e monóxido de carbono reagem para formar dióxido de carbono e gás nitrogênio, ou monóxido de dinitrogênio, conforme representado nas equações a seguir:

Reação 1	$2\text{NO}_{(g)} + 2\text{CO}_{(g)} \rightarrow 2\text{CO}_{2(g)} + \text{N}_{2(g)}$
Reação 2	$2\text{NO}_{(g)} + \text{CO}_{(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{N}_2\text{O}_{(g)}$

LONGATI, Andreza A. et al. Conversão química de NO e CO sobre catalisadores à base de óxidos de cobalto ou de ferro. *Química Nova*. v. 37, n. 2, 2014 (Adaptação).

Dentre os gases representados nas reações 1 e 2, aqueles que, ao serem borbulhados separadamente em água destilada, resultam em uma solução com pH próximo de 4 e em uma solução neutra são, respectivamente, os gases

- A) monóxido de dinitrogênio e monóxido de carbono.
 B) dióxido de carbono e monóxido de nitrogênio.
 C) monóxido de nitrogênio e nitrogênio.
 D) monóxido de nitrogênio e monóxido de dinitrogênio.
 E) monóxido de nitrogênio e monóxido de carbono.

- 03.** (UniEVANGÉLICA) Leia a notícia a seguir:



Goiás tem aumento de 20% nas queimadas em relação a 2012

De janeiro até terça-feira, houve 2.747 incêndios urbanos e rurais em Goiás. O Centro-Oeste conta com 39,9% do total das queimadas, atrás da Amazônia, 42%.

Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/opovo/brasil/2013/08/17/noticiasjornalbrasil,3112367/goias-tem-aumento-de-20-nas-queimadas-em-relacao-a-2012.shtml>>.

Acesso em: 02 out. 2013 (Adaptação).

As queimadas no Centro-Oeste elevaram os níveis de monóxido de carbono, um gás tóxico que não reage com a água por ser um óxido neutro.

Apresenta somente óxidos neutros:

- A) Na_2O , N_2O_3 e CO_2 C) Na_2O_3 , ZnO e CO_2
 B) N_2O , NO e CO D) N_2O_5 , N_2O_3 e CO

- 04.** (ESCS-DF) Em 2013, o comércio internacional de minério de ferro foi de 1,23 bilhão de toneladas, dado que ilustra claramente o fenômeno da globalização. Nesse cenário, o Brasil ocupa posição de destaque porque possui a segunda maior reserva do planeta, em termos de ferro contido no minério. Os dois principais minérios encontrados no Brasil são a hematita (Fe_2O_3) e a magnetita (Fe_3O_4). O ferro também é comumente encontrado na siderita (FeCO_3).

Assinale a opção que apresenta as nomenclaturas oficiais dos compostos correspondentes aos minerais hematita e siderita, respectivamente.

- A) óxido de ferro (II) e carbeto de ferro (III)
 B) óxido de ferro (II) e carbonato de ferro (III)
 C) óxido de ferro (III) e carbonato de ferro (II)
 D) óxido de ferro (III) e carbeto de ferro (II)

- 05.** (UFU-MG) Nas correspondências entre fórmulas e nomenclatura,

I. Na_2O_2 , peróxido de sódio

II. Fe_2O_3 , óxido de ferro (II)

III. HNO_2 , ácido nítrico

IV. SO_2 , anidrido sulfuroso

estão corretas

- A) II e IV. C) I e II. E) I e IV.
 B) II e III. D) I e III.

06.
TL3J



(UNITAU-SP) O pH da chuva em ambientes não poluídos e poluídos (com gases como NO_2 e SO_2) é, respectivamente,

- A) neutro e ácido.
 B) levemente ácido e ácido.
 C) neutro e básico.
 D) básico e ácido.
 E) levemente ácido e básico.

07.
LP9E



(FGV-SP) Alterações de pH do solo podem ser danosas à agricultura, prejudicando o crescimento de alguns vegetais, como a soja. O solo pode tornar-se mais ácido, devido à alteração nas composições de alguns minerais e ao uso de fertilizantes, ou mais alcalino, pela ausência das chuvas. Os óxidos que, ao serem adicionados ao solo e entrarem em contato com a água, podem resolver os problemas de acidez e alcalinidade são, respectivamente,

- A) CO e SO_2 .
 B) Na_2O e SO_2 .
 C) Na_2O e CO .
 D) CaO e Na_2O .
 E) SO_2 e CaO .

08.
EUF9

(UFJF-MG) Considere os óxidos A, B e C e suas características a seguir:

- Gás incolor, de caráter ácido, cujas moléculas são apolares. O excesso na atmosfera é o principal responsável pelo efeito estufa.
- Gás incolor, extremamente tóxico, cujas moléculas são polares. Forma-se na queima (combustão) incompleta de combustíveis, como a gasolina.
- Gás incolor, de cheiro forte e irritante. Sofre oxidação em contato com o oxigênio do ar e o produto formado pode reagir com água, originando a chuva ácida.

Os gases A, B e C, de acordo com as suas características, correspondem, respectivamente, a

- H_2S , O_3 e SO_2 .
- NO_2 , CO e CO_2 .
- CO_2 , CO e SO_2 .
- HCl , O_2 e NH_3 .
- CO_2 , N_2 e O_3 .

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (CEFET-MG) Sobre as características do dióxido de enxofre (SO_2), afirma-se que:

- Apresenta geometria angular.
- Apresenta ligações covalentes.
- Corresponde a um óxido básico.
- Corresponde a uma molécula apolar.

São corretas apenas as afirmações

- I e II.
- I e IV.
- II e III.
- III e IV.

02. (PUC-Campinas-SP) O pó de ocre é uma mistura de minerais que contém ferro, cujas cores podem variar dependendo de sua composição. O marrom-ocre é obtido principalmente a partir da limonita, $Fe(OH)_3 \cdot nH_2O$. O vermelho-ocre vem da hematita, Fe_2O_3 . Já o amarelo-ocre pode ser goethita, $FeO(OH)$, limonita ou uma mistura de ambos. As funções inorgânicas a que a limonita e a hematita pertencem são, respectivamente,

- ácido e base.
- óxido e ácido.
- base e óxido.
- óxido e base.
- base e ácido.

03. (UFRGS-RS-2020) Considere as afirmações a seguir, sobre o óxido de cálcio, CaO .

- É um sólido iônico.
- É bastante reativo frente à água.
- Possui características metálicas.

Quais estão corretas?

- Apenas I
- Apenas II
- Apenas III
- Apenas I e II
- I, II e III

04.
CAUK

(UECE) As principais funções químicas inorgânicas – ácidos, bases, sais e óxidos – são encontradas em nosso cotidiano e também em nosso organismo. Por exemplo: o ácido clorídrico é um dos constituintes do suco gástrico, encontrado no estômago; a soda cáustica é constituinte de produto de uso doméstico para desentupir pias e utilizada para fabricar o sabão; o sal de cozinha é constituído pelo cloreto de sódio usado na culinária; e a cal viva, utilizada na construção civil, é constituída pelo óxido de cálcio. Com relação às funções inorgânicas, assinale a afirmação verdadeira.

- Normalmente para se obter um óxido coloca-se para reagir uma base e um ácido.
- Um óxido básico reage com água formando uma base.
- A fenolftaleína é um indicador que geralmente é usado em uma reação de um ácido com um óxido ácido para determinar o seu final pela mudança de cor.
- Ácidos são substâncias moleculares que sofrem dissociação em água.

05. (UERJ-2020) Estudos recentes apontam que 2018 foi o ano em que se registrou a maior emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. A tabela a seguir apresenta a fórmula molecular e a fonte de quatro dos principais gases que contribuem para esse fenômeno.

Fórmula molecular	Fonte
CO_2	combustíveis fósseis
CH_4	agropecuária
N_2O	fertilizantes
O_3	queima de biomassa

Com base na tabela, nomeie o gás correspondente a um composto orgânico e sua respectiva geometria molecular. Indique, ainda, a fonte do gás que corresponde a um óxido neutro e a fórmula molecular daquele que é uma substância simples.

06.
SG96

(EsPCEX-SP) O dióxido de enxofre é um dos diversos gases tóxicos poluentes, liberados no ambiente por fornos de usinas e de indústrias. Uma das maneiras de reduzir a emissão deste gás tóxico é a injeção de carbonato de cálcio no interior dos fornos industriais. O carbonato de cálcio injetado nos fornos das usinas se decompõe formando óxido de cálcio e dióxido de carbono. O óxido de cálcio, então, reage com o dióxido de enxofre para formar o sulfito de cálcio no estado sólido, menos poluente.

Assinale a alternativa que apresenta, na sequência em que aparecem no texto (desconsiderando-se as repetições), as fórmulas químicas dos compostos, grifados e em itálico, mencionados no processo.

- A) SO_2 ; CaCO_3 ; CaO ; CO_2 ; CaSO_4
 B) SO_2 ; CaCO_3 ; CaO ; CO_2 ; CaSO_4
 C) SO_2 ; Ca_2CO_3 ; Ca_2O ; CO_2 ; CaSO_3
 D) SO_2 ; CaCO_3 ; CaO ; CO_2 ; CaSO_3
 E) SO_3 ; CaCO_4 ; CaO ; CO ; CaSO_4

07.
2AQT

(PUC Minas) As chuvas ácidas são provocadas devido à grande quantidade de poluentes gasosos lançados na atmosfera por alguns tipos de indústria e pela queima de combustíveis fósseis por automóveis. Uma das substâncias liberadas é o dióxido de enxofre que, ao entrar em contato com o ar atmosférico, transforma-se em trióxido de enxofre. O trióxido de enxofre em contato com a água das nuvens transforma-se em ácido sulfúrico. As chuvas ácidas provocam a deterioração de monumentos históricos, principalmente os constituídos de carbonato de cálcio, cuja reação com o ácido sulfúrico resulta na formação de sulfato de cálcio, dióxido de carbono e água.

Assinale a alternativa que apresenta a fórmula correta das seguintes substâncias químicas citadas no texto: ácido sulfúrico, sulfato de cálcio, dióxido de carbono e água, respectivamente.

- A) H_2SO_3 , CaSO_4 , CO_2 e H_2O
 B) H_2SO_3 , CaSO_4 , CO_2 e HO_2
 C) H_2SO_4 , CaSO_4 , CO_2 e H_2O
 D) H_2SO_4 , CaSO_3 , CO e HO_2

08.
PM7C

(PUC-SP) Um analista utilizou um óxido X para neutralizar uma solução aquosa de amônia (NH_3). Em seguida, adicionou um óxido Y para neutralizar uma solução aquosa de ácido clorídrico (HCl). Por fim, dissolveu certa quantidade de óxido Z em água, obtendo uma solução de pH 3. Assinale a alternativa que melhor representa as substâncias X, Y e Z.

	X	Y	Z
A)	CO_2	CaO	SO_3
B)	HNO_3	NaOH	H_2SO_4
C)	CaO	Na_2O	CO_2
D)	K_2O	SO_3	P_2O_5
E)	SO_3	CO_2	CO

09.

(EBMSP–2018) Elementos químicos do terceiro período da Tabela Periódica, a exemplo do sódio, alumínio, silício, fósforo e cloro, ao se combinarem com o oxigênio formam óxidos que apresentam estruturas variadas e comportamento químico diferenciado na presença de água, dos ácidos e das bases.

Com relação às estruturas e às propriedades dos óxidos de elementos químicos do terceiro período, é correto afirmar:

- A) A reação química entre o pentóxido de difósforo, $\text{P}_2\text{O}_{5(s)}$, e a água, $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$, produz o ácido fosforoso, $\text{H}_3\text{PO}_{3(aq)}$.
 B) O sódio, elemento químico da família dos alcalinos, forma um peróxido representado pela fórmula química Na_2O_4 .
 C) O trióxido de dicloro, $\text{Cl}_2\text{O}_{3(s)}$, é um anidrido molecular obtido pela desidratação do ácido hipocloroso, $\text{HClO}_{(aq)}$.
 D) O óxido de alumínio, $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$, é classificado como anfótero porque, ao reagir com ácidos e bases fortes, produz sal e água.
 E) A estrutura do óxido de silício, $\text{SiO}_{2(s)}$, indica que esse composto químico é iônico e reage com água e ácidos fortes.

10.
25ID

(UFF-RJ) A Química está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento do homem, já que abarca todas as transformações de matérias e teorias correspondentes. No Império Romano, usava-se chumbo em utensílios de cozinha, encanamentos de água e recipientes para guardar bebidas como o vinho. Esse elemento químico na sua forma metálica não é venenoso, tanto que muitas pessoas conseguem viver anos com bala de chumbo alojada no corpo. Já outras, que aspiram ou ingerem compostos de chumbo, podem até morrer de plumbismo. Crianças, em especial as que moram em casas cujas paredes foram pintadas com tinta à base de chumbo, correm o risco de, ao colocar farelos de tinta na boca, contrair plumbismo.

Um dos compostos do chumbo é o Pb_3O_4 . Em relação a esse composto, pode-se afirmar que

- A) o Pb_3O_4 é um óxido misto ou duplo.
 B) o Pb_3O_4 é um óxido neutro.
 C) o Pb_3O_4 reage com o HBr produzindo brometo de etila, Br_2 e água.
 D) no Pb_3O_4 o NO_x do chumbo é +4.
 E) o Pb_3O_4 é um óxido anfótero e, em razão disso, só reage com as bases fortes.

11.
EIRT

(FADI) A composição do ar é, em grande parte, devida à atividade vulcânica. Com exceção do gás oxigênio, produzido pela fotossíntese de plantas, algas e cianobactérias, todos os demais gases presentes na atmosfera foram originados no interior da Terra e exalados por erupções vulcânicas. Dentre os mais importantes, temos o metano, o dióxido de carbono, o dióxido de enxofre, o gás sulfídrico e o cloreto de hidrogênio.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem–2020) O dióxido de carbono passa para o estado sólido (gelo seco) a $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ e retorna ao estado gasoso à temperatura ambiente. O gás é facilmente solubilizado em água, capaz de absorver radiação infravermelha da superfície da terra e não conduz eletricidade. Ele é utilizado como matéria-prima para a fotossíntese até o limite de saturação. Após a fixação pelos organismos autotróficos, o gás retorna ao meio ambiente pela respiração aeróbica, fermentação, decomposição ou por resíduos industriais, queima de combustíveis fósseis e queimadas. Apesar da sua importância ecológica, seu excesso causa perturbações no equilíbrio ambiental.

Considerando as propriedades descritas, o aumento atmosférico da substância afetará os organismos aquáticos em razão da

- A) redução do potencial hidrogeniônico da água.
 B) restrição da aerobiose pelo excesso de poluentes.
 C) diminuição da emissão de oxigênio pelos autótrofos.
 D) limitação de transferência de energia entre os seres vivos.
 E) retração dos oceanos pelo congelamento do gás nos polos.
- 02.** (Enem) Os oceanos absorvem, aproximadamente, um terço das emissões de CO_2 procedentes de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e as queimadas. O CO_2 combina-se com as águas dos oceanos, provocando uma alteração importante em suas propriedades. Pesquisas com vários organismos marinhos revelam que essa alteração nos oceanos afeta uma série de processos biológicos necessários para o desenvolvimento e a sobrevivência de várias espécies da vida marinha.
- A alteração a que se refere o texto diz respeito ao aumento
- A) da acidez das águas dos oceanos.
 B) do estoque de pescado nos oceanos.
 C) da temperatura média dos oceanos.
 D) do nível das águas dos oceanos.
 E) da salinização das águas dos oceanos.
- 03.** (Enem) Suponha que um agricultor esteja interessado em fazer uma plantação de girassóis. Procurando informação, leu a seguinte reportagem:

Solo ácido não favorece plantio

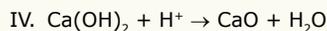
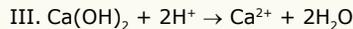
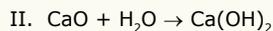
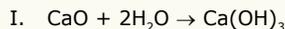
Alguns cuidados devem ser tomados por quem decide iniciar o cultivo de girassol. A oleaginosa deve ser plantada em solos descompactados, com pH acima de 5,2 (que indica menor acidez da terra). Conforme as recomendações da Embrapa, o agricultor deve colocar, por hectare, 40 kg a 60 kg de potássio e 40 kg a 80 kg de fósforo.

O pH do solo, na região do agricultor, é de 4,8. Dessa forma, o agricultor deverá fazer a "calagem".

FOLHA DE S.PAULO, 25 set. 1996.

Suponha que o agricultor vá fazer calagem (aumento do pH do solo por adição de cal virgem – CaO). De maneira simplificada, a diminuição da acidez se dá pela interação da cal (CaO) com a água presente no solo, gerando hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), que reage com os íons H^+ (dos ácidos), ocorrendo, então, a formação de água e deixando íons Ca^{2+} no solo.

Considere as seguintes equações:



O processo de calagem descrito anteriormente pode ser representado pelas equações

- A) I e II. C) II e III. E) III e IV.
 B) I e IV. D) II e IV.

SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. B 03. B 05. E 07. B
 02. B 04. C 06. B 08. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. A 02. C 03. D 04. B

05. Gás: metano.

Geometria: tetraédrica.

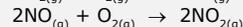
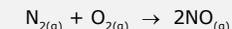
Fonte: fertilizantes.

Fórmula molecular: O_3 .

06. D 11. B
 07. C 12. A
 08. A 13. A
 09. D 14. F V V F
 10. A 15. D

16.

- A) A fórmula geral NO_x representa os óxidos NO e NO_2 . Esses óxidos são formados no interior da câmara de combustão dos motores dos automóveis a partir da reação do N_2 e do O_2 do ar atmosférico. As equações a seguir podem representar essas transformações:



- B) De acordo com o texto, essa transformação ocorre na superfície do asfalto. Sendo assim, caso a camada de asfalto esteja encoberta por poeira, óleo, borracha dos pneus, etc., o processo perderá a eficiência, devido à falta de contato entre os NO_x e o TiO_2 .

A ausência de luz também diminuirá a eficiência dessa transformação, visto que, de acordo com o texto, a reação ocorre na presença de luz.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. A 02. A 03. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Reações Inorgânicas I

REAÇÃO QUÍMICA

Reação química é a denominação dada à transformação que uma substância sofre em sua constituição química, quer pela ação de outra substância (afinidade química), quer pela ação de um agente físico, como calor, luz, eletricidade, etc. As reações químicas sofrem influência do tempo e da energia.

Considera-se que um sistema se transformou quando, ao se observar o estado inicial e final desse sistema, constatam-se algumas evidências dessa transformação. As reações químicas mais comuns são aquelas que ocorrem em meio aquoso e se evidenciam por:

- Formação de um composto insolúvel (precipitação)
- Formação de um eletrólito fraco
- Formação de uma substância gasosa (volátil)
- Mudança de cor
- Mudança de sabor
- Mudança de odor
- Mudança de textura
- Mudança de forma
- Aquecimento ou resfriamento do sistema, etc.

No entanto, é bom que se ressalve que esses critérios não são absolutos e que essas evidências podem surgir sem que ocorra uma transformação química. Assim, também devem ser considerados “sinais indiretos” (outros indícios) para a obtenção de resultados mais confiáveis.

Em uma reação química, há produção de novas substâncias. Nesse caso, uma ou mais substâncias que compõem o estado inicial do sistema e que sofrem mudança na sua estrutura química – os reagentes – voltam a surgir no estado final, modificadas na sua estrutura química, na forma de novas substâncias – os produtos.

Reagentes → Produtos

As transformações de reagentes em produtos ocorrem devido à quebra das ligações iniciais, à reorganização dos átomos e à formação de novas ligações. Esses processos só alteram as eletrosferas dos átomos, conservando os seus núcleos. Logo, em uma reação química, os elementos e as quantidades de átomos deverão permanecer constantes.

Exemplos de transformações químicas

- Queima ou combustão do álcool
- Decomposição da água pela corrente elétrica (eletrólise)
- Decomposição dos carbonatos pelo calor (pirólise)
- Fotossíntese
- Digestão dos alimentos
- Respiração
- Amadurecimento ou apodrecimento de um fruto
- Explosão da dinamite
- Formação do petróleo
- Enferrujamento de um prego (oxidação)
- Queima do enxofre
- Apodrecimento de um pedaço de carne quando exposto ao ar
- Descoramento de uma planta pelos gases poluentes
- Assar uma pizza
- Amarelamento de uma folha de livro
- Dissolução de um comprimido antiácido efervescente em água, etc.

Classificação das reações químicas

Quanto à troca de energia

- Endoenergéticas: Quando absorvem energia.
- Exoenergéticas: Quando liberam energia.

Como, na maioria das vezes, trabalha-se com a energia na forma de calor, serão utilizados os termos endotérmica e exotérmica.

Quanto à rapidez

- Lentas
- Médias
- Rápidas

Quanto à reversibilidade

- Reversíveis: Que ocorrem nos dois sentidos ($R \rightleftharpoons P$).
- Irreversíveis: Que ocorrem praticamente em um só sentido ($R \rightarrow P$).

Quanto à transferência de elétrons

- Reações com transferência de elétrons (oxirredução): quando varia o número de oxidação de, pelo menos, dois elementos.
- Reações sem transferência de elétrons.

Quanto ao mecanismo

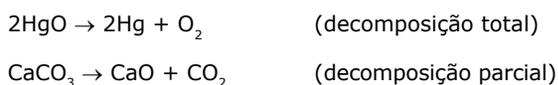
- Reação de síntese ou de adição: Obtenção de uma única substância a partir de duas ou mais substâncias ($A + B \rightarrow AB$). Pode ser síntese total, quando a substância é obtida por meio de substâncias simples, ou síntese parcial, quando a substância é obtida a partir de, pelo menos, uma substância composta.

Exemplos:



- Reação de análise ou de decomposição: Quando uma substância é decomposta em outras ($AB \rightarrow A + B$). Pode ser decomposição total, quando a substância se decompõe em substâncias simples, ou decomposição parcial, quando pelo menos um dos produtos é uma substância composta.

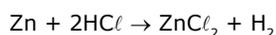
Exemplos:



Determinadas decomposições recebem nomes especiais, como: pirólise ou calcinação (decomposição a partir do aquecimento), eletrólise (decomposição a partir da passagem de corrente elétrica), fotólise (decomposição a partir da incidência de luz), etc.

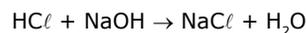
- Reação de deslocamento, substituição ou simples troca: Quando uma substância simples reage com uma substância composta, deslocando da composta uma outra substância simples ($AB + C \rightarrow CB + A$).

Exemplo:



- Reação de dupla-troca ou substituição dupla: Quando duas substâncias compostas reagem, permutando entre si partes de suas constituições (elementos ou radicais), produzindo novas substâncias compostas ($AB + CD \rightarrow AD + CB$).

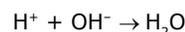
Exemplo:



A reação de neutralização ou de salificação é aquela que ocorre entre uma substância de caráter ácido com uma de caráter básico. Na realidade, nessa reação, ocorre basicamente a reação entre os íons hidrônio ou hidroxônio (H_3O^+) e os íons hidróxido (OH^-), produzindo água:



Ou, mais simplificada,



- Reação de combustão ou queima: De acordo com o senso comum, é a reação em cadeia de uma substância (combustível) com o oxigênio (comburente) de modo que haja liberação de energia (luz, calor, etc.).

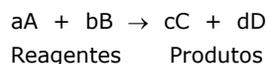
Exemplos:

Combustão da gasolina, do querosene, da madeira, do papel, etc.

EQUAÇÕES QUÍMICAS

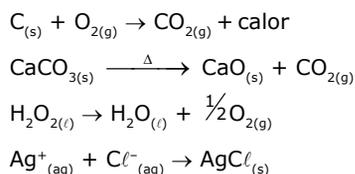
Uma equação química é uma representação gráfica, por meio de símbolos, dos aspectos qualitativos e quantitativos de uma reação química.

Em uma equação química, encontramos, no primeiro membro da equação, os reagentes e, no segundo membro, os produtos, além dos coeficientes estequiométricos, números que precedem as fórmulas dos reagentes e dos produtos e que indicam as quantidades proporcionais das substâncias que reagem e que são produzidas.



Em que a, b, c e d são os coeficientes estequiométricos, A e B são os reagentes e C e D são os produtos.

Exemplos:



Simbologia usada nas equações químicas	
Símbolo	Significado
s	Sólido
ℓ	Líquido
g	Gasoso
aq	Aquoso
v	Vapor
Δ	Aquecimento
∇	Resfriamento
↑	Desprendimento de um gás ou vapor
↓	Precipitação

IDENTIFICAÇÃO DE H₂, O₂ E CO₂

1. Hidrogênio (H₂), gás combustível, é identificado pelo teste da chama: Coloca-se um palito aceso na presença desse gás e observa-se uma pequena explosão. Cuidado! Trabalhe com pequenas quantidades.
2. Oxigênio (O₂), gás comburente, é identificado pelo teste do palito em brasa: Coloca-se um palito em brasa na presença desse gás, e a queima é reanimada (volta da chama).
3. Gás carbônico (CO₂) é identificado pelo teste da água de cal: O gás é borbulhado em uma solução com hidróxido de cálcio, Ca(OH)₂, e há em uma turvação branca da solução devido à formação de CaCO₃, que é pouco solúvel em água. O teste também é possível com água de bário (barita), Ba(OH)₂, com formação de BaCO₃, igualmente insolúvel em água.

PROPRIEDADES FUNCIONAIS

Reações características de hidretos metálicos, ácidos, hidróxidos, óxidos ácidos e óxidos básicos.

1	Hidreto metálico + H ₂ O → hidróxido + H ₂	
2	Ácido + hidróxido (base) → sal + H ₂ O	
3	Ácido + óxido básico (metálico) → sal + H ₂ O	
4	Ácido + carbonatos → sal + CO ₂ + H ₂ O	
5	Ácido + metal → sal + H ₂ (é necessário que o metal seja mais reativo que o hidrogênio.)	
6	Ácido + sal → ácido + sal (a reação só ocorrerá se um dos produtos for insolúvel, ou mais volátil, ou menos ionizado que os reagentes.)	
7	Hidróxido + ametal → sal + H ₂ O	
8	Hidróxido + óxido ácido (ametálico) → sal + H ₂ O	
9	Óxido básico + H ₂ O → hidróxido	
10	Óxido ácido + H ₂ O → ácido	
11	Óxido ácido + óxido básico → sal	
12	Metal (IA ou IIA) + H ₂ O → hidróxido + H ₂	
13	Degradação térmica dos oxissais: oxissal $\xrightarrow{\Delta}$ óxido ácido + óxido básico	
14	Desidratação de oxiácidos e hidróxidos	Oxiácidos $\xrightarrow{\Delta}$ óxido ácido + H ₂ O
		Hidróxidos $\xrightarrow{\Delta}$ óxido básico + H ₂ O
15	Ustulação de sulfetos: sulfeto + O ₂ $\xrightarrow{\Delta}$ SO ₂ + óxido	
16	Óxidos anfóteros apresentam tanto propriedades ácidas como básicas. São formados por Al, Pb, As, Sn, Sb, Zn, Cr, Mn, Fe.	Óxido anfótero + ácido → sal + H ₂ O
		Óxido anfótero + hidróxido → sal + H ₂ O
17	Óxido misto + ácido → sal ₁ + sal ₂ + H ₂ O	
18	Peróxido + H ₂ O → hidróxido + H ₂ O ₂	
19	Peróxido + ácido → sal + H ₂ O ₂	
20	Superóxido + H ₂ O → hidróxido + H ₂ O ₂ + O ₂	
21	Superóxido + ácido → sal + H ₂ O ₂ + O ₂	
22	Degradação térmica dos carbonatos: carbonato $\xrightarrow{\Delta}$ óxido + CO ₂	

INDÚSTRIA QUÍMICA: OBTENÇÃO E UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO SULFÚRICO, DO ÁCIDO NÍTRICO E DA AMÔNIA

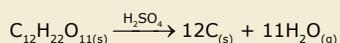
Ácido sulfúrico – H_2SO_4

Características

O ácido sulfúrico é uma substância molecular líquida, incolor, oleosa, muito densa ($1,84 \text{ g.mL}^{-1}$), corrosiva e muito solúvel em água.

Esse ácido é um ácido fixo, ou seja, apresenta baixa volatilidade devido à sua alta temperatura de ebulição, $338 \text{ }^\circ\text{C}$.

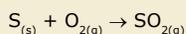
O H_2SO_4 é um poderoso agente desidratante. Em contato com a sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), origina uma massa espumosa preta formada por $C_{(s)}$:



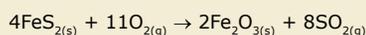
Obtenção

O ácido sulfúrico é obtido pelo processo de contato ou catalítico.

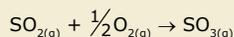
A primeira etapa do processo consiste na obtenção de dióxido de enxofre (SO_2) a partir da queima do enxofre (S):



Em alguns casos, o enxofre é substituído por sulfetos metálicos pulverizados, como a pirita (FeS_2):



A segunda etapa do processo consiste na conversão de dióxido em trióxido de enxofre:



Essa etapa é lenta e necessita da ação de catalisadores para torná-la economicamente viável. Os principais catalisadores utilizados nesse processo são a platina (Pt) e o pentóxido de vanádio (V_2O_5).

A última etapa do processo consiste na hidratação do trióxido de enxofre:



Para a obtenção do ácido sulfúrico concentrado (98%) ou fumegante, é necessário que exista um excesso de $SO_{3(g)}$ para deslocar a reação reversível anterior no sentido de formação do produto.

Utilização

O ácido sulfúrico pode ser aplicado em quase todos os processos industriais modernos. Por esse motivo, é a substância de maior consumo e produção em escala industrial. O seu consumo indica o desenvolvimento industrial de um país.

As principais aplicações do ácido sulfúrico são:

- Eletrólito e reagente em baterias automotoras de chumbo
- Catalisador em sínteses orgânicas nas indústrias petroquímica, farmacêutica, têxtil (corantes, tintas e pigmentos) e de polímeros (plásticos)
- Agente desidratante em sínteses orgânicas
- Produção de ácidos inorgânicos (ácido nítrico e ácido fosfórico)
- Produção de celulose
- Limpeza de superfícies metálicas (eliminação de óxidos metálicos, denominada decapagem)
- Produção de detergentes
- Produção de explosivos
- Refino do petróleo
- Produção de fertilizantes agrícolas, como os superfosfatos

Impactos ambientais

A queima do enxofre ou de sulfetos metálicos e suas respectivas impurezas originam particulados sólidos que, se não forem eliminados por filtros, ficarão em suspensão na atmosfera, contribuindo para provocação ou agravamento de problemas respiratórios.

Se, durante o processo de obtenção dos óxidos de enxofre, houver escape desses gases para a atmosfera, eles serão convertidos em ácido sulfúrico e contribuirão para o aumento da acidez das chuvas.

Ácido nítrico – HNO_3

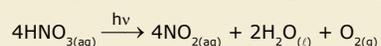
Características

O ácido nítrico é uma substância molecular líquida, tóxica, irritante às vias respiratórias, incolor, corrosiva e muito solúvel em água.

Esse é um ácido volátil devido à sua baixa temperatura de ebulição, $83 \text{ }^\circ\text{C}$.

O HNO_3 é um agente oxidante forte que ataca a maioria dos metais, exceto ouro, platina, ródio e irídio.

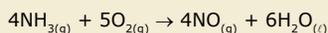
A solução aquosa concentrada de ácido nítrico é amarelada devido à decomposição fotoquímica que origina o NO_2 :



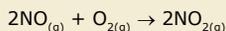
Obtenção

O ácido nítrico é obtido por um processo não elementar de três etapas.

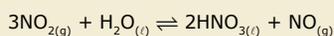
A primeira etapa do processo consiste na combustão da amônia na presença de catalisadores:



A segunda etapa do processo consiste na oxidação do monóxido de nitrogênio, originando o dióxido de nitrogênio:



A última etapa do processo consiste na hidratação do dióxido de nitrogênio:



Utilização

As principais aplicações do ácido nítrico são:

- Produção de explosivos (TNT, nitroglicerina e nitrocelulose)
- Produção de fertilizantes agrícolas do tipo NPK
- Produção de compostos orgânicos nas indústrias petroquímica, farmacêutica (drogas) e de polímeros (plásticos)

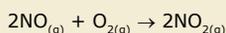
Impactos ambientais

Se, durante o processo de obtenção do dióxido de nitrogênio, houver escape desse gás para a atmosfera, ele será convertido em ácido nítrico e contribuirá para o aumento da acidez das chuvas.

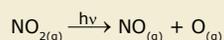
O gás NO, resultante do processo de obtenção do ácido nítrico, e o NO₂ catalisam a destruição da camada de ozônio.

O monóxido de nitrogênio também contribui para a formação da névoa fotoquímica, que corresponde a uma massa acinzentada de ar poluído estagnada, geralmente formada em regiões metropolitanas. Nessa névoa, ocorrem reações fotoquímicas, reações químicas causadas pela absorção de fótons da luz solar.

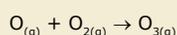
Na troposfera, o NO_(g) é rapidamente convertido em NO_{2(g)}:



Ao absorver fótons da luz solar, o NO_{2(g)} sofre dissociação:



O radical livre oxigênio atômico (O_(g)), instável, pode participar de vários processos atmosféricos. E entre eles, o mais importante é a formação de ozônio troposférico:



Amônia – NH₃

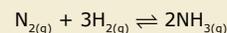
Características

Também conhecida como gás amoníaco, a amônia é uma substância molecular gasosa, incolor, menos densa do que o ar, corrosiva, tóxica, sufocante e muito solúvel em água (coeficiente de solubilidade = 1 200 L / 1 L de H₂O, a 0 °C e 1 atm).

A amônia é uma base de Brønsted-Lowry que se liquefaz sob alta pressão, a -33,3 °C.

Obtenção

A amônia é obtida pelo processo Haber-Bosch:



Nesse processo, o nitrogênio atmosférico e o hidrogênio são combinados diretamente a uma pressão de 20 MPa e à temperatura de 500 °C, utilizando-se o ferro como catalisador.

Utilização

As principais aplicações da amônia são:

- Matéria-prima para a produção de ácido nítrico
- Gás de refrigeração
- Produção de fertilizantes agrícolas do tipo NPK
- Matéria-prima em sínteses orgânicas nas indústrias farmacêutica, têxtil (corantes) e de polímeros (raiom e náilon)

Impactos ambientais

A amônia possui um elevado poder de biodegradação. As plantas a absorvem (principalmente na forma de sais de amônio) com muita facilidade, sendo um importante fornecedor de nitrogênio para a produção de compostos orgânicos nitrogenados.

Em concentrações muito altas, por exemplo, na água de consumo, pode causar danos graves, já que o amoníaco (NH₄OH_(aq)) interfere no transporte de oxigênio pela hemoglobina.

Grandes impactos ambientais ocorrem quando há o vazamento desse gás na indústria ou durante o seu transporte.

MINERAÇÃO

A litosfera é a principal fonte de metais. Contudo, a maioria desses metais não é encontrada na forma metálica, mas, geralmente, na forma de óxidos e sulfetos. Essas substâncias são denominadas minerais.

Os depósitos de minerais em quantidades economicamente viáveis de exploração são denominados jazidas minerais ou minas. Existem dois tipos de minas: as subterrâneas e as minas a céu aberto.

A mineração consiste em um conjunto de técnicas utilizadas para a extração de minérios das jazidas e sua posterior purificação.

A totalidade das impurezas de um minério é denominada ganga. Os principais componentes da ganga são terra e areia.

Após a extração do minério, se necessário, ele passará por um processo de fragmentação antes da eliminação da ganga.

Os diversos métodos físicos de separação de misturas sólido-sólido são aplicados para maximizar a eliminação da ganga. Essa etapa da mineração é denominada purificação ou concentração.

Impactos ambientais da mineração

Os principais impactos ambientais são a erosão, a subsidência*, o abandono de resíduos tóxicos, a perda de biodiversidade da fauna e da flora e a contaminação de aquíferos e de cursos de água.

Atualmente, as empresas mineradoras são obrigadas a recuperar as zonas afetadas pela exploração de minério, de forma que elas tenham um possível uso futuro.

METALURGIA

Após a purificação dos minérios, é necessário reduzir os minerais a metais na forma metálica. O conjunto de técnicas e as reações químicas que permitem tal redução é denominado metalurgia. Ainda fazem parte da metalurgia o conjunto de técnicas de refinamento ou purificação e a formação de ligas metálicas.

Tipos de metalurgia

Pirometalurgia

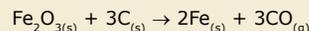
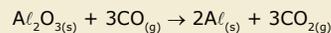
Nesse tipo de metalurgia, a redução do minério para a obtenção de metal livre ocorre por meio de reações químicas em altas temperaturas no interior de fornos refratários (altos-fornos).

* Subsidência: Movimento da Terra que forma uma superfície para baixo relativamente a um nível de referência devido a escavações, formações de grutas e túneis.

Processos pirometalúrgicos

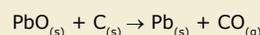
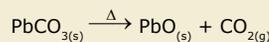
I. Redução com carvão ou monóxido de carbono

Esse processo é utilizado quando os minérios são óxidos.

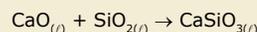
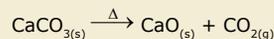


Tanto o carvão quanto o monóxido de carbono são agentes redutores.

Alguns metais se encontram inicialmente na forma de sais, que, após o aquecimento, sofrem decomposição térmica (pirólise), originando o óxido correspondente, que, posteriormente, será reduzido:



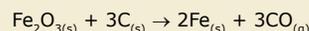
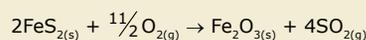
Durante o processo de redução, é comum adicionar ao minério substâncias que reajam com a ganga sílica ($SiO_{2(s)}$). Como essa impureza apresenta caráter ácido, deve-se utilizar uma substância de caráter básico. A principal substância utilizada é o carbonato de cálcio, que, ao ser aquecido, sofre decomposição térmica, originando o óxido de cálcio, que, por sua vez, diminui o alto ponto de fusão da sílica (fundente), reagindo com ela:



O silicato formado, denominado escória, é de fácil separação do metal que está sendo produzido.

II. Ustulação

Esse processo é utilizado quando os minérios são sulfetos. Tais sulfetos, primeiramente, são convertidos em óxidos para, posteriormente, passarem pelo processo de redução com carvão ou monóxido de carbono.

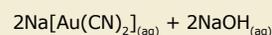
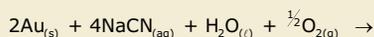


Hidrometalurgia

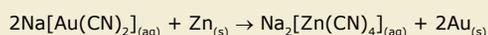
Nesse tipo de metalurgia, a redução do minério para a obtenção de metal livre ocorre a partir de reações químicas em meio aquoso.

Um exemplo desse processo é a utilização de cianeto de sódio (NaCN) e zinco metálico (Zn) para o aproveitamento do ouro que se apresenta muito pulverizado e misturado à terra e à lama nos leitos de alguns rios.

A primeira etapa consiste na oxidação do ouro:



A segunda etapa consiste na redução do ouro:



Esse processo é economicamente mais vantajoso do que o processo pirometalúrgico, pois não requer altas temperaturas. Entretanto, ele é mais perigoso, já que o cianeto de sódio é extremamente tóxico. Portanto, é recomendado que seja realizado em locais de alto controle de segurança, como laboratórios.

O uso de mercúrio para a extração do ouro pulverizado também é comumente empregado. O mercúrio líquido é adicionado à mistura de ouro pulverizado, água, terra, lama e outras impurezas. Ele dissolve o ouro, formando uma amálgama líquida, que é facilmente separada da ganga e da água. Para a obtenção do ouro, a amálgama é aquecida e ocorre a vaporização do mercúrio.

Eletrometalurgia

Nesse tipo de metalurgia, a redução do minério para a obtenção de metal livre ocorre por meio de processos de eletrólise ígnea e aquosa.

Impactos ambientais da metalurgia

Nos processos pirometalúrgicos em que o minério se encontra na forma de óxido, há a produção de uma grande quantidade de gás carbônico, o que contribui para o agravamento do efeito estufa. Quando o minério está na forma de sulfeto, a sua ustulação produz dióxido de enxofre ($\text{SO}_{2(g)}$), que, no ar, será oxidado a trióxido de enxofre ($\text{SO}_{3(g)}$) e, posteriormente, transformado em ácido sulfúrico, contribuindo para a formação da chuva ácida.

Os processos hidrometalúrgicos, se realizados no leito de rios, levarão esses rios à contaminação das águas e dos mananciais com íons cianeto (CN^-), que atuam desativando enzimas que participam da cadeia respiratória dos humanos. A utilização do mercúrio também é muito nociva ao meio ambiente, pois os vapores de mercúrio são oxidados no ar e, posteriormente, metilados nas águas dos rios, poluindo-as e contaminando os peixes.

Os processos eletrometalúrgicos praticamente não oferecem risco ao meio ambiente, contudo, são processos muito caros e, por isso, utilizados com menor frequência.

OS PRINCIPAIS METAIS E SUAS LIGAS

Devido às suas propriedades metálicas e às suas múltiplas possibilidades de aplicação, o cobre, o ferro e o alumínio são os metais mais importantes desde as sociedades antigas até os dias atuais.

Quadro comparativo das principais propriedades do cobre, do ferro e do alumínio

Propriedade	Cobre (Cu)	Ferro (Fe)	Alumínio (Al)
Temperatura de fusão	1 083 °C	1 535 °C	660 °C
Temperatura de ebulição	2 595 °C	3 000 °C	1 800 °C
Densidade	8,94 g.mL ⁻¹	7,86 g.mL ⁻¹	2,7 g.mL ⁻¹
Cor	Avermelhado	Acinzentado	Prateado
Abundância na crosta terrestre em massa	0,20%	5,63%	8,27%
Minérios	Calcopirita (CuS.FeS) Calcosita (Cu ₂ S) Cuprita (Cu ₂ O) Malaquita (CuCO ₃ .Cu(OH) ₂)	Hematita (Fe ₂ O ₃) Limonita (Fe ₂ O ₃ .2H ₂ O) Pirita (FeS ₂) Magnetita (Fe ₃ O ₄)	Bauxita (Al ₂ O ₃ .2H ₂ O)

Cobre

A utilização do cobre é uma das mais antigas. Esse metal é utilizado desde a era conhecida como Idade do Bronze, entre os anos 4000 e 2000 a.C. A sua liga, o bronze, por ser mais resistente que o cobre, possibilitou a fabricação de armas e instrumentos mais rígidos.

Sua metalurgia é de alto custo, pois o percentual de cobre encontrado em seus minérios é baixo. Contribui ainda para o seu alto custo o refino eletrolítico pelo qual o cobre tem de passar, pois este é bom condutor de eletricidade apenas quando apresenta elevado grau de pureza, 99,9% ou maior.

Principais aplicações do cobre

O cobre é aplicado principalmente como material condutor (fios, cabos e circuitos integrados), o que corresponde a, aproximadamente, 45% do seu consumo anual.

Esse metal também é utilizado na fabricação de:

- Tubos de refrigeração, condensação e encanamentos
- Eletroímãs
- Motores elétricos
- Interruptores e relés, tubos de vácuo e magnétrons de fornos micro-ondas
- Cunhagem de moedas (com o níquel)
- Estátuas
- Painéis

Contudo, a utilização do cobre em panelas é perigosa, pois, apesar de sua baixa reatividade, em contato com a água, com o oxigênio e com o gás carbônico do ar, ele pode sofrer oxidação lenta e originar uma mistura de óxidos, hidróxidos e carbonatos de cobre denominada azinhavre. O azinhavre é tóxico e esverdeado e pode ser identificado em estátuas de bronze, que, com a ação do tempo, apresentam uma película esverdeada.

O cobre também pode ser empregado na agricultura, na purificação da água e como conservante da madeira.

As principais ligas de cobre

Liga	Composição	Aplicação
Bronze	Cu + Sn (até 10%)	Estátuas, peças de maquinários, medalhas, etc.
Latão	Cu + Zn (até 40%)	Torneiras, tubulações de água quente e fria, etc.
Ouro 18 quilates	Cu (25%) + Au (75%)	Joalheria
Prata 900	Cu (100 partes) + Ag (900 partes)	Joalheria
Alpaca ou prata alemã	Cu + Ni	Moedas, objetos de decoração, etc.
Bronze de alumínio	Cu + Al	Moedas

Ferro

O ferro é utilizado desde a era conhecida como Idade do Ferro (tendo início por volta de 1200 a.C.), que é considerada o último estágio tecnológico e cultural da Pré-História. Aos poucos, as armas e os utensílios feitos de bronze foram substituídos pelos de ferro.

Segundo texto do Instituto Brasileiro de Siderurgia:

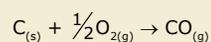
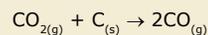
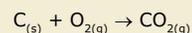
[...] O uso do ferro promoveu grandes mudanças na sociedade. A agricultura se desenvolveu com rapidez por causa dos novos utensílios fabricados. A confecção de armas mais modernas viabilizou a expansão territorial de diversos povos, o que mudou a face da Europa e parte do mundo.

A partir da observação de situações como as das fogueiras do Período Neolítico, os seres humanos descobriram como extrair o ferro de seu minério. O minério de ferro começou a ser aquecido em fornos primitivos (forno de lupa), abaixo do seu ponto de fusão. [...] Com isso, era possível retirar algumas impurezas do minério, já que elas tinham menor ponto de fusão do que a esponja de ferro. Essa esponja de ferro era trabalhada na bigorna para a confecção de ferramentas. Para fabricar um quilo de ferro em barras, eram necessários de dois a dois quilos e meio de minério pulverizado e quatro quilos de carvão vegetal. [...]

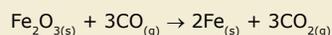
INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site2015/siderurgia_mundo.asp>. Acesso em: 04 abr. 2018. [Fragmento]

Devido à grande importância do ferro para a história da humanidade, a sua metalurgia recebe a denominação especial de siderurgia.

Atualmente, o processo de produção das ligas de ferro geralmente se inicia com a produção do ferro-gusa a partir de seu principal minério, Fe_2O_3 , nos altos-fornos. Esse minério é misturado com coque (C) e calcário, formando um material denominado carga. Essa carga é aquecida, e o coque é transformado em monóxido de carbono (CO) e em dióxido de carbono (CO_2):



O monóxido de carbono obtido pela queima do coque e pela redução do dióxido de carbono é utilizado na redução do ferro:



Parte do dióxido de carbono é reduzida a monóxido de carbono e volta para o ciclo de produção do ferro. Contudo, uma parte do gás é liberada para a atmosfera, contribuindo para o agravamento do efeito estufa.

O monóxido de carbono que não é aproveitado no processo de redução do ferro também é lançado na atmosfera. Esse gás é tóxico, pois forma com a hemoglobina do sangue o complexo estável carboxi-hemoglobina, impossibilitando-a de levar oxigênio para as células.

O esquema a seguir representa o processo de siderurgia:

1 Os queimadores aquecem o ar que é injetado no alto-forno para fornecer o gás oxigênio.

2 O minério de ferro, $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$, o carvão coque, $\text{C}_{(s)}$, e o calcário, $\text{CaCO}_{3(s)}$, são despejados no topo do alto-forno continuamente.

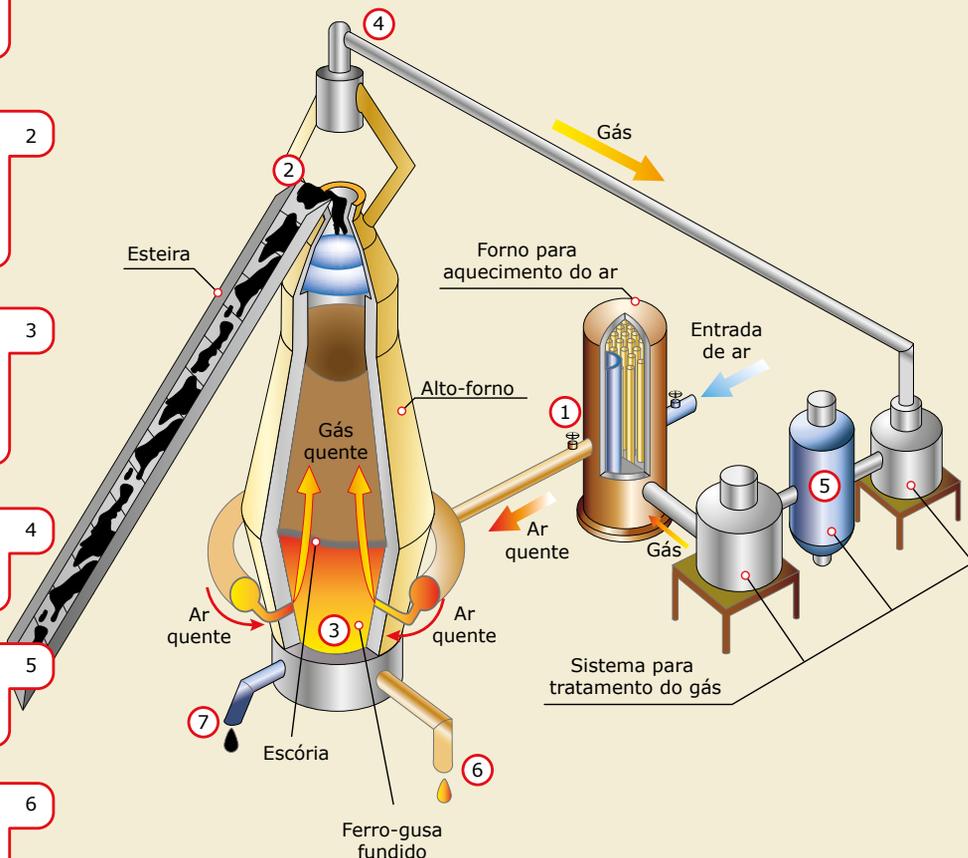
3 As matérias-primas sofrem fusão, permanecendo no fundo do alto-forno, onde a temperatura é mais elevada.

4 O gás drenado do alto-forno é canalizado para tratamento.

5 Após ser tratado, o gás é utilizado nos queimadores para aquecer o ar injetado.

6 O ferro-gusa fundido é drenado do alto-forno e transportado para outras partes da usina, onde será transformado em aço.

7 A escória fica sobre o ferro-gusa fundido e é drenada após o ferro.



O carbonato de cálcio é utilizado como fundente para a produção da escória, que será descartada ao fim do processo.

Principais aplicações do ferro

O ferro puro praticamente não apresenta aplicações diretas. Sua maior aplicação se dá na forma de suas ligas metálicas.

Principais ligas de ferro

As ligas do ferro apresentam variados percentuais de carbono e recebem a denominação de aço.

Os principais tipos de aço

Liga	Composição	Aplicação
Ferro-gusa	Fe + C (2-5%) + impurezas (Mn, Si, P)	Material quebradiço e sem grande uso direto. Utilizado para produzir ferro fundido e aço ao se extrair o carbono em excesso.
Ferro fundido	Fe + C (2-5%) + impurezas (em menor quantidade que o ferro-gusa)	Fabricação de equipamentos para a moagem de minérios, pás de escavadeiras.
Aço comum ou aço carbono	Fe + C (0,2-1%) + impurezas (baixa quantidade)	Chapas para a fabricação de automóveis, fogões, geladeiras e para a construção civil; fios, arames, cabos e vergalhões para a construção civil.
Ferro doce ou aço doce	Fe + C (menos de 0,2%)	Isolamento magnético e fabricação de aparelhos de medição, como o frequencímetro.
Aço inoxidável	Fe + C + Cr + Ni	Utensílios domésticos (talheres, baixelas, etc.), instrumentos cirúrgicos, facas de corte.
Aço para a fabricação de ímãs	Fe + C + Al + Ni + Co	Fabricação de ímãs.
Aço para a fabricação de ferramentas de corte	Fe + C + W + Mo	Fabricação de ferramentas de corte.
Aço para a fabricação de trilhos	Fe + C + Mn	Fabricação de trilhos de ferrovias.

As principais características físicas do aço dependem do teor de carbono e do tratamento térmico que a liga recebe.

Quanto menor o percentual de carbono, mais dúctil e maleável é o aço. O aumento do percentual de carbono aumenta a dureza* e a tenacidade do aço.

O tratamento térmico modifica as propriedades do aço, pois altera a sua estrutura cristalina. Existem dois tipos de tratamentos térmicos: a têmpera e o recozimento. A têmpera consiste no aquecimento rápido seguido de resfriamento rápido. Esse tratamento transforma o aço em um material mais duro e quebradiço. O recozimento consiste no aquecimento lento seguido de resfriamento lento. Esse tratamento transforma o aço em um material mais elástico e menos duro.

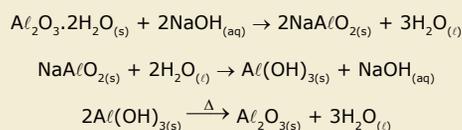
Segundo o Instituto Aço Brasil, "o aço é hoje o produto mais reciclável e mais reciclado do mundo. Quando findam sua vida útil, os produtos alimentam os fornos das usinas, tornando-se novamente aço com a mesma qualidade".

INSTITUTO AÇO BRASIL. Disponível em:
<<http://www.acobrasil.org.br/site2015/sustentabilidade.asp>>.

Alumínio

O alumínio é o elemento metálico mais abundante da crosta terrestre. Sua leveza, condutividade elétrica, resistência à corrosão e baixo ponto de fusão lhe conferem uma multiplicidade de aplicações.

A metalurgia do alumínio se inicia pela purificação do seu minério, a bauxita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):



* Dureza: Resistência que os corpos apresentam à penetração ou à perda de massa por atrito.

A obtenção do alumínio na forma livre apresenta alto custo, pois ele é obtido por eletrometalurgia do tipo eletrólise ígnea, ou seja, nesse processo, existe um grande gasto de energia térmica para fundir o óxido de alumínio (2 015 °C) e de energia elétrica para a redução do alumínio.

Para diminuir a temperatura de fusão do óxido de alumínio para 700 °C, utiliza-se o fundente criolita (Na_3AlF_6), reduzindo, assim, o custo de produção desse metal.

Em função desse alto custo de produção, atualmente, a reciclagem do alumínio, por refusão, ganha grande destaque.

Principais aplicações do alumínio

A aplicação do alumínio excede a aplicação de qualquer outro metal, exceto a do ferro. O alumínio é um material importante em múltiplas atividades econômicas.

As principais aplicações do alumínio são:

- Meios de transporte: como elementos estruturais em aviões, barcos, automóveis, tanques, blindagens e outros
- Embalagens: papel de alumínio, latas, *tetrabriks* e outras
- Construção civil: janelas, portas, esquadrias, grades e outros
- Bens de uso: utensílios domésticos, ferramentas e outros
- Transmissão elétrica: ainda que a condutibilidade elétrica do alumínio seja 60% menor que a do cobre, o seu uso em redes de transmissão elétrica é compensado pelo seu menor custo e sua menor densidade, permitindo maior distância entre as torres de transmissão
- Como recipientes criogênicos até -200 °C e, no sentido oposto, para a fabricação de caldeiras

Principais ligas de alumínio

Liga	Composição	Aplicação
Bronze de alumínio	Cu + Al	Moedas
Magnálio	Al + Mg (6-80%)	Estruturas de embarcações, estruturas de aeronaves e fogos de artifício.
Duralumínio	Al + Cu (0,45-1,5%) + Mg (0,45-1,5%)	Indústria aeronáutica e indústria automobilística.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFMG) Reações químicas são fenômenos em que, necessariamente, ocorrem mudanças
- de cor.
 - de estado físico.
 - na condutibilidade elétrica.
 - na massa.
 - na natureza das substâncias.

- 02.** (Fatec-SP) Considere as seguintes misturas que resultam em transformações químicas:

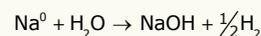


- bicarbonato de sódio e vinagre;
- ácido clorídrico e hidróxido de sódio;
- zinco em pó e ácido clorídrico;
- gás carbônico e água de cal (solução aquosa saturada de hidróxido de cálcio).

Dentre essas transformações, as duas que são evidenciadas pela evolução de gás são

- I e II.
- I e III.
- I e IV.
- II e III.
- III e IV.

- 03.** (UFGD-MS) Sódio metálico reage violentamente com água, resultando em hidróxido de sódio e hidrogênio, conforme a seguinte equação química:



Assinale a alternativa que apresenta a classe de reação na qual se enquadra essa transformação.

- Reação de dupla troca.
- Reação iônica.
- Reação de complexação.
- Reação de polimerização.
- Reação de oxirredução.

- 04.** (PUC-SP-2018) As reações químicas podem ocorrer por adição, por decomposição, por simples troca ou dupla troca. Observe as misturas feitas nos itens I a IV.

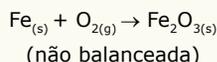


- $\text{KNO}_{3(aq)} + \text{NaCl}_{(aq)} \rightarrow$
- $\text{Cu}_{(s)} + \text{ZnSO}_{4(aq)} \rightarrow$
- $\text{FeCl}_{3(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow$
- $\text{Ni}_{(s)} + \text{CuSO}_{4(aq)} \rightarrow$

Podemos afirmar que as reações que irão ocorrer por dupla troca, com formação de precipitado, e por simples troca, respectivamente, são

- I e II.
- II e III.
- I e III.
- III e IV.

05. (UTFPR) O universo está a todo o momento fervilhando de reações químicas. Por exemplo, neste exato momento, as estruturas metálicas que suportam o seu peso, na cadeira em que você está sentado, estão sendo atacadas pelo oxigênio do ar, segundo a reação:



Outra reação que está ocorrendo neste exato momento é a transformação do amido, que você pode ter ingerido no café da manhã, na forma de glicose, em gás carbônico, água e energia. Esta reação pode ser representada por:



Estas reações podem ser classificadas, respectivamente, como

- combustão e síntese.
- redox e síntese.
- oxidação e dupla troca.
- síntese e combustão.
- formação e simples troca.

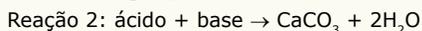
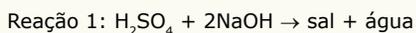
06. (UFMG) As equações a seguir representam reações entre ácidos, bases, óxidos e sais. Qual delas não deve ocorrer?

- $\text{HNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{SO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{MgO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
- $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KNO}_3$

07. (FMP-RJ) O carbonato de cálcio é um agente muito usado como antiácido e como suplemento de cálcio ao organismo. Como fontes desse sólido, temos as conchas de moluscos e o esqueleto de corais, por exemplo, além de ser encontrado no giz usado em sala de aula. Se aquecido a altas temperaturas, o carbonato de cálcio se decompõe, ou sofre um processo de calcinação, produzindo cal virgem. O(s) produto(s) da reação de decomposição térmica do carbonato de cálcio é(são)

- CaCO_3 .
- $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.
- $\text{CaO} + \text{CO}_{2(g)}$.
- $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2$.
- $\text{CaCl}_{2(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$.

08. (UnirG-TO) Os ácidos e bases definidos por Arrhenius obedecem à seguinte equação geral de reação em meio aquoso: ácido + base \rightarrow sal e água. Analise as hipóteses de reação a seguir e determine, considerando o balanço estequiométrico correto, o produto formado na reação 1, e os reagentes utilizados na reação 2.

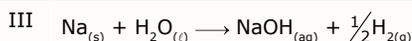
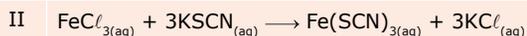
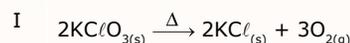


- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ e $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaOH}$
- $\text{NaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{HCO}_3 + 2\text{CaOH}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



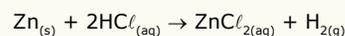
01. (UnirG-TO) Sobre as equações para as seguintes reações químicas, assinale a única alternativa correta.



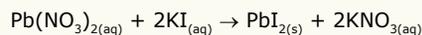
- Em V, estão representadas apenas substâncias compostas.
- Na reação representada em III, ocorre formação de precipitado.
- A decomposição térmica do cloreto de potássio está representada em I.
- Observa-se formação de bolhas em todas as reações apresentadas.

02. (FAMECA-SP) Um professor de química, para abordar o tema "transformações químicas" durante uma aula prática, realizou junto com seus alunos três experimentos. Para os experimentos I e II foram anotadas na lousa as equações das reações químicas envolvidas e para o experimento III foram medidas a temperatura inicial (dos reagentes) e a temperatura final (logo após a mistura dos reagentes).

I. reação entre zinco e solução de HCl:



II. reação entre soluções de nitrato de chumbo (II) e iodeto de potássio:



III. reação entre soluções de H_2SO_4 e NaOH:

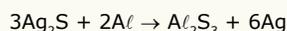
temperatura inicial: 25 °C; temperatura final: 29 °C;

As evidências das transformações químicas para os experimentos I, II e III são, respectivamente,

- desprendimento de gás, desaparecimento de sólido e absorção de energia.
- desprendimento de gás, formação de sólido e liberação de energia.
- formação de sólido, formação de sólido e liberação de energia.
- desaparecimento de sólido, desaparecimento de sólido e absorção de energia.
- desprendimento de gás, formação de sólido e absorção de energia.

03. (UTFPR) Objetos de prata, quando expostos ao meio ambiente, perdem o brilho devido a sua reação com o enxofre, formando uma mancha escura de sulfeto de prata (Ag_2S). Essa mancha pode ser removida colocando-se, por alguns minutos, o objeto em uma panela de alumínio contendo água quente e um pouco de detergente.

A reação que ocorre é representada pela equação:



Esta reação é denominada como

- A) decomposição. C) análise. E) deslocamento.
B) síntese. D) dupla-troca.

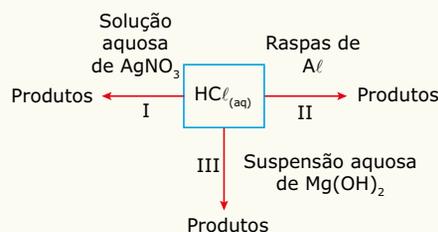
04. (Albert Einstein–2021) Em uma bancada de um laboratório estavam dispostos cinco tubos de ensaio, cada um deles contendo iguais quantidades de uma substância sólida específica, conforme indica o quadro.

Tubos	Substâncias
1	Na_2S
2	Na_2SO_4
3	Na_3PO_4
4	CaSO_4
5	$\text{Ca}_3(\text{BO}_3)_2$

Após a adição de certo volume de solução de ácido clorídrico nos cinco tubos, houve produção de gás somente no tubo

- A) 1. C) 5. E) 3.
B) 2. D) 4.

05. (FUVEST-SP) Ácido clorídrico pode reagir com diversos materiais, formando diferentes produtos, como mostrado no esquema a seguir:



Os seguintes sinais evidentes de transformações químicas: liberação de gás, desaparecimento parcial ou total de sólido e formação de sólido são observáveis, respectivamente, em

- A) I, II e III. C) II, III e I. E) III, II e I.
B) II, I e III. D) III, I e II.

06. (UEL-PR) Em uma bancada de laboratório, encontram-se 4 frascos, numerados de 1 a 4. Cada um deles contém apenas uma das quatro soluções aquosas das seguintes substâncias: nitrato de prata (AgNO_3), cloreto férrico (FeCl_3), carbonato de sódio (Na_2CO_3) e ácido clorídrico (HCl), não necessariamente na ordem apresentada. Um estudante, com o objetivo de descobrir o conteúdo de cada frasco, realizou alguns experimentos no laboratório de química, à temperatura ambiente, e verificou que

- I. a substância contida no frasco 1 reagiu com a substância contida no frasco 4, produzindo efervescência.
II. a substância contida no frasco 1 não reagiu com a substância contida no frasco 3.

Com base nos dois experimentos realizados, é correto afirmar que os frascos 1, 2, 3 e 4 contêm, respectivamente, soluções aquosas de

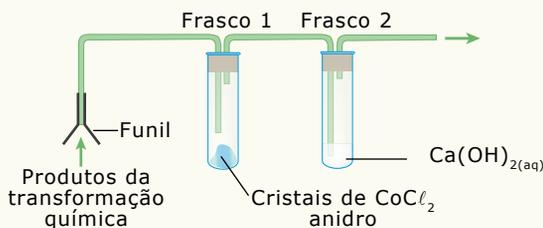
- A) ácido clorídrico, nitrato de prata, cloreto férrico e carbonato de sódio.
B) cloreto férrico, ácido clorídrico, nitrato de prata e carbonato de sódio.
C) ácido clorídrico, cloreto férrico, nitrato de prata e carbonato de sódio.
D) ácido clorídrico, nitrato de prata, carbonato de sódio e cloreto férrico.
E) carbonato de sódio, cloreto férrico, nitrato de prata e ácido clorídrico.

- 07.** (Unir-RO) Os hidróxidos fortes em contato com os óxidos anfóteros formam
- A) base e água. D) sal e óxido básico.
 B) óxido básico e água. E) sal e água.
 C) anidridos.
- 08.** (UFRGS-RS) O carbonato de cálcio é um sal encontrado em grande quantidade na natureza. Na coluna da esquerda, a seguir, são descritas 4 situações relacionadas ao carbonato de cálcio. Na coluna da direita, reações que representam adequadamente cada situação. Associe adequadamente a coluna da esquerda à da direita.
1. A decomposição térmica do calcário produz a denominada cal viva. () $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$
 2. A obtenção da cal extinta ocorre na reação entre cal viva e água. () $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 3. A cal extinta é usada em caiação para proteger paredes da umidade, pois reage com o CO_2 formando uma película insolúvel. () $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
 4. O carbonato de cálcio é praticamente insolúvel em água, embora se dissolva de forma apreciável em água que contém CO_2 absorvido da atmosfera.
- A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é
- A) 1 - 2 - 3. D) 4 - 3 - 2.
 B) 2 - 4 - 1. E) 2 - 1 - 4.
 C) 3 - 4 - 2.
- 09.** (PUC RS) Adicionou-se uma porção de magnésio a uma solução de ácido clorídrico em um frasco de erlenmeyer. Na boca do frasco adaptou-se um balão de borracha bastante flexível. Após algum tempo, o balão encheu-se de gás. O balão ascendeu após ter sua ponta amarrada e ser solto no ar. Ao se aproximar dele um palito de fósforo aceso, o balão explodiu. Com base nessas informações, é correto afirmar que
- A) o gás formado na primeira reação é o óxido de magnésio.
 B) o produto gasoso formado na reação de combustão é mais denso que o ar, em idênticas condições.
 C) a reação da combustão do gás é representada por $\text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$.
 D) na reação com o ácido, o metal sofre redução do seu estado de oxidação.
 E) a necessidade da chama indica que a reação de combustão não é espontânea.
- 10.** (UFJF-MG) O sal nitrato de potássio, também conhecido como salitre, é empregado como conservante na indústria de alimentos como, por exemplo, a de carnes embutidas (presunto, mortadela) para preservar as características e sua cor original. Assinale a opção correta acerca da reação de neutralização na qual o nitrato de potássio é formado.
- A) Reação entre hidróxido de potássio e ácido nítrico. D) Reação entre potássio metálico e ácido nítrico.
 B) Reação entre hidróxido de potássio e ácido nitroso. E) Reação entre cloreto de potássio e nitrato de sódio.
 C) Reação entre cloreto de potássio e ácido nitroso.
- 11.** (Mackenzie-SP) Ao elaborar um resumo sobre a ocorrência das reações químicas de dupla troca, um estudante afirmou que essas reações somente ocorrem se
- I. reagentes solúveis formarem pelo menos um produto insolúvel.
 II. reagentes voláteis formarem pelo menos um produto não volátil.
 III. reagentes muito dissociados / ionizados formarem pelo menos um produto menos dissociado / ionizado.
- De acordo com as informações anteriores, a única reação química de dupla troca que não ocorrerá é:
- A) $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{AgCl}$
 B) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{CO}_3$
 C) $\text{HCl} + \text{Na}(\text{CH}_3\text{COO}) \rightarrow \text{NaCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$
 D) $\text{KNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{KCl}$
 E) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KCN} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCN}$

12. MV36



(FUVEST-SP) A aparelhagem esquematizada na figura a seguir pode ser utilizada para identificar gases ou vapores produzidos em transformações químicas. No frasco 1, cristais azuis de CoCl_2 anidro adquirem coloração rosa em contato com vapor d'água. No frasco 2, a solução aquosa saturada de Ca(OH)_2 turva-se em contato com $\text{CO}_{2(g)}$.



Utilizando essa aparelhagem em três experimentos distintos, um estudante de Química investigou os produtos obtidos em três diferentes processos:

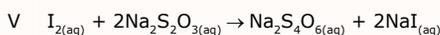
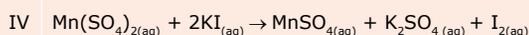
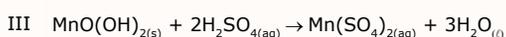
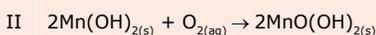
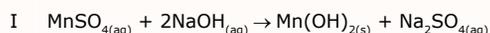
- I. Aquecimento de CaCO_3 puro
- II. Combustão de uma vela
- III. Reação de raspas de $\text{Mg}_{(s)}$ com $\text{HCl}_{(aq)}$

O aparecimento de coloração rosa nos cristais de CoCl_2 anidro e a turvação da solução aquosa de Ca(OH)_2 foram observados, simultaneamente, em

- A) I, apenas.
- B) II, apenas.
- C) III, apenas.
- D) I e II, apenas.
- E) I, II e III.

13. (UFRN) O oxigênio dissolvido (OD) na água é um dos parâmetros importantes para estabelecer a sua qualidade e conhecer a possibilidade de vida nos sistemas aquáticos. A quantidade de oxigênio dissolvido na água não pode ser menor que 2 mg/L para que os peixes sobrevivam.

A seguir, é apresentada a sequência de reações de um método desenvolvido em solução aquosa, para a determinação da quantidade de oxigênio dissolvido na água:



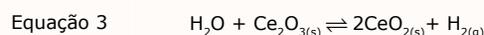
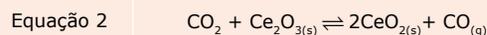
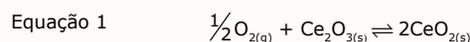
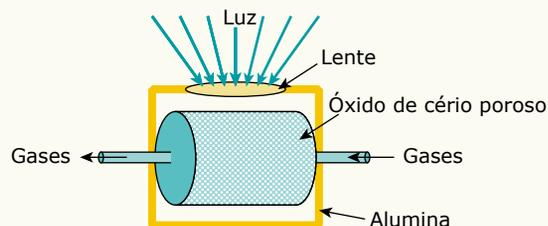
A partir das reações observadas no método de determinação de oxigênio dissolvido, é correto afirmar:

- A) Na reação II, o oxigênio (O_2) age como agente redutor, uma vez que aumenta o seu número de oxidação.
- B) A reação I é de simples troca.
- C) O $\text{I}_{2(aq)}$ formado no processo equivale à concentração de oxigênio dissolvido, o que possibilita determinar o OD na água.
- D) A reação V é de decomposição.

14. 6NUN



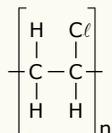
(Unicamp-SP) Em escala de laboratório desenvolveu-se o dispositivo da figura a seguir, que funciona à base de óxido de cério. Ao captar a luz, há um aumento da temperatura interna do dispositivo, o que favorece a formação do óxido de Ce^{3+} , enquanto a diminuição da temperatura favorece a formação do óxido de Ce^{4+} (equação 1). Por conta dessas características, o dispositivo pode receber gases em fluxo, para serem transformados quimicamente. As equações 2 e 3 ilustram as transformações que o CO_2 e a H_2O sofrem, separadamente.



- A) Levando em conta as informações dadas e o conhecimento químico, a injeção (e transformação) de vapor de água ou de dióxido de carbono deve ser feita antes ou depois de o dispositivo receber luz? Justifique.
- B) Considere como uma possível aplicação prática do dispositivo a injeção simultânea de dióxido de carbono e vapor de água. Nesse caso, a utilidade do dispositivo seria "a obtenção de energia, e não a eliminação de poluição". Dê dois argumentos químicos que justifiquem essa afirmação.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2020) Nos dias atuais, o amplo uso de objetos de plástico gera bastante lixo, que muitas vezes é eliminado pela população por meio da queima. Esse procedimento é prejudicial ao meio ambiente por lançar substâncias poluentes. Para constatar esse problema, um estudante analisou a decomposição térmica do policloreto de vinila (PVC), um tipo de plástico, cuja estrutura é representada na figura.



Policloreto de vinila (PVC)

Para realizar esse experimento, o estudante colocou uma amostra de filme de PVC em um tubo de ensaio e o aqueceu, promovendo a decomposição térmica. Houve a liberação majoritária de um gás diatômico heteronuclear que foi recolhido em um recipiente acoplado ao tubo de ensaio. Esse gás, quando borbulhado em solução alcalina diluída contendo indicador ácido-base, alterou a cor da solução. Além disso, em contato com uma solução aquosa de carbonato de sódio (Na_2CO_3), liberou gás carbônico.

Qual foi o gás liberado majoritariamente na decomposição térmica desse tipo de plástico?

- A) H_2 C) CO E) HCl
 B) Cl_2 D) CO_2
02. (Enem) Em meados de 2003, mais de 20 pessoas morreram no Brasil após terem ingerido uma suspensão de sulfato de bário utilizada como contraste em exames radiológicos. O sulfato de bário é um sólido pouquíssimo solúvel em água, que não se dissolve mesmo na presença de ácidos. As mortes ocorreram porque um laboratório farmacêutico forneceu o produto contaminado com carbonato de bário, que é solúvel em meio ácido. Um simples teste para verificar a existência de íons bário solúveis poderia ter evitado a tragédia. Esse teste consiste em tratar a amostra com solução aquosa de HCl e, após filtrar para separar os compostos insolúveis de bário, adiciona-se solução aquosa de H_2SO_4 sobre o filtrado e observa-se por 30 min.

TUBINO, M.; SIMONI, J. A. Refletindo sobre o caso Celobar®. *Química Nova*. n. 2, 2007 (Adaptação).

A presença de íons bário solúveis na amostra é indicada pela

- A) liberação de calor.
 B) alteração da cor para rosa.
 C) precipitação de um sólido branco.
 D) formação de gás hidrogênio.
 E) volatilização de gás cloro.

SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. E 05. D
 02. B 06. C
 03. E 07. C
 04. D 08. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. A
 02. B
 03. E
 04. A
 05. C
 06. A
 07. E
 08. D
 09. C
 10. A
 11. D
 12. B
 13. C
 14.
 A) A injeção de qualquer um dos dois gases deve ser feita depois de receber luz. Conforme indica o texto, nessa situação, o cério se encontra como óxido de Ce^{3+} (Ce_2O_3), o que permite que ele reaja com o dióxido de carbono (conforme a equação 2) ou com a água (conforme a equação 3).
 B) O dispositivo seria aplicado para obtenção de energia, pois seria obtido o gás hidrogênio (H_2 , equação 3), que pode ser usado como combustível. O dispositivo não seria utilizado para eliminar poluição, pois, conforme mostra a equação 2, o CO_2 , que é um gás poluente, seria eliminado, mas seria formado o CO , um gás também poluente, mas pior que o seu precursor.
 Observação: Também se poderia responder que é possível produzir metanol a partir de CO e H_2 , empregando-se um catalisador apropriado e utilizando-se posteriormente o metanol como combustível. Nesse caso, o resultado final também seria a conversão (obtenção) de energia luminosa em energia térmica ou mecânica, mas produzindo CO_2 .

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. E 02. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Reações Inorgânicas II

Uma reação química é representada por meio de uma equação. Balancear uma equação é igualar as quantidades totais de átomos de cada elemento do membro dos reagentes com as quantidades totais de átomos de cada elemento do membro dos produtos.

Antes de estudar o balanceamento das equações, vamos recordar dois conceitos básicos:

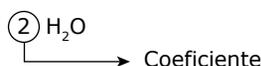
Índice

É o número escrito à direita e abaixo do símbolo do elemento. Ele indica o número de átomos do elemento em uma espécie química.



Coeficiente

É o número colocado na frente da fórmula que indica a proporção do número de espécies químicas (ou mol de espécies químicas) que participam da reação. O coeficiente multiplica as quantidades de átomos na fórmula.



4 átomos de hidrogênio e 2 átomos de oxigênio

BALANCEAMENTO DE EQUAÇÕES

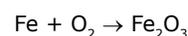


Método por tentativas

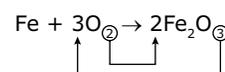
Regras

- 1ª Raciocinar com número de átomos do elemento que aparece apenas uma vez em cada membro.
- 2ª Balancear o elemento de maiores índices, transferindo o índice de um membro para outro como coeficiente.
- 3ª Escolher outro elemento e adotar o mesmo procedimento.
- 4ª Conferir o número de átomos de cada elemento nos dois membros da equação.

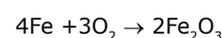
Exemplo:



Adotando a 1ª e a 2ª regra, temos:



Adotando a 3ª e a 4ª regra, temos:

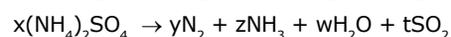
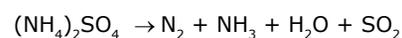


Método algébrico

Aplica-se a qualquer tipo de equação, apesar de ser pouco utilizado.

Segundo esse método, atribuímos coeficientes literais às substâncias que aparecem na equação, coeficientes estes que constituem as incógnitas. Aplicando-se a Lei de Lavoisier e comparando-se os elementos membro a membro, estabelece-se um sistema de equações de 1º grau. Atribuindo-se um valor arbitrário a uma das incógnitas, é possível resolver o sistema, conhecendo, dessa maneira, o valor das demais. Substituindo-se, na equação, cada incógnita pelo seu valor, tem-se a equação ajustada.

Exemplo:



$$\text{N: } 2x = 2y + z$$

$$\text{H: } 8x = 3z + 2w$$

$$\text{S: } x = t$$

$$\text{O: } 4x = w + 2t$$

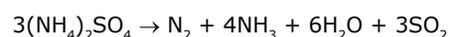
Se $x = 1$, os outros valores podem ser determinados, logo:

$$t = 1; w = 2; z = 4/3 \text{ e } y = 1/3$$

Eliminando-se os denominadores, tem-se:

$$x = 3; t = 3; w = 6; z = 4 \text{ e } y = 1$$

A equação ajustada é:



Método por oxirredução

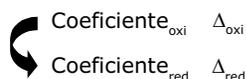
O princípio básico utilizado para efetuar o processo de balanceamento por oxirredução é:

Em uma reação de oxirredução, o número de elétrons cedidos é igual ao número de elétrons recebidos.

Regras

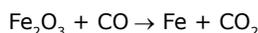
- 1ª Identificar os elementos que sofrem oxidação e redução com os NOx em ambos os membros.
- 2ª Calcular a variação do NOx do oxidante e do redutor (Δ).
 $\Delta = (\text{variação do NOx do elemento}) \cdot (\text{n. de átomos do elemento na espécie química})$.
- 3ª Estabelecer os coeficientes:

Para estabelecermos os coeficientes, fazemos uma inversão dos Δ de oxidante e redutores.



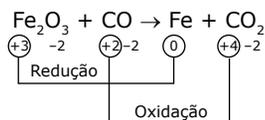
- 4ª Os coeficientes das outras substâncias que participam da reação, mas que não sofrem oxirredução, serão obtidos por tentativas.

Exemplo 1:



1. Identificando oxidante e redutor:

Calculando os NOx, temos:



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

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

2. Calculando Δ :

Oxidante: Fe_2O_3 Redutor: CO

$$\Delta_{\text{oxi}} = 3 \cdot 2 = 6$$

$$\Delta_{\text{red}} = 2 \cdot 1 = 2$$

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

3. Invertendo Δ :

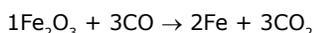
Coeficiente do oxidante (Fe_2O_3): 1

Coeficiente do redutor (CO): 3

Logo,



4. Terminando o balanceamento, por tentativas:



Depois da equação balanceada, podemos verificar que o número de elétrons cedidos pelo redutor é igual ao número de elétrons recebidos pelo oxidante.

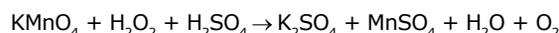
Veja:

- Cada Fe recebeu $3e^-$; como são $2\text{Fe} = 6e^-$ recebidos.
- Cada C perdeu $2e^-$; como são $3\text{C} = 6e^-$ perdidos.

Como trata-se de um processo prático, é conveniente acompanhar a resolução de alguns modelos que procuram demonstrar todos os casos possíveis de balanceamentos por oxirredução.

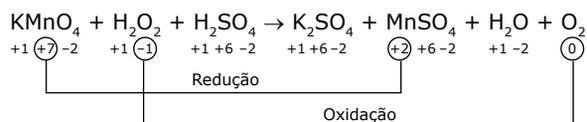
Exemplo 2:

Modelo em que a água oxigenada está presente.



1. Identificando oxidante e redutor:

Calculando os NOx, temos:



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

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

2. Calculando Δ :

Oxidante: KMnO_4 $\Delta_{\text{oxi}} = 5 \cdot 1 = 5$

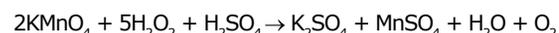
Redutor: H_2O_2 $\Delta_{\text{red}} = 1 \cdot 2 = 2$

3. Invertendo Δ :

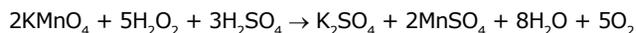
Coeficiente do oxidante (KMnO_4): 2

Coeficiente do redutor (H_2O_2): 5

Logo,



4. Terminando o balanceamento, por tentativas:



Observe que, nessa equação, o número de elétrons transferidos é igual a 10.

Exemplo 3:

Modelo de auto-oxirredução.

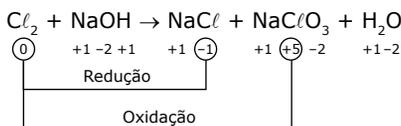
Denominamos auto-oxirredução quando um mesmo elemento sofre oxidação e redução. Nesse caso, os cálculos só podem ser feitos no membro da equação que possui as substâncias que contêm o elemento que sofre oxirredução.

Tomemos como exemplo:



1. Identificando oxidante e redutor:

Calculando os NOx, temos:

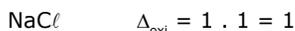


Redução \Rightarrow ganho de $1e^-$ por átomo de cloro.

Oxidação \Rightarrow perda de $5e^-$ por átomo de cloro.

2. Calculando Δ :

Como vimos, nesse caso, os cálculos só podem ser feitos no 2º membro da equação.


3. Invertendo Δ :

Coefficiente do NaCl: 5

Coefficiente do NaClO₃: 1

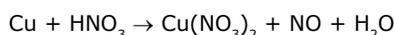
Logo,


4. Terminando o balanceamento, por tentativas:


Nessa equação, o número de elétrons transferidos é igual a 5.

Exemplo 4:

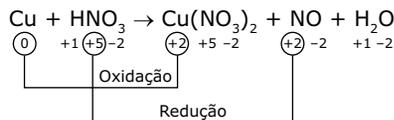
Modelo com um elemento ou grupamento que se repete.



Note que o grupamento NO₃ se repete no 2º membro. Toda vez que isso ocorrer, haverá uma repetição do NOx de cada elemento.

1. Identificando oxidante e redutor:

Calculando os NOx, temos:

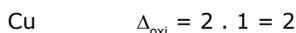


Redução \Rightarrow ganho de $3e^-$ por átomo de nitrogênio.

Oxidação \Rightarrow perda de $2e^-$ por átomo de cobre.

2. Calculando Δ :

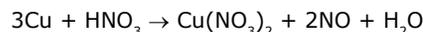
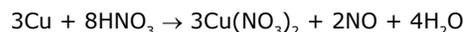
Como o nitrogênio encontra-se com o NOx repetido nas substâncias HNO₃ e Cu(NO₃)₂, calcularemos o Δ para o NO.


3. Invertendo Δ :

Coefficiente do Cu: 3

Coefficiente do NO: 2

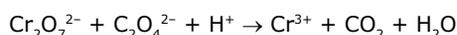
Logo,


4. Terminando o balanceamento, por tentativas:


Nessa equação, o número de elétrons transferidos é igual a 6.

Exemplo 5:

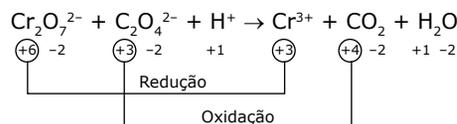
Modelo de equação iônica.



Em uma equação iônica, não só o número de elétrons recebidos e perdidos é igual, mas também a carga total do 1º membro em relação ao 2º membro.

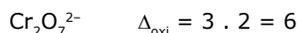
1. Identificando oxidantes e redutores:

Calculando os NOx:



Redução \Rightarrow ganho de $3e^-$ por átomo de cromo.

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

2. Calculando Δ :


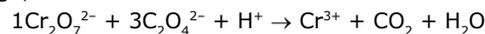
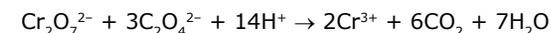
Como os Δ são múltiplos de 2, podemos simplificá-los por 2:


3. Invertendo:

Coefficiente do oxidante (Cr₂O₇²⁻): 1

Coefficiente do redutor (C₂O₄²⁻): 3

Logo,

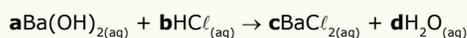

4. Terminando o balanceamento, por tentativas:


Verifique que a carga total do 1º membro é igual à do 2º membro, +6. O número de elétrons transferidos nessa equação é igual a 6.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



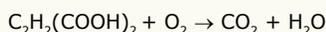
- 01.** (UnirG-TO) O hidróxido de bário pode ser neutralizado com uma solução de ácido clorídrico, conforme a equação química não balanceada representada a seguir:



A partir do balanceamento, conclui-se que a soma dos coeficientes estequiométricos **a**, **b**, **c** e **d** é igual a

- A) 4. B) 5. C) 6. D) 7.

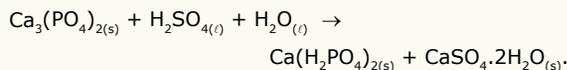
- 02.** (IFSP) O ácido maleico, $\text{C}_2\text{H}_2(\text{COOH})_2$, pode ser totalmente queimado, segundo a equação:



Se essa equação for corretamente balanceada, os coeficientes são os seguintes:

- A) 1, 4, 3, 2.
B) 1, 4, 2, 3.
C) 1, 2, 4, 3.
D) 1, 3, 4, 2.
E) 2, 3, 4, 1.

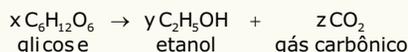
- 03.** (FGV-RJ) A produção de fertilizantes desempenha um papel muito importante na economia do país, pois movimenta a indústria química de produção de insumos e a agricultura. Os fertilizantes superfosfatos são produzidos por meio da acidulação de rochas fosfáticas com ácido sulfúrico de acordo com a reação:



A soma dos coeficientes estequiométricos mínimos inteiros da reação é igual a

- A) 8.
B) 9.
C) 10.
D) 11.
E) 12.

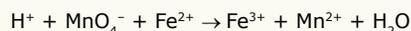
- 04.** (Feevale-RS) Fermentações são usadas desde os tempos antigos para fabricar bebidas e pães. A equação química a seguir é demonstrativa desse processo.



Após balancear a equação, escolha, entre as alternativas a seguir, a que apresenta os valores corretos para os coeficientes **x**, **y** e **z**.

- A) $x = 1$ $y = 2$ $z = 3$
B) $x = 1$ $y = 2$ $z = 2$
C) $x = 2$ $y = 1$ $z = 2$
D) $x = 2$ $y = 2$ $z = 2$
E) $x = 1$ $y = 1$ $z = 1$

- 05.** (UFLA-MG-2018) A análise do teor de ferro na hemoglobina envolve a reação química a seguir:

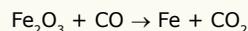


Assinale a opção que representa a soma dos coeficientes estequiométricos que satisfazem o balanceamento com os menores números inteiros possíveis.

- A) 16
B) 19
C) 24
D) 58

- 06.** (ESCS-DF) Em 2013, o comércio internacional de minério de ferro foi de 1,23 bilhão de toneladas, dado que ilustra claramente o fenômeno da globalização. Nesse cenário, o Brasil ocupa posição de destaque porque possui a segunda maior reserva do planeta, em termos de ferro contido no minério. Os dois principais minérios encontrados no Brasil são a hematita (Fe_2O_3) e a magnetita (Fe_3O_4). O ferro também é comumente encontrado na siderita (FeCO_3).

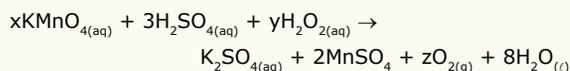
O ferro é usualmente extraído do minério, em altos-fornos, por meio de redução com CO. A seguir, é apresentada a reação não balanceada para a hematita.



A menor soma de coeficientes estequiométricos inteiros que permite balancear essa equação é igual a

- A) 9. B) 5. C) 6. D) 7.

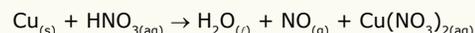
- 07.** (Unesp) Uma forma de se obter oxigênio em laboratório é pela reação química entre solução aquosa de peróxido de hidrogênio (água oxigenada) e solução aquosa de permanganato de potássio em meio ácido, cuja equação, parcialmente balanceada, é:



Nessa equação, os valores dos coeficientes estequiométricos **x**, **y** e **z** são, respectivamente,

- A) 2, 5 e 1. C) 2, 5 e 4. E) 3, 5 e 5.
B) 2, 5 e 5. D) 3, 2 e 4.

- 08.** (EsPCEX-SP-2017) O cobre metálico pode ser oxidado por ácido nítrico diluído, produzindo água, monóxido de nitrogênio e um sal (composto iônico). A reação pode ser representada pela seguinte equação química (não balanceada):

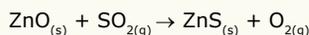


A soma dos coeficientes estequiométricos (menores números inteiros) da equação balanceada, o agente redutor da reação e o nome do composto iônico formado são, respectivamente,

- A) 18; Cu; nitrato de cobre I.
B) 20; Cu; nitrato de cobre II.
C) 19; HNO_3 ; nitrito de cobre II.
D) 18; NO; nitrato de cobre II.
E) 20; Cu; nitrato de cobre I.

EXERCÍCIOS
PROPOSTOS

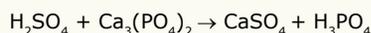
- 01.** (IFBA) O mineral esfalerita, composto de sulfeto de zinco (ZnS), é usado em telas de raios X e tubos de raios catódicos, pois emite luz por excitação causada por feixe de elétrons. Uma das etapas da obtenção do metal pode ser representada pela seguinte equação química não balanceada:



Nessa equação, se o coeficiente estequiométrico da esfalerita for 2, os coeficientes estequiométricos, em números mínimos e inteiros, do oxigênio, do óxido de zinco e do dióxido de enxofre serão, respectivamente,

- A) 2, 2 e 2. C) 2, 3 e 3. E) 3, 3 e 3.
B) 2, 2 e 3. D) 3, 2 e 2.

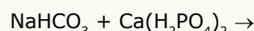
- 02.** (IFSul-2017) O ácido fosfórico é usado na fabricação de vidros, na tinturaria, na fabricação de fertilizantes fosfatados, nas indústrias alimentícias e nas farmacêuticas. Entretanto, uma aplicação do ácido fosfórico que chama bastante atenção é o seu uso em refrigerantes do tipo "cola". A maioria dos refrigerantes no Brasil possui alto teor de ácido fosfórico, ficando com um pH > 3. Ele é utilizado principalmente como acidulante da bebida, baixando seu pH, regulando sua doçura, realçando o paladar e também atuando como conservante.



Os coeficientes estequiométricos da equação, após o seu balanceamento, são respectivamente

- A) 6 - 2 - 3 - 3. C) 3 - 1 - 3 - 2.
B) 6 - 1 - 6 - 3. D) 3 - 2 - 3 - 2.

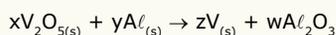
- 03.** (UECE) O fermento é responsável pelo aumento do volume de um bolo, que acontece assim: a temperatura alta faz com que o fermento libere gás carbônico; esse gás se expande e faz o bolo crescer. Quando adicionado na massa, o fermento sofre uma transformação química a partir da reação entre bicarbonato de sódio e fosfato di-hidrogenado de cálcio:



Assinale a opção que apresenta corretamente os produtos ajustados dessa reação química.

- A) $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_3 + 4\text{Na}_2\text{NPO}_4 + 8\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
B) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3 + 4\text{Na}_2\text{NPO}_4 + 8\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
C) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_4 + 4\text{Na}_2\text{NPO}_4 + 8\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
D) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4\text{Na}_2\text{NPO}_4 + 8\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

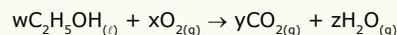
- 04.** (UFJF-MG-2018) O vanádio, não combinado com outros elementos, não é encontrado naturalmente, porém está presente em diferentes minerais e é essencial em alguns organismos. Para a obtenção do vanádio, pode-se utilizar a aluminotermia, que consiste em aquecer o óxido de vanádio misturado com alumínio em pó, de acordo com a equação da reação a seguir:



Em que x, y, z, e w são os coeficientes estequiométricos. Sobre essa reação assinale a alternativa correta.

- A) O pentóxido de vanádio sofreu oxidação.
B) x e y são iguais.
C) O agente redutor é o óxido de alumínio.
D) $z + 4 = y$
E) $x + z = w$

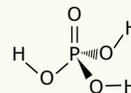
- 05.** (UnirG-TO) A combustão completa do etanol leva à formação de dióxido de carbono e água, conforme a equação química não balanceada a seguir:



A somatória dos coeficientes estequiométricos w, x, y e z para a reação balanceada é igual a

- A) 9. C) 7.
B) 8. D) 6.

- 06.** (UFTM-MG) O ácido fosfórico, estrutura química representada na figura, é utilizado na indústria de fertilizantes e de bebidas. Seu uso vem aumentando devido à expansão da produção agrícola e é comercializado como solução aquosa concentrada com teor de 85% em massa e densidade $1,7 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

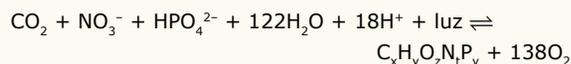


Na equação completa da reação de neutralização total do ácido fosfórico com hidróxido de potássio (KOH), a somatória dos índices estequiométricos é igual a

- A) 4. D) 10.
B) 6. E) 12.
C) 8.

- 07.** (Unimontes-MG) Substâncias como nitrato e fosfato, além de dióxido de carbono e água, são incorporadas pelo fitoplâncton durante o processo de fotossíntese, que transforma os compostos inorgânicos, dissolvidos em água, em matéria orgânica particulada, isto é, em tecido vegetal. Foi observado que o tecido do fitoplâncton marinho possui, em média, a proporção atômica C:N:P de 106:16:1, respectivamente.

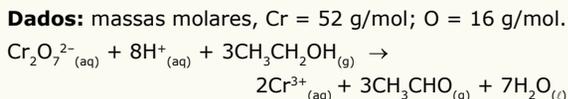
A formação do tecido vegetal, $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_t\text{P}_v$, encontra-se representada pela equação semibalanceada:



Considerando a estequiometria da equação, pode-se afirmar que a fórmula unitária do tecido vegetal se encontra corretamente representada em

- A) $\text{C}_{106}\text{H}_{141}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}$. C) $\text{C}_{106}\text{H}_{141}\text{O}_{22}\text{N}_6\text{P}_2$.
B) $\text{C}_{106}\text{H}_{12}\text{O}_{22}\text{N}_{16}\text{P}$. D) $\text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}$.

08. (UPE) Uma das formas de detecção da embriaguez no trânsito é feita por meio de um bafômetro que contém um dispositivo com o sistema dicromato de potássio em meio ácido. Esse sistema em contato com álcool etílico, proveniente do bafo do motorista, provoca uma mudança na coloração. A equação simplificada que descreve o processo é apresentada a seguir:



Diante disso, analise as seguintes considerações:

- I. A equação descrita refere-se a um processo químico, e, para que ele ocorra, o meio deve estar ácido.
- II. Há 216 gramas do íon dicromato em uma unidade de quantidade matéria, mol.
- III. 3 (três) mols de elétrons foram perdidos e ganhos na reação química.
- IV. A equação química necessita ser balanceada.
- V. O íon dicromato é o agente redutor, e o álcool etílico, o agente oxidante.

São corretas apenas

- A) II e V. C) I, II e V. E) I, III e IV.
 B) I e IV. D) I e II.

09. (CMMG-2019) Os minérios de ferro, ou as pedras de ferro, como o povo diz, não passam dessa combinação – são **(I)** óxidos de ferro. Mas vai o homem e derrete a pedra e fabrica o **(II)** ferro. Mas o Senhor **(III)** Oxigênio, que não concorda com a mudança, trata logo de desfazer a obra do homem – e **(IV)** enferruja o ferro. Sabem o que é a ferrugem? É “o ruje do ferro – disse Emília.”

LOBATO, Monteiro. *O poço do Visconde*. São Paulo: Brasiliense, 1956. p.33.

- A) Indique, para as espécies químicas I e II em negrito, a fórmula química correta, bem como o estado físico na temperatura ambiente.
- B) Indique, para as espécies químicas III e IV em negrito, as ligações químicas fortes predominantes.
- C) Escreva as equações químicas balanceadas, correspondentes aos processos que ocorrem: (a) quando (I) na forma de hematita se transforma em (II), numa indústria siderúrgica, com a presença do monóxido de carbono; e (b) quando (II) e (III) combinam, produzindo (IV).
- D) Identifique a(s) substância(s) molecular(es) citadas no texto.

10. (UFPE) A reação entre o íon permanganato (MnO_4^-) e o íon oxalato ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), em meio aquoso ácido, é utilizada para titulações em alguns laboratórios de análise química. Nesta reação encontram-se além de outros produtos, o íon Mn^{2+} e o dióxido de carbono. A propósito dessa questão, avalie as afirmativas a seguir:

- () Nesta reação o íon permanganato é o agente oxidante.
- () O carbono é oxidado, perdendo 1 elétron.
- () Para balancear corretamente a reação química em questão (com coeficientes estequiométricos possuindo os menores valores inteiros possíveis), devemos adicionar 16 mols de íons H^+ no lado dos reagentes.
- () O estado de oxidação do manganês no íon permanganato é +5.
- () São produzidos 4 mols de moléculas de água para cada mol de íon permanganato consumido.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem) As mobilizações para promover um planeta melhor para as futuras gerações são cada vez mais frequentes. A maior parte dos meios de transporte de massa é atualmente movida pela queima de um combustível fóssil. A título de exemplificação do ônus causado por essa prática, basta saber que um carro produz, em média, cerca de 200 g de dióxido de carbono por km percorrido.

REVISTA AQUECIMENTO GLOBAL, ano 2, n. 8. Publicação do Instituto Brasileiro de Cultura Ltda.

Um dos principais constituintes da gasolina é o octano (C_8H_{18}). Por meio da combustão do octano, é possível a liberação de energia, permitindo que o carro entre em movimento. A equação que representa a reação química desse processo demonstra que

- A) no processo há liberação de oxigênio sob a forma de O_2 .
- B) o coeficiente estequiométrico para a água é de 8 para 1 do octano.
- C) no processo há consumo de água, para que haja liberação de energia.
- D) o coeficiente estequiométrico para o oxigênio é de 12,5 para 1 do octano.
- E) o coeficiente estequiométrico para o gás carbônico é de 9 para 1 do octano.

SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. C 03. C 05. C 07. B
 02. D 04. B 06. A 08. B

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. D 03. D 05. A 07. D
 02. C 04. D 06. C 08. D

09.

- A) I. $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$
 II. $\text{Fe}(\text{s})$
 B) III. Covalentes
 IV. Iônicas
 C) 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) $\text{O}_2(\text{g})$
 10. V V V F V

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. D



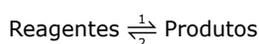
Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Introdução ao Equilíbrio Químico

REAÇÕES REVERSÍVEIS

Quando uma reação química se processa formando os produtos e estes reconstituem os reagentes, a reação é denominada reversível.

As reações reversíveis são representadas por equações em que o membro dos reagentes é separado do membro dos produtos por meio de duas setas com sentidos opostos:



O sentido 1 é denominado direto ou reação direta (reagentes se transformam em produtos), e o sentido 2 é denominado inverso ou reação inversa (à medida que os produtos são formados, eles regeneram os reagentes iniciais).

Reação reversível é aquela que se processa em dois sentidos.

Praticamente, toda reação é reversível em sistemas fechados, variando apenas o grau de reversibilidade, que pode ser maior ou menor.

Entretanto, algumas reações têm um rendimento muito elevado, de praticamente 100%, como é o caso das reações de combustão. Outras reações têm rendimento tão baixo que, na prática, pode-se dizer que a reação não ocorre. No caso das reações de rendimento de praticamente 100%, podemos falar em **reações irreversíveis**, mas o conceito de equilíbrio químico se restringe apenas àquelas reações que denominamos reversíveis.

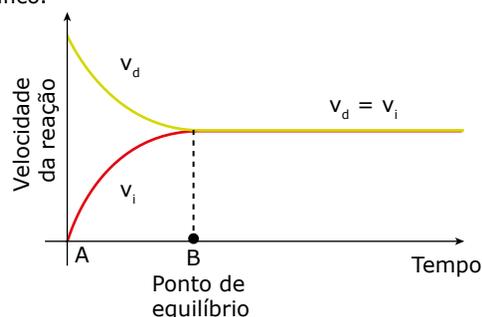
EQUILÍBRIO QUÍMICO

Como nas reações reversíveis as reações direta e inversa processam-se contínua e ininterruptamente, o estado de equilíbrio químico é atingido quando as velocidades dessas reações são igualadas.

$$v_{\text{direta}} = v_{\text{inversa}}$$

Após o estabelecimento do equilíbrio químico, as reações continuam a ocorrer; logo, o equilíbrio é dinâmico (as velocidades não se anulam).

A variação das velocidades direta e inversa é mostrada no gráfico.



As velocidades direta v_d e inversa v_i se igualam quando o equilíbrio químico é alcançado.

No início da reação, há apenas reagentes; logo, a velocidade direta é máxima. Com o passar do tempo, os produtos vão sendo formados e começa a existir a velocidade inversa. À medida que as concentrações dos produtos vão aumentando, a velocidade inversa também aumenta (lembre-se de que a velocidade de uma reação é proporcional à concentração das espécies envolvidas na reação).

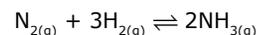
No trecho AB, a velocidade direta diminui devido à diminuição das concentrações dos reagentes, e a velocidade inversa aumenta devido ao aumento das concentrações dos produtos. Exatamente no ponto B, as velocidades se igualam, e, a partir dele, as velocidades instantâneas direta e inversa não valem zero, mas apresentam o mesmo valor, ou seja, a taxa de formação de todos os participantes é exatamente igual à taxa de desaparecimento das mesmas substâncias. Dessa forma, não se observa alteração na concentração dos reagentes e dos produtos quando o estado de equilíbrio é alcançado. É interessante notar a natureza dinâmica do equilíbrio químico.

Tipos de equilíbrio

Quanto ao número de fases

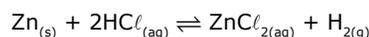
- **Homogêneos** – Reagentes e produtos constituem uma única fase de agregação.

Exemplo:



- **Heterogêneos** – Reagentes e produtos possuem fases de agregação diferentes.

Exemplo:



Quanto à natureza dos participantes

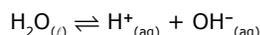
- **Moleculares** – Reagentes e produtos são moléculas.

Exemplo:



- **Iônicos** – Pelo menos um dos participantes é uma espécie iônica.

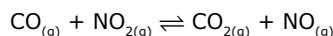
Exemplo:



Propriedades dos equilíbrios químicos

- Após o estabelecimento do equilíbrio, as propriedades macroscópicas do sistema (cor, concentração, massa, densidade, etc.) permanecem constantes.

Exemplo:



Verifica-se, inicialmente, no sistema anterior, uma cor castanho-avermelhada (devido ao NO_2). Com o passar do tempo, há uma gradativa diminuição da cor castanha devido ao consumo de NO_2 até que o equilíbrio seja estabelecido. Após o ponto de equilíbrio, a cor do sistema permanecerá constante.

A mesma observação pode ser verificada quando misturam-se CO_2 e NO (reação inversa), em que há um gradativo aumento da cor castanha devido à formação do NO_2 até que o equilíbrio seja estabelecido.

- As propriedades microscópicas do sistema (transformação de uma substância em outra, colisões entre as moléculas, formação de complexo ativado, etc.) continuam existindo durante o estado de equilíbrio, pois ele é dinâmico.
- O equilíbrio químico só ocorre em sistemas reversíveis e fechados, nos quais não há troca de massa com o meio ambiente.

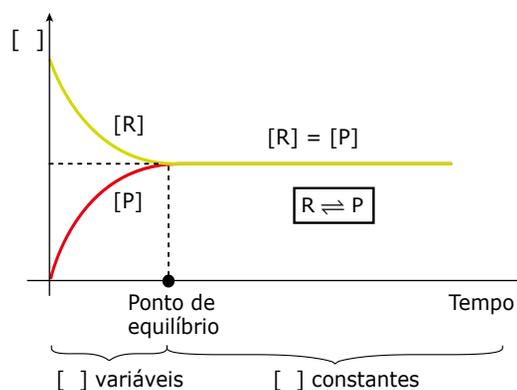
Toda reação reversível, em sistema fechado, em algum momento, atinge o estado de equilíbrio.

- Somente os fatores externos ao sistema alteram o equilíbrio químico. Esses fatores são temperatura, concentração e pressão (este último, somente para sistemas gasosos).

Gráficos

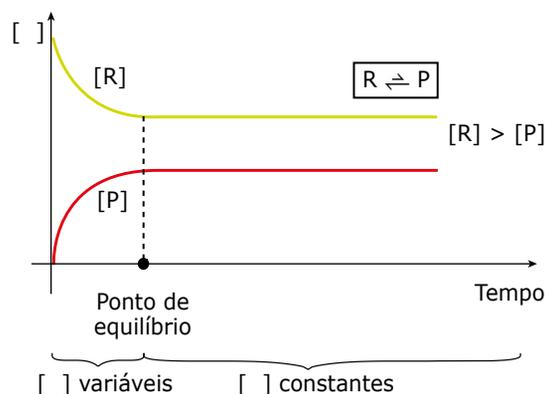
Além do gráfico de velocidade *versus* tempo mostrado anteriormente, pode-se estudar os equilíbrios químicos pelos gráficos concentração *versus* tempo.

Nesses tipos de gráficos, é verificado que, com o passar do tempo, as concentrações dos reagentes sempre irão diminuir, pois eles estão sendo consumidos, enquanto as concentrações dos produtos irão aumentar, partindo do zero, pois eles estão sendo formados.

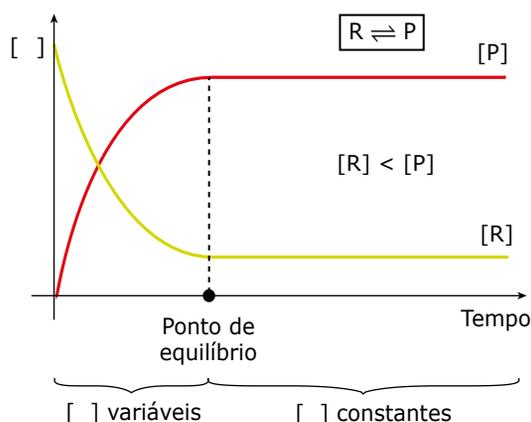


O rendimento desse tipo de reação é de 50%, pois as concentrações de reagentes e produtos são iguais após o estabelecimento do equilíbrio.

Quando isso ocorre, pode-se dizer que a reação não tende para nenhum dos sentidos, pois as reações direta e inversa processam-se com a mesma intensidade.



O rendimento da reação é inferior a 50%, pois a concentração dos produtos é menor do que a de reagentes. A reação tende para o primeiro membro. A reação inversa ocorre com maior intensidade do que a reação direta.



O rendimento da reação é superior a 50%, pois a concentração dos produtos é maior do que a concentração dos reagentes. A reação tende para o segundo membro. A reação direta ocorre com maior intensidade do que a reação inversa.

Deslocamento de equilíbrio

Quando atingido o estado de equilíbrio, o sistema tende a permanecer em equilíbrio indefinidamente, a menos que algum fator externo venha perturbá-lo.

Le Châtelier observou o comportamento dos sistemas em equilíbrio frente a perturbações de concentrações, temperaturas e pressões, o que constituiu o princípio da fuga perante a força, o Princípio de Le Châtelier.

Quando um sistema em equilíbrio é perturbado por algum fator externo, ele sai desse estado, reorganiza-se e "desloca-se" no sentido oposto, na tendência de anular tal fator e de estabelecer um novo estado de equilíbrio.

As verificações experimentais de Le Châtelier foram:

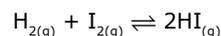
1. O aumento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido da reação endotérmica.
2. O aumento da concentração de reagentes ou de produtos desloca o equilíbrio no sentido oposto à adição de reagentes ou de produtos.
3. Para sistemas gasosos, o aumento da pressão desloca o equilíbrio no sentido do membro de menor volume gasoso.

Essas verificações podem ser explicadas da seguinte forma:

- O aumento da temperatura aumenta a energia cinética média das partículas dos reagentes e dos produtos, aumentando tanto a velocidade da reação direta quanto a velocidade da reação inversa. As reações endotérmicas aumentam mais as suas velocidades em relação às exotérmicas, pois as primeiras absorvem energia, e, quando a temperatura é aumentada, tal absorção é favorecida.

- As velocidades das reações são proporcionais às concentrações dos participantes. Assim, se as concentrações forem aumentadas, a velocidade da reação aumenta e, se as concentrações forem diminuídas, a velocidade da reação diminui.

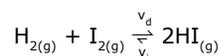
Um exemplo é a reação reversível e elementar:



As velocidades das reações direta e inversa são dadas pela lei da ação das massas.

$$v_d = k_d \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2] \text{ e } v_i = k_i \cdot [\text{HI}]^2$$

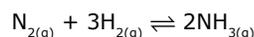
Aumentando-se a concentração de, pelo menos, um dos reagentes, a velocidade direta aumenta, ou seja, a reação é deslocada no sentido dos produtos (sentido oposto à adição).



Ocorrerá o fenômeno inverso quando parte dos reagentes for retirada.

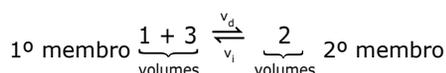
- Quando aumenta-se a pressão de um sistema gasoso, as concentrações de seus componentes são aumentadas e, como foi mostrado no item anterior, o aumento da concentração aumenta a velocidade da reação.

Tomando como exemplo a equação:



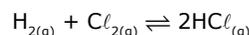
Os coeficientes estequiométricos da equação balanceada são proporcionais às quantidades, em volume, dos reagentes e dos produtos gasosos.

Assim, após o aumento da pressão:



Um aumento de pressão irá concentrar mais os reagentes do que os produtos, por isso, $v_d > v_i$.

O equilíbrio



não será alterado pelo aumento de pressão, pois não há diferença de volumes entre os membros.



Reações reversíveis

Esse simulador permite que você possa manipular os fatores que alteram a velocidade das reações reversíveis, alterando também as condições reacionais. Bons estudos!



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

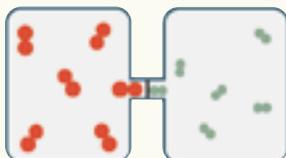


01. (UFMG) A figura representa dois recipientes de mesmo volume, interconectados, contendo quantidades iguais de $I_{2(g)}$ e $H_{2(g)}$, à mesma temperatura.

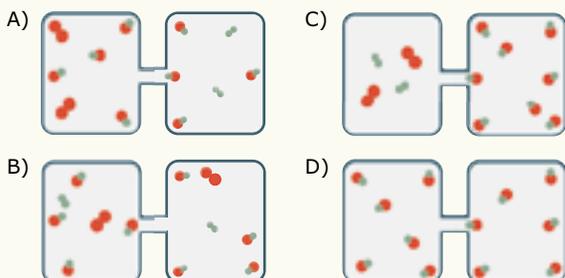


Inicialmente, uma barreira separa esses recipientes, impedindo a reação entre os dois gases.

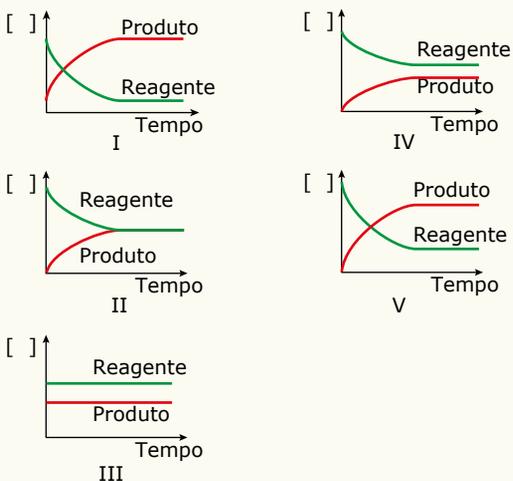
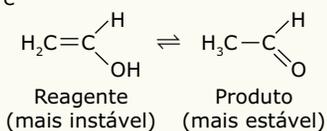
Retirada essa barreira, os dois gases reagem entre si, até que o sistema atinja um estado de equilíbrio, como descrito na equação: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$



Considerando-se o conceito de equilíbrio químico e as propriedades de moléculas gasosas, assinale a alternativa que contém a representação mais adequada do estado de equilíbrio nessa reação.

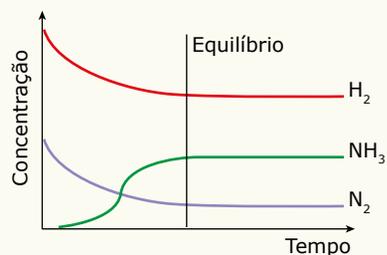


02. (UFMG) Considere os gráficos de I a V. Aquele que representa corretamente a evolução do sistema até atingir o equilíbrio é



- A) I. C) III. E) V.
 B) II. D) IV.

03. (UESPI) A produção de amônia em escala industrial pode ser resumidamente descrita por meio do equilíbrio químico $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$. Observando a figura a seguir, podemos afirmar que, quando o equilíbrio é atingido,

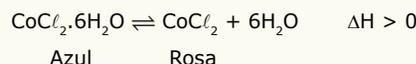


- A) as concentrações de reagentes e produtos permanecem constantes.
 B) a concentração do produto é maior que a dos reagentes.
 C) as concentrações de reagentes e produto são iguais.
 D) as velocidades das reações direta e indireta são iguais a zero.
 E) N_2 e H_2 são consumidos completamente.

04. (UFMG) O "galinho do tempo", representado a seguir, é um objeto que indica as condições meteorológicas, pois sua coloração muda de acordo com a temperatura e a umidade do ar.



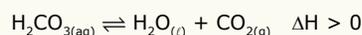
Nesse caso, a substância responsável por essa mudança de coloração é o cloreto de cobalto, $CoCl_2$, que, de acordo com a situação, apresenta duas cores distintas – azul ou rosa –, como representado nesta equação:



Considerando-se essas informações, é correto afirmar que as duas condições que favorecem a ocorrência, no "galinho do tempo", da cor azul são

- A) alta temperatura e alta umidade.
 B) alta temperatura e baixa umidade.
 C) baixa temperatura e alta umidade.
 D) baixa temperatura e baixa umidade.

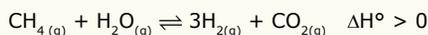
05. (UFJF-MG-2019) Em uma garrafa de refrigerante, ou cerveja, há pelo menos uma reação química reversível ocorrendo a todo o tempo: a decomposição do ácido carbônico em meio aquoso, como mostra a equação química a seguir:



Segundo o Princípio de Le Châtelier, quando a garrafa é aberta, ocorre

- o aumento da pressão em seu interior, favorecendo a decomposição do ácido carbônico.
- a diminuição da pressão em seu interior, favorecendo a formação do ácido carbônico.
- a diminuição da pressão em seu interior, favorecendo a decomposição do ácido carbônico.
- o aumento da temperatura do refrigerante, levando à formação de ácido carbônico, diminuindo a concentração de CO_2 .
- o aumento da temperatura do refrigerante, levando à decomposição do ácido carbônico, diminuindo o pH do refrigerante.

- 06.** (FGV-RJ) A produção de suínos gera uma quantidade muito grande e controlada de dejetos, que vem sendo empregada em bioconversores para geração de gás metano. O metano, por sua vez, pode ser utilizado para obtenção de gás H_2 . Em uma reação denominada reforma, o metano reage com vapor-d'água na presença de um catalisador formando hidrogênio e dióxido de carbono de acordo com o equilíbrio:



O deslocamento do equilíbrio no sentido da formação do H_2 é favorecido por:

- Aumento da pressão.
- Adição do catalisador.
- Aumento da temperatura.

É correto apenas o que se afirma em

- I. C) II. E) III.
- I e II. D) II e III.

- 07.** (UERJ) O monóxido de carbono, formado na combustão incompleta em motores automotivos, é um gás extremamente tóxico. A fim de reduzir sua descarga na atmosfera, as fábricas de automóveis passaram a instalar catalisadores contendo metais de transição, como o níquel, na saída dos motores. Observe a equação química que descreve o processo de degradação catalítica do monóxido de carbono:

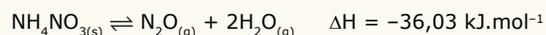


Com o objetivo de deslocar o equilíbrio dessa reação, visando a intensificar a degradação catalítica do monóxido de carbono, a alteração mais eficiente é

- reduzir a quantidade de catalisador.
- reduzir a concentração de oxigênio.
- aumentar a temperatura.
- aumentar a pressão.



- 08.** (PUC RS) O monóxido de dinitrogênio, quando inalado em pequenas doses, produz uma espécie de euforia, daí ser chamado de gás hilariante. Ele pode ser obtido por meio da decomposição do nitrato de amônio, conforme equação representada a seguir:



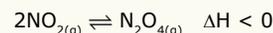
Com relação a essa reação em equilíbrio, está correto afirmar que

- a produção de monóxido de dinitrogênio aumenta com o aumento de temperatura.
- a adição de um catalisador aumenta a formação do gás hilariante.
- o equilíbrio químico é atingido quando as concentrações dos produtos se igualam.
- um aumento na concentração de água desloca o equilíbrio químico no sentido da reação de formação do monóxido de dinitrogênio.
- uma diminuição na concentração de monóxido de dinitrogênio desloca o equilíbrio químico no sentido da reação de decomposição do nitrato de amônio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



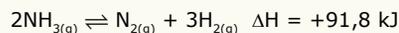
- 01.** (PUC Minas-2019) Considere o equilíbrio a seguir:



Esse equilíbrio será deslocado à esquerda,

- quando a pressão do sistema diminuir.
- quando a temperatura do sistema diminuir.
- na presença de um catalisador da reação direita.
- na presença de um catalisador da reação esquerda.

- 02.** (Unibe-MG) Nas condições ambientes, a amônia é um gás incolor e bastante irritante, podendo causar sérios problemas respiratórios. O processo mais utilizado para sua obtenção é o Haber-Bosch, que ocorre a altas pressões e temperaturas. Considere a reação de decomposição da amônia a seguir:



Sobre essa reação, analise as afirmativas a seguir:

- Um aumento da pressão nessa reação desloca o equilíbrio para a direita.
- Diminuindo a temperatura, o equilíbrio será deslocado para o reagente.
- A reação de formação da amônia ocorre com liberação de calor.

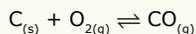
Está(ão) correta(s) a(s) afirmação(ões) contida(s) em

- III, apenas. D) I e II, apenas.
- II, apenas. E) II e III, apenas.
- I e III, apenas.

03.
RG3H



(USF-SP) O equilíbrio químico que envolve a formação do monóxido de carbono a partir do carbono sólido é representado pela seguinte equação química não balanceada.



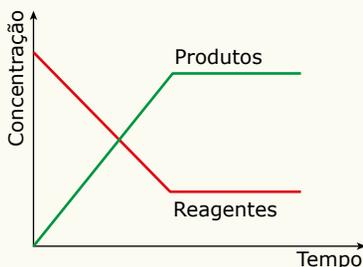
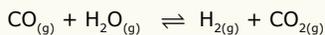
Considerando ações que modifiquem a estabilidade desse sistema, teremos que o equilíbrio será deslocado em favor do óxido quando

- A) for adicionada uma quantidade de carbono ao sistema.
- B) a pressão no sistema for reduzida.
- C) for adicionada uma quantidade de monóxido de carbono ao sistema.
- D) for retirada uma quantidade de gás oxigênio do sistema.
- E) o sistema for colocado em um recipiente de menor volume.

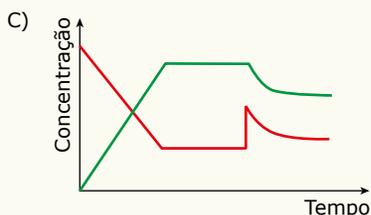
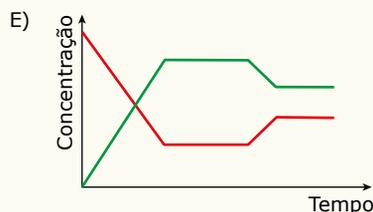
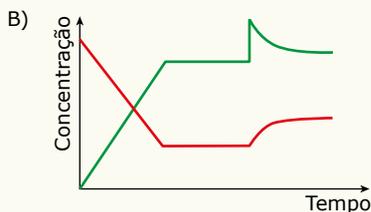
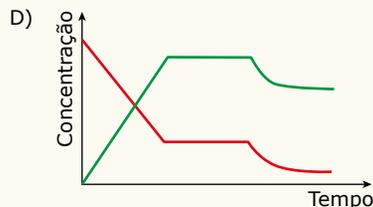
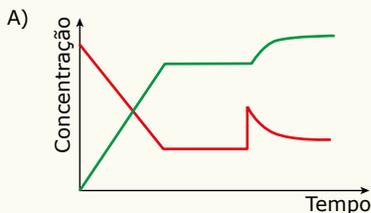
04.
E9TU



(UFPB) A reforma de hidrocarbonetos, em presença de vapor, é a principal via de obtenção de hidrogênio de alta pureza. Esse processo envolve diversas etapas, incluindo a conversão de monóxido em dióxido de carbono. Na indústria, essa etapa remove o monóxido de carbono residual e contribui para o aumento da produção de hidrogênio. A equação da reação reversível de conversão do CO e o gráfico da variação da concentração desses reagentes e produtos, em função do tempo, estão apresentados a seguir:



Considere que ocorre um aumento da concentração dos reagentes, deslocando o equilíbrio dessa reação. Nesse contexto, a variação da concentração dos reagentes e produtos em função do tempo, qualitativamente, é descrita pelo gráfico:



05.
ZRKZ

(Mackenzie-SP) O equilíbrio químico estabelecido a partir da decomposição do gás amônia, ocorrida em condições de temperatura e pressão adequadas, é representado pela equação química $2\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$. Considerando que, no início, foram adicionados 10 mol de gás amônia em um recipiente de 2 litros de volume e que, no equilíbrio, havia 5 mol desse mesmo gás, é correto afirmar que

- ao ser estabelecido o equilíbrio, a concentração do gás N_2 será de 1,25 mol/L.
- foram formados, até ser estabelecido o equilíbrio, 15 mol de $\text{H}_{2(g)}$.
- a concentração do gás amônia no equilíbrio será de 5 mol/L.
- haverá, no equilíbrio, maior quantidade em mols de gás amônia do que do gás hidrogênio.
- a concentração do gás hidrogênio no equilíbrio é de 2,5 mol/L.

06.
7ITM

(UPE) O esmalte do dente é constituído de um material muito pouco solúvel em água, cujo principal componente é a hidroxiapatita, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Durante a formação do dente, dentro do osso, ocorre somente o processo de mineralização, para que essa substância seja produzida. Quando o dente é exposto ao meio bucal, a desmineralização passa a ocorrer, ou seja, uma quantidade muito pequena de hidroxiapatita passa a se dissolver. Esse processo de mineralização / desmineralização é descrito pela equação mostrada a seguir:



O pH normal da boca é em torno de 6,8; a desmineralização torna-se predominante a um pH abaixo de 5,5.

SILVA, R. R. et al. A química e a conservação dos dentes. *Química Nova na Escola*, n. 13, p. 3-8, 2001 (Adaptação).

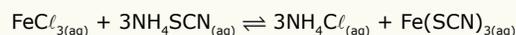
Em relação ao processo de mineralização / desmineralização, são feitas as afirmativas a seguir:

- A hidroxiapatita é um óxido básico resistente a grandes variações de pH.
- Dois dos fatores que determinam a estabilidade da apatita na presença da saliva são as concentrações dos íons cálcio e fosfato em solução.
- A velocidade da desmineralização pode ser maior que a da mineralização, quando a concentração de ácidos se torna muito elevada sobre a superfície do esmalte.

Está correto apenas o que se afirma em

- I.
- II.
- III.
- I e III.
- II e III.

07. (Mackenzie-SP) Em uma aula prática, alguns alunos investigaram o equilíbrio existente entre as espécies químicas em solução aquosa. A equação química que representa o fenômeno estudado é descrita por



Nessa investigação, os alunos misturaram quantidades iguais de solução de cloreto de ferro III e de tiocianato de amônio e a mistura produzida foi dividida em três frascos, A, B e C.

A partir de então, realizaram os seguintes procedimentos:

- no frasco A, adicionaram uma ponta de espátula de cloreto de amônio sólido e agitaram até completa dissolução desse sólido.
- no frasco B, adicionaram algumas gotas de solução saturada de cloreto de ferro.
- no frasco C, adicionaram algumas gotas de solução saturada de tiocianato de amônio.

Considerando-se que em todas as adições tenha havido deslocamento do equilíbrio, é correto afirmar que esse deslocamento ocorreu no sentido da reação direta

- apenas no procedimento I.
- apenas no procedimento II.
- apenas nos procedimentos I e II.
- apenas nos procedimentos II e III.
- em todos os procedimentos.

08.
HCA9

(PUC Minas) O quadro representa os efeitos da variação da temperatura sobre uma reação química.

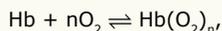
Temperaturas	Concentração do produto no equilíbrio	Tempo esgotado para atingir o equilíbrio
50 °C	1,0 mol.L ⁻¹	t ₁
15 °C	0,2 mol.L ⁻¹	t ₂
20 °C	0,5 mol.L ⁻¹	t ₃
25 °C	0,5 mol.L ⁻¹	t ₄
10 °C	0,1 mol.L ⁻¹	t ₅

Assinale a afirmativa incorreta.

- t₄ é maior que t₅.
- t₂ é maior que t₁.
- t₄ é menor que t₃.
- t₁ é menor que t₂.

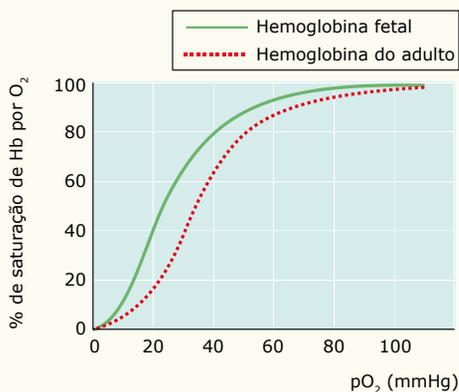


09. (FUVEST-SP-2017) A hemoglobina (Hb) é a proteína responsável pelo transporte de oxigênio. Nesse processo, a hemoglobina se transforma em oxi-hemoglobina ($Hb(O_2)_n$). Nos fetos, há um tipo de hemoglobina diferente da do adulto, chamada de hemoglobina fetal. O transporte de oxigênio pode ser representado pelo seguinte equilíbrio:



em que Hb representa tanto a hemoglobina do adulto quanto a hemoglobina fetal.

A figura mostra a porcentagem de saturação de Hb por O_2 em função da pressão parcial de oxigênio no sangue humano, em determinado pH e em determinada temperatura.



A porcentagem de saturação pode ser entendida como:

$$\% \text{ de saturação} = \frac{[Hb(O_2)_n]}{[Hb(O_2)_n] + [Hb]} \cdot 100$$

Com base nessas informações, um estudante fez as seguintes afirmações:

- I. Para uma pressão parcial de O_2 de 30 mmHg, a hemoglobina fetal transporta mais oxigênio do que a hemoglobina do adulto.
- II. Considerando o equilíbrio de transporte de oxigênio, no caso de um adulto viajar do litoral para um local de grande altitude, a concentração de Hb em seu sangue deverá aumentar, após certo tempo, para que a concentração de $Hb(O_2)_n$ seja mantida.
- III. Nos adultos, a concentração de hemoglobina associada a oxigênio é menor no pulmão do que nos tecidos.

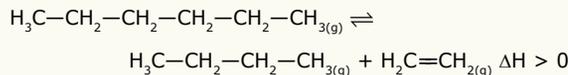
Dados:

$$pO_2(\text{pulmão}) > pO_2(\text{tecidos}).$$

É correto apenas o que o estudante afirmou e

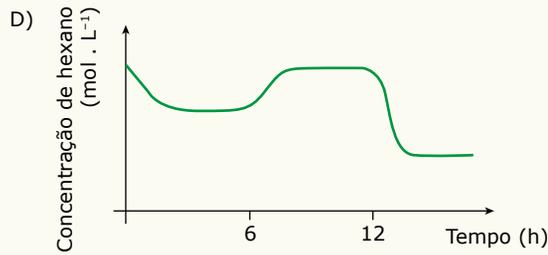
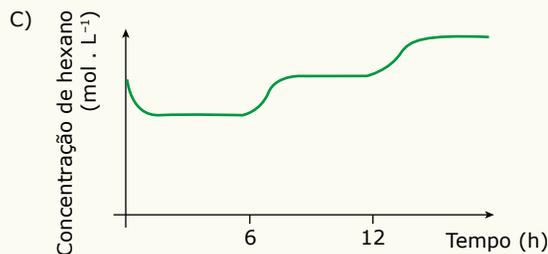
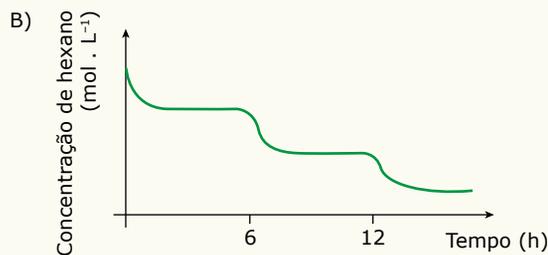
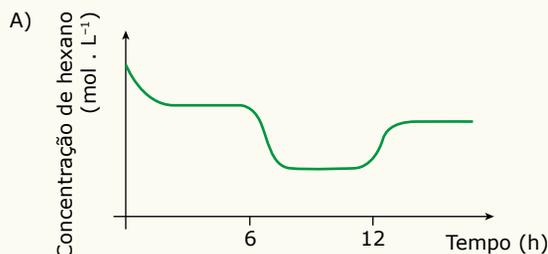
- A) I. C) I e II. E) II e III.
 B) II. D) I e III.

10. (UERJ) O craqueamento é uma reação química empregada industrialmente para a obtenção de moléculas mais leves a partir de moléculas mais pesadas. Considere a equação termoquímica a seguir, que representa o processo utilizado em uma unidade industrial para o craqueamento de hexano.



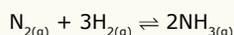
Em um experimento para avaliar a eficiência desse processo, a reação química foi iniciada sob temperatura T_1 e pressão P_1 . Após seis horas, a temperatura foi elevada para T_2 , mantendo-se a pressão em P_1 . Finalmente, após doze horas, a pressão foi elevada para P_2 , e a temperatura foi mantida em T_2 .

A variação da concentração de hexano no meio reacional ao longo do experimento está representada em:



11. U13R

(UEG-GO) Em um recipiente fechado, o nitrogênio e o hidrogênio podem reagir entre si levando à formação de amônia. A equação química do processo está descrita a seguir:

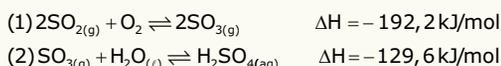


De posse dessas informações e os seus conhecimentos adicionais sobre Química, responda aos itens a seguir:

- Quando o volume do recipiente for reduzido à metade, o equilíbrio químico será deslocado em qual sentido? Explique.
- Se 2 mols de nitrogênio estiverem em um recipiente de 4 L e for completamente convertido no produto em uma temperatura de 47 °C, qual será a pressão de amônia exercida no sistema?

Dado: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

12. (UEL-PR-2018) O gás sulfídrico é um gás incolor tóxico, irritante e muito solúvel em água. Esse gás também contribui para a intensificação da acidez da água da chuva em função da formação do ácido sulfúrico, de acordo com os sistemas dados a seguir:

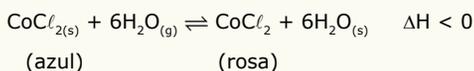


Considerando os sistemas (1) e (2) em equilíbrio, responda aos itens a seguir:

- Escreva a equação do processo global (conversão do SO_2 a H_2SO_4), calculando a variação de sua entalpia.
- Considerando um sistema fechado, explique o que ocorrerá com a concentração de SO_3 , ao se aumentar a pressão sobre o sistema (1), e o que ocorrerá no sistema (2), ao se diminuir a temperatura.

SEÇÃO ENEM

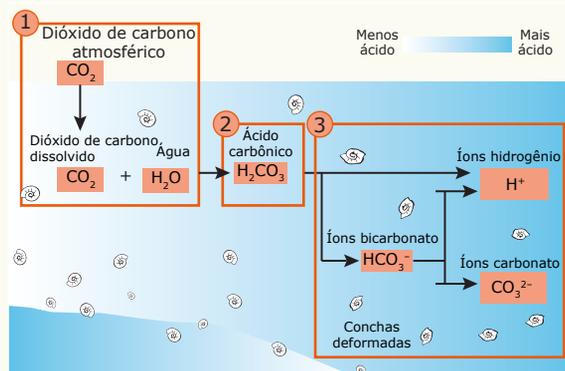
01. (Enem-2020) Para garantir que produtos eletrônicos estejam armazenados de forma adequada antes da venda, algumas empresas utilizam cartões indicadores de umidade nas embalagens desses produtos. Alguns desses cartões contêm um sal de cobalto que muda de cor em presença de água, de acordo com a equação química:



Como você procederia para reutilizar, num curto intervalo de tempo, um cartão que já estivesse com a coloração rosa?

- Resfriaria no congelador.
- Borrifaria com *spray* de água.
- Envolveria com papel-alumínio.
- Aqueceria com secador de cabelos.
- Embrulharia em guardanapo de papel.

02. (Enem) Parte do gás carbônico da atmosfera é absorvida pela água do mar. O esquema representa reações que ocorrem naturalmente, em equilíbrio, no sistema ambiental marinho. O excesso de dióxido de carbono na atmosfera pode afetar os recifes de corais.

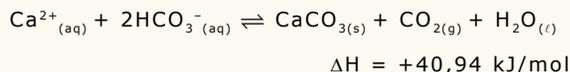


Disponível em: <<http://news.bbc.co.uk>>. Acesso em: 20 maio 2014 (Adaptação).

O resultado desse processo nos corais é o(a)

- seu branqueamento, levando à sua morte e extinção.
- excesso de fixação de cálcio, provocando calcificação indesejável.
- menor incorporação de carbono, afetando seu metabolismo energético.
- estímulo da atividade enzimática, evitando a descalcificação dos esqueletos.
- dano à estrutura dos esqueletos calcários, diminuindo o tamanho das populações.

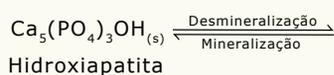
03. (Enem) A formação de estalactites depende da reversibilidade de uma reação química. O carbonato de cálcio (CaCO_3) é encontrado em depósitos subterrâneos na forma de pedra calcária. Quando um volume de água rica em CO_2 dissolvido infiltra-se no calcário, o minério dissolve-se formando íons Ca^{2+} e HCO_3^- . Numa segunda etapa, a solução aquosa desses íons chega a uma caverna e ocorre a reação inversa, promovendo a liberação de CO_2 e a deposição de CaCO_3 , de acordo com a equação apresentada.



Considerando o equilíbrio que ocorre na segunda etapa, a formação de carbonato será favorecida pelo(a)

- diminuição da concentração de íons OH^- no meio.
- aumento da pressão do ar no interior da caverna.
- diminuição da concentração de HCO_3^- no meio.
- aumento da temperatura no interior da caverna.
- aumento da concentração de CO_2 dissolvido.

- 04.** (Enem) Os refrigerantes têm se tornado cada vez mais o alvo de políticas públicas de saúde. Os de cola apresentam ácido fosfórico, substância prejudicial à fixação de cálcio, o mineral que é o principal componente da matriz dos dentes. A cárie é um processo dinâmico de desequilíbrio do processo de desmineralização dentária, perda de minerais em razão da acidez. Sabe-se que o principal componente do esmalte do dente é um sal denominado hidroxiapatita. O refrigerante, pela presença de sacarose, faz decrescer o pH do biofilme (placa bacteriana), provocando a desmineralização do esmalte dentário. Os mecanismos de defesa salivar levam de 20 a 30 minutos para normalizar o nível do pH, remineralizando o dente. A equação química seguinte representa esse processo:



GROISMAN, S. *Impacto do refrigerante nos dentes é avaliado sem tirá-lo da dieta*. Disponível em: <<http://www.isaude.net>>. Acesso em: 01 maio 2010 (Adaptação).

Considerando que uma pessoa consuma refrigerantes diariamente, poderá ocorrer um processo de desmineralização dentária, devido ao aumento da concentração de

- A) OH^- , que reage com os íons Ca^{2+} , deslocando o equilíbrio para a direita.
 B) H^+ , que reage com as hidroxilas OH^- , deslocando o equilíbrio para a direita.
 C) OH^- , que reage com os íons Ca^{2+} , deslocando o equilíbrio para a esquerda.
 D) H^+ , que reage com as hidroxilas OH^- , deslocando o equilíbrio para a esquerda.
 E) Ca^{2+} , que reage com as hidroxilas OH^- , deslocando o equilíbrio para a esquerda.

SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. B | <input type="radio"/> 05. C |
| <input type="radio"/> 02. E | <input type="radio"/> 06. E |
| <input type="radio"/> 03. A | <input type="radio"/> 07. D |
| <input type="radio"/> 04. C | <input type="radio"/> 08. E |

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. A
 02. E
 03. B
 04. A
 05. A
 06. E
 07. D
 08. A
 09. C
 10. A

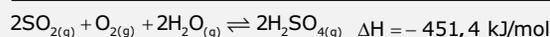
11.

- A) O equilíbrio será deslocado no sentido de formação de amônia (NH_3).

- B) $P = 26,24 \text{ atm}$

12.

- A)



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

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. D
 02. E
 03. D
 04. B



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Catálises

CATALISADORES

São substâncias químicas que, ao serem adicionadas ao sistema reacional, aumentam a velocidade da reação. Isso acontece porque há criação de um novo complexo ativado menos energético, o que diminui a energia de ativação.

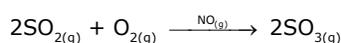
Características de um catalisador

- Aumenta a velocidade de uma reação química.
- Um catalisador pode participar de uma das etapas da reação, sendo consumido; porém, ao fim do processo, ele é integralmente regenerado.
- Quando atua em uma reação reversível, age com a mesma intensidade na reação direta e na reação inversa.
- Não altera os valores de H_r , H_p e ΔH .
- Cria, para a reação, um novo caminho para formação dos produtos, com energia de ativação menor.
- É específico, ou seja, um catalisador não é capaz de catalisar todas as reações.

Tipos de catálise

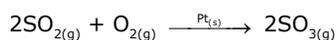
Homogênea

Catalisador e reagentes formam uma única fase.



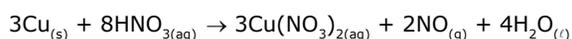
Heterogênea

Catalisador e reagentes formam mais de uma fase.



Autocatálise

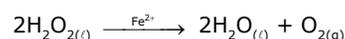
O catalisador é um dos produtos da reação que, ao ser formado e atingir uma determinada concentração, atua como catalisador da reação.



Inicialmente, a reação é lenta. Porém, o NO atua como catalisador, fazendo com que esse processo chegue a ser muito rápido.

Catálise externa

O catalisador é externo à reação e é adicionado somente para aumentar a velocidade.

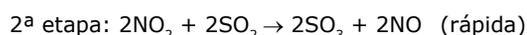
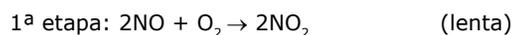
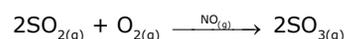


Mecanismos da catálise

As duas principais maneiras de atuação de um catalisador são:

1. Por formação de um produto intermediário que facilita o andamento da reação.

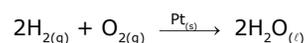
Exemplo:



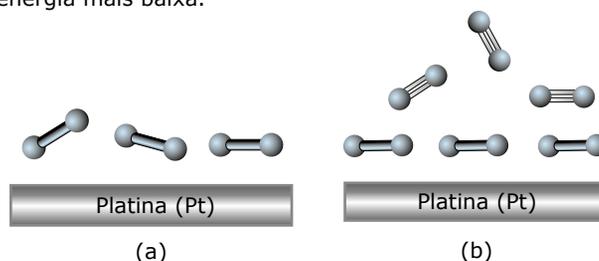
NO é o catalisador, NO_2 é o intermediário.

2. Por adsorção dos reagentes, isto é, retendo em sua superfície as moléculas dos reagentes.

Exemplo:



A platina é um metal de transição deficiente em elétrons, que atrai as nuvens de elétrons das ligações dos reagentes, enfraquecendo-as e criando um novo complexo ativado com energia mais baixa.

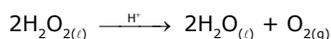


(a) A platina atrai as nuvens de elétrons, enfraquecendo as ligações. (b) Outras moléculas colidem com as moléculas que possuem ligações já enfraquecidas e reagem mais facilmente.

INIBIDORES

São espécies químicas que atuam aumentando a energia de ativação, fazendo com que a velocidade da reação seja menor. São contrários aos catalisadores e por isso são denominados catalisadores negativos.

Exemplo:



O íon H^+ é o inibidor da decomposição da água oxigenada.

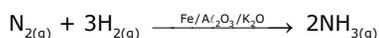
OBSERVAÇÃO

Existem algumas reações em que ocorre a autoinibição, ou seja, inibição causada pelos produtos finais da reação.

ATIVADORES OU PROMOTORES

São espécies químicas que atuam sobre os catalisadores, aumentando ainda mais a velocidade da reação. Os ativadores aumentam a eficiência do catalisador, porém, sem a presença deste, essas substâncias não possuem propriedade catalítica.

Exemplo:



Ferro é o catalisador, e os ativadores são Al_2O_3 e K_2O .

VENENOS

São espécies químicas que atuam sobre o catalisador e fazem com que a reação atinja uma velocidade menor do que se estivesse somente na presença do catalisador. Os venenos diminuem a eficiência do catalisador e, sem a presença dele, não possuem nenhuma propriedade catalítica.

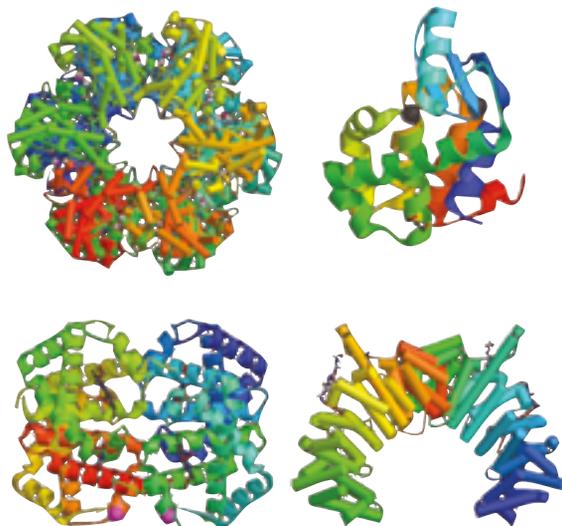
Exemplo:



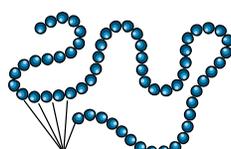
Ferro é o catalisador, e o arsênio é o veneno.

ENZIMAS

As moléculas com estruturas complexas genericamente denominadas enzimas são, na sua quase totalidade, proteínas que catalisam diversos processos bioquímicos.



Estruturas tridimensionais de algumas enzimas.

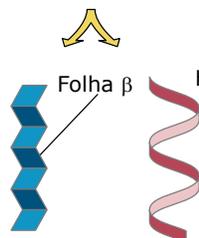


Aminoácidos

Níveis de organização das proteínas

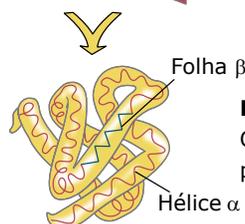
Estrutura primária das proteínas:

É a sequência de uma cadeia de aminoácidos.



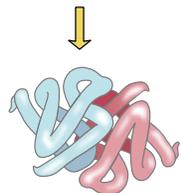
Estrutura secundária das proteínas:

Ocorre quando os aminoácidos na sequência interagem por meio de ligações de hidrogênio.



Estrutura terciária das proteínas:

Ocorre quando certas atrações estão presentes entre hélices α e folhas β .



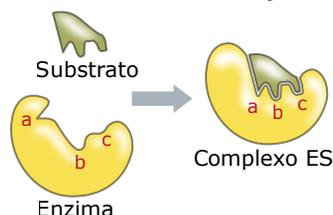
Estrutura quaternária das proteínas:

É uma proteína que consiste em mais de uma cadeia de aminoácidos.

Tipos de estruturas das enzimas que são proteínas.

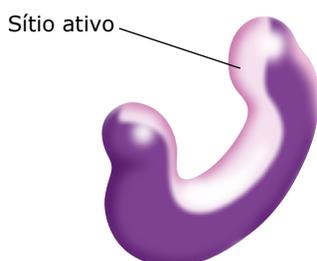
Mecanismo de catálise enzimática

O substrato, partícula reagente, se conecta à enzima em uma região específica que corresponde a uma cavidade denominada sítio ativo. Esse encaixe é semelhante ao sistema chave (substrato) e fechadura (enzima). Contudo, a "fechadura" enzimática não é estática. As enzimas se distorcem ligeiramente quando há a aproximação do substrato. Devido a essa distorção pela presença do substrato, o modelo de catálise enzimática é denominado mecanismo de chave e fechadura de ajuste induzido.

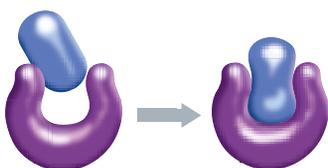


Quando o substrato é conectado à enzima, há a formação do complexo ES (enzima-substrato). O complexo ES é formado a partir de interações intermoleculares ou até mesmo de ligações covalentes.

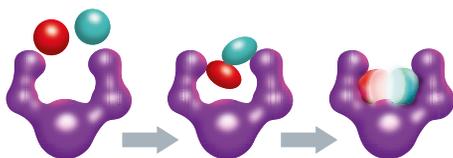
A diminuição da energia de ativação das reações ocorre pela retirada ou doação de densidade eletrônica ao substrato ou pela torção ou estiramento de suas ligações, quando conectado ao sítio ativo, aumentando sua instabilidade, sua reatividade e a velocidade da reação.



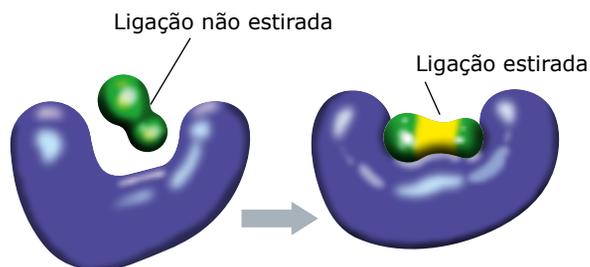
Região específica (sítio ativo) onde haverá a conexão do substrato.



Aproximação do substrato do sítio ativo, com posterior conexão e formação do complexo ES.



A enzima promove a aproximação dos substratos e os obriga a formarem uma ligação química.



A enzima promove o estiramento de uma ligação, tornando-a menos intensa, diminuindo a energia necessária para promover a sua quebra.

Inibição enzimática

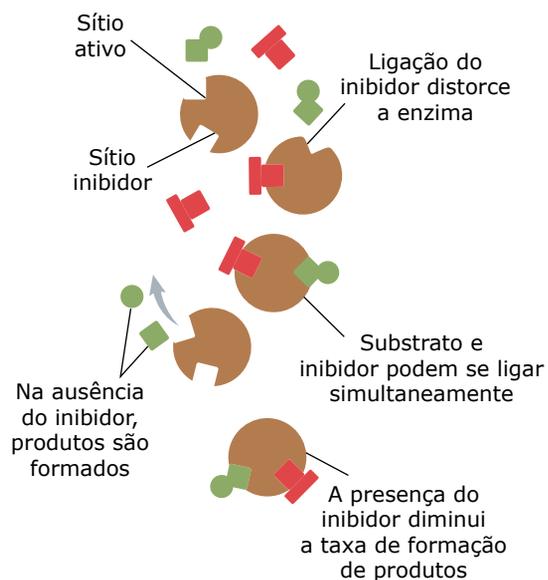
A atividade enzimática pode ser inibida quando

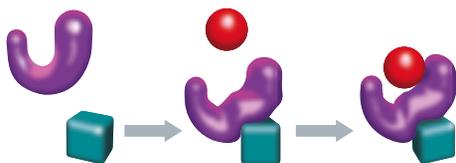
- uma espécie química, não reagente, forma um complexo com uma enzima mais estável do que o complexo ES, o que bloqueia a entrada do substrato. Esse tipo de inibição é denominado inibição competitiva.



Inibição competitiva.

- uma espécie química se conecta a uma região da enzima que não corresponde ao sítio ativo, mas promove uma deformação de sua estrutura tridimensional, distorcendo o sítio ativo, e bloqueia a entrada do substrato. Esse tipo de inibição é denominado inibição alostérica.





Inibição alostérica.

Fatores que influenciam a velocidade de uma reação enzimática

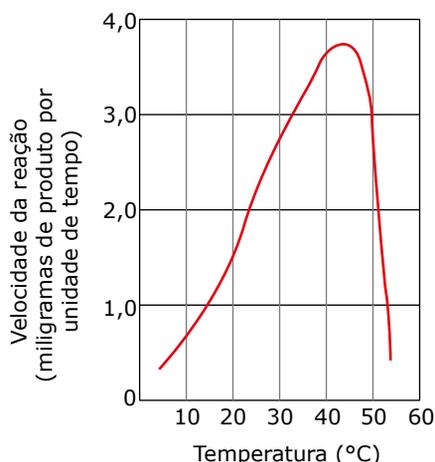
Três fatores influenciam a velocidade de uma reação enzimática: a temperatura, a concentração dos substratos e o pH do meio reacional.

Temperatura

A velocidade das reações químicas aumenta com a elevação da temperatura. Contudo, nas reações enzimáticas, a velocidade das reações tende a diminuir quando a temperatura ultrapassa 40 °C. Isso ocorre porque, em temperaturas elevadas, as estruturas secundária e terciária das enzimas sofrem alterações, afetando a sua configuração espacial e interferindo na interação da enzima com o substrato.

Em temperaturas superiores a 70 °C, as reações enzimáticas geralmente cessam, pois ocorre a desnaturação completa e irreversível da maioria das enzimas.

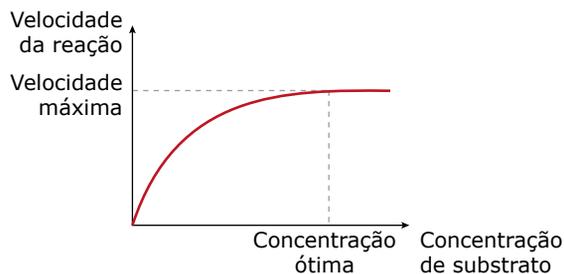
A temperatura na qual a atividade da enzima é máxima é denominada temperatura ótima. Nos animais homeotérmicos, capazes de manter a temperatura corporal constante, a temperatura ótima se encontra, geralmente, no intervalo de 35 °C e 40 °C. Nos animais peclotermos, cuja temperatura corporal é variável, a temperatura ótima de atuação de suas enzimas é de, aproximadamente, 25 °C.



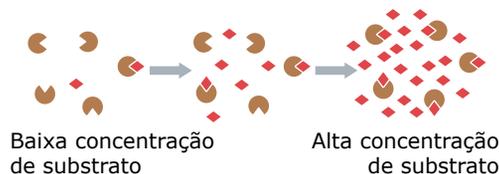
A temperatura ótima registrada no gráfico é de 42 °C.

Concentração do substrato

Quando a concentração das enzimas é constante, o aumento da concentração do substrato aumenta a velocidade da reação até que seja atingida a velocidade máxima.



A velocidade máxima é atingida quando as alterações na concentração do substrato não aumentarem a velocidade da reação química. Isso ocorre porque as enzimas, a partir do ponto de velocidade máxima, tornam-se reagentes limitantes de uma das etapas do processo de catálise enzimática.

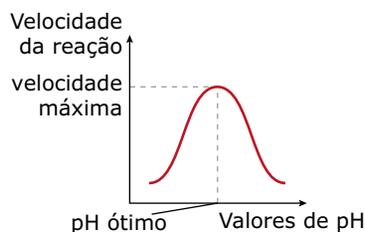


A concentração do substrato na qual a atividade da enzima e a velocidade da reação são máximas é denominada concentração ótima.

Potencial hidrogeniônico (pH)

As enzimas apresentam uma distribuição de cargas elétricas por sua cadeia e, em especial, no sítio catalítico, que é ideal para a catálise. Essa distribuição de carga é alterada em função do pH do meio reacional.

As enzimas têm um pH ótimo, no qual a sua estrutura tridimensional é tal que permite que elas catalisem com maior eficiência uma determinada reação química. No pH ótimo, a velocidade da reação é máxima.



Em meios reacionais com valores de pH abaixo (mais ácidos) ou acima (mais básicos) do pH ótimo, a atividade da enzima e a velocidade da reação por ela catalisada diminuem porque a sua forma tridimensional se altera.

O pH ótimo varia de uma enzima para outra.

Exemplos de enzimas humanas:

Enzima	pH ótimo
Pepsina	2,5
Tripsina	8,5
Ptialina	6,8
Arginase	9,8

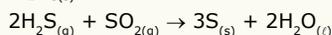
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (PUC Minas) Um catalisador é uma substância que acelera a velocidade de uma reação promovendo um caminho molecular diferente para seu acontecimento. É correto afirmar que o catalisador
- diminui a energia de ativação da reação.
 - diminui a entalpia da reação.
 - aumenta a entalpia da reação.
 - é consumido durante a reação.

- 02.** (UESPI) Pesquisadores do Instituto Max Planck, na Alemanha, conseguiram ativar o CO_2 para uso em uma reação química. Esse procedimento é um primeiro passo para um sonho antigo do homem: realizar a fotossíntese artificial. Para isto, os pesquisadores se utilizaram de um catalisador sem metal. Nesse sentido, qual o papel de um catalisador em uma reação química?
- Diminuir as energias de reagentes e produtos.
 - Encontrar um novo caminho reacional com uma menor energia de ativação.
 - Ser consumido durante a reação, propiciando uma maior quantidade de reagente.
 - Eliminar completamente a energia de ativação.
 - Inibir os choques efetivos de reagentes e produtos.

- 03.** (UFSM-RS) O enxofre é usado na indústria para produzir ácido sulfúrico e para vulcanizar a borracha. A obtenção de enxofre a partir de $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ e $\text{SO}_{2(g)}$ requer o uso do catalisador $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$, conforme a reação:



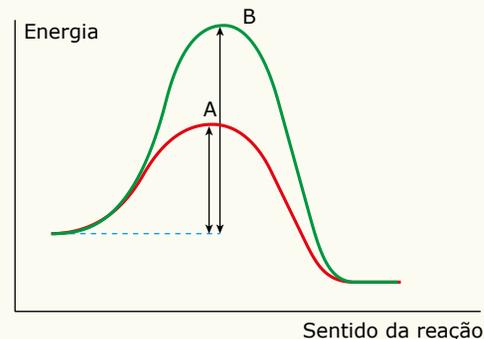
Essa reação é importante para reduzir os gases no meio ambiente. Com referência à reação, é correto afirmar:

- Na ausência do $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$, a energia de ativação é baixa; por isso, a reação é lenta.
- Trata-se de catálise heterogênea, pois o catalisador e os reagentes estão em fases distintas, formando um sistema heterogêneo.
- O $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$ é consumido, pois se trata de catálise heterogênea.
- Trata-se de catálise homogênea, pois o H_2S e o SO_2 estão em fase gasosa, formando um sistema homogêneo.
- O $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$ participa da reação, mas não é consumido nessa catálise homogênea.

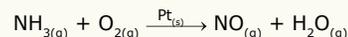
- 04.** (UEMA) A Fórmula Indy de automobilismo, realizada em Indianópolis - Estados Unidos, usa o metanol como combustível que, em combustão, possui chama invisível. Por isso são comuns acidentes nos quais os pilotos se queimam sem que o fogo seja visto. Uma forma de obtenção desse composto pode ser reagir dióxido de carbono gasoso mais gás hidrogênio e utilizar como catalisador o $\text{CrO}_3\text{-ZnO}$ (sólido branco e granular) numa temperatura na faixa de 320-380 °C e pressão de 340 atm.

Considerando o exposto, responda aos itens a e b.

- Que tipo de catálise é usado no processo de obtenção do metanol? Justifique sua resposta.
- Identifique no gráfico a seguir a curva que representa a reação que utiliza um catalisador. Explique sua opção.



- 05.** (Unit-AL-2018)



A equação química, não balanceada, representa um processo de obtenção do óxido de nitrogênio (II), um agente poluidor do ar atmosférico.

Com base nessas informações e após balanceamento da equação com os menores coeficientes estequiométricos inteiros, analise as afirmativas e marque com V as verdadeiras e com F, as falsas

- A platina perde massa durante a reação.
- A reação representada é de catálise heterogênea.
- A equação química representa uma reação de oxirredução.
- A quantidade de matéria de água formada na reação química representada é 5,0 mols.
- O número de átomos de oxigênio, no primeiro membro da equação química, é diferente no segundo.

A alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo, é a

- V F V F V
- V V F V F
- F V F F V
- F F V V F
- F V V F F

- 06.** A alternativa falsa é:

- Enzimas são catalisadores produzidos pelos seres vivos que aceleram reações de interesse do metabolismo do próprio ser vivo.
- Na descrição do mecanismo de uma reação química, a etapa lenta é a que possui menor energia de ativação.
- Nas reações heterogêneas, quanto maior for a área de contato entre reagentes, maior será a rapidez da reação.
- Um aumento da temperatura tende a aumentar a rapidez das reações químicas.
- Um catalisador acelera a rapidez das reações porque diminui a energia de ativação.

- 07.** (UFSM-RS) Numere a 2ª coluna de acordo com a 1ª.
- Catalisador
 - Veneno
 - Promotor ou ativador
 - Catálise homogênea
 - Catálise heterogênea
 - Autocatálise
- () Um dos produtos da reação age como catalisador da própria reação.
- () Todos os participantes da reação constituem uma só fase.
- () Há diminuição ou anulação do efeito catalisador.
- () Há acentuação do efeito catalisador.
- () Uma substância sólida catalisa a reação entre dois gases ou líquidos.

A sequência correta é

- 6 - 4 - 2 - 3 - 5.
- 6 - 5 - 3 - 1 - 2.
- 3 - 4 - 2 - 6 - 5.
- 4 - 2 - 3 - 1 - 6.
- 4 - 2 - 6 - 3 - 5.

08.
VY47



(Cesgranrio) Indústrias farmacêuticas estão investindo no arranjo espacial dos átomos nas moléculas constituintes dos princípios ativos de seus medicamentos, de forma a torná-los mais efetivos no tratamento de moléstias, podendo alterar ou inativar determinada função biológica. Já estão sendo liberados no mercado produtos resultantes dos mais avançados centros de pesquisa. Com isso, os atuais genéricos estão-se tornando meros coadjuvantes de novas tecnologias, como a "estereosseletividade", que já é dominada por alguns laboratórios de pesquisa farmacêutica. Um exemplo é o fármaco conhecido como clorazepate, genérico do racemato, pois a produção de um dos enantiômeros puros desse mesmo fármaco já é resultado da tecnologia de "estereosseletividade".

A forma espacial de uma cadeia proteica tem particular importância para a sua função. Cada enzima, por exemplo, tem um centro ativo que lhe permite o "encaixe" com o seu substrato e a promoção da reação. A redução na velocidade da reação enzimática ou sua inibição pode ser causada pela deformação espacial da enzima. Esta deformação pode ser produzida por alterações significativas na

- concentração do substrato e no pH.
- concentração do substrato e da enzima.
- temperatura e no pH.
- temperatura e na concentração do substrato.
- temperatura e na concentração da enzima.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UNITAU-SP) Assinale a alternativa correta em relação aos fatores que alteram a velocidade das reações.
- A temperatura não exerce influência na velocidade de uma reação.
 - A função de um catalisador é aumentar a energia de ativação, o que proporciona um aumento expressivo na velocidade.
 - A velocidade de uma reação é diretamente proporcional ao produto das concentrações molares dos reagentes, elevadas a expoentes que são calculados experimentalmente.
 - Quanto maior for a superfície de contato dos reagentes, menor será a velocidade da reação.
 - A pressão não exerce influência sobre a velocidade de reações no estado gasoso.

- 02.** (OBC-2017) A indústria petroquímica é comumente dividida em três segmentos: as empresas de primeira, de segunda e de terceira geração. As empresas de primeira geração são produtoras de petroquímicos básicos denominados *commodities*. Nessas empresas, o esforço tecnológico atual é fortemente voltado para o aumento de eficiência de processo, tanto para aumento de produtividade como para melhoria no grau de pureza do produto, através, principalmente, do desenvolvimento de melhores catalisadores e do controle de processo. Referente a atuação de um catalisador em um processo químico, afirma-se que o catalisador
- diminui a energia de ativação da reação;
 - aumenta a velocidade da reação;
 - desloca o equilíbrio da reação favorecendo a formação do produto;
 - torna o processo exotérmico.

Dessas afirmativas, são corretas aquelas citadas apenas em

- I e II.
- I, III e IV.
- I e IV.
- II e III.
- II e IV.

03.
N2A1



(ITA-SP) Entre as afirmações a seguir, todas relativas à ação de catalisadores, assinale a errada.

- Um bom catalisador para uma certa polimerização também é um bom catalisador para a respectiva despolimerização.
- Enzimas são catalisadores, via de regra, muito específicos.
- Às vezes, as próprias paredes de um recipiente podem catalisar uma reação numa solução contida no mesmo.
- A velocidade de uma reação catalisada depende da natureza do catalisador, mas não de sua concentração na fase reagente.
- Fixadas as quantidades iniciais dos reagentes postos em contato, as concentrações no equilíbrio final independem da concentração do catalisador adicionado.

- 02.** (Enem) O milho verde recém-colhido tem um sabor adocicado. Já o milho verde comprado na feira, um ou dois dias depois de colhido, não é mais tão doce, pois cerca de 50% dos carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado são convertidos em amido nas primeiras 24 horas.

Para preservar o sabor do milho verde, pode-se usar o seguinte procedimento em três etapas:

- 1º – descascar e mergulhar as espigas em água fervente por alguns minutos;
- 2º – resfriá-las em água corrente;
- 3º – conservá-las na geladeira.

A preservação do sabor original do milho verde pelo procedimento descrito pode ser explicada pelo seguinte argumento:

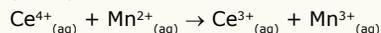
- A) O choque térmico converte as proteínas do milho em amido até a saturação; este ocupa o lugar do amido que seria formado espontaneamente.
- B) A água fervente e o resfriamento impermeabilizam a casca dos grãos de milho, impedindo a difusão de oxigênio e a oxidação da glicose.
- C) As enzimas responsáveis pela conversão desses carboidratos em amido são desnaturadas pelo tratamento com água quente.
- D) Micro-organismos que, ao retirarem nutrientes dos grãos, convertem esses carboidratos em amido, são destruídos pelo aquecimento.
- E) O aquecimento desidrata os grãos de milho, alterando o meio de dissolução onde ocorreria espontaneamente a transformação desses carboidratos em amido.

- 03.** Um catalisador acelera uma reação fornecendo um caminho alternativo – um mecanismo de reação diferente – entre reagentes e produtos. Esse novo caminho tem energia de ativação mais baixa do que o caminho original.

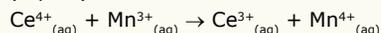
ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química – Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. [Fragmento]

A sequência a seguir mostra as etapas de uma reação em que há atuação de um catalisador:

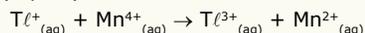
1ª etapa (lenta):



2ª etapa (rápida):



3ª etapa (rápida):



Considerando o processo global e as suas três etapas, pode-se dizer que a espécie que atua como catalisador é

- A) Ce^{4+} .
- B) Ce^{3+} .
- C) Mn^{2+} .
- D) Mn^{3+} .
- E) Tl^{+} .

SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

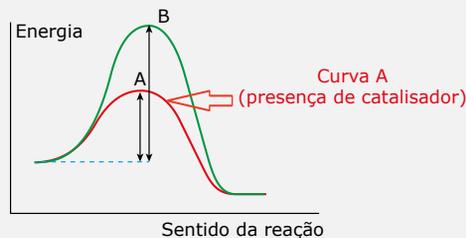
01. A 02. B 03. B

04.

- A) O tipo de catálise é a heterogênea, pois os reagentes e os catalisadores apresentam diferentes estados de agregação.



- B) Na presença do catalisador a energia de ativação diminui.



05. E 07. A
 06. B 08. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. C 05. C
 02. A 06. D
 03. D 07. B
 04. Soma = 21

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. B
 02. C
 03. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

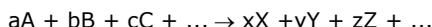
Lei da Velocidade

LEI DA AÇÃO DAS MASSAS

A partir de observações experimentais da influência da concentração dos reagentes na velocidade de uma reação, Guldberg e Waage enunciaram a lei da ação das massas:

A velocidade de uma reação é diretamente proporcional ao produto das concentrações dos reagentes elevadas a expoentes determinados experimentalmente a uma dada temperatura.

Para uma reação genérica



em que

A, B, C... → são reagentes

X, Y, Z... → são produtos e

a, b, c, ... x, y, z são os coeficientes estequiométricos de reagentes e produtos em uma reação balanceada. A lei da ação das massas é expressa matematicamente por

$$v \propto [A]^a \cdot [B]^b \cdot [C]^c \dots$$

Nem sempre os expoentes das respectivas concentrações molares correspondem aos coeficientes estequiométricos.

Para transformarmos uma proporcionalidade em uma igualdade, basta inserirmos uma constante multiplicativa.

$$v = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b \cdot [C]^c \dots$$

em que k é a constante de velocidade, que é específica. Cada reação possui a sua constante de velocidade e esta depende da temperatura.

OBSERVAÇÃO

A lei da ação das massas se aplica à velocidade em um certo instante, ou seja, ela mede a velocidade instantânea e não a velocidade média.

Quando temos, em um sistema heterogêneo, reagentes no estado sólido, estes não participam da equação da lei da ação das massas, pois sua concentração molar é constante e a sua influência, na velocidade da reação, não está associada com a concentração, mas sim com a superfície de contato.



$$v = k \cdot [\text{Na}_2\text{O}] \cdot [\text{CO}_2] \quad \text{e} \quad [\text{Na}_2\text{O}] = \text{constante } k'$$

$$v = k \cdot k' \cdot [\text{CO}_2]$$

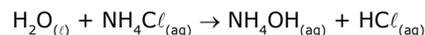
$$v = k^* \cdot [\text{CO}_2]$$

em que

$$k^* = k \cdot k'$$

A concentração de sólidos e líquidos já se encontra computada na constante de velocidade.

Quando temos reagentes líquidos em excesso, em soluções diluídas ou correspondendo a uma fase de um sistema heterogêneo, suas concentrações são praticamente constantes e estes não participam da equação da lei da ação das massas.



$$v = k \cdot [\text{H}_2\text{O}] \cdot [\text{NH}_4\text{Cl}] \quad \text{e} \quad [\text{H}_2\text{O}] = \text{constante } k'$$

$$v = k \cdot k' \cdot [\text{NH}_4\text{Cl}]$$

$$v = k^* \cdot [\text{NH}_4\text{Cl}]$$

em que

$$k^* = k \cdot k'$$

Da equação da lei da ação das massas, só participam reagentes gasosos ou em solução aquosa.

Lei da ação das massas para sistemas gasosos

A equação de Clapeyron pode ser utilizada para calcular a pressão parcial de um gás.

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$p = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T$$

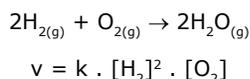
E como

$$n/v = []$$

$$p = [] \cdot R \cdot T$$

$$[] = \frac{p}{R \cdot T}$$

Tendo como exemplo a equação



Substituindo-se os valores das concentrações

$$v = k \cdot \left(\frac{p_{\text{H}_2}}{RT}\right)^2 \cdot \frac{p_{\text{O}_2}}{RT}$$

$$v = k \cdot \frac{p_{\text{H}_2}^2}{R^2 T^2} \cdot \frac{p_{\text{O}_2}}{RT}$$

$$v = k \cdot \frac{p_{\text{H}_2}^2 \cdot p_{\text{O}_2}}{R^3 T^3}$$

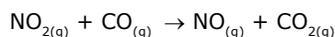
A uma temperatura constante, $\frac{k}{R^3 T^3}$ é constante, logo

$$v = k' \cdot p_{\text{H}_2}^2 \cdot p_{\text{O}_2}$$

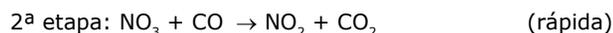
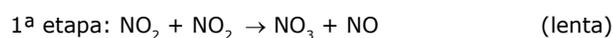
A velocidade instantânea para um sistema com participantes gasosos é diretamente proporcional às pressões parciais destes elevadas a seus respectivos coeficientes estequiométricos.

Lei da ação das massas para reações que ocorrem em etapas

Quando uma reação química é processada em etapas, a etapa mais lenta é a que determina a velocidade da reação.



Ocorre em duas etapas:



A 1ª etapa irá determinar a velocidade da reação, logo:

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

ORDEM E MOLECULARIDADE EM UMA REAÇÃO



Ordem de uma reação é a soma dos expoentes encontrados na lei da ação das massas.

$$v = k \cdot [\text{N}_2]^1 \cdot [\text{H}_2]^1 \rightarrow 2^{\text{a}} \text{ ordem}$$

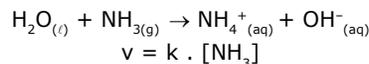
$$v = k \cdot [\text{H}_2]^2 \cdot [\text{CO}_2]^1 \rightarrow 3^{\text{a}} \text{ ordem}$$

$$v = k \cdot [\text{HCl}]^1 \rightarrow 1^{\text{a}} \text{ ordem}$$

$$v = k \rightarrow \text{ordem zero}$$

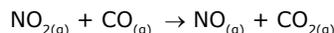
Molecularidade de uma reação é o número de espécies reagentes que se chocam na reação ou na etapa mais lenta da reação.

Exemplo:

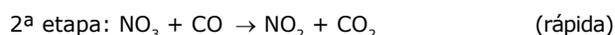
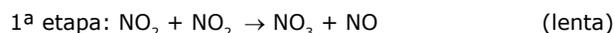


Reação de 1ª ordem, porém de molecularidade 2 ou bimolecular. A molecularidade também pode ser determinada em relação a cada reagente.

Exemplo:



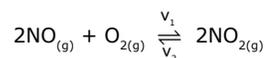
Ocorre em duas etapas:



A segunda etapa apresenta molecularidade 2 ou bimolecular ou molecularidade 1 em relação a NO_3 , e molecularidade 1 em relação ao CO .

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

01. Uma reação importante na Química que trata da poluição é a reação entre os gases monóxido de nitrogênio, NO , e oxigênio, O_2 , segundo a equação balanceada



Processando-se a reação representada anteriormente em um recipiente fechado e em condições tais que a velocidade da reação direta, v_1 , obedeça à equação $v_1 = k_1 \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$, de quanto ficará multiplicada a velocidade v_1 duplicando-se simultaneamente as concentrações de NO e O_2 ?

Resolução:

Como não conhecemos os valores das concentrações iniciais, denominaremos

$$[\text{NO}]_i = x$$

$$[\text{O}_2]_i = y$$

Logo,

$$v_1 = k \cdot (x)^2 \cdot y$$

Duplicando-se simultaneamente as concentrações, temos:

$$[\text{NO}]_f = 2x$$

$$[\text{O}_2]_f = 2y$$

Assim,

$$v_f = k \cdot (2x)^2 \cdot 2y$$

$$v_f = k \cdot 4 \cdot x^2 \cdot 2y$$

$$v_f = 8 \cdot k \cdot x^2 \cdot y$$

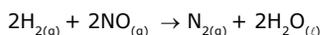
Como

$$k \cdot x^2 \cdot y \text{ é igual a } v_i, \text{ logo:}$$

$$v_f = 8 \cdot v_i$$

Resposta: A velocidade é multiplicada por 8.

02. A uma dada temperatura, fez-se a seguinte reação:



Mediu-se a variação da concentração dos reagentes em função da velocidade da reação obtendo-se os seguintes resultados:

Experiência	[H ₂]	[NO]	Velocidade
I	2	6	40
II	1	6	20
III	6	2	12
IV	6	1	3

Determinar a equação de velocidade para essa reação.

Resolução A:

Comparando-se as experiências I e II, nas quais a [NO] é constante, observa-se que, reduzindo-se à metade a concentração de H₂, a velocidade também é reduzida à metade.

Então,

$$v = k \cdot [\text{H}_2]^1$$

pois

$$\frac{1}{2}v = k \cdot \frac{1}{2}[\text{H}_2]^1$$

Comparando-se as experiências III e IV, nas quais a [H₂] é constante, observa-se que a concentração de NO é reduzida à metade, e a velocidade é reduzida à quarta parte.

Então,

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

pois

$$\frac{1}{4}v = k \cdot \left(\frac{1}{2}[\text{NO}]\right)^2$$

Logo,

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

Resolução B:

Pelo processo da resolução exponencial, temos:

$$v = k \cdot [\text{H}_2]^a \cdot [\text{NO}]^b$$

Para calcularmos o expoente α , dividiremos v_I por v_{II} :

$$\frac{v_I}{v_{II}} = \frac{k \cdot (2)^a \cdot (6)^b}{k \cdot (1)^a \cdot (6)^b}$$

$$\frac{40}{20} = 2^a$$

$$2^a = 2$$

$$\alpha = 1$$

E para calcularmos o expoente β , dividiremos v_{III} por v_{IV} :

$$\frac{v_{III}}{v_{IV}} = \frac{k \cdot (6)^a \cdot (2)^b}{k \cdot (6)^a \cdot (1)^b}$$

$$\frac{12}{2} = 2^\beta$$

$$2^\beta = 4$$

$$\beta = 2$$

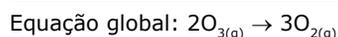
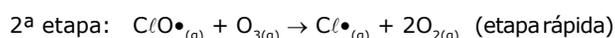
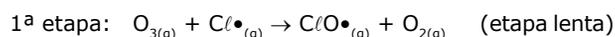
Logo,

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

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DO CATALISADOR NA VELOCIDADE DAS REAÇÕES



A concentração do catalisador pode influenciar a velocidade das reações em catálises homogêneas. Veja o exemplo da catálise homogênea do cloro radical livre ($\text{Cl}\cdot_{(g)}$) na destruição da camada de ozônio:

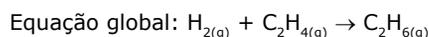
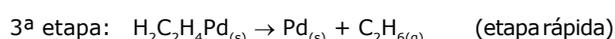
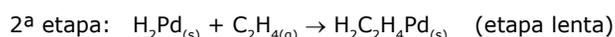
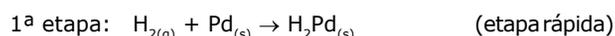


Nesse processo, o cloro radical livre corresponde ao catalisador homogêneo, e o radical livre $\text{ClO}\cdot_{(g)}$ é o intermediário do processo. Como a etapa lenta do processo corresponde à primeira etapa, a lei de velocidade é igual a

$$v_{\text{catalisado}} = k_{\text{catalisado}} \cdot [\text{O}_{3(g)}] \cdot [\text{Cl}\cdot_{(g)}]$$

Isso significa que, quanto maior for a concentração molar do catalisador, maior será a velocidade da reação de decomposição do ozônio.

Os catalisadores heterogêneos geralmente são sólidos pulverizados e porosos, e suas concentrações são sempre constantes. É por esse motivo que, em catálises heterogêneas, a concentração do catalisador não influencia a velocidade da reação. Veja o exemplo da catálise heterogênea do paládio ($\text{Pd}_{(s)}$) na hidrogenação do etileno:



Nesse processo, as espécies químicas $\text{H}_2\text{Pd}_{(s)}$ e $\text{H}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{Pd}_{(s)}$ são os intermediários do processo. Como a etapa lenta do processo corresponde à segunda etapa, a lei de velocidade é igual a

$$v_{\text{catalisado}} = k_{\text{catalisado}} \cdot [\text{C}_2\text{H}_{4(g)}]$$

A influência do catalisador heterogêneo na velocidade da reação se dá na alteração do valor da constante de velocidade da reação. A constante da velocidade da reação catalisada é maior do que a constante de velocidade da reação não catalisada.

FATORES QUE ALTERAM O VALOR DA CONSTANTE DE VELOCIDADE DAS REAÇÕES



Svante Arrhenius estudou o efeito da temperatura na velocidade das reações químicas e, utilizando dados experimentais, obteve uma equação (empírica), a qual denominamos equação de Arrhenius:

$$k = \frac{A}{e^{\frac{E_a}{RT}}}$$

Em que

A = Constante denominada fator pré-exponencial. Esse fator está associado à frequência de colisões entre as partículas reagentes. Embora o valor de A dependa ligeiramente da temperatura, esse efeito pode ser desprezado para pequenos intervalos de temperatura.

E_a = Energia de ativação da reação.

e = Número de Euler. É a base do logaritmo natural ou neperiano. É uma constante cujo valor é 2,718.

R = Constante universal dos gases.

T = Temperatura na escala kelvin.

A influência da temperatura no valor da constante de velocidade

Quando aumentamos a temperatura de uma reação química, diminuimos o valor $e^{(E_a/RT)}$, o que aumenta o valor da constante de velocidade e, conseqüentemente, a velocidade da reação química.

A influência da ação de catalisadores no valor da constante de velocidade

A presença de um catalisador no meio reacional proporciona à reação um caminho alternativo, que apresenta menor energia de ativação. A diminuição do valor da energia de ativação diminui o valor $e^{(E_a/RT)}$, o que aumenta o valor da constante de velocidade e, conseqüentemente, a velocidade da reação química.

A influência da superfície de contato entre os reagentes no valor da constante de velocidade

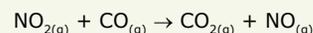
Quando aumentamos a superfície de contato entre os reagentes, estamos aumentando a frequência de colisões entre as partículas reagentes e, também, o valor do fator pré-exponencial, o que aumenta o valor da constante de velocidade e, conseqüentemente, a velocidade da reação química.

É por esse motivo que os catalisadores heterogêneos são mais eficientes quando encontram-se pulverizados e porosos.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



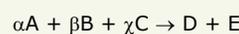
01. (UFRGS-RS) Na reação



a lei cinética é de segunda ordem em relação ao dióxido de nitrogênio e de ordem zero em relação ao monóxido de carbono. Quando, simultaneamente, dobrar-se a concentração de dióxido de nitrogênio e reduzir-se a concentração de monóxido de carbono pela metade, a velocidade da reação

- será reduzida a um quarto do valor anterior.
- será reduzida à metade do valor anterior.
- não se alterará.
- duplicará.
- aumentará por um fator de 4 vezes.

02. (EsPCEX-SP-2018) O estudo da velocidade das reações é muito importante para as indústrias químicas, pois conhecê-la permite a proposição de mecanismos para uma maior produção. A tabela a seguir apresenta os resultados experimentais obtidos para um estudo cinético de uma reação química genérica elementar.

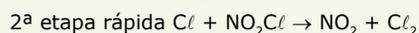
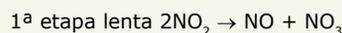


Experimento	[A]	[B]	[C]	Velocidade (mol.L ⁻¹ .s ⁻¹)
1	0,10	0,10	0,10	4 . 10 ⁻⁴
2	0,20	0,10	0,10	8 . 10 ⁻⁴
3	0,10	0,20	0,10	8 . 10 ⁻⁴
4	0,10	0,10	0,20	1,6 . 10 ⁻³

A partir dos resultados experimentais apresentados na tabela, pode se afirmar que a expressão da equação da lei da velocidade (v) para essa reação química é

- $v = k[A]^1[B]^1[C]^2$.
- $v = k[A]^2[B]^1[C]^2$.
- $v = k[A]^2[B]^2[C]^1$.
- $v = k[A]^1[B]^1[C]^1$.
- $v = k[A]^0[B]^1[C]^1$.

03. (PUC Minas) O mecanismo proposto para reação de decomposição do cloreto de nitrila ($2\text{C}\ell\text{NO}_2 \rightarrow \text{C}\ell_2 + 2\text{NO}_2$) é constituído de 2 etapas:



É correto afirmar que a velocidade da reação de decomposição do $\text{C}\ell\text{NO}_2$

- depende das velocidades das duas etapas.
- depende da velocidade da segunda etapa.
- não depende das velocidades das duas etapas.
- depende da velocidade da primeira etapa.

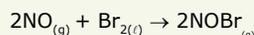
04.
V2NE

(PUC Minas–2019) Considere que a reação de decomposição da água oxigenada: $2\text{H}_2\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$, em certas condições, a velocidade de formação de O_2 é $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$. Nessas condições, a velocidade de decomposição será:

- A) $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 B) $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 C) $5,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$
 D) $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$

05.

(ASCES-PE) A maior parte das reações químicas ocorre em várias etapas, que são chamadas de reações elementares. O óxido nítrico reage com bromo, produzindo NOBr de acordo com a reação:



O seguinte mecanismo foi proposto para a referida reação:

Etapas 1: $\text{NO} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{NOBr}_2$ (lenta)

Etapas 2: $\text{NOBr}_2 + \text{NO} \rightarrow 2\text{NOBr}$ (rápida)

Com relação a esse mecanismo, as seguintes afirmações foram feitas:

1) A reação elementar 1 é unimolecular e, portanto, a molecularidade desta reação é igual a 1.

2) A lei de velocidade sugerida por esse mecanismo é:

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

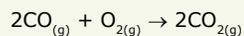
3) A etapa determinante da velocidade da reação é a etapa 2.

Está(ão) correta(s) apenas

- A) 1.
 B) 2.
 C) 3.
 D) 1 e 2.
 E) 2 e 3.

06.
XGUG

(UEL-PR) O monóxido de carbono é um gás incolor, sem cheiro e muito reativo. Ele reage, por exemplo, com o gás oxigênio formando o dióxido de carbono, de acordo com a equação química a seguir:



Experimentalmente observam-se as informações que estão no quadro a seguir:

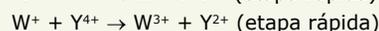
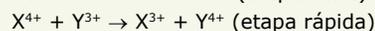
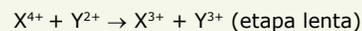
[CO] (mol.L ⁻¹)	[O ₂] (mol.L ⁻¹)	Velocidade inicial (mol.L ⁻¹ .min ⁻¹)
0,04	0,04	$7,36 \cdot 10^{-5}$
0,08	0,04	$2,94 \cdot 10^{-4}$
0,04	0,08	$1,47 \cdot 10^{-4}$

Considerando a equação química e os dados do quadro, assinale a alternativa correta.

- A) Para a lei de velocidade, a expressão para esta reação é $v = k \cdot [\text{CO}_2]^2$.
 B) Conforme aumenta a concentração do produto, aumenta a velocidade da reação.
 C) Esta é uma reação de ordem zero com relação ao CO_2 e de segunda ordem quanto à reação global.
 D) A velocidade de formação do CO_2 nesta reação é independente da concentração de O_2 .
 E) O valor da constante de velocidade para esta reação é $1,15 \text{ L}^2\cdot\text{mol}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$.

07.
4W41

(CMMG) Considere o seguinte mecanismo de reação genérica.

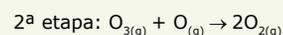
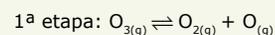


Com relação a este mecanismo, assinale a opção incorreta.

- A) Y^{2+} é catalisador.
 B) A reação é de segunda ordem.
 C) A lei de velocidade é descrita pela equação $v = k[\text{W}^+][\text{X}^{4+}]$.
 D) A reação global é representada pela equação $\text{W}^+ + 2\text{X}^{4+} \rightarrow \text{W}^{3+} + 2\text{X}^{3+}$.

08.
Y190

(UFES) O gás ozônio (O_3) se decompõe naturalmente, formando gás oxigênio (O_2) na presença da radiação ultravioleta. Suponha que a reação de fotodecomposição do ozônio ocorra em duas etapas, segundo o mecanismo a seguir:



Suponha, ainda, que a lei de velocidade proposta para a reação de fotodecomposição do gás ozônio é $v = k \cdot [\text{O}_3] \cdot [\text{O}]$. Com base nessas informações, faça o que se pede.

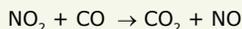
- A) Identifique a etapa (ou reação) determinante para a expressão da lei de velocidade da reação de fotodecomposição do gás ozônio.
 B) Determine a ordem global da reação de fotodecomposição do gás ozônio.
 C) Considerando o quadro a seguir, que apresenta dados experimentais relativos à reação de fotodecomposição do gás ozônio, determine a constante de velocidade da reação (k) e a velocidade da reação para o experimento 2 (v_2).

Experimento	Concentração de O_3 (mol.L ⁻¹)	Concentração de O (mol.L ⁻¹)	Velocidade da reação (mol.L ⁻¹ .min ⁻¹)
1	0,20	0,20	0,40
2	0,40	0,40	v_2

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

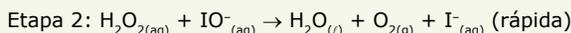
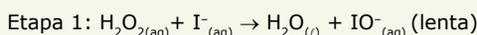


01. (FUVEST-SP) O estudo cinético, em fase gasosa, da reação representada por



mostrou que a velocidade da reação não depende da concentração de CO, mas depende da concentração de NO₂ elevada ao quadrado. Esse resultado permite afirmar que

- A) o CO atua como catalisador.
 B) o CO é desnecessário para a conversão de NO₂ em NO.
 C) o NO₂ atua como catalisador.
 D) a reação deve ocorrer em mais de uma etapa.
 E) a velocidade da reação dobra se a concentração inicial de NO₂ for duplicada.
02. (FCM-PB) Conhecer os fundamentos teóricos da cinética química é de grande importância, principalmente para as indústrias químicas. Afinal, acelerando-se as reações, reduz-se o tempo gasto com a produção, tornando os processos químicos mais econômicos e os produtos finais mais competitivos no mercado. Com relação à cinética das reações, considere o mecanismo da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio em presença de íons iodeto.



Com base no mecanismo, assinale a alternativa correta.

- A) O íon IO⁻_(aq) é o intermediário da reação.
 B) O íon I⁻_(aq) atua aumentando a energia de ativação.
 C) A água é o complexo ativado da reação.
 D) A lei de velocidade do processo é $v = k [\text{H}_2\text{O}_2]^2$.
 E) A segunda etapa é a determinante da velocidade.

03. (UFPA) Os resultados de três experimentos, feitos para encontrar a lei de velocidade para a reação $2\text{NO}_{(\text{g})} + 2\text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{N}_{2(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$, encontram-se na Tabela 1 a seguir:

Experimento	[NO] inicial (mol.L ⁻¹)	[H ₂] inicial (mol.L ⁻¹)	Velocidade de consumo inicial de NO (mol.L ⁻¹ .s ⁻¹)
1	4,0 . 10 ⁻³	2,0 . 10 ⁻³	1,2 . 10 ⁻⁵
2	8,0 . 10 ⁻³	2,0 . 10 ⁻³	4,8 . 10 ⁻⁵
3	4,0 . 10 ⁻³	4,0 . 10 ⁻³	2,4 . 10 ⁻⁵

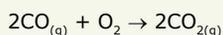
Velocidade inicial de consumo de NO_(g).

De acordo com esses resultados, é correto concluir que a equação de velocidade é

- A) $v = k \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{H}_2]^2$.
 B) $v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{H}_2]^2$.
 C) $v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{H}_2]$.
 D) $v = k \cdot [\text{NO}]^4 \cdot [\text{H}_2]^2$.
 E) $v = k \cdot [\text{NO}]^{1/2} \cdot [\text{H}_2]$.

04. (Unit-AL-2017)

Experimento	[CO] inicial em mol.L ⁻¹	[O ₂] inicial em mol.L ⁻¹	Velocidade inicial, em mol.L ⁻¹ s ⁻¹
I	1,0	2,0	4,0 . 10 ⁻⁶
II	2,0	2,0	8,0 . 10 ⁻⁶
III	1,0	1,0	1,0 . 10 ⁻⁶

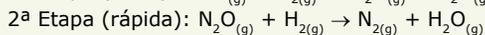
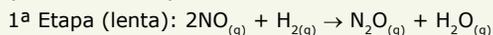


Quando uma reação química ocorre em uma única etapa, ela é considerada elementar. No entanto, a grande maioria das reações não é elementar e, portanto, ocorrem em várias etapas. Assim, a lei de velocidade de uma reação química é determinada experimentalmente.

Uma análise das informações da tabela, da equação química e do texto permite concluir:

- A) A constante de velocidade de reação, k, é igual a 1,0.
 B) A reação química é elementar porque ocorre em uma única etapa.
 C) A lei de velocidade da reação é representada pela expressão $v = k[\text{CO}][\text{O}_2]^2$.
 D) Ao se dobrar a concentração de CO_(g), a velocidade inicial da reação quadruplica.
 E) A molecularidade da reação química é três porque o processo ocorre a partir de uma colisão entre duas moléculas de CO_(g) com uma molécula de oxigênio, O_{2(g)}.

05. (UEFS-BA-2017)



O monóxido de nitrogênio ou óxido nítrico (NO) é um dos principais poluentes do ar atmosférico. As emissões desse gás, considerando a origem antropogênica, são resultados da queima, a altas temperaturas, de combustíveis fósseis em indústrias e em veículos automotores. Uma alternativa para reduzir a emissão de NO para a atmosfera é a sua decomposição em um conversor catalítico. Uma reação de decomposição do NO é quando este reage com gás hidrogênio, produzindo gás nitrogênio e vapor de água conforme as etapas em destaque. Ao realizar algumas vezes a reação do NO com H_2 , alterando a concentração de um ou de ambos os reagentes à temperatura constante, foram obtidos os seguintes dados:

[NO] mol/L	[H ₂] mol/L	Taxa de desenvolvimento (mol/L.h)
1 . 10 ⁻³	1 . 10 ⁻³	3 . 10 ⁻⁵
1 . 10 ⁻³	2 . 10 ⁻³	6 . 10 ⁻⁵
2 . 10 ⁻³	2 . 10 ⁻³	24 . 10 ⁻⁵

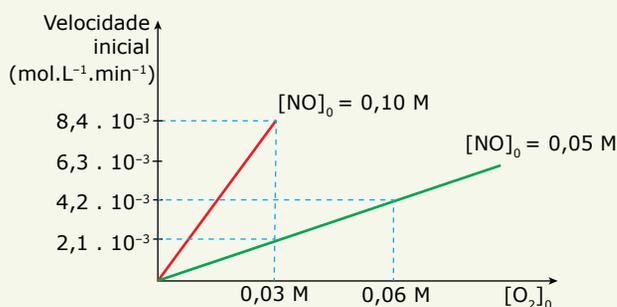
Com base nessas informações, é correto afirmar:

- A) O valor da constante k para a reação global é igual a 300.
 B) A taxa de desenvolvimento da reação global depende de todas as etapas.
 C) Ao se duplicar a concentração de H_2 e reduzir à metade a concentração de NO, a taxa de desenvolvimento não se altera.
 D) Ao se duplicar a concentração de ambos os reagentes, NO e H_2 , a taxa de desenvolvimento da reação torna-se quatro vezes maior.
 E) Quando ambas as concentrações de NO e de H_2 forem iguais a 3 . 10⁻³ mol/L, a taxa de desenvolvimento será igual a 81 . 10⁻⁵ mol/L.h.

06.



(UFPE) A determinação da lei de velocidade de uma reação é baseada em resultados experimentais. No estudo cinético da reação $\text{NO}_{(\text{g})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{NO}_{2(\text{g})}$, realizado na temperatura T, observou-se como a velocidade inicial da reação variou, de acordo com o gráfico a seguir:



Com base nas informações do gráfico, é correto afirmar que:

00. a ordem da reação em relação ao O_2 é 0,5.
 01. a reação é de segunda ordem em relação ao NO.
 02. a unidade de k é $\text{L}^2.\text{mol}^{-2}.\text{min}^{-1}$.
 03. na temperatura T, se $[\text{NO}] = [\text{O}_2] = 1 \text{ mol/L}$, a velocidade da reação será igual a $28 \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$.
 04. o aumento da concentração dos reagentes aumenta a velocidade da reação devido a uma diminuição da energia de ativação.

07.



(UFRGS-RS-2020) A reação do relógio de iodo é bastante comum em feiras de ciências e em demonstrações didáticas. Nela, a ocorrência de várias reações que envolvem iodo e compostos, contendo enxofre em diversos estados de oxidação, leva à formação de uma coloração azul súbita, dependente da concentração dos reagentes.

Uma possibilidade de realização dessa reação usa persulfato, tiosulfato e iodeto, e, nesse caso, uma das etapas é a reação entre o íon persulfato ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) e o íon iodeto (I^-), cuja velocidade de decomposição do persulfato foi determinada e encontra-se na tabela a seguir:

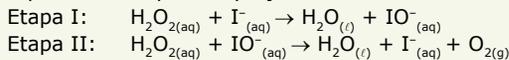
Experimento	Concentrações iniciais (mol.L ⁻¹)		Velocidade inicial (mol.L ⁻¹ .s ⁻¹)
	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	I^-	
1	0,08	0,16	0,512
2	0,08	0,32	1,024
3	0,32	0,16	2,048
4	0,16	0,40	x

Assinale a alternativa que apresenta a velocidade inicial x do experimento 4, em $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$, tendo em vista as condições expressas anteriormente.

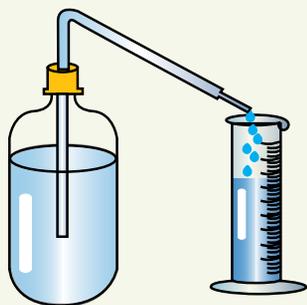
- A) 0,512
 B) 2,048
 C) 2,560
 D) 6,400
 E) 8,120



08. (UFMG) A reação de decomposição da água oxigenada, $H_2O_{2(aq)}$, foi realizada na presença do catalisador $KI_{(aq)}$. Essa reação ocorre em duas etapas consecutivas, representadas pelas equações:



- A) Escreva a equação da reação global de decomposição da água oxigenada.
 B) É comum afirmar-se que "um catalisador não participa da reação, embora aumente a velocidade dela". Considerando as equações das duas etapas e a equação da reação global solicitada no item A deste exercício, indique se essa afirmação é verdadeira ou falsa. Justifique sua resposta.
 C) Essa reação foi realizada e sua velocidade medida a partir do volume de líquido expelido pelo bico de uma garrafa lavadeira, como representado neste desenho:



Foram feitos três experimentos com variação das quantidades iniciais de $H_2O_{2(aq)}$ $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ e de $KI_{(aq)}$ $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Os dois reagentes foram misturados, juntamente com volumes de água escolhidos para que, nas três situações, fosse constante o volume total da solução. Na tabela a seguir, estão representadas as condições em que os experimentos foram realizados e, na última coluna, os volumes de líquido expelidos por minuto pelo bico da garrafa lavadeira:

Experimento	Volume/mL			Volume expelido por minuto/mL
	$H_2O_{2(aq)}$ $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$	$KI_{(aq)}$ $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$	H_2O	
I	50	100	150	8,5
II	100	100	100	17
III	100	50	150	8,5

A equação da velocidade da reação tem esta forma: velocidade = constante x (concentração de H_2O_2)^m x (concentração de KI)ⁿ.

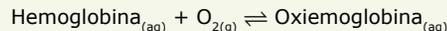
Nessa expressão, m e n são números inteiros constantes, determinados experimentalmente.

Considerando os resultados desses experimentos, indique os valores das constantes m e n. Explique como você encontrou esses valores.

SEÇÃO ENEM

01. Jogadores de futebol e alpinistas necessitam de um período de aclimação, a fim de se minimizarem os efeitos das grandes altitudes. Nesse tipo de situação, o ar é rarefeito e a baixa quantidade de oxigênio acarreta alguns desconfortos físicos, tais como dores de cabeça, fadiga, náuseas e, em casos mais graves, o indivíduo pode entrar no estado de coma, o que pode levá-lo ao óbito.

A hemoglobina é a responsável pelo transporte de oxigênio inalado para as células de nosso organismo na forma de oxiemoglobina. Esse processo é representado pela equação não balanceada:



Durante o período de aclimação, o organismo aumenta a taxa de produção de hemoglobina, restabelecendo os níveis de oxigenação nas células.

Os estudos da cinética dessa reação demonstram que, quando triplicamos a concentração de hemoglobina, a velocidade da conversão em oxiemoglobina triplica, e, quando duplicamos a concentração de oxigênio, essa velocidade duplica.

A lei de velocidade para o processo de conversão de hemoglobina em oxiemoglobina é

- A) $v = k \cdot [\text{Hemoglobina}_{(aq)}] \cdot [O_{2(g)}]^4$
 B) $v = k \cdot [\text{Hemoglobina}_{(aq)}]^2 \cdot [O_{2(g)}]^3$
 C) $v = k \cdot [\text{Hemoglobina}_{(aq)}] \cdot [O_{2(g)}]$
 D) $v = k \cdot [\text{Hemoglobina}_{(aq)}]^2 \cdot [O_{2(g)}]^2$
 E) $v = k \cdot [\text{Hemoglobina}_{(aq)}] \cdot [O_{2(g)}]^2$

SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



GABARITO

Aprendizagem

01. E
 02. A
 03. D

04. D
 05. B
 06. E

Meu aproveitamento

Acertei _____ Errei _____

08.
 A) A etapa determinante da reação é a segunda etapa: $O_{3(g)} + O_{(g)} \rightarrow O_{2(g)}$
 B) A ordem global da reação é 2 (2ª ordem).
 C) $k = 10,0 \text{ L.mol}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $v_2 = 1,6 \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$

Propostos

01. D
 02. A
 03. C
 04. C

Acertei _____ Errei _____

08.
 A) $2H_2O_{2(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$
 B) Indicação: Falsa.
 Justificativa: O catalisador $KI_{(aq)}$ participa como reagente na etapa I, sendo restituído na etapa II.
 C) Valor de $m = 1$.
 Valor de $n = 1$.

Nos experimentos I e II, dobrando-se a concentração, em mol.L^{-1} , de $H_2O_{2(aq)}$ e mantendo-se constante a concentração de $KI_{(aq)}$, a velocidade dobra. Nos experimentos II e III, reduzindo-se à metade a concentração, em mol.L^{-1} , de $KI_{(aq)}$ e mantendo-se constante a concentração de $H_2O_{2(aq)}$, a velocidade é reduzida à metade. Portanto, é possível afirmar que a velocidade da reação depende diretamente das concentrações dessas espécies químicas.

Seção Enem

01. C

Acertei _____ Errei _____



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Reações de Oxirredução e NOx

Um átomo se une a outro por meio da eletrosfera, formando, assim, as ligações químicas. Essas ligações podem se dar por compartilhamento ou por transferência de elétrons.

Em uma reação química, as ligações (ou algumas das ligações) dos reagentes são quebradas para dar origem a novas ligações no produto. Quando essa quebra ocorre com transferência de elétrons, dizemos que a reação química é de oxirredução ou redox.

Reação de oxirredução \Rightarrow É toda reação química em que há transferência de elétrons.

OXIDAÇÃO

Antigamente, o termo oxidação era relacionado à reação com o oxigênio, e oxidar era transformar-se em um óxido.

Atualmente, oxidar significa perder elétrons.

Quanto menor for a eletronegatividade de um elemento, maior será sua tendência a oxidar.

Observe a fila parcial de eletronegatividade:



Quanto mais à direita estiver o elemento nessa fila, maior será sua tendência a oxidar.

Na formação da ligação iônica entre potássio e flúor, há transferência de elétrons e formação de íons.



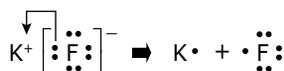
O potássio, por ser o elemento de menor eletronegatividade, perde o elétron e sofre oxidação; e o flúor, ao receber o elétron, sofre o fenômeno contrário, denominado redução.

REDUÇÃO

Antigamente, o termo redução significava "retorno ao estado inicial".

Atualmente, reduzir significa ganhar elétrons.

Veja:



Ao invertermos essa equação, o potássio volta à forma inicial, mas isso só é possível porque o flúor "devolve" o elétron que o potássio havia perdido.

NÚMERO DE OXIDAÇÃO (NOx)

O NOx é o número de elétrons perdidos ou recebidos quando

- um átomo realiza uma ligação iônica;
- há a quebra de todas as ligações covalentes realizadas pelo átomo, ficando os elétrons com o átomo mais eletronegativo.

Exemplo 1:

No composto FeO, ferro e oxigênio realizam ligação iônica.



Para o ferro \Rightarrow NOx = +2

Perdeu 2 elétrons \Rightarrow oxidou-se

Para o oxigênio \Rightarrow NOx = -2

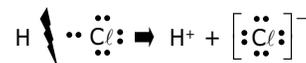
Ganhou 2 elétrons \Rightarrow reduziu-se

Exemplo 2:

Já no ácido clorídrico, H e Cl se unem por meio de uma ligação covalente.



Porém, se por qualquer motivo externo houver a ruptura da ligação, o cloro ficará com o par de elétrons devido à sua maior eletronegatividade.



Para o hidrogênio \Rightarrow NOx = +1

Perdeu 1 elétron \Rightarrow oxidou-se

Para o cloro \Rightarrow NOx = -1

Ganhou 1 elétron \Rightarrow reduziu-se

Vejamos alguns exemplos de NOx nos compostos moleculares:

- H₂ (hidrogênio)



Como não há diferença de eletronegatividade entre os ligantes, se houver a quebra, ela tende a ser homolítica.

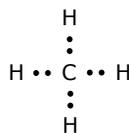


O NOx = 0, ambos exercem a mesma força de atração sobre o par de elétrons.

Isso é verificado em toda substância simples, NOx = 0.

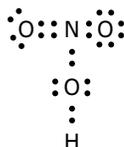
Exemplos: Cl₂, N₂, O₂ e F₂.

2. CH₄ (metano)



Como o carbono é mais eletronegativo, com a quebra das ligações, seu NO_x será -4, e cada hidrogênio terá NO_x = +1.

3. HNO₃ (ácido nítrico)



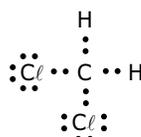
Se quebrarmos todas as ligações, o oxigênio, que é o elemento mais eletronegativo, irá ganhar todos os elétrons compartilhados. Sendo assim,

- H ⇒ NO_x = +1
- N ⇒ NO_x = +5
- O ⇒ NO_x = -2

OBSERVAÇÃO

Cada oxigênio ganhou 2 elétrons.

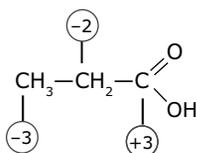
4. CH₂Cl₂ (diclorometano)



O carbono ganharia 2 elétrons, um de cada hidrogênio, porém perderia 2 elétrons, um para cada cloro. Sendo assim,

- H ⇒ NO_x = +1
- C ⇒ NO_x = 0
- Cl ⇒ NO_x = -1

5. C₃H₆O₂ (ácido propanoico)



$$\text{NOx médio} = \frac{(-3) + (-2) + (+3)}{3} = -\frac{2}{3} \text{ ou }$$

- NO_x do hidrogênio = +1
- NO_x do oxigênio = -2
- NO_x do carbono = x

Então:

$$\begin{aligned}
 3(x) + 6(+1) + 2(-2) &= 0 \\
 3x &= -2 \\
 x &= -\frac{2}{3}
 \end{aligned}$$

REGRAS PRÁTICAS PARA A DETERMINAÇÃO DO NO_x



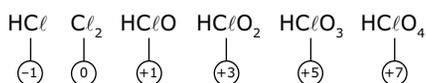
Alguns elementos aparecem sempre com o mesmo NO_x em quaisquer substâncias que formarem. A tabela a seguir apresenta o NO_x de cada um desses elementos. De posse desses valores, poderemos calcular o NO_x dos demais elementos de um composto.

Tabela de NO _x			
Elementos	NO _x	Ocorrência	Exemplos
IA (1) ⇒ Metais alcalinos: Li, Na, K, Rb, Cs e Fr	+1	Substâncias compostas	K ₂ Cr ₂ O ₇ NaCl LiF
IIA (2) ⇒ Metais alcalinoterrosos: Be, Mg, Ca, Sr, Ba e Ra	+2	Substâncias compostas	CaO BeCl ₂ BaSO ₄
VIA (16) ⇒ Calcogênios: S, Se e Te	-2	Substâncias binárias em que o calcogênio é o elemento mais eletronegativo	H ₂ S CS ₂ CaSe
VIIA (17) ⇒ Halogênios: F, Cl, Br e I	-1	Substâncias binárias em que o halogênio é o elemento mais eletronegativo	OF ₂ NaCl HCl
Ag ⇒ Prata	+1	Substâncias compostas	AgNO ₃ AgCl AgCN
Zn ⇒ Zinco	+2	Substâncias compostas	Zn(OH) ₂ ZnCl ₂ ZnO
Al ⇒ Alumínio	+3	Substâncias compostas	Al ₂ S ₃ AlCl ₃ Al ₂ (SO ₄) ₃
H ⇒ Hidrogênio	+1	Substâncias compostas em que o hidrogênio é o elemento menos eletronegativo	H ₂ O NH ₃ H ₂ SO ₄
	-1	Substâncias compostas em que o hidrogênio é o elemento mais eletronegativo	SiH ₄ CaH ₂
O ⇒ Oxigênio	+2	Em fluoretos	OF ₂
	+1	Em fluoretos	O ₂ F ₂
	-1	Em peróxidos (compostos binários)	H ₂ O ₂ Na ₂ O ₂
	-1/2	Em superóxidos (compostos binários)	CaO ₄ Na ₂ O ₄
	-2	Em óxidos (compostos binários)	H ₂ O Na ₂ O
-2	Excetuando-se os casos anteriores	K ₂ Cr ₂ O ₇ KMnO ₄ H ₂ SO ₄	

NOx MÁXIMO E MÍNIMO

Alguns elementos possuem NOx variáveis, pois seus valores dependem da eletronegatividade e da quantidade de átomos que estarão ligados a eles.

Tomemos, como exemplo, o cloro:



Dependendo da substância, o cloro adquire NOx mínimo -1 e NOx máximo +7.

Para qualquer átomo, o NOx poderá variar de, no mínimo, -7 a, no máximo, +7.

Para os elementos das colunas A da tabela periódica, o NOx máximo é dado pelo número da coluna e o NOx mínimo pelo número da coluna menos oito unidades.

$$\begin{array}{l}
 \text{NOx máximo} = \text{número de coluna} \\
 \text{NOx mínimo} = (\text{n. da coluna}) - 8
 \end{array}$$

Veja a tabela:

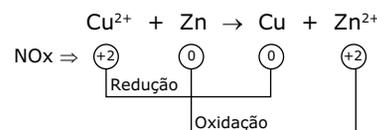
Colunas ou famílias	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
NOx máximo devido à perda de elétrons	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
NOx mínimo devido ao ganho de elétrons	*	*	*	-4	-3	-2	-1

As famílias IA (1), IIA (2) e IIIA (3) não poderão ter NOx mínimos -7, -6 e -5, respectivamente, pois possuem baixa eletronegatividade, o que impossibilita o ganho de elétrons.

A coluna VIIIA (18) não foi citada, pois possui a camada de valência completa, não devendo haver ganho ou perda de elétrons em condições normais.

AGENTES OXIDANTES E REDUTORES

Observando uma reação de oxirredução, vamos verificar os elementos que sofreram oxidação e redução.



Da reação citada, o cobre recebeu dois elétrons, diminuiu o seu NOx e, então, sofreu redução. O zinco perdeu 2 elétrons, aumentou o seu NOx e, então, sofreu oxidação.

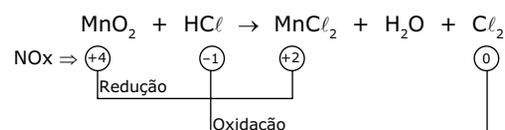
Porém, surge uma pergunta: Qual foi o elemento que provocou ou promoveu a redução do cobre? A resposta é simples: o zinco, que, ao perder dois elétrons, possibilitou que o cobre os recebesse. A esse elemento que promove a redução de um outro, damos o nome de agente redutor ou, simplesmente, redutor.

Fazendo uma análise similar, o cobre é o agente oxidante do zinco.

OBSERVAÇÃO

Os conceitos de oxidante e de redutor não são exclusivos dos elementos químicos. Esses conceitos podem ser estendidos às substâncias que possuem os átomos que oxidam ou reduzem.

Exemplo:



Agente oxidante: MnO_2 ⇒ Substância que contém o elemento manganês (Mn), o qual provoca a oxidação do cloro.

Agente redutor: HCl ⇒ Substância que contém o elemento cloro (Cl), o qual provoca a redução do manganês.

Resumo:

Oxidação ⇒ perda de e^- ⇒ aumenta o NOx ⇒ agente redutor

Redução ⇒ ganho de e^- ⇒ diminui o NOx ⇒ agente oxidante

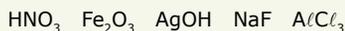
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UFMG) Os estados de oxidação dos elementos sublinhados são, na ordem a seguir, iguais a



- A) +5, +6, +6, -2 e -1.
 B) +5, +6, +6, +2 e -1.
 C) +7, +7, +12, -2 e +1.
 D) +7, +7, +6, +2 e -1.
 E) +5, +6, +12, -2 e +1.
02. (UNITAU-SP) O número de oxidação de um átomo pode ser calculado com base em sua eletronegatividade.



Dentre as substâncias anteriores, o elemento químico que apresenta o maior número de oxidação é

- A) nitrogênio. D) flúor.
 B) ferro. E) alumínio.
 C) prata.
03. (Albert Einstein-2021) O titânio e suas ligas são amplamente utilizados como biomateriais em implantes na ortopedia e na cardiologia, devido a sua elevada biocompatibilidade, baixa densidade, baixo módulo de elasticidade e resistência à corrosão superior em comparação ao aço inoxidável. A reduzida ou inexistente reação do titânio com os tecidos que circundam o implante é decorrente da passivação formada pelo filme de dióxido de titânio (TiO_2), geralmente de espessura nanométrica, na superfície do metal.

PIRES, Ana L. R.; BIERHALZ, Andréa C. K.; MORAES, Ângela M. Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. In: *Química Nova*. v. 38, 2015 (Adaptação).

Os termos sublinhados no texto, "densidade", "aço inoxidável" e "dióxido de titânio", são, respectivamente,

- A) uma propriedade física, uma mistura heterogênea e um composto em que o titânio tem número de oxidação +2.
 B) uma propriedade química, uma mistura homogênea e um composto em que o titânio tem número de oxidação +2.
 C) uma propriedade física, uma mistura homogênea e um composto em que o titânio tem número de oxidação +4.
 D) uma propriedade química, uma mistura heterogênea e um composto em que o titânio tem número de oxidação +2.
 E) uma propriedade física, uma mistura heterogênea e um composto em que o titânio tem número de oxidação +4.

04.
ONYK



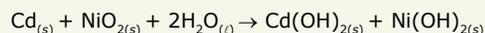
(UFPR-2017) Recentemente, foram realizados retratos genéticos e de habitat do mais antigo ancestral universal, conhecido como LUCA. Acredita-se que esse organismo unicelular teria surgido há 3,8 bilhões de anos e seria capaz de fixar CO_2 , convertendo esse composto inorgânico de carbono em compostos orgânicos. Para converter o composto inorgânico de carbono mencionado em metano (CH_4), a variação do NOx no carbono é de

- A) 1 unidade. D) 6 unidades.
 B) 2 unidades. E) 8 unidades.
 C) 4 unidades.

05.
19LE



(Unesp) A bateria de níquel-cádmio (pilha seca), usada rotineiramente em dispositivos eletrônicos, apresenta a seguinte reação de oxirredução:



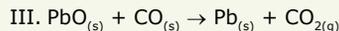
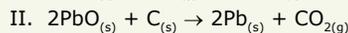
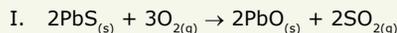
O agente oxidante e o agente redutor dessa reação, respectivamente, são:

- A) $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$, $\text{Cd(OH)}_{2(s)}$ D) $\text{Cd}_{(s)}$, $\text{Cd(OH)}_{2(s)}$
 B) $\text{NiO}_{2(s)}$, $\text{Cd(OH)}_{2(s)}$ E) $\text{NiO}_{2(s)}$, $\text{Ni(OH)}_{2(s)}$
 C) $\text{NiO}_{2(s)}$, $\text{Cd}_{(s)}$

06.
HHFV



(Unimontes-MG) No processo metalúrgico de obtenção do chumbo (Pb), estão envolvidas as reações representadas nas equações I, II e III.



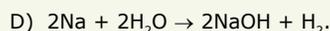
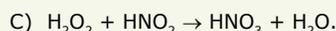
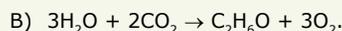
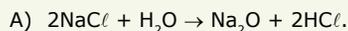
Considerando-se as transformações que ocorrem com as substâncias relacionadas, pode-se afirmar que

- A) o chumbo é oxidado na equação II.
 B) o chumbo é reduzido na equação I.
 C) o NOx do chumbo não se altera na equação III.
 D) o carbono e o monóxido de carbono são redutores.

07.
423X



(UECE-2018) A água é o principal componente do sangue. Não é à toa que profissionais de saúde aconselham que se beba 8 copos de água por dia. Assim, quanto mais água ingerida, mais líquido vermelho corre nas veias. Isso aumenta o transporte de nutrientes por todo o corpo, inclusive para o cérebro, que tem suas funções otimizadas. Isso se dá não só porque o cérebro recebe mais nutrientes por meio do sangue, mas também porque certas reações químicas que acontecem nele, entre elas, a formação da memória, também dependem da presença da água para acontecer. A água atua como agente oxidante na seguinte equação:



08. (Unesp)

Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br>>.

Nas últimas décadas, o dióxido de enxofre (SO_2) tem sido o principal contaminante atmosférico que afeta a distribuição de líquens em áreas urbanas e industriais. Os líquens absorvem o dióxido de enxofre e, havendo repetidas exposições a esse poluente, eles acumulam altos níveis de sulfatos (SO_4^{2-}) e bissulfatos (HSO_4^-), o que incapacita os constituintes dos líquens de realizarem funções vitais, como fotossíntese, respiração e, em alguns casos, fixação de nitrogênio.

LIJTEROFF, Rubén et al. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, maio 2009 (Adaptação).

Nessa transformação do dióxido de enxofre em sulfatos e bissulfatos, o número de oxidação do elemento enxofre varia de _____ para _____, portanto, sofre _____.

As lacunas desse texto são, correta e respectivamente, preenchidas por

- A) -4; -6 e redução.
- B) +4; +6 e oxidação.
- C) +2; +4 e redução.
- D) +2; +4 e oxidação.
- E) -2; -4 e oxidação.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UECE-2019) Nem toda reação química passa por um processo de oxidação-redução. A equação química que exemplifica essa afirmação é a

- A) síntese da amônia.
- B) dupla troca entre as soluções de nitrato de potássio e de iodeto de chumbo (II).
- C) decomposição da água.
- D) combustão completa do etanol.

02. DTKK



(Unemat-MT) Os vegetais são seres vivos constituídos de substâncias formadas por átomos de vários elementos químicos, extraídos naturalmente do solo ou adicionados pelo homem durante a prática agrícola. Esses elementos constituintes dos tecidos vegetais são classificados como macronutrientes (presentes em grandes quantidades) e micronutrientes (presentes em pequenas quantidades).

Entre os macronutrientes, destacam-se o nitrogênio, o fósforo e o potássio, que são encontrados, por exemplo, nas formas de nitrito de sódio (NaNO_2), ortofosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) e nitrato de potássio (KNO_3).

Considerando-se os 3 (três) macronutrientes anteriormente citados, pergunta-se:

Quais são, respectivamente, os números de oxidação do nitrogênio no NaNO_2 , do fósforo no $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ e do potássio no KNO_3 ?

- A) -3, -5 e -1
- B) +3, -5 e +1
- C) +3, +5 e -1
- D) +3, +5 e +1
- E) -3, +5 e +1

03. (FGV-RJ) O nióbio é um metal de grande importância tecnológica e suas reservas mundiais se encontram quase completamente no território brasileiro. Um exemplo de sua aplicação é o niobato de lítio, um composto que contém apenas um íon Li^+ e o oxianion formado pelo nióbio no estado de oxidação +5, que é usado em dispositivos ópticos e de telecomunicação de última geração.

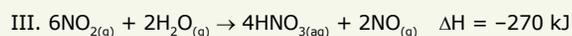
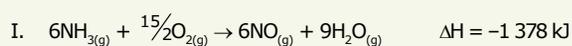
O número de átomos de oxigênio por fórmula do niobato de lítio é

- A) 2.
- B) 3.
- C) 4.
- D) 5.
- E) 6.

04. NMQ4



(FGV-SP) O ácido nítrico é um importante insumo para produção de fertilizantes, explosivos e tintas. Sua produção industrial é feita pelo processo Ostwald, em três etapas que podem ser representadas pelas reações:



Os valores dos números de oxidação do átomo de nitrogênio nas espécies nitrogenadas na equação da etapa III do processo Ostwald, na ordem apresentada, são, respectivamente,

- A) +4, +5 e +2.
- B) +4, -5 e -2.
- C) +2, +3 e +1.
- D) -4, +5 e +2.
- E) -4, +5 e -2.

- 05.** (FAMERP-SP) A imagem mostra o resultado de um experimento conhecido como "árvore de prata", em que fios de cobre retorcidos em formato de árvore são imersos em uma solução aquosa de nitrato de prata.

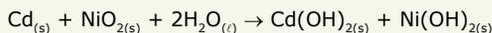


Disponível em: <www.emsintese.com.br>.

Nesse experimento, ocorre uma reação de oxirredução, na qual

- A) átomos de cobre se reduzem.
- B) íons de cobre se reduzem.
- C) íons nitrato se oxidam.
- D) íons de prata se reduzem.
- E) átomos de prata se oxidam.

- 06.** (UECE) Pilhas de Ni-Cd são muito utilizadas em eletrodomésticos caseiros, como em rádios portáteis, controles remotos, telefones sem fio e aparelhos de barbear. A reação de oxirredução desse tipo de pilha é



Considere as seguintes afirmações a respeito dessa reação:

- I. O cádmio se oxida.
- II. O dióxido de níquel é o agente redutor.
- III. O cádmio é o agente oxidante.
- IV. O número de oxidação do níquel varia de +4 para +2.

Está correto o que se afirma em

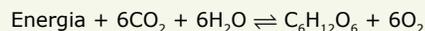
- A) I, II e III apenas.
- B) III e IV apenas.
- C) I, II, III e IV.
- D) I e IV apenas.

- 07.** (CMMG) Após o balanceamento da reação a seguir, assinale a afirmativa correta.



- A) Cada átomo de crômio do $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, perde 5 elétrons.
- B) O crômio do $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, reduz, enquanto o estanho do SnCl_2 oxida.
- C) O coeficiente mínimo e inteiro do CrCl_3 é 6, na equação balanceada.
- D) O $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, e o SnCl_2 agem como redutor e oxidante, respectivamente.

- 08.** (UEG-GO) A fotossíntese e a respiração são processos biológicos fundamentais na manutenção metabólica dos organismos. Esses processos envolvem a redução e a oxidação complementar do carbono e do oxigênio:



Sobre esses processos, é correto afirmar:

- A) O oxigênio, durante a respiração, é oxidado para formar água, e o carbono é reduzido para formar dióxido de carbono.
- B) As plantas, quando realizam a fotossíntese, oxidam o átomo de carbono em dióxido de carbono, utilizando a energia luminosa.
- C) O oxigênio, à medida que o carbono é reduzido durante a fotossíntese, é oxidado de sua forma na água para sua fórmula molecular, O_2 .
- D) Os organismos, quando realizam a respiração, reduzem o carbono orgânico em dióxido de carbono, utilizando energia para sintetizar proteínas.

- 09.** (UECE) Atente ao seguinte enunciado:

80ZJ



A tocha olímpica é preparada para ficar acesa por vários dias durante sua jornada, que vai de Olímpia, na Grécia, até o Rio de Janeiro. A armação da tocha é feita com uma liga de alumínio e magnésio, metais leves e duráveis. O combustível consta de propano e eventualmente butano. Dentro da tocha, o propano é armazenado sob pressão para manter-se na forma líquida. Aberta a válvula, ele escapa para o ar na forma gasosa, quando então é aceso, produzindo uma visível chama amarelada, cuja reação química é $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{energia}$.

CISCATO & PEREIRA. *Planeta Química (Físico-Química)*, p. 313, 2010.

Considerando essas informações, assinale a afirmação verdadeira.

- A) A liga de alumínio e magnésio é uma mistura heterogênea que é bastante leve, porque a porcentagem de magnésio é maior do que a do metal alumínio.
- B) A reação química é de combustão, não se caracterizando como reação de oxidação-redução.
- C) A liga de alumínio e magnésio é durável, porque esses dois metais localizam-se em períodos diferentes na tabela periódica.
- D) No propano, os números de oxidação dos átomos de carbono são respectivamente: -3, -2, -3.

- 10.** (UFRGS-RS) Postar fotos em redes sociais pode contribuir com o meio ambiente. As fotos digitais não utilizam mais os filmes tradicionais; no entanto os novos processos de revelação capturam as imagens e as colocam em papel de fotografia, de forma semelhante ao que ocorria com os antigos filmes. O papel é então revelado com os mesmos produtos químicos que eram utilizados anteriormente.

EZ60



O quadro a seguir apresenta algumas substâncias que podem estar presentes em um processo de revelação fotográfica.

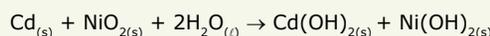
Substância	Fórmula
Brometo de prata	AgBr
Tiosulfato de sódio	Na ₂ S ₂ O ₃
Sulfito de sódio	Na ₂ SO ₃
Sulfato duplo de alumínio e potássio	KA/(SO ₄) ₂
Nitrato de prata	AgNO ₃

Sobre essas substâncias, é correto afirmar que os átomos de

- prata no AgBr e no AgNO₃ estão em um mesmo estado de oxidação.
- enxofre no Na₂S₂O₃ e no Na₂SO₃ estão em um mesmo estado de oxidação.
- sódio no Na₂S₂O₃ estão em um estado mais oxidado que no Na₂SO₃.
- enxofre no Na₂S₂O₃ estão em um estado mais oxidado que no Na₂SO₃.
- oxigênio no KA/(SO₄)₂ estão em um estado mais oxidado que no AgNO₃.

11.
H5CO

(UFGD-MS) A bateria de níquel-cádmio, também conhecida como pilha seca, usa a seguinte reação redox para gerar eletricidade:

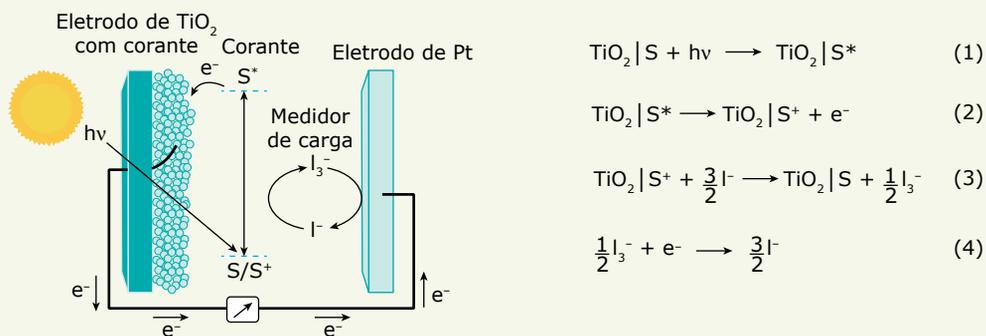


Marque a alternativa correta sobre essa reação e as espécies químicas envolvidas.

- O número de oxidação do Cd aumenta de 0 para +2 à medida que Cd_(s) é convertido em Cd(OH)_{2(s)}.
- O NiO_{2(s)} é o agente redutor.
- O Cd é reduzido à medida que Cd_(s) é convertido em Cd(OH)_{2(s)}.
- O Ni perde elétrons à medida que NiO_{2(s)} é convertido em Ni(OH)_{2(s)}.
- O número de oxidação do Ni no Ni(OH)_{2(s)} é +3.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2018) Células solares à base de TiO₂ sensibilizadas por corantes (S) são promissoras e poderão vir a substituir as células de silício. Nessas células, o corante adsorvido sobre o TiO₂ é responsável por absorver a energia luminosa (hν), e o corante excitado (S*) é capaz de transferir elétrons para o TiO₂. Um esquema dessa célula e os processos envolvidos estão ilustrados na figura. A conversão de energia solar em elétrica ocorre por meio da sequência de reações apresentadas.

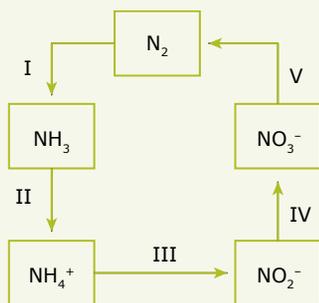


LONGO. C.; DE PAOLI. M.-A. Dye-Sensitized Solar Cells: A Successful Combination of Materials. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, n. 6, 2003 (Adaptação).

A reação 3 é fundamental para o contínuo funcionamento da célula solar, pois

- reduz íons I⁻ e I₃⁻.
- regenera o corante.
- garante que a reação 4 ocorra.
- promove a oxidação do corante.
- transfere elétrons para o eletrodo de TiO₂.

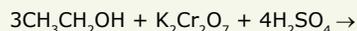
- 02.** (Enem) A aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados na agricultura pode acarretar alterações no solo e na água pelo acúmulo de compostos nitrogenados, principalmente a forma mais oxidada, favorecendo a proliferação de algas e plantas aquáticas e alterando o ciclo do nitrogênio, representado no esquema. A espécie nitrogenada mais oxidada tem sua quantidade controlada por ação de microrganismos que promovem a reação de redução dessa espécie, no processo denominado desnitrificação.



O processo citado está representado na etapa

- A) I. C) III. E) V.
 B) II. D) IV.
- 03.** Com a intenção de proteger o motorista e o passageiro de lesões corporais mais graves, em muitos países, já é obrigatório, em automóveis, o dispositivo chamado de *air bag*. Em caso de acidente, um microprocessador desencadeia uma série de reações químicas que liberam uma certa quantidade de nitrogênio, $N_{2(g)}$, que infla rapidamente um balão plástico situado à frente dos ocupantes do automóvel. As reações químicas que ocorrem nesse processo estão representadas pelas seguintes equações:
- $2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$
 - $10Na_{(s)} + 2KNO_{3(s)} \rightarrow 5Na_2O_{(s)} + K_2O_{(s)} + N_{2(g)}$
 - $K_2O_{(s)} + Na_2O_{(s)} + SiO_{2(s)} \rightarrow \text{Silicato alcalino (vidro)}$
- Em um acidente de trânsito em que o *air bag* é disparado,
- A) o sódio metálico ($Na_{(s)}$) atua como agente oxidante.
 B) o nitrato de potássio ($KNO_{3(s)}$) atua como agente redutor.
 C) o óxido de potássio ($K_2O_{(s)}$) atua como agente redutor.
 D) o trinitreto de sódio ($NaN_{3(s)}$) sofre auto-oxirredução.
 E) não ocorrem processos de oxirredução.
- 04.** Os bafômetros mais simples são descartáveis e consistem em pequenos tubos contendo uma mistura sólida de solução aquosa de dicromato de potássio e sílica, umedecida com ácido sulfúrico. A detecção da embriaguez por esse instrumento é visual [...]. A coloração inicial é amarelo-alaranjada, devido ao dicromato, e a final é verde-azulada, visto ser o cromo (III) verde e o cromo (II) azul.

Estes bafômetros portáteis são preparados e calibrados apenas para indicar se a pessoa está abaixo ou acima do limite legal.



BRAATHEN, P. C. Hálito culpado – o princípio químico do bafômetro. *Química Nova na Escola*. n. 5, maio 1997. [Fragmento]

A mudança de cor verificada no teste do bafômetro é explicada pelo fato de

- A) a reação que ocorre ser de oxirredução.
 B) o carbono do etanol sofrer oxidação.
 C) o NOx do carbono oxidado no acetaldeído ser igual a +1.
 D) o H_2SO_4 atuar como agente oxidante.
 E) o cromo do $K_2Cr_2O_7$ sofrer redução.

SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. B | <input type="radio"/> 05. C |
| <input type="radio"/> 02. A | <input type="radio"/> 06. D |
| <input type="radio"/> 03. C | <input type="radio"/> 07. D |
| <input type="radio"/> 04. E | <input type="radio"/> 08. B |

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. B | <input type="radio"/> 07. B |
| <input type="radio"/> 02. D | <input type="radio"/> 08. C |
| <input type="radio"/> 03. B | <input type="radio"/> 09. D |
| <input type="radio"/> 04. A | <input type="radio"/> 10. A |
| <input type="radio"/> 05. D | <input type="radio"/> 11. A |
| <input type="radio"/> 06. D | |

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. B | <input type="radio"/> 03. D |
| <input type="radio"/> 02. E | <input type="radio"/> 04. E |



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Processos Eletroquímicos

A eletroquímica é a parte da Química que estuda as relações entre a corrente elétrica e as reações químicas.

Existem dois processos eletroquímicos.

1. Pilha: Dispositivo em que ocorre uma reação de oxirredução que produz corrente elétrica.
2. Eletrólise: Reação de oxirredução que, para ocorrer, consome corrente elétrica.

Todos os processos eletroquímicos envolvem transferência de elétrons, ou seja, oxidações e reduções.

Relembre alguns conceitos:

Oxidação: Perda de e^- \Rightarrow aumento do NOx \Rightarrow a espécie química que se oxida é denominada agente redutor, ou simplesmente redutor.

Redução: Ganho de e^- \Rightarrow diminuição do NOx \Rightarrow a espécie química que se reduz é denominada agente oxidante, ou simplesmente oxidante.

SÉRIE DE REATIVIDADE QUÍMICA

Por meio de experiências, verifica-se que determinadas substâncias têm maior potencial para oxidarem ou reduzirem em relação a outras. Assim, pode-se dispor essas substâncias em uma sequência que indique a preferência em ceder ou receber elétrons. Essa sequência é denominada série de reatividade química ou fila de reatividade química.

Tendência para ceder elétrons



← **Reatividade crescente**
 (aumento da eletropositividade)

Tendência para receber elétrons



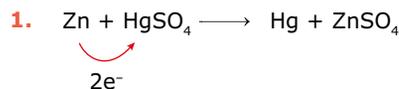
← **Reatividade crescente**
 (aumento da eletronegatividade)

Observe alguns exemplos:

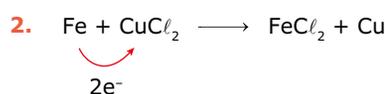
1. Al^0 cede elétrons aos cátions Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , H^+ , Hg^{2+} e Au^{3+} .
2. Cu^0 cede elétrons a Hg^{2+} e Ag^+ e Au^{3+} .
3. Cu^0 não cede elétrons aos íons dos elementos colocados à sua esquerda na fila.
4. F recebe elétrons dos ânions de todos os outros elementos.
5. Enquanto o Cl recebe elétrons dos ânions dos elementos Br, I e S, o Cl^- cede elétrons para F e O.

Com base na tendência dos elementos a reduzirem e a oxidarem, é possível prever se uma reação eletroquímica irá ocorrer ou não.

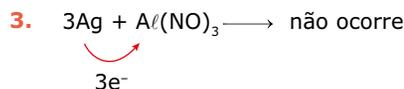
Exemplos:



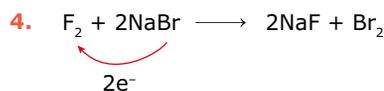
O zinco é mais reativo do que o mercúrio, então a reação ocorre.



A reação ocorre, pois o ferro é mais reativo do que o cobre.



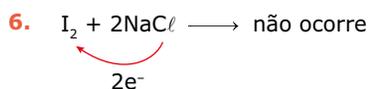
A reação não ocorre, pois a prata é menos reativa do que o alumínio e tem tendência a ganhar elétrons do alumínio, e não a ceder elétrons para ele.



A reação ocorre, pois o flúor é mais reativo do que o bromo.



A reação ocorre, pois o iodo é mais reativo do que o enxofre.



A reação não ocorre, pois o iodo é menos reativo do que o cloro e tem tendência a ceder elétrons para o cloro, e não a receber elétrons do cloro.

Pode-se ainda fazer previsões para as experiências que se seguem.

Experiência 1

Mergulha-se uma lâmina de zinco em uma solução de sulfato de cobre. O que vai ocorrer?

Percebe-se, com o passar do tempo, uma alteração da coloração da lâmina de zinco. Ao retirá-la da solução, pode-se observar que a parte que estava submersa está recoberta por uma fina camada avermelhada, característica do cobre metálico (Cu⁰).

Há uma reação de oxirredução na superfície:

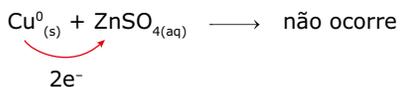


A reação ocorre porque o zinco é mais reativo e tende a ceder elétrons para o cobre, menos reativo.

Experiência 2

Mergulha-se uma lâmina de cobre em uma solução de sulfato de zinco (Zn²⁺). O que vai ocorrer?

Não se verifica qualquer tipo de alteração, uma vez que o cobre é menos reativo do que o zinco.



POTENCIAL DE ELETRODO (E)

Em vez de prever se uma reação ocorrerá ou não pela análise da fila de reatividade, podem ser realizadas previsões a partir de potenciais elétricos medidos em volts (V).

A. Em eletroquímica, são encontrados 2 tipos de potenciais:

- Potencial de oxidação (E_{oxi}): Potencial relativo à tendência de ceder elétrons (oxidar).
- Potencial de redução (E_{red}): Potencial relativo à tendência de receber elétrons (reduzir).

B. O potencial de eletrodo é influenciado por dois fatores:

- Temperatura: O aumento da temperatura favorece a perda de elétrons.

Maior temperatura ⇒ Maior E_{oxi}

- Concentração dos íons em solução: O aumento dessa concentração favorece o aumento do potencial nas seguintes condições:

Maior concentração de cátions ⇒ Maior E_{red}

Maior concentração de ânions ⇒ Maior E_{oxi}

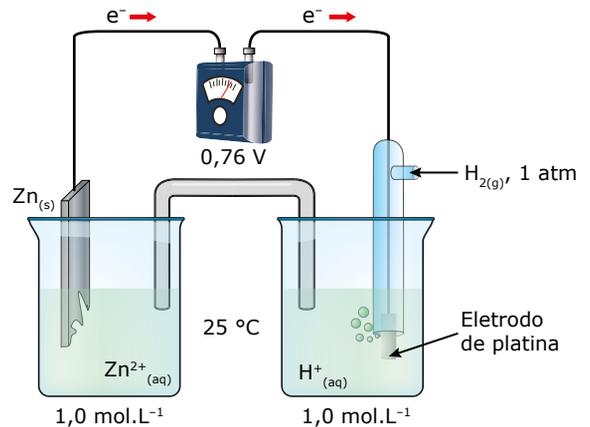
Os problemas relativos ao aumento de temperatura e concentração de íons são minimizados, fixando o valor de temperatura em 25 °C e a concentração da solução em 1 mol.L⁻¹. O potencial medido nessas condições e a 1 atm de pressão é denominado potencial padrão de eletrodo (E°).

O valor numérico correspondente ao potencial de um determinado eletrodo é medido a partir do potencial de referência, ao qual foi atribuído, por convenção, o valor de 0,00 V (zero volt). Adotou-se, como eletrodo de referência, o eletrodo de hidrogênio gasoso. Medindo-se o potencial padrão de vários eletrodos, em função do eletrodo de hidrogênio, montou-se a tabela de potenciais a seguir:

Potenciais padrão de redução de eletrodo

Semirreações	Potencial de redução (E°) em volts (V)
$\text{Li}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Li}_{(s)}$	-3,04
$\text{K}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{K}_{(s)}$	-2,92
$\text{Ba}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Ba}_{(s)}$	-2,90
$\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Ca}_{(s)}$	-2,87
$\text{Na}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Na}_{(s)}$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}_{(s)}$	-2,36
$\text{Al}^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow \text{Al}_{(s)}$	-1,66
$\text{Mn}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Mn}_{(s)}$	-1,18
$\text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}_{(s)}$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow \text{Cr}_{(s)}$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}_{(s)}$	-0,44
$\text{Cr}^{3+}_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Cr}^{2+}_{(aq)}$	-0,41
$\text{Co}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Co}_{(s)}$	-0,28
$\text{Ni}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}_{(s)}$	-0,25
$\text{Sn}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}_{(s)}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}_{(s)}$	-0,13
$2\text{H}^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{H}_{2(g)}$	0,00
$\text{Sn}^{4+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}_{(aq)}$	+0,15
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$	+0,34
$\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2\text{OH}^-_{(aq)}$	+0,40
$\text{Cu}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$	+0,52
$\text{I}_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2\text{I}^-_{(aq)}$	+0,54
$2\text{H}^+_{(aq)} + \text{O}_{2(g)} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$	+0,68
$\text{Fe}^{3+}_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)}$	+0,77
$\text{Ag}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Ag}_{(s)}$	+0,80
$4\text{H}^+_{(aq)} + 2\text{NO}_3^-_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{NO}_{2(g)}$	+0,80
$\text{Hg}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Hg}_{(s)}$	+0,85
$4\text{H}^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)} + 3e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{NO}_{(g)}$	+0,96
$\text{Br}_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Br}^-_{(aq)}$	+1,07
$14\text{H}^+_{(aq)} + \text{CrO}_7^{2-}_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 7\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	+1,33
$\text{Cl}_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-_{(aq)}$	+1,36
$\text{Au}^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow \text{Au}_{(s)}$	+1,50
$8\text{H}^+_{(aq)} + \text{MnO}_4^-_{(aq)} + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(aq)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	+1,51
$2\text{H}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	+1,78
$\text{F}_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2\text{F}^-_{(aq)}$	+2,87

Experimentalmente, foi medido o potencial padrão de cada eletrodo, acoplando-os ao eletrodo padrão de hidrogênio e medindo-se a diferença de potencial por meio de um voltímetro ou um galvanômetro. Observe o exemplo do zinco:



O sentido do fluxo de elétrons mostra que o eletrodo de hidrogênio possui maior capacidade de sofrer redução do que o de zinco. Logo,

$$E^{\circ}_{\text{red}}(\text{hidrogênio}) > E^{\circ}_{\text{red}}(\text{zinco})$$

e o voltímetro registra uma diferença de potencial (d.d.p.) igual a 0,76 V. Como a d.d.p. é sempre dada por

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

e o $E^{\circ}_{\text{red}}(\text{hidrogênio})$ é zero por convenção, tem-se:

$$\Delta E^{\circ} = E_{\text{red}}(\text{hidrogênio}) - E_{\text{red}}(\text{zinco})$$

$$0,76 \text{ V} = 0 - E^{\circ}_{\text{red}}(\text{zinco})$$

$$E^{\circ}_{\text{red}}(\text{zinco}) = -0,76 \text{ V}$$

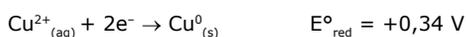
O valor negativo indica que o zinco possui potencial padrão de eletrodo menor do que o do hidrogênio e sofre oxidação quando reage com H_2 . Dessa forma, pode-se generalizar:

- $E^{\circ}_{\text{red}} > 0$ (positivo) \Rightarrow Eletrodo sofre redução mais facilmente do que o hidrogênio.
- $E^{\circ}_{\text{red}} < 0$ (negativo) \Rightarrow Eletrodo sofre oxidação mais facilmente do que o hidrogênio.

OBSERVAÇÕES

1. A IUPAC recomenda que os trabalhos eletroquímicos sejam realizados com potenciais de redução.
2. No esquema da determinação dos potenciais, o eletrodo de hidrogênio, que é gasoso, consiste, na prática, em uma placa de platina porosa, que tem a propriedade de adsorver o gás hidrogênio em seus poros, formando uma camada de hidrogênio sobre a placa. A platina não participa da reação, pois é inerte.
3. O processo de redução é inverso ao processo de oxidação.

Redução



O inverso é:

Oxidação



Logo, o potencial de redução é igual ao potencial de oxidação, com o sinal trocado.

$$E^\circ_{\text{red}} = -E^\circ_{\text{oxi}}$$

4. Para se calcular o potencial de eletrodo a 25 °C e 1 atm, porém em concentrações diferentes de 1 mol.L⁻¹, utiliza-se uma equação matemática denominada equação de Nernst:

$$E = E^\circ + \frac{0,059}{n} \log []$$

Em que

E° = potencial padrão;

E = potencial a 25 °C com soluções de concentrações em mol.L⁻¹ quaisquer;

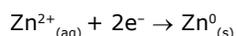
0,059 = valor experimental constante a 25 °C;

n = número de elétrons envolvidos na reação;

[] = concentração em mol.L⁻¹ da solução.

Exemplo:

Calcular o potencial de eletrodo de redução a 25 °C para o zinco, em uma solução 0,1 mol.L⁻¹.



$$E = -0,76 + \frac{0,059}{2} \cdot \log 0,1$$

$$E = -0,76 + 0,0295 \cdot (-1)$$

$$E = -0,7895 \text{ V}$$

PREVISÃO DA ESPONTANEIDADE DAS REAÇÕES UTILIZANDO OS POTENCIAIS DE ELETRODO



Serão utilizados, para tais previsões, os potenciais de redução.

- O elemento de maior E°_{red} ⇒ reduz
- O elemento de menor E°_{red} ⇒ oxida

Exemplo 1: Reação entre alumínio e ferro.



Como o alumínio possui o menor E°_{red}, ele sofrerá oxidação. Para se obter a equação da reação que ocorre entre os dois elementos, mantém-se a semirreação do ferro e inverte-se a equação do alumínio.



Observe ainda que o número de elétrons envolvidos nas semirreações não é o mesmo. Para balancear essas equações, multiplica-se a semirreação do ferro por 3 e a do alumínio por 2.

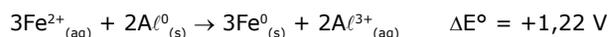
Semirreação de redução:



Semirreação de oxidação:



Reação global:



Observe que, somando-se as duas semirreações, é obtida a reação global e, somando-se os dois potenciais, é obtida a d.d.p. da reação. Ainda se deve verificar que, ao se multiplicar as reações, os potenciais não variam com as quantidades.

- Quando uma reação possui $\Delta E^\circ > 0$, a reação é espontânea e produz energia elétrica (pilha).
- Quando uma reação possui $\Delta E^\circ < 0$, a reação é não espontânea e, para ocorrer, consome energia elétrica (eletrólise).

A d.d.p. de uma reação pode ser calculada a partir dos potenciais de redução.

$$\Delta E^\circ = E^\circ(\text{oxidante}) - E^\circ(\text{redutor})$$

ou

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

Exemplo 2: Reação entre zinco e cobre.



Oxida: E°_{red} menor



Reduz: E°_{red} maior

Invertendo-se a 1ª equação, mantendo-se a segunda e somando-as, tem-se:

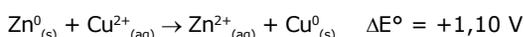
Semirreação de oxidação:



Semirreação de redução:

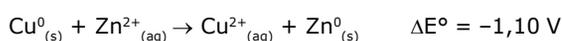


Reação global:



OBSERVAÇÕES

1. Não há necessidade de multiplicar as semirreações, já que o número de elétrons cedidos é igual ao número de elétrons recebidos.
2. A equação global inversa é não espontânea e só ocorre com o consumo de energia elétrica.

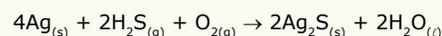


EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (PUC Minas) Considere a reação espontânea: $\text{Mn}^{2+} + \text{Mg} \rightarrow \text{Mn} + \text{Mg}^{2+}$. Assinale o agente redutor mais forte.
- A) Mg
 - B) Mg^{2+}
 - C) Mn
 - D) Mn^{2+}

- 02.** (UEG-GO-2017) O escurecimento de talheres de prata pode ocorrer devido à presença de derivados de enxofre encontrados nos alimentos. A equação química de oxidação e redução que representa esse processo está descrita a seguir:



Nesse processo, o agente redutor é

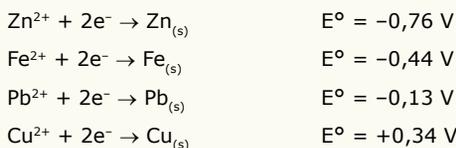
- A) sulfeto de hidrogênio.
 - B) oxigênio gasoso.
 - C) sulfeto de prata.
 - D) prata metálica.
 - E) água.
- 03.** (UEG-GO-2017) Em objetos metálicos à base de ferro, a formação de ferrugem pode ser minimizada a partir da proteção com um metal redutor mais forte, o qual irá desempenhar o papel de eletrodo de sacrifício. Considere o potencial padrão de redução apresentado na tabela a seguir:

Semirreação	E° (V)
$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,44
$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76
$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}_{(\text{s})}$	-0,13
$\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}_{(\text{s})}$	-0,25
$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,34
$\text{Ag}^+/\text{Ag}_{(\text{s})}$	+0,80

O metal adequado a ser utilizado com esse objetivo é:

- A) Chumbo
- B) Níquel
- C) Cobre
- D) Zinco
- E) Prata

04. (PUC Minas) Sejam dados os seguintes potenciais padrão de redução:



É correto afirmar que acontecerá uma reação eletroquímica se um eletrodo de

- A) cobre for mergulhado numa solução de sulfato de ferro.
- B) ferro for mergulhado numa solução de sulfato de zinco.
- C) chumbo for mergulhado numa solução de sulfato de ferro.
- D) zinco for mergulhado numa solução de sulfato de chumbo.

05. (Unioeste-PR) Uma empresa necessita armazenar uma solução contendo Zn^{2+} em um container metálico. Um fabricante ofereceu algumas opções de metais para a produção do container. Com base nas semirreações e nos respectivos potenciais padrão de redução (E°), indique qual é o metal menos adequado para a produção deste *container*.



Semirreação	E° (V)
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,13
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	-0,34
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,44
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66

- A) Chumbo (Pb)
- B) Níquel (Ni)
- C) Cobre (Cu)
- D) Ferro (Fe)
- E) Alumínio (Al)

06. (PUC Minas) Considere que um eletrodo de platina, mergulhado numa solução de sulfato de cobre, não reage; enquanto um eletrodo de zinco, mergulhado na mesma solução, muda espontaneamente de cor. A partir dessas informações, é correto afirmar que a ordem crescente da força redutora é

- A) Cu, Zn, Pt.
- B) Pt, Cu, Zn.
- C) Zn, Cu, Pt.
- D) Pt, Zn, Cu.

07. (Fatec-SP) Considere os seguintes dados sobre potenciais padrão de redução.



Semirreação	E° / Volt
$\text{Mg}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}_{(s)}$	-2,37
$\text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(s)}$	-0,76
$\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(s)}$	-0,44
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$	0,34
$\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}_{(s)}$	0,80

Uma tubulação de ferro pode ser protegida contra a corrosão se a ela for conectada uma peça metálica constituída de

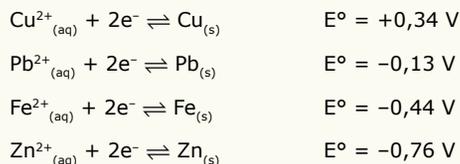
- A) magnésio ou prata.
- B) magnésio ou zinco.
- C) zinco ou cobre.
- D) zinco ou prata.
- E) cobre ou prata.

08. (FEPECS-DF) Uma maneira de proteger estruturas metálicas da corrosão em ambientes úmidos é ligá-las eletricamente a metais com potenciais de oxidação maiores do que o do metal da estrutura. O metal com maior potencial de oxidação oxida-se preferencialmente (ânodo de sacrifício) ao metal da estrutura, protegendo-a da corrosão (proteção catódica). Para testar quais metais protegem o ferro, em cada um de três tubos de ensaio contendo água, foi colocado um prego de ferro com um fio metálico enrolado em torno de si de acordo com o esquema:



- Tubo 1 – fio de cobre
- Tubo 2 – fio de chumbo
- Tubo 3 – fio de zinco

Os potenciais padrões de redução dos metais envolvidos são:



Podemos prever que ocorrerá proteção do ferro

- A) apenas no tubo 1.
- B) apenas no tubo 2.
- C) apenas no tubo 3.
- D) nos tubos 1 e 2.
- E) nos tubos 2 e 3.

EXERCÍCIOS
PROPOSTOS01.
08GY

(Unicesumar-SP) Em condições ambiente, o elemento X encontra-se no estado gasoso como moléculas diatômicas (X_2), formadas por ligações covalentes simples.

A substância X_2 reage violentamente com o metal sódio (Na). Sobre essa reação foram feitas as seguintes afirmações:

- I. trata-se de uma reação de oxirredução;
 - II. a substância formada conduz corrente elétrica no estado líquido, mas não no estado sólido.
 - III. A substância formada é representada pela fórmula NaX_2 .
- Pode-se dizer que
- A) apenas a afirmação II está correta.
 - B) apenas as afirmações I e II estão corretas.
 - C) apenas as afirmações I e III estão corretas.
 - D) apenas as afirmações II e III estão corretas.
 - E) todas as afirmações estão corretas.

02.

(UECE-2017) Um belo exemplo de como a química está presente em todo lugar são os vaga-lumes, nos quais ocorre uma reação química do tipo bioluminescente que “acende” seus corpos, produzindo um lindo efeito com a participação do oxigênio que age como agente oxidante e, dessa forma, uma reação de oxidação-redução é responsável pela emissão de luz.

Atente ao que se diz a esse respeito:

- I. Em uma reação de oxidação-redução, todos os átomos passam por variação do número de oxidação.
- II. Geralmente não há oxidação sem redução e vice-versa.
- III. As reações de dupla troca são de oxidação-redução.
- IV. As reações de combustão (queima na presença de oxigênio) são também processos redox.
- V. Os termos oxidante e redutor costumam referir-se às espécies químicas, e não somente a determinado átomo.

Está correto o que se afirma somente em

- A) I, II e III.
- B) II, IV e V.
- C) I, III, IV e V.
- D) II, III e IV.

03.
8101

(EspCEEx-SP) A energia liberada em uma reação de oxidorredução espontânea pode ser usada para realizar trabalho elétrico. O dispositivo químico montado, pautado nesse conceito, é chamado de célula voltaica, célula galvânica ou pilha. Uma pilha envolvendo alumínio e cobre pode ser montada utilizando como eletrodos metais e soluções das respectivas espécies. As semirreações de redução dessas espécies é mostrada a seguir:

Semirreações de redução		
Alumínio	$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Al^0$	$E^\circ_{red} = -1,66 \text{ V}$
Cobre	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu^0$	$E^\circ_{red} = +0,34 \text{ V}$

Considerando todos os materiais necessários para a montagem de uma pilha de alumínio e cobre, nas condições-padrão (25 °C e 1 atm) ideais (desprezando-se qualquer efeito dissipativo) e as semirreações de redução fornecidas, a força eletromotriz (f.e.m.) dessa pilha montada e o agente redutor, respectivamente, são

- A) 2,10 V e o cobre.
- B) 2,00 V e o alumínio.
- C) 1,34 V e o cobre.
- D) 1,32 V e o alumínio.
- E) 1,00 V e o cobre.

04.

(FMABC-SP) Em um laboratório, foram feitas as seguintes observações:

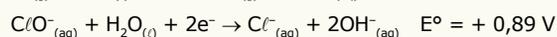
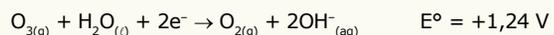
- O metal zinco é atacado por uma solução aquosa de ácido sulfúrico formando sulfato de zinco e gás hidrogênio. Se o metal zinco for colocado em contato com ácido nítrico (HNO_3) concentrado, forma-se água, dióxido de nitrogênio e nitrato de zinco.
- O metal cobre não reage com solução aquosa de ácido sulfúrico, mas é atacado pela solução concentrada de ácido nítrico (HNO_3) produzindo água, dióxido de nitrogênio e nitrato de cobre (II).

A partir das observações experimentais descritas anteriormente, as substâncias que atuam como o mais forte oxidante e o mais forte redutor são, respectivamente,

- A) HNO_3 e H_2SO_4 .
- B) HNO_3 e Zn.
- C) H_2SO_4 e Cu.
- D) Cu e Zn.
- E) Zn e H_2SO_4 .

05.

(UERJ-2018) Em função de seu poder oxidante, a solução de hipoclorito de sódio, usualmente conhecida como água sanitária, e o ozônio são utilizados na higienização de frutas e hortaliças. Quanto maior o poder oxidante, maior a capacidade de higienização. Considere as reações a seguir, que indicam os valores dos potenciais-padrão E° de redução do ozônio e do íon hipoclorito.

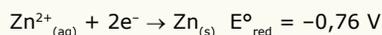


Indique a fórmula estrutural plana do ozônio e determine o número de oxidação do cloro no íon hipoclorito. Com base nas informações apresentadas, indique, também, a substância que atua de maneira mais eficaz na higienização dos alimentos, justificando sua escolha.

06.
LQU4



(UFU-MG) A estocagem de solução de sulfato de zinco em recipientes metálicos exige conhecimentos sobre possíveis processos de oxidação do zinco com o metal do recipiente, de modo a não danificá-lo. A semirreação de redução do zinco pode ser descrita como segue:



Para auxiliar na decisão por diferentes recipientes que pudessem armazenar a referida solução, um químico utilizou os dados da tabela a seguir:

Espécie química a ser reduzida	Números de elétrons envolvidos	Espécie formada	Potencial de redução padrão/V
Fe ²⁺	2	Fe	-0,44
Ni ²⁺	2	Ni	-0,25
Cu ²⁺	2	Cu	+0,34

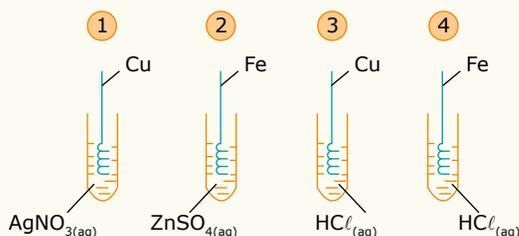
Assim, o químico concluiu que, para a armazenagem do sulfato de zinco, deverá utilizar um recipiente formado por

- A) material que não sofra oxidação.
- B) níquel que sofrerá oxidação na presença de Zn²⁺.
- C) ferro cuja reação com o Zn²⁺ possui potencial negativo.
- D) metais que se oxidam enquanto o íon zinco sofrer redução.

07.
4NGE



(UEA-AM) Em quatro tubos de ensaio contendo diferentes soluções aquosas, todas de concentração 1,0 mol/L e a 25 °C, foram introduzidos fios de diferentes metais, retorcidos, formando espirais, conforme mostra a figura.



É correto afirmar que houve depósito metálico e formação de bolhas de gás na superfície dos fios, respectivamente, nos tubos

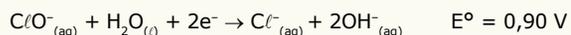
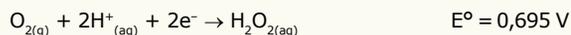
- A) 1 e 3.
- B) 1 e 4.
- C) 2 e 3.
- D) 2 e 4.
- E) 3 e 4.

08.
HVHO

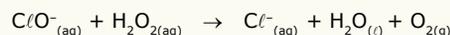


(UFJF-MG) Os produtos comerciais, água sanitária e água oxigenada, são, respectivamente, soluções de hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogênio. Suas aplicações vão do uso doméstico ao industrial, passando pela desinfecção de água de piscinas e da rede de abastecimento, de hospitais, entre outros.

Dados:



- A) Se misturamos água sanitária com água oxigenada, teremos a produção de oxigênio, de acordo com a reação:



Indique o agente oxidante e o agente redutor.

- B) Calcule o ΔE do processo do item A. O processo é ou não espontâneo? Por quê?
- C) Sabe-se que os íons permanganato e manganês (II), quando em solução, têm colorações violeta e incolor, respectivamente. Qual(is) agente(s) mostrado(s) nas semirreações poderia(m) descolorir uma solução de permanganato em meio ácido? Justifique sua resposta.
- D) Escreva a reação balanceada do permanganato com peróxido de hidrogênio em meio ácido.

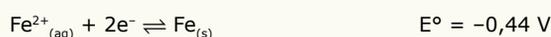
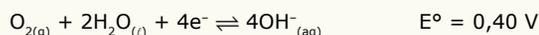
09.
6SH3



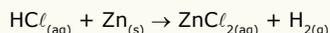
(UFES) A corrosão, processo eletroquímico espontâneo, é responsável pela deterioração de utensílios e eletrodomésticos em nossos lares, pelos custos de manutenção e substituição de equipamentos, pela perda de produtos e por impactos ambientais decorrentes de vazamentos em tanques e tubulações corroídos nas indústrias. Em equipamento feito de aço, ligas formadas de ferro e carbono, a corrosão pode ser ocasionada pela oxidação do ferro e a redução da água, em meio neutro ou básico.

- A) Escreva as equações químicas balanceadas que descrevem a oxidação do ferro em meio aquoso neutro e a formação de hidróxido ferroso.
- B) Explique a influência do pH na formação do hidróxido ferroso.
- C) Calcule o potencial da reação de oxidação de ferro e justifique a espontaneidade desse processo eletroquímico.

Dados: Semirreações:



10. (UFU-MG) O gás hidrogênio (H₂) é usado na propulsão de foguetes e é considerado uma importante alternativa energética. Esse gás pode ser obtido conforme mostra a equação (não balanceada) a seguir:



Pede-se:

- Determine o número de oxidação (NOx) de todos os elementos das substâncias envolvidas.
- Qual é o elemento que sofreu oxidação e o elemento que sofreu redução?
- Qual é o agente oxidante e o agente redutor?
- Escreva as semirreações de oxidação e redução.
- Equacione a reação de combustão do H₂.

11. (Unifor-CE) Num laboratório, foram feitos testes para avaliar a reatividade de três metais: cobre, Cu, magnésio, Mg, e zinco, Zn. Para tanto, cada um desses metais foi mergulhado em três soluções diferentes: uma de nitrato de cobre, Cu(NO₃)₂, uma de nitrato de magnésio, Mg(NO₃)₂, e uma de nitrato de zinco, Zn(NO₃)₂.

Neste quadro, estão resumidas as observações feitas ao longo dos testes:

	Cobre	Magnésio	Zinco
Cu(NO ₃) _{2(aq)}	Não reage	Reage	Reage
Mg(NO ₃) _{2(aq)}	Não reage	Não reage	Não reage
Zn(NO ₃) _{2(aq)}	Não reage	Reage	Não reage

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que a disposição dos três metais testados, segundo a ordem crescente de reatividade de cada um deles, é:

- Cu/Mg/Zn
- Mg/Zn/Cu
- Cu/Zn/Mg
- Zn/Cu/Mg
- Mg/Cu/Zn

12. (PUC-SP)



Dados: Tabela de potenciais padrão de redução (E°_{red})

Zn ²⁺ _(aq) + 2e ⁻ ⇌ Zn _(s)	-0,76
Fe ²⁺ _(aq) + 2e ⁻ ⇌ Fe _(s)	-0,44
Cd ²⁺ _(aq) + 2e ⁻ ⇌ Cd _(s)	-0,40
Co ²⁺ _(aq) + 2e ⁻ ⇌ Co _(s)	-0,28
Sn ²⁺ _(aq) + 2e ⁻ ⇌ Sn _(s)	-0,14
Pb ²⁺ _(aq) + 2e ⁻ ⇌ Pb _(s)	-0,13
2H ⁺ _(aq) + 2e ⁻ ⇌ H _{2(g)}	0,00
Cu ²⁺ _(aq) + 2e ⁻ ⇌ Cu _(s)	+0,34
Ag ⁺ _(aq) + e ⁻ ⇌ Ag _(s)	+0,80

Foram realizadas as seguintes observações experimentais a respeito da reatividade dos metais:

- O metal crômio (Cr) reage com solução aquosa contendo ferro (II), formando cátions crômio (III) em solução e ferro metálico.
- Ferro metálico (Fe) reage com solução contendo cátions níquel (II), formando níquel metálico (Ni) e cátions ferro (II).
- O metal cobre (Cu) não reage com solução contendo íons níquel (II).

Analisando a tabela de potenciais padrão de redução e os dados experimentais fornecidos, conclui-se que os melhores valores para os potenciais padrão de redução dos pares Cr³⁺ / Cr e Ni²⁺ / Ni são:

- E°_{red} (Cr³⁺ / Cr) = +0,60 V; E°_{red} (Ni²⁺ / Ni) = +0,20 V.
- E°_{red} (Cr³⁺ / Cr) = -0,30 V; E°_{red} (Ni²⁺ / Ni) = -0,25 V.
- E°_{red} (Cr³⁺ / Cr) = -0,74 V; E°_{red} (Ni²⁺ / Ni) = -0,50 V.
- E°_{red} (Cr³⁺ / Cr) = -0,30 V; E°_{red} (Ni²⁺ / Ni) = +0,50 V.
- E°_{red} (Cr³⁺ / Cr) = -0,74 V; E°_{red} (Ni²⁺ / Ni) = -0,25 V.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem) A calda bordalesa é uma alternativa empregada no combate a doenças que afetam folhas de plantas. Sua produção consiste na mistura de uma solução aquosa de sulfato de cobre (II), CuSO₄, com óxido de cálcio, CaO, e sua aplicação só deve ser realizada se estiver levemente básica. A avaliação rudimentar da basicidade dessa solução é realizada pela adição de três gotas sobre uma faca de ferro limpa. Após três minutos, caso surja uma mancha avermelhada no local da aplicação, afirma-se que a calda bordalesa ainda não está com a basicidade necessária. O quadro apresenta os valores de potenciais padrão de redução (E°) para algumas semirreações de redução.

Semirreação de redução	E° (V)
Ca ²⁺ + 2e ⁻ → Ca	-2,87
Fe ³⁺ + 3e ⁻ → Fe	-0,04
Cu ²⁺ + 2e ⁻ → Cu	+0,34
Cu ⁺ + e ⁻ → Cu	+0,52
Fe ³⁺ + e ⁻ → Fe ²⁺	+0,77

MOTTA, I. S. *Calda bordalesa: utilidades e preparo*. Dourados: Embrapa, 2008 (Adaptação).

A equação química que representa a reação de formação da mancha avermelhada é:

- Ca²⁺_(aq) + 2Cu⁺_(aq) → Ca_(s) + 2Cu²⁺_(aq)
- Ca²⁺_(aq) + 2Fe²⁺_(aq) → Ca_(s) + 2Fe³⁺_(aq)
- Cu²⁺_(aq) + 2Fe²⁺_(aq) → Cu_(s) + 2Fe³⁺_(aq)
- 3Ca²⁺_(aq) + 2Fe_(s) → 3Ca_(s) + 2Fe³⁺_(aq)
- 3Cu²⁺_(aq) + 2Fe_(s) → 3Cu_(s) + 2Fe³⁺_(aq)

02. (Enem) Alimentos em conserva são frequentemente armazenados em latas metálicas seladas, fabricadas com um material chamado folha de flandres, que consiste de uma chapa de aço revestida com uma fina camada de estanho, metal brilhante e de difícil oxidação. É comum que a superfície interna seja ainda revestida por uma camada de verniz à base de epóxi, embora também existam latas sem esse revestimento, apresentando uma camada de estanho mais espessa.

SANTANA, V. M. S. A leitura e a química das substâncias. *Cadernos PDE*. Ivaiporã: Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED). Universidade Estadual de Londrina, 2010 (Adaptação).

Comprar uma lata de conserva amassada no supermercado é desaconselhável porque o amassado pode

- A) alterar a pressão no interior da lata, promovendo a degradação acelerada do alimento.
- B) romper a camada de estanho, permitindo a corrosão do ferro e alterações do alimento.
- C) prejudicar o apelo visual da embalagem, apesar de não afetar as propriedades do alimento.
- D) romper a camada de verniz, fazendo com que o metal tóxico estanho contamine o alimento.
- E) desprender camadas de verniz, que se dissolverão no meio aquoso, contaminando o alimento.

03. (Enem) A revelação das chapas de raios X gera uma solução que contém íons prata na forma de $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$. Para evitar a descarga desse metal no ambiente, a recuperação de prata metálica pode ser feita tratando eletroquimicamente essa solução com uma espécie adequada. O quadro apresenta semirreações de redução de alguns íons metálicos.

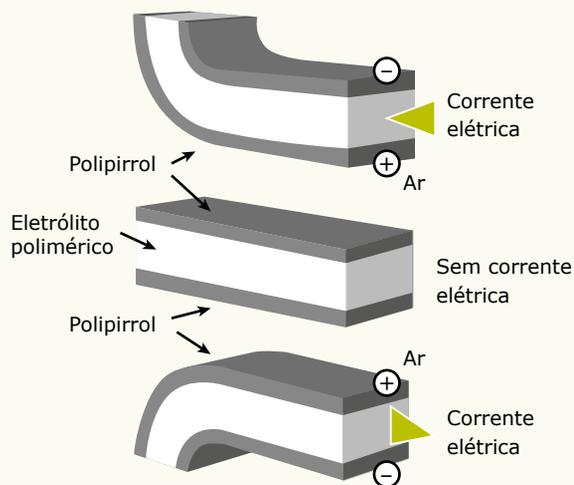
Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$	+0,02
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34
$\text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pt}(\text{s})$	+1,20
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76

BENDASSOLLI, J. A. et al. Procedimentos para a recuperação de Ag de resíduos líquidos e sólidos. *Química Nova*. v. 26, n. 4, 2003 (Adaptação).

Das espécies apresentadas, a adequada para essa recuperação é

- A) $\text{Cu}(\text{s})$.
- B) $\text{Pt}(\text{s})$.
- C) $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$.
- D) $\text{Sn}(\text{s})$.
- E) $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$.

04. (Enem) Músculos artificiais são dispositivos feitos com plásticos inteligentes que respondem a uma corrente elétrica com um movimento mecânico. A oxidação e redução de um polímero condutor criam cargas positivas e / ou negativas no material, que são compensadas com a inserção ou expulsão de cátions ou ânions. Por exemplo, na figura os filmes escuros são de polipirrol e o filme branco é de um eletrólito polimérico contendo um sal inorgânico. Quando o polipirrol sofre oxidação, há a inserção de ânions para compensar a carga positiva no polímero e o filme se expande. Na outra face do dispositivo, o filme de polipirrol sofre redução, expulsando ânions e o filme se contrai. Pela montagem, em sanduíche, o sistema todo se movimenta de forma harmônica, conforme mostrado na figura.



DE PAOLI, M. A. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. São Paulo, maio 2001 (Adaptação).

A camada central de eletrólito polimérico é importante porque

- A) absorve a irradiação de partículas carregadas emitidas pelo aquecimento elétrico dos filmes de polipirrol.
- B) permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico.
- C) mantém um gradiente térmico no material para promover a dilatação / contração térmica de cada filme de polipirrol.
- D) permite a condução de elétrons livres, promovida pela aplicação de diferença de potencial, gerando corrente elétrica.
- E) promove a polarização das moléculas poliméricas, o que resulta no movimento gerado pela aplicação de diferença de potencial.

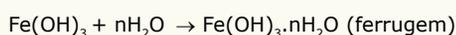
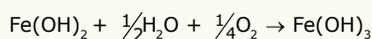
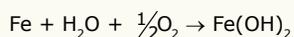
- 05.** (Enem) O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material, na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclareceram que isso não passa de uma "lenda urbana", pois, ao retirar o anel da lata, dificulta-se a reciclagem do alumínio. Como a liga do qual é feito contém alto teor de magnésio, se ele não estiver junto a lata, fica mais fácil ocorrer oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semirreações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

Semirreação	Potencial Padrão de Redução (V)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	-2,93
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,36
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34

Disponível em: <www.sucatas.com>.
Acesso em: 28 fev. 2012
(Adaptação).

Com base no texto e na tabela, que metais poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio, ou seja, proteger o alumínio da oxidação nos fornos e não deixar diminuir o rendimento da sua reciclagem?

- A) Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
- B) Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.
- C) Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
- D) Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
- E) Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores que o do alumínio.
- 06.** (Enem) Ferramentas de aço podem sofrer corrosão e enferrujar. As etapas químicas que correspondem a esses processos podem ser representadas pelas equações:



Uma forma de tornar mais lento esse processo de corrosão e formação de ferrugem é engraxar as ferramentas. Isso se justifica porque a graxa proporciona

- A) lubrificação, evitando o contato entre as ferramentas.
- B) impermeabilização, diminuindo seu contato com o ar úmido.
- C) isolamento térmico, protegendo-as do calor ambiente.
- D) galvanização, criando superfícies metálicas imunes.
- E) polimento, evitando ranhuras nas superfícies.
- 07.** Uma das atividades humanas mais antigas é a metalurgia, que consiste em obter diferentes metais a partir de seus minérios. Na natureza, a maioria dos metais aparece na forma de substâncias compostas.

Para avaliar a reatividade química de cátions metálicos ou metais, podemos comparar seus potenciais padrões de redução. Metais muito reativos têm cátions muito estáveis, e, por isso, a obtenção de tais metais a partir dos minérios é difícil e cara. Já os metais de menor reatividade química têm cátions pouco estáveis, o que torna mais fácil a obtenção destes a partir de seus minérios.

A seguir, são informados alguns potenciais padrão de redução:

$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	$E^\circ = +0,34 \text{ V}$
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	$E^\circ = -0,44 \text{ V}$
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	$E^\circ = -2,37 \text{ V}$
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	$E^\circ = -0,26 \text{ V}$
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	$E^\circ = -0,76 \text{ V}$

Entre os metais apresentados na tabela, aquele que reage de forma mais vigorosa com uma solução diluída de ácido clorídrico (HCl) e que, também, é o mais difícil de ser produzido a partir de seus minérios é o

- A) cobre.
- B) ferro.
- C) magnésio.
- D) níquel.
- E) zinco.

SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. D
- 03. D
- 04. D
- 05. E
- 06. B
- 07. B
- 08. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. B
- 03. B
- 04. B
- 05.



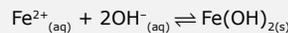
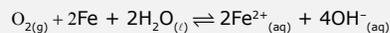
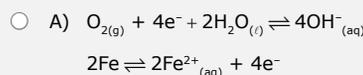
Número de oxidação: +1.

Substância: O₃.

Como o potencial de redução do ozônio é maior que o do íon hipoclorito, o ozônio tem maior tendência de sofrer redução, ou seja, tem maior poder oxidante.

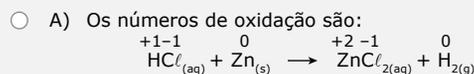
- 06. C
- 07. B
- 08.
 - A) Agente Oxidante: ClO⁻
Agente Redutor: H₂O₂
 - B) ΔE = 0,205 V
A reação é espontânea, pois o ΔE é positivo.
 - C) Tanto o ClO⁻ quanto o H₂O₂ podem descolorir uma solução de permanganato em meio ácido, pois ambos possuem potencial de redução menor do que o permanganato.
 - D) $2\text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 6\text{H}^+ (\text{aq}) + 5\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 5\text{O}_2 (\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O} (\text{l})$

09.



- B) Quanto maior o pH, maior a produção de hidróxido ferroso.
- C) ΔE° = 0,84 V. A reação é espontânea porque o ΔE° é positivo.

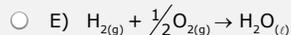
10.



- B) Oxidação: zinco

Redução: hidrogênio

- C) O agente oxidante é o HCl_(aq) e o agente redutor é o Zn_(s).
- D) Semirreação de oxidação: $\text{Zn}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^-$

Semirreação de redução: $2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$ 

- 11. C
- 12. E

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. B
- 03. D
- 04. B
- 05. E
- 06. B
- 07. C

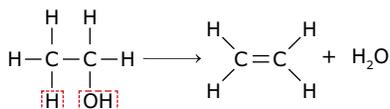


Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Reações de Eliminação

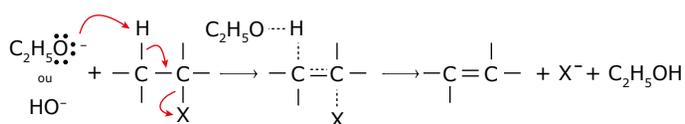
As reações de eliminação constituem outro importante grupo de reações orgânicas. Envolve a remoção de átomos ou grupos de átomos de uma molécula sem que sejam substituídos por outros. Na maioria dos casos, os átomos ou grupos são removidos de carbonos adjacentes, resultando na formação de uma ligação múltipla.

Exemplo: Desidratação intramolecular do etanol.

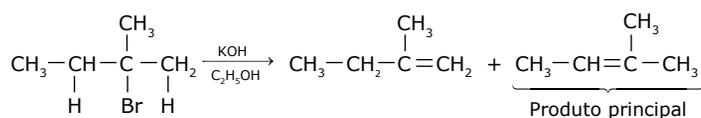


DESIDROALOGENAÇÃO DE HALETOS DE ALQUILA

A desidroalogenação constitui um bom método na síntese de alquenos. A reação consiste em remover um átomo de hidrogênio e um átomo de halogênio ligados a carbonos adjacentes. Para tal, utiliza-se um solvente adequado, entre eles o hidróxido de potássio dissolvido em etanol (denominado potassa alcoólica).



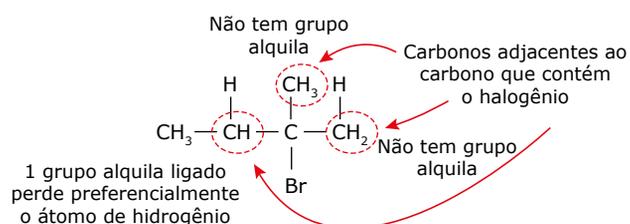
Considere agora a desidroalogenação do 2-bromo-2-metilbutano. Há dois hidrogênios de grupos diferentes adjacentes ao carbono que contém o bromo que são possíveis de serem eliminados.



No entanto, o 2-metilbut-2-eno é o produto principal da reação.

Sabe-se que os alquenos serão tanto mais estáveis quanto mais substituídos forem. Assim, a formação do 2-metilbut-2-eno é favorecida, pois este constitui o alqueno mais estável. Esse comportamento foi observado pela primeira vez pelo químico russo Alexander Saytzeff em 1875. Sem conhecer o mecanismo reacional, ele formulou a seguinte regra, conhecida hoje como Regra de Saytzeff:

Na desidroalogenação, o produto da reação que se forma, preferencialmente, é o alqueno que tiver o maior número de grupos alquila ligados aos átomos de carbono da ligação dupla.



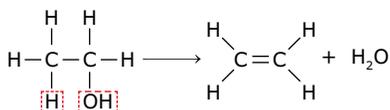
DESIDRATAÇÃO DE ÁLCOOS

A desidratação de um álcool consiste na eliminação do grupo hidroxila de um carbono e um hidrogênio de outro átomo de carbono (ou outro grupo reagente) com formação de uma molécula de água.

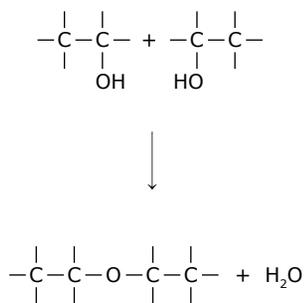
A reação, que naturalmente seria excessivamente lenta, precisa ser catalisada por ácidos e aquecida. Os ácidos geralmente empregados são os ácidos sulfúrico ou fosfórico concentrados. A alta concentração desses ácidos é importante, visto que as desidratações são reversíveis e isso possibilita um baixo percentual de água na mistura reacional, favorecendo, dessa forma, a reação direta.

Há duas possíveis formas de desidratações:

1. O grupo hidroxila e o átomo de hidrogênio são eliminados de carbonos adjacentes.

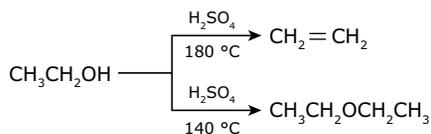


2. O átomo de hidrogênio que se liga ao grupo hidroxila pertence a outro grupo hidroxila.



No primeiro caso, os grupos eliminados pertencem à mesma molécula, sendo a reação denominada desidratação intramolecular, e, como produto, tem-se um alqueno. Já no segundo caso, o hidrogênio e a hidroxila são eliminados de moléculas diferentes, sendo a desidratação intermolecular, e, como produto, tem-se um éter.

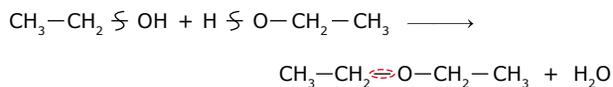
No caso da desidratação intermolecular, a reação ocorre em condições mais brandas de temperatura, por exemplo:



Entretanto, esse método tem utilização limitada, visto que álcoois secundários e terciários sofrem desidratação intramolecular mais facilmente. Lembre-se de que a desidratação leva à formação de carbocátions e que carbocátions primários apresentam baixa estabilidade quando comparados aos secundários ou terciários. Para álcoois terciários, em geral, o produto é exclusivamente o alqueno mais substituído, ou seja, não se produz éteres partindo-se de álcoois terciários.

As reações de desidratação intermoleculares em álcoois podem ser classificadas como reações de eliminação, considerando-se o seguinte critério: essas reações, a partir de reagentes orgânicos, originam um produto orgânico e outro inorgânico. Tal classificação não leva em consideração o mecanismo do processo, ou seja, as etapas que conduzem à formação de produtos nesse tipo de reação. Também são exemplos dessa abordagem as reações de descarboxilação e as reações de desidratação intermoleculares em ácidos carboxílicos.

No exemplo a seguir, o etanol sofre ruptura de uma ligação sigma e formação de outra ligação sigma no processo reacional, ou seja, um grupo foi substituído por outro. Considerando-se o mecanismo do processo, essa reação deveria ser classificada como uma reação de substituição.



Legenda: --- Ligação rompida \rightleftharpoons Ligação formada

Entretanto, como a partir de uma substância orgânica (etanol) houve a formação de uma outra substância orgânica (éter etílico) e uma inorgânica (água), essa reação de desidratação pode ser classificada como uma reação de eliminação.

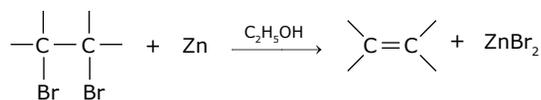
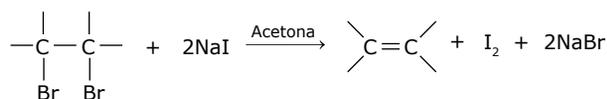
ELIMINAÇÃO DE HALETOS VICINAIS



Os dialetos vicinais são compostos dialogenados que têm os halogênios ligados a átomos de carbonos adjacentes.



Os dibrometos vicinais podem sofrer desbromação quando tratados com iodeto de sódio dissolvido em acetona, ou por uma mistura de pó de zinco dissolvido em etanol.



Reações de eliminação

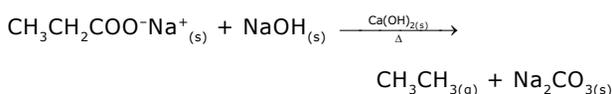
Nessa animação, você será capaz de observar como algumas reações de eliminação podem auxiliar na obtenção de outras substâncias de maior interesse ou utilidade. Boa atividade!



MÉTODO DE DUMAS

Esse processo, realizado a seco e a altas temperaturas, consiste na eliminação do grupo carboxilato dos sais de ácidos monocarboxílicos saturados a partir do contato com uma mistura denominada cal sodada ($NaOH + Ca(OH)_2$).

Exemplo:

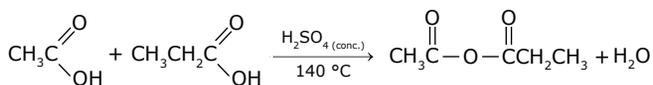
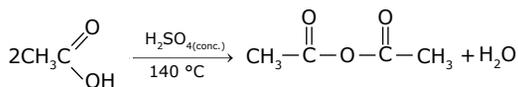


Nesse processo, o alceno formado apresenta um carbono a menos do que o sal que o originou, uma vez que esse carbono formará o produto carbonato de sódio (Na_2CO_3).

DESIDRATAÇÃO INTERMOLECULAR DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

Esse processo é semelhante ao processo de desidratação intermolecular entre álcoois. Os principais agentes desidratantes são $H_2SO_{4(conc.)}$, P_2O_5 ou $H_3PO_{4(conc.)}$, todos sob aquecimento.

Exemplos:

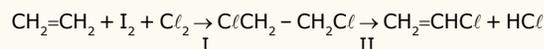


EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFU-MG) A obtenção do eteno, a partir do cloreto de etila, é uma reação de
- adição.
 - substituição.
 - pirólise.
 - eliminação.
 - eletrólise.
- 02.** (FGV-SP) Dentre as reações que podem ocorrer com o etanol, está a reação de eliminação intramolecular. Nela o produto orgânico formado é
- um éter.
 - um éster.
 - um alceno.
 - uma cetona.
 - um ácido carboxílico.

- 03.** (UFRGS-RS-2019) A produção industrial de cloreto de vinila, matéria-prima para a obtenção do poli(cloreto de vinila), polímero conhecido como PVC, envolve as reações mostradas no esquema a seguir:



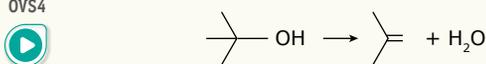
As reações I e II podem ser classificadas como

- cloração e adição.
- halogenação e desidroalogenação.
- adição e substituição.
- desidroalogenação e eliminação.
- eliminação e cloração.

- 04.** 96TO
As reações de eliminação são reações nas quais, partindo-se de um único composto orgânico, obtêm-se dois outros compostos, um orgânico e outro que normalmente é a água. Sobre as principais reações de eliminação em álcoois, assinale a alternativa incorreta.

- As desidratações intermoleculares ocorrem em temperaturas mais altas do que as desidratações intramoleculares.
- As desidratações intermoleculares produzem éteres enquanto as intramoleculares produzem alcenos.
- Nas desidratações, os ácidos inorgânicos são utilizados como catalisadores, pois são agentes desidratantes.
- 2-metilpentan-3-ol, por desidratação intramolecular, origina, em menor quantidade, o 4-metilpent-2-eno.
- O 2-metilpropan-2-ol desidrata com maior facilidade do que o propan-2-ol e este desidrata mais facilmente do que o propan-1-ol.

05. (UECE-2017) Atente à seguinte reação química:



Considerando a reação química anterior, assinale a opção que completa corretamente as lacunas do seguinte enunciado:

O terc-butanol (reagente), quando aquecido na presença de um catalisador _____¹, por meio de uma reação de _____², produz o isobutileno (produto) cujo nome pela IUPAC é _____³.

- A) básico¹; condensação²; 1,1-dimetileno³
 B) ácido¹, eliminação²; 2-metilpropeno³
 C) ácido¹, desidratação²; 1,1-dimetileno³
 D) básico¹, desidratação²; 2-metilpropeno³

06. (FAAP-SP) A eliminação de água do álcool n-butílico, em meio ácido, leva à obtenção de dois tipos de compostos, dependendo da temperatura em que se desenvolve a reação. Escreva as equações das reações de formação desses dois tipos de compostos.

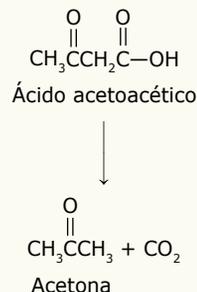
07. (UECE) Um dos produtos da reação entre 1 mol de 1,5-dibromo-pentano e 2 mols de zinco, que é usado na manufatura de resinas sintéticas e borrachas adesivas, é o

- A) n-pentano.
 B) pent-1-eno.
 C) penta-1,5-dieno.
 D) ciclopentano.

08. (UPE) O metano pode ser obtido pelo método de Dumas, caracterizado pela fusão alcalina a partir do

- A) permanganato de sódio.
 B) bióxido de carbono.
 C) hidróxido de sódio.
 D) acetato de sódio.
 E) ácido propiônico.

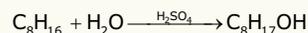
02. (UFF-RJ) O "Diabetes Mellitus" é uma doença com várias características. O aumento da produção de acetona na corrente sanguínea é uma dessas características. Como a acetona é uma substância volátil, diabéticos, quando não tratados, possuem um hálito característico chamado "bafo cetônico". No organismo humano, a acetona é produzida por uma série de reações.



A última reação da série mostrada anteriormente pode ser classificada como

- A) substituição. D) adição.
 B) esterificação. E) polimerização.
 C) eliminação.

03. (UNIRIO-RJ) O octeno, dentre outras substâncias, está contido na casca de limões e sofre combustão como todo hidrocarboneto. Também, teoricamente, forma o álcool correspondente quando hidratado em meio sulfúrico de acordo com a reação a seguir:



A reação inversa obedecerá ao mecanismo de

- A) condensação.
 B) adição.
 C) substituição eletrofílica.
 D) substituição nucleofílica.
 E) eliminação.

04. (UFLA-MG) O eteno, vulgarmente conhecido como etileno, é produzido por alguns frutos durante o seu amadurecimento. Substâncias pulverizadas sobre árvores frutíferas levam, muitas vezes, à lenta formação do etileno. Todas as reações a seguir levam à produção de etileno, exceto

- A) Desidratação do etanol na presença do ácido.
 B) Craqueio de alcanos maiores.
 C) Desidroalogenação do cloreto de etila em solução alcoólica de hidróxido de potássio.
 D) Adição de hidrogênio ao propeno.
 E) Eliminação de Br₂ na presença de zinco em pó em meio alcoólico do 1,2-dibromoetano.

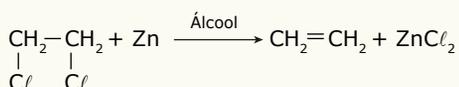
EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (Mackenzie-SP) Na reação de eliminação, que ocorre no 2-bromobutano com hidróxido de potássio em meio alcoólico, obtém-se uma mistura de dois compostos orgânicos que são isômeros de posição. Um deles, que se forma em menor quantidade, é o 1-buteno. O outro é o

- A) metilpropeno.
 B) 1-butanol.
 C) butano.
 D) ciclobutano.
 E) 2-buteno.

05. (IMED-SP) Analise a reação orgânica a seguir:



Essa reação é uma reação de:

- A) Adição
B) Ozonólise
C) Eliminação
D) Substituição
E) Desidratação

06. (Unifor-CE) O 3-metil-1,3-butanodiol, por perda intramolecular de duas moléculas de água para cada molécula de reagente, produz um hidrocarboneto

- A) insaturado com duas duplas ligações.
B) saturado com cinco átomos de carbono.
C) insaturado com uma dupla ligação.
D) saturado com quatro átomos de carbono.
E) insaturado com uma tripla ligação.

07. (PUC Rio) A desidratação de um monoálcool saturado de peso molecular 74 produz um alceno que apresenta estereoisomeria geométrica. Com base nesses dados, podemos afirmar que o monoálcool é:

- A) 2-metil-2-propanol
B) 2-butanol
C) 1-butanol
D) 2-metil-1-propanol
E) ciclobutanol

08. (Unimontes-MG) A formação de um álcool terciário pode ser representada pelo esquema a seguir:



O hidrocarboneto formado e o álcool são, respectivamente,

- A) um alcano e 2-metil-butan-2-ol.
B) um alceno e o pentan-2-ol.
C) um alcano e o pentan-2-ol.
D) um alceno e 2-metil-butan-2-ol.

09. (UECE) O pioneiro no uso do etoxietano (éter comum) para fins anestésicos foi o Doutor Crawford W. Long, em 1842, quando usou essa substância para remover tumores do pescoço de um paciente. O etoxietano pode ser obtido

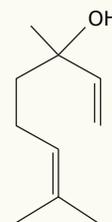
- A) pela reação do álcool etílico e ácido acético.
B) pela reação entre o etanoato de metila e o álcool etílico.
C) a partir da hidratação do ácido acético, por ação do ácido sulfúrico.
D) a partir da desidratação intermolecular do álcool etílico, por ação do ácido sulfúrico.

10. (CUSC-SP-2019) O éter dietílico, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$, é um líquido altamente volátil e inflamável, que foi utilizado durante muitos anos como anestésico geral. Atualmente, a sua principal utilização é como solvente em laboratórios. Esse éter pode ser obtido pela desidratação intermolecular do etanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

- A) Escreva as fórmulas estruturais de dois álcoois isômeros do éter dietílico.
B) Escreva a equação química que representa a obtenção do éter dietílico por desidratação intermolecular do etanol, utilizando as fórmulas moleculares das substâncias envolvidas. Calcule a massa de água removida do etanol para cada mol de éter obtido.

11. (UFES) O pau-rosa (*Aniba rosaedora var amazonica Ducke syn Aniba duckei Kostermans*), da família Lauraceae, destaca-se na produção de óleo essencial de aroma agradável, rico em linalol e muito utilizado na indústria de perfumaria. O óleo para fins comerciais é obtido a partir da destilação da madeira.

Sobre o linalol, é correto afirmar:

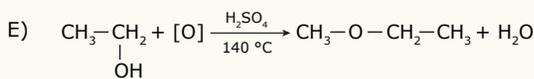
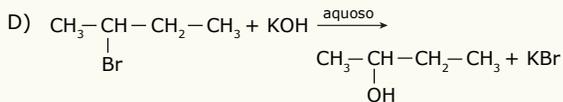
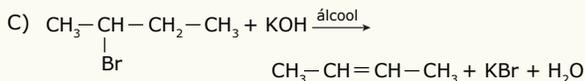
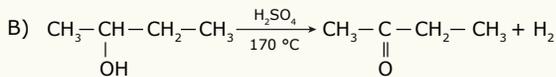
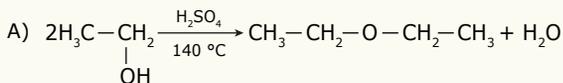


Estrutura do linalol

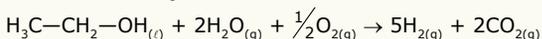
- A) Apresenta o nome sistemático de 3-hidróxi-3,7-dimetilocta-1,6-dieno.
B) Apresenta isomeria espacial do tipo cis-trans.
C) Sofre reação de desidratação, levando à formação de 2 ligações duplas conjugadas.
D) Apresenta em sua estrutura um álcool secundário.
E) Possui 5 carbonos sp^2 e 5 carbonos sp^3 .

12. (ESCS-DF) O primeiro avanço importante no desenvolvimento da anestesia se deu em 1275, quando o famoso alquimista espanhol Raimundo Lúlio descobriu que o vitríolo (ácido sulfúrico), quando misturado com álcool e destilado, produzia um fluido incolor e adocicado. De início, Lúlio e seus contemporâneos chamaram o fluido de vitríolo doce. Um grande futuro estava reservado a esse simples composto químico, embora fossem se passar seis séculos antes de sua utilização final ser descoberta.

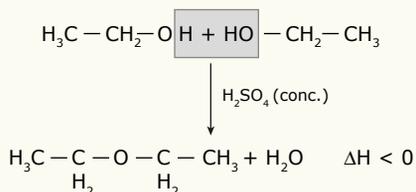
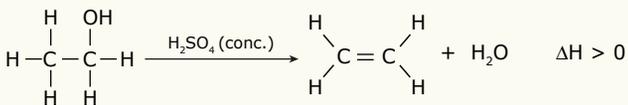
A equação da reação descrita no texto é:



13. (Albert Einstein) O sucesso da experiência brasileira do Proálcool e do desenvolvimento da tecnologia de motores bicombustíveis é reconhecido mundialmente. Países europeus usam a experiência brasileira como base para projetos de implantação da tecnologia de veículos movidos a células a combustível, que produzem energia usando hidrogênio. Como o H₂ não existe livre na natureza, ele pode ser obtido a partir do etanol de acordo com a reação:



Os álcoois sofrem desidratação em meio de ácido sulfúrico concentrado. A desidratação pode ser intermolecular ou intramolecular dependendo da temperatura. As reações de desidratação do etanol na presença de ácido sulfúrico concentrado podem ser representadas pelas seguintes equações.



Sobre a desidratação em ácido sulfúrico concentrado do propano-1-ol foram feitas algumas afirmações.

- I. A desidratação intramolecular forma o propeno.
- II. Em ambas as desidratações, o ácido sulfúrico concentrado age como desidratante.
- III. A formação do éter é favorecida em temperaturas mais altas, já o alceno é formado, preferencialmente, em temperaturas mais baixas.

Estão corretas apenas as afirmações

- A) I e II.
- B) I e III.
- C) II e III.
- D) I, II e III.

SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



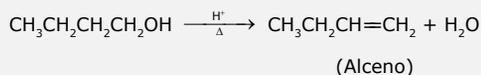
GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

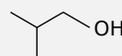
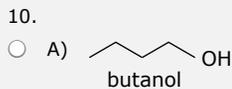
01. D
02. C
03. B
04. A
05. B
06. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{HO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{H}^+} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{O}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
(Éter)
07. D
08. D
09. D



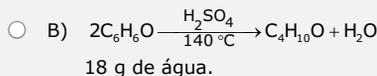
Propostos

Acertei _____ Errei _____

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. E | <input type="radio"/> 04. D | <input type="radio"/> 07. B |
| <input type="radio"/> 02. C | <input type="radio"/> 05. C | <input type="radio"/> 08. D |
| <input type="radio"/> 03. E | <input type="radio"/> 06. A | <input type="radio"/> 09. D |



2-metilpropan-1-ol



- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 11. C | <input type="radio"/> 12. A | <input type="radio"/> 13. A |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|

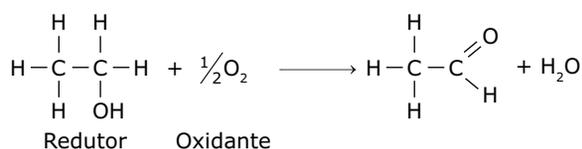
Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Reações de Oxidação

Reações de oxidação são aquelas que envolvem aumento no estado de oxidação (NOx) dos átomos presentes em uma molécula ou um composto. Em outras palavras, uma espécie oxida quando perde elétrons. Assim, a oxidação necessariamente será acompanhada por uma redução, ou seja, haverá outra espécie que ganhará elétrons.

A origem da palavra oxidação refere-se ao aumento do teor de oxigênio. Atualmente, o termo é muito mais amplo e envolve perda de elétrons, independentemente da presença de oxigênio. Ainda assim, para processos orgânicos classificados como reações de oxidação, iremos considerar aqueles nos quais uma substância orgânica (denominada redutora) reage com uma substância inorgânica (denominada oxidante). Haverá, então, aumento do número de átomos de oxigênio ou diminuição do número de átomos de hidrogênio no composto orgânico em questão.

Exemplo:



As substâncias inorgânicas mais frequentemente usadas como oxidantes são: permanganato de potássio (KMnO₄), dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇), ozônio (O₃) e oxigênio molecular (O₂).

Diversos processos de oxidação de compostos orgânicos nos acompanham a todos os instantes.

O dicromato de potássio, juntamente ao ácido sulfúrico (solução alaranjada), constitui a solução presente no bafômetro, que, ao reagir com o álcool presente nos pulmões após a ingestão de bebidas alcoólicas, formará uma solução verde. Esta, por sua vez, permitirá identificar o teor de álcool no organismo da pessoa que fez o teste. Isso nada mais é que a oxidação das moléculas de álcool.

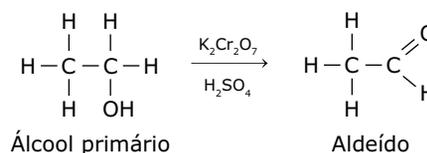
OXIDAÇÃO EM ÁLCOOIS

A oxidação de álcoois é conhecida desde a Antiguidade. O vinho, por exemplo, pode se transformar em vinagre pela ação do oxigênio do ar atmosférico. É por isso que em adegas as garrafas de vinho são colocadas inclinadas para que a rolha fique constantemente úmida. Isso dificultará a entrada de ar atmosférico. Contudo, esse processo é lento e pode ser ainda mais retardado pela presença de antioxidantes.

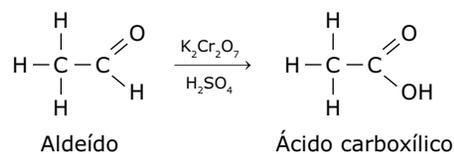
Em alguns casos, essa reação é desejada e pode ser induzida pela presença de agentes oxidantes fortes, tais como KMnO₄ ou K₂Cr₂O₇ em meio ácido, originando compostos carbonílicos e / ou carboxílicos. No entanto, apenas álcoois primários e secundários podem ser oxidados nas condições descritas.

Álcoois primários

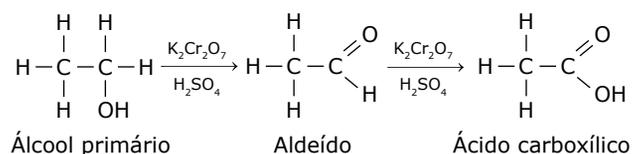
A oxidação envolve a remoção de um hidrogênio do carbono que contém a hidroxila e a formação de uma carbonila; logo, há produção de um aldeído.



Como os agentes oxidantes empregados são fortes, dificilmente a reação para nessa etapa. Observe que o composto resultante ainda apresenta um hidrogênio no carbono que agora contém a carbonila e, assim, pode haver uma nova oxidação com formação de uma hidroxila.

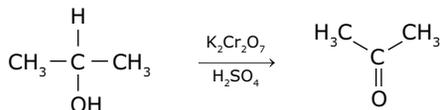


Dizemos, então, que o processo global é representado por:



Álcoois secundários

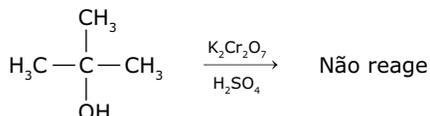
Assim como na oxidação de álcoois primários, a oxidação de álcoois secundários envolve a remoção de um hidrogênio do carbono que contém a hidroxila e a formação de uma carbonila. Entretanto, nesse caso, haverá produção de uma cetona.



Como não há hidrogênios ligados ao carbono carbonílico, não é possível uma oxidação posterior, portanto, o produto da oxidação de álcoois secundários será exclusivamente uma cetona.

Álcoois terciários

Álcoois terciários não apresentam hidrogênio ligado ao carbono que contém a hidroxila, logo, não é possível, por métodos discutidos aqui, produzir carbonila. Isso implica dizer que álcoois terciários não reagem com KMnO_4 ou com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, em meio ácido.



Resumindo:

Tipo de carbono ligado à hidroxila	Produto obtido
Primário	Aldeído como intermediário que se transformará em ácido carboxílico
Secundário	Cetona
Terciário	Não sofre oxidação

OXIDAÇÃO EM ALQUENOS

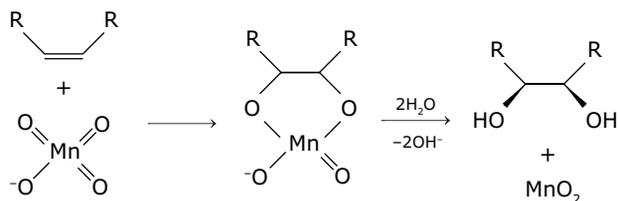
Os alquenos sofrem muitas reações em que os carbonos formadores da dupla-ligação são oxidados. Para tal, o alqueno é colocado para reagir com um agente oxidante. Essa reação pode ocorrer de três formas: oxidação branda, oxidação enérgica e ozonólise.

Oxidação branda

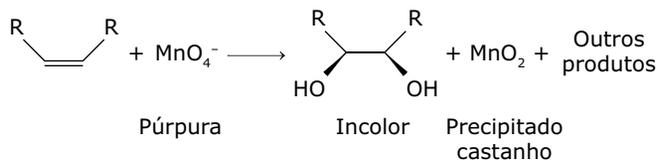
Os alquenos se convertem em dióis (álcoois que apresentam dois grupos hidroxilas) por vários métodos. Nesse caso, a reação de oxidação consiste apenas na ruptura da ligação π e é denominada oxidação branda.

Uma forma bastante comum de se fazer essa reação consiste em reagir o alqueno com permanganato de potássio em meio neutro ou ligeiramente básico, a frio (o termo a frio significa apenas que o sistema não foi aquecido).

Essas condições brandas são essenciais para impedir a subsequente oxidação do diol.

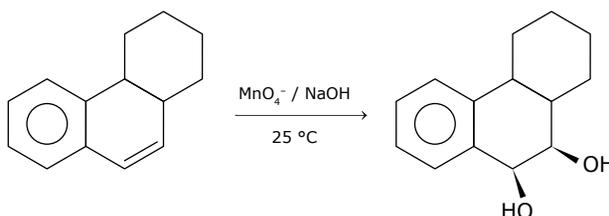


Além de ser um importante método de síntese dos 1,2-dióis (álcoois que apresentam dois grupos hidroxilas em carbonos adjacentes), a reação entre alquenos e KMnO_4 constitui um importante método para caracterizar alquenos. Assim como no teste de bromo (discutido no estudo sobre reações de adição), essa reação é marcada pela mudança de cor, porém, nesse caso, de púrpura (característica da solução de KMnO_4) para incolor (os dióis são incolores) e pela formação de um precipitado castanho de MnO_2 .



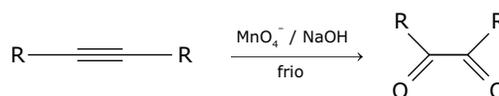
Esse teste é conhecido como Teste de Baeyer, em homenagem ao químico alemão Adolf von Baeyer.

Outro exemplo de oxidação branda é mostrado a seguir. Note que as ligações duplas presentes no anel aromático não sofrem modificações.



OBSERVAÇÃO

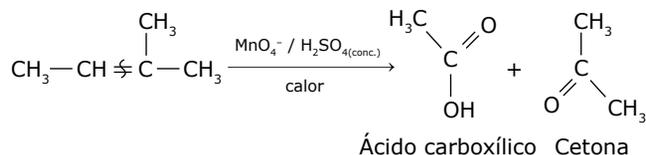
Os alquinos também podem ser oxidados por soluções de permanganato, de forma similar àquela discutida para os alquenos. Os produtos esperados seriam álcoois nos quais os dois átomos de carbonos adjacentes apresentariam quatro grupos hidroxilas. No entanto, esses produtos seriam muito instáveis, pois o que verdadeiramente se produz são dialdeídos, dicetonas ou compostos aldocetônicos (compostos que apresentam carbonilas aldeídicas e cetônicas simultaneamente).



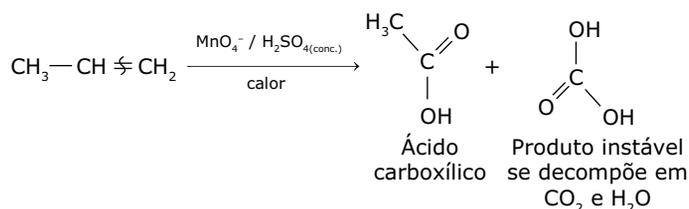
Oxidação enérgica

A oxidação de alquenos também pode ser feita utilizando-se KMnO_4 aquecido e em meio ácido. Nesse caso, a oxidação é conhecida como oxidação enérgica e haverá clivagem da ligação dupla carbono-carbono.

Dependendo da posição da ligação dupla, poderão ser produzidos ácidos carboxílicos, cetonas e até gás carbônico. O KMnO_4 pode ser substituído por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, também em meio ácido.



Note que 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, o carbono da dupla que for dissubstituído levará à formação de cetona, enquanto o carbono monossubstituído levará à formação de um ácido carboxílico. Por raciocínio semelhante, alquenos terminais levarão à produção de CO_2 . Nesse caso, a reação pode ser evidenciada por formação de bolhas, devido à presença do gás carbônico.

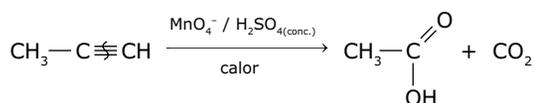


Resumindo:

Tipo de carbono da insaturação	Produto obtido
Primário	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Secundário	Ácido carboxílico
Terciário	Cetona

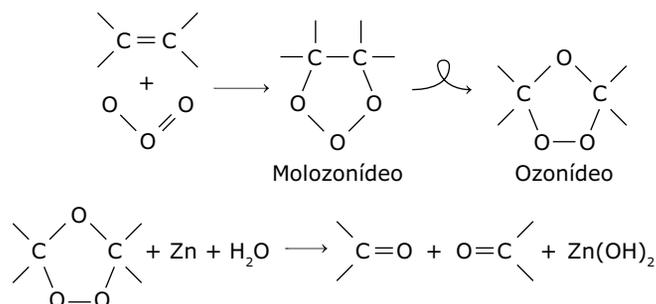
OBSERVAÇÃO

Os alquinos também sofrem oxidação enérgica, e o processo é similar ao discutido para os alquenos. No entanto, tem-se agora uma ligação tripla. Dessa forma, haverá produção de ácidos carboxílicos se o carbono da tripla for monossubstituído e de gás carbônico para alquinos terminais.



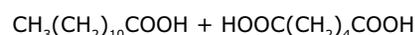
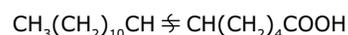
Ozonólise

Os alquenos também podem ser oxidados pela reação com ozônio. Nesse caso, há formação de compostos instáveis denominados molozonídeo, que se rearranjam para formar o ozonídeo. Este, por sua vez, ao ser tratado com zinco e água, forma compostos carbonílicos (aldeídos e / ou cetonas).

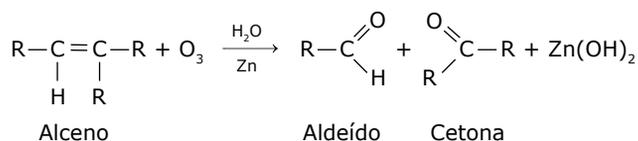


Observe que, ao contrário da oxidação enérgica, não há produção de ácido carboxílico, e sim de aldeído ou cetona.

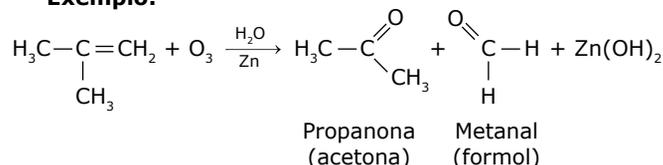
Ainda assim, é possível sintetizar ácidos carboxílicos por ozonólise. Para tal, deve-se adicionar ao sistema um agente oxidante que possibilite a conversão do aldeído em ácido carboxílico. Industrialmente, isso ocorre na produção do ácido láurico (utilizado na produção de detergentes) e do ácido adípico (usado na confecção do náilon). A substância usada é o peróxido de hidrogênio na ausência de zinco.



Em linhas gerais, na ozonólise, ocorre a substituição da ligação $\text{C}=\text{C}$ pela ligação $\text{C}=\text{O}$.



Exemplo:



Resumindo:

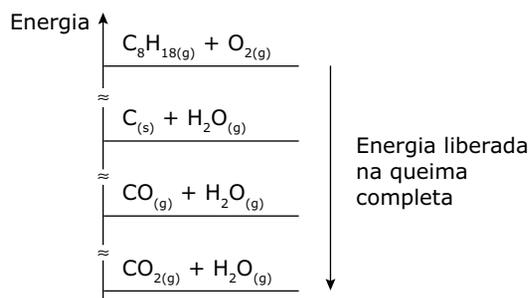
Tipo de carbono da insaturação	Produto obtido
Primário	Metanal
Secundário	Aldeído com dois ou mais carbonos
Terciário	Cetona

REAÇÕES DE COMBUSTÃO

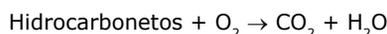
O termo "combustão" é usado para designar uma reação rápida de uma substância com oxigênio molecular, acompanhada por emissão de calor e chama visível ou invisível. Substâncias inorgânicas podem ser usadas como combustíveis. Um bom exemplo é o gás hidrogênio.

No entanto, neste momento, nossa atenção estará voltada para combustíveis orgânicos, tais como gasolina, querosene, álcool etílico, entre outros.

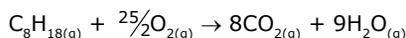
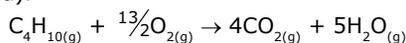
As reações de combustão podem ser completas ou parciais. Nas primeiras, haverá maior liberação de energia. Na combustão parcial, o produto obtido ainda pode sofrer uma nova reação, liberando quantidade adicional de energia. Observe o diagrama a seguir para a queima do octano – principal constituinte da gasolina.



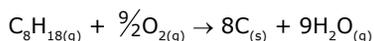
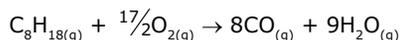
A combustão dos hidrocarbonetos é bastante comum na vida diária. A gasolina, o gás de cozinha, o gás natural e o diesel são exemplos de misturas cuja maior parte da composição é de hidrocarbonetos. Como estes são formados por carbono e hidrogênio, ao reagirem com oxigênio molecular também haverá produção de compostos contendo carbono e hidrogênio. O carbono é oxidado a CO_2 , enquanto o hidrogênio é convertido em H_2O .



As reações seguintes ilustram a combustão completa do butano (presente no gás de cozinha) e do octano (presente na gasolina).



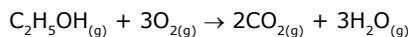
Quando a concentração de oxigênio disponível para a combustão não é muito alta, pode haver oxidação parcial do carbono, com formação de monóxido de carbono (CO) ou fuligem (representada simplificada por C).



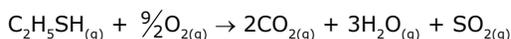
A formação de monóxido de carbono constitui um problema ambiental, pois esse gás é um gás muito tóxico, e a fuligem, embora tenha utilidades industriais, quando dispersa no ar, também constitui um poluente e é cancerígena.

Alguns compostos orgânicos, que também apresentam características de combustíveis, podem ainda conter oxigênio e enxofre.

O etanol, também usado como combustível em veículos automotores, apresenta como produtos de sua combustão completa CO_2 e H_2O , desde que a reação tenha oxigênio suficiente.



Para compostos contendo enxofre, embora exista a possibilidade de formação de SO_3 , usualmente o SO_2 é formado, o que constitui um problema ambiental.



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

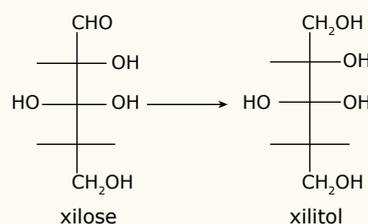


- 01.** (UFRGS-RS) O ácido lactobiónico é usado na conservação de órgãos de doadores. A sua síntese é feita a partir da lactose, na qual um grupo aldeído é convertido em grupo ácido carboxílico.

A reação em que um ácido carboxílico é formado a partir de um aldeído é uma reação de

- A) desidratação.
B) hidrogenação.
C) oxidação.
D) descarboxilação.
E) substituição.

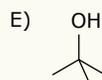
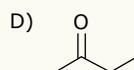
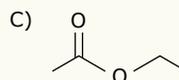
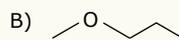
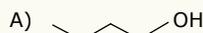
- 02.** (Unioeste-PR) O xilitol, um substitutivo do açúcar em alimentos, é obtido a partir da xilose, um carboidrato, como mostrado na reação a seguir:



A conversão da xilose em xilitol é um exemplo de reação de

- A) redução.
B) oxidação.
C) hidratação.
D) isomerização.
E) epimerização.

- 03.** (Santa Casa-SP-2021) Um ácido orgânico com fórmula molecular $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ pode ser obtido pela reação de oxidação da substância cuja fórmula estrutural é representada por



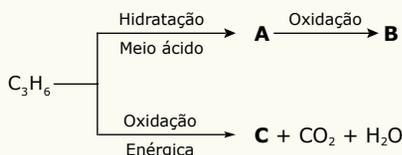
04. (UECE-2018) Bebidas alcoólicas, como licores artesanais, podem, algumas vezes, apresentar metanol, uma substância tóxica, imprópria para o consumo. Quando exposto a algum agente oxidante, o metanol sofre oxidação. A equação química dessa reação é:

- A) $\text{CH}_3\text{-OH} \xrightarrow{[\text{O}]} \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$
 B) $\text{CH}_3\text{-OH} \xrightarrow{[\text{O}]} \text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O}$
 C) $3\text{CH}_3\text{-OH} \xrightarrow{[\text{O}]} \text{CH}_3\text{-C}(\text{O})\text{-CH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 D) $\text{CH}_3\text{-OH} \xrightarrow{[\text{O}]} \text{HCOOH} + \text{H}_2$

05. (CEFET-MG) Os álcoois, quando reagem com permanganato de potássio, em meio ácido e com aquecimento, podem ser oxidados a aldeídos, cetonas ou ácidos carboxílicos. O álcool que, submetido às condições citadas, não é capaz de reagir é o

- A) etanol. D) 2-metil-propan-2-ol.
 B) butan-2-ol. E) 2-metil-pent-1-en-3-ol.
 C) cicloexanol.

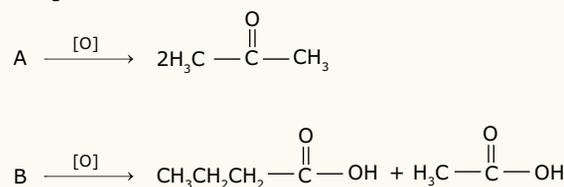
06. (Mackenzie-SP) O esquema a seguir mostra a sequência de reações químicas utilizadas para a obtenção dos compostos orgânicos **A**, **B** e **C**, a partir do alceno de fórmula molecular C_3H_6 .



Assim, os produtos orgânicos formados **A**, **B** e **C** são, respectivamente,

- A) propan-1-ol, propanal e ácido acético.
 B) propan-2-ol, propanona e propanal.
 C) propan-1-ol, propanal e propanona.
 D) propan-2-ol, propanona e ácido acético.
 E) propan-1-ol, acetona e etanal.

07. (UFV-MG) Dois alquenos A e B, de fórmula C_6H_{12} , foram oxidados sob condições enérgicas, na presença de KMnO_4 , fornecendo diferentes produtos, conforme representação a seguir:

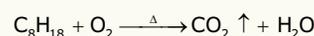


A) Complete o quadro a seguir:

Estrutura de A	Estrutura de B

B) Represente um composto de fórmula molecular C_6H_{12} que não reagiria sob as mesmas condições de oxidação apresentadas.

08. (Mackenzie-SP)



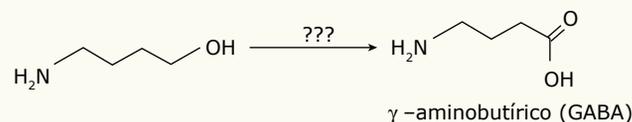
Da equação não balanceada anterior, conclui-se que

- A) representa uma reação de combustão.
 B) o produto gasoso é uma substância pura simples.
 C) representa uma reação de eliminação.
 D) na reação de 1 mol de C_8H_{18} , obtêm-se 8 mol de H_2O .
 E) representa uma reação de substituição.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



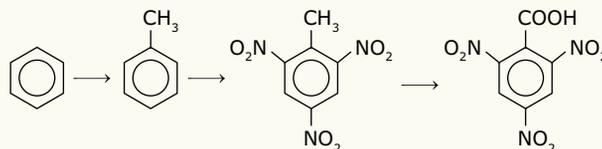
01. (UFJF-MG) O ácido γ -aminobutírico (GABA) é um aminoácido que age no sistema nervoso central. Distúrbios na biossíntese ou metabolização deste ácido podem levar ao desenvolvimento de epilepsia. A última etapa da síntese química do GABA utiliza reação de oxidação de álcool.



Qual reagente oxidante deve ser utilizado para realizar esta síntese?

- A) $\text{NaCl} / \text{H}_2\text{O}$
 B) H_2 / Pt
 C) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 / \text{H}_2\text{SO}_4$
 D) $\text{Cl}_2 / \text{FeCl}_3$
 E) $\text{H}_2\text{O} / \text{NaOH}$

02. (UFOP-MG) Considere a seguinte rota de síntese, que envolve o trinitrotolueno (TNT), um explosivo extremamente vigoroso.



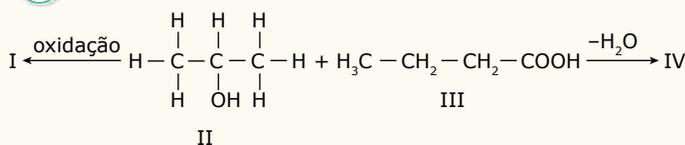
Assinale a alternativa que apresenta uma reação que não está presente nesse esquema.

- A) Redução
 B) Oxidação
 C) Alquilação
 D) Nitração

03. (UECE) Os enólogos recomendam que as garrafas de vinho sejam guardadas em local climatizado e na posição horizontal. Assinale a opção que corretamente justifica essas recomendações.

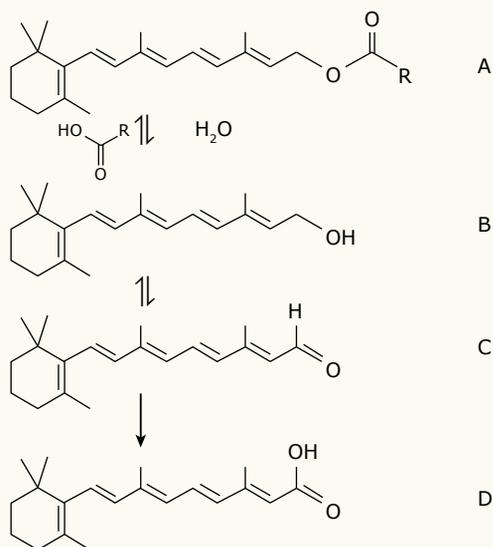
- A) O ambiente deve ser climatizado para diminuir a possibilidade da reação de redução.
- B) A posição horizontal é para possibilitar a entrada do oxigênio e, conseqüentemente evitar a redução do etanol, transformando-se em ácido etanoico (vinagre).
- C) A posição horizontal evita a entrada do oxigênio e, conseqüentemente, a oxidação do etanol, transformando-se em ácido etanoico (vinagre).
- D) O ambiente deve ser climatizado, porque o vinho em baixa temperatura favorece a reação de oxidação.

04. (CMMG-2020) Algumas reações orgânicas são características de determinadas funções químicas. Observe a seguir um esquema correspondente a duas transformações químicas.



- A) Indique, utilizando fórmulas estruturais, as espécies químicas I e IV.
- B) Nomeie as espécies químicas II e III.
- C) Indique o nome do grupo funcional presente na estrutura II.

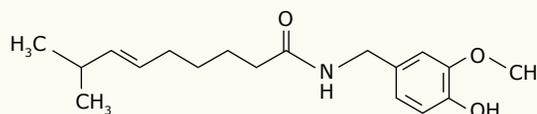
05. (UNITAU-SP) A vitamina A, também conhecida como retinol, é muito importante para a visão, para o desenvolvimento fetal, para a manutenção dos epitélios e para a competência imunológica. O fígado armazena o retinol na forma "A" e, quando necessário, libera essa vitamina para o sangue. As células, por meio de uma sequência de reações, convertem a forma "A" em "D", como indicado no esquema a seguir:



Considerando as informações e as fórmulas apresentadas, analise as afirmativas a seguir:

- I. A forma "A" é um éter.
 - II. A forma "D" é um aldeído.
 - III. A forma "B" sofre oxidação quando é convertida em "C".
 - IV. A forma "D" é mais oxidada do que a "C".
- Está correto o que se afirma em
- A) I, II e III, apenas.
 - B) I, III e IV, apenas.
 - C) I e II, apenas.
 - D) III e IV, apenas.
 - E) I e IV, apenas.

06. (ACAFE-SC) O *spray* de pimenta é um tipo de agente lacrimogêneo que possui a capsaicina como princípio ativo.



Fórmula estrutural da capsaicina

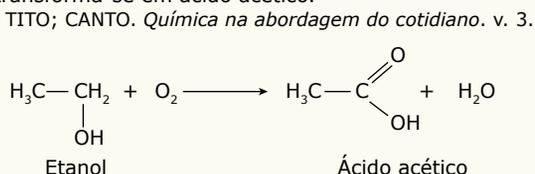
Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos é correto afirmar, exceto

- A) A capsaicina possui os grupos funcionais amida, fenol e éter.
- B) A oxidação energética ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ou KMnO_4 em meio ácido e quente) da capsaicina tem como produto majoritário um composto contendo o grupo funcional aldeído.
- C) Sob condições apropriadas a capsaicina pode sofrer ozonólise, formando compostos que apresentam a função química aldeído.
- D) Sob condições apropriadas, a capsaicina pode reagir com Br_2 em uma reação de adição.

07. (PUC-SP) Em um determinado curso de química orgânica foram realizadas diversas sínteses. A substância X foi obtida da reação entre o etanol e o ácido propanoico na presença de ácido sulfúrico. O álcool propan-2-ol foi obtido a partir da adição de água ao reagente Y na presença de ácido. A oxidação do butan-2-ol com permanganato de potássio (KMnO_4) em meio ácido produziu a substância Z.

- As substâncias X, Y e Z são, respectivamente,
- A) ácido pentanoico, eteno e butanona.
 - B) propanoato de etila, propeno e butanona.
 - C) etanoato de propila, acetileno e propanal.
 - D) propanoato de etila, propeno e ácido butanoico.
 - E) etanoato de propila, propan-1-ol e butanal.

08. (Mackenzie-SP) A palavra vinagre vem do latim *vinum*, "vinho", e *acre*, "azedo". Desde a Antiguidade, a humanidade sabe fabricar vinagre; basta deixar o vinho azedar. Nessa reação, o etanol reage com o oxigênio (O_2) e transforma-se em ácido acético.



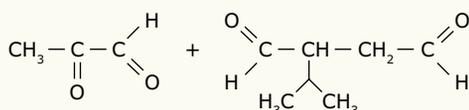
De acordo com a equação da reação química anterior, de obtenção do ácido acético (componente do vinagre), foram realizadas as seguintes afirmações:

- I. O etanol sofre oxidação.
- II. O NOx do carbono carboxílico do ácido acético é igual a -3.
- III. O gás oxigênio (O₂) atua como agente oxidante.
- IV. O NOx do carbono que possui o grupo funcional no etanol é igual a +1.

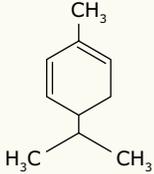
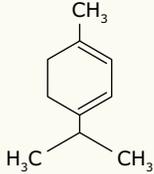
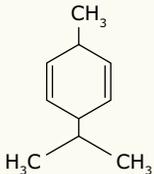
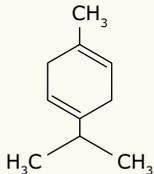
Estão corretas, somente,

- A) I, III e IV. C) I e III. E) I e II.
 B) II e IV. D) II, III e IV.

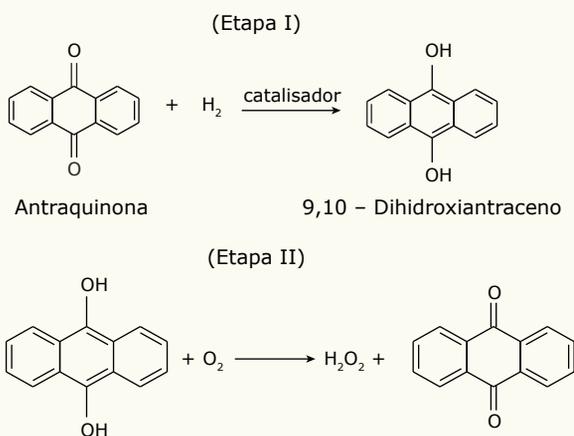
- 09.** (UFVJM-MG) O α -felandreno, um componente do óleo essencial que é extraído do *Eucalyptus phellandra*, fornece, após ozonólise seguida de hidrólise, em presença de zinco, os seguintes compostos:



Tendo em vista os produtos formados pela ozonólise, pode-se afirmar que a estrutura do α -felandreno é:

- A)  C) 
 B)  D) 

- 10.**  (UFPR) A obtenção industrial de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) é um exemplo de reação em que um dos reagentes pode ser completamente recuperado. Essa transformação se processa em duas etapas, nas quais ocorrem as reações de oxirredução mostradas a seguir:



De acordo com as reações apresentadas, identifique as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F):

- () Na primeira etapa, a antraquinona é reduzida.
 () O 9,10-dihidroxi-antraceno é um agente oxidante na segunda etapa.
 () O oxigênio molecular é oxidado por 2 elétrons na segunda etapa.
 () Os átomos de oxigênio presentes no par antraquinona/9,10-dihidroxi-antraceno não sofrem alteração no NOx nas etapas 1 e 2.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

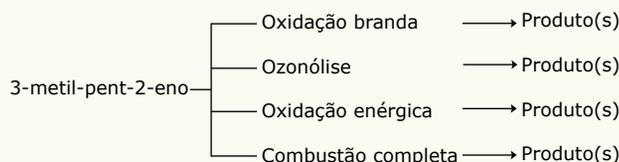
- A) V - V - F - F. D) F - V - V - F.
 B) V - V - V - F. E) F - F - F - V.
 C) V - F - F - V.

- 11.** (Unimes-SP) Um determinado processo industrial é realizado com a queima, na presença de ar, de um alcano. Um dos produtos obtidos nesse processo é o chamado "negro de fumo", o qual é utilizado como pigmento preto para tintas.

Diante do exposto, pode-se afirmar que se trata de

- A) combustão com excesso de ar, produzindo CO₂.
 B) combustão com limitação de ar, produzindo CO₂.
 C) combustão com limitação de ar, produzindo C.
 D) combustão com excesso de ar, produzindo C.
 E) combustão com excesso de ar, produzindo CO.

- 12.**  (UFT-TO) As reações de oxidação que envolvem alcenos podem ser classificadas em quatro grupos: oxidação branda, ozonólise, oxidação enérgica e combustão. Conforme esquema a seguir, a molécula de 3-metil-pent-2-eno, quando submetida a estas reações separadamente, irá formar produtos distintos.

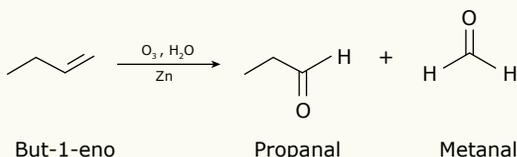


Os produtos formados pela oxidação branda, ozonólise, oxidação enérgica e combustão completa, são respectivamente,

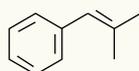
- A) 3-metil-pentan-2,3-diol; etanal e butanona; ácido etanoico e butanona; dióxido de carbono e água.
 B) 3-metil-pentan-3-ol; propanona e ácido etanoico; ácido etanoico e ácido butanoico; monóxido de carbono e água.
 C) etanoato de etila e ácido metanoico; 3-metil-pentan-2-ol; ácido metanoico e pentan-2-ona; dióxido de carbono e água.
 D) 3-metil-pentanal; etanal e butanona; ácido metanoico e pentan-2-ona; dióxido de carbono e água.
 E) 3-metil-pentan-2-ona; etanal e butanal; ácido metanoico e ácido-pentanoico; dióxido de carbono e água.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2017) A ozonólise, reação utilizada na indústria madeireira para a produção de papel, é também utilizada em escala de laboratório na síntese de aldeídos e cetonas. As duplas ligações dos alcenos são clivadas pela oxidação com o ozônio (O₃), em presença de água e zinco metálico, e a reação produz aldeídos e / ou cetonas, dependendo do grau de substituição da ligação dupla. Ligações duplas dissustituídas geram cetonas, enquanto as ligações duplas terminais ou monossustituídas dão origem a aldeídos, como mostra o esquema.



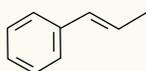
Considere a ozonólise do composto 1-fenil-2-metilprop-1-eno:



1-fenil-2-metilprop-1-eno

Quais são os produtos formados nessa reação?

- A) Benzaldeído e propanona
 B) Propanal e benzaldeído
 C) 2-fenil-etanal e metanal
 D) Benzeno e propanona
 E) Benzaldeído e etanal
- 02.** (Enem-2017) Quando se abre uma garrafa de vinho, recomenda-se que seu consumo não demande muito tempo. À medida que os dias ou semanas se passam, o vinho pode se tornar azedo, pois o etanol presente sofre oxidação e se transforma em ácido acético.
- Para conservar as propriedades originais do vinho, depois de aberto, é recomendável
- A) colocar a garrafa ao abrigo de luz e umidade.
 B) aquecer a garrafa e guardá-la aberta na geladeira.
 C) verter o vinho para uma garrafa maior e esterilizada.
 D) fechar a garrafa, envolvê-la em papel alumínio e guardá-la na geladeira.
 E) transferir o vinho para uma garrafa menor, tampá-la e guardá-la na geladeira.
- 03.** (Enem) O permanganato de potássio (KMnO₄) é um agente oxidante forte muito empregado tanto em nível laboratorial quanto industrial. Na oxidação de alcenos de cadeia normal, como o 1-fenil-1-propeno, ilustrado na figura, o KMnO₄ é utilizado para a produção de ácidos carboxílicos.



1-fenil-1-propeno

Os produtos obtidos na oxidação do alceno representado, em solução aquosa de KMnO₄, são:

- A) Ácido benzoico e ácido etanoico.
 B) Ácido benzoico e ácido propanoico.
 C) Ácido etanoico e ácido 2-feniletanoico.
 D) Ácido 2-feniletanoico e ácido metanoico.
 E) Ácido 2-feniletanoico e ácido propanoico.

SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. C 03. A 05. D
 02. A 04. A 06. D

07.

- A)

Estrutura de A	Estrutura de B
	<chem>CH3CH2CH2CH=CHCH3</chem>

- B) Cicloexano

08. A

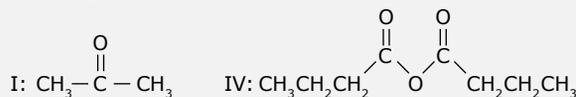
Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. C 02. A 03. C

04.

- A)



- B) II. Propan-2-ol. II. Ácido butanoico.
 C) Hidroxila.
 05. D 08. C 11. C
 06. B 09. A 12. A
 07. B 10. C

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. A 02. E 03. A

Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Reações de Substituição

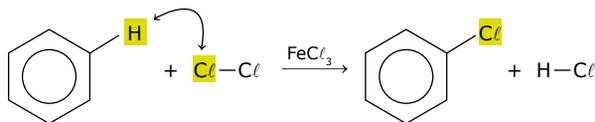
Os alcanos, assim como os compostos aromáticos, são razoavelmente estáveis. Ainda assim, participam de diversas reações orgânicas. A pergunta é: como isso ocorre? Os alcanos são compostos saturados, e os compostos aromáticos, embora insaturados, apresentam ressonância, o que dificulta a ruptura das ligações pi (π).

Na realidade, as principais reações das quais esses compostos participam são as de substituição, ou seja, processos em que um átomo ou grupo de átomos em uma molécula reagente é substituído por outro. Os exemplos a seguir ilustram isso:

Reação I



Reação II



Além de alcanos e compostos aromáticos diversos, outros compostos podem sofrer reações de substituição, como haletos, álcoois, ácidos carboxílicos, entre outros.

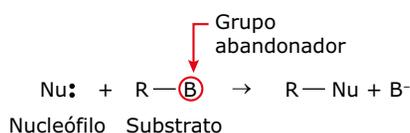
Conforme a sequência de etapas que conduz à substituição, esta pode ser classificada em substituição nucleofílica, eletrofílica e via radicalar (radicais livres).

SUBSTITUIÇÃO NUCLEOFÍLICA



As reações de substituição nucleofílica ocorrem a partir de um reagente deficiente de elétrons que será "atacado" por um nucleófilo.

Nucleófilo é uma espécie que apresenta par(es) de elétrons não compartilhado(s) e, portanto, apresenta afinidade com o centro deficiente em elétrons.

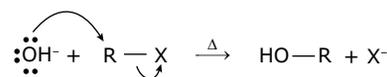


Substituição nucleofílica em haletos de alquila

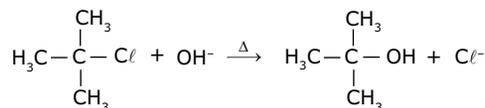
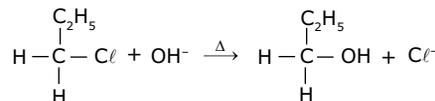
Essas reações consistem em substituir um haleto de uma molécula orgânica por outro átomo ou grupo de átomos.

Síntese de álcoois

Nesse caso, o grupo de entrada ou nucleófilo é um íon hidróxido.

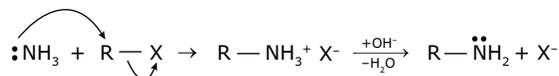


Exemplos:

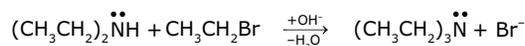
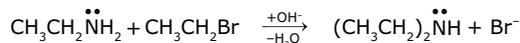
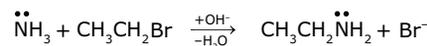


Síntese de aminas

Nesse caso, o grupo de entrada ou nucleófilo é a amônia ou uma amina.



Exemplos:

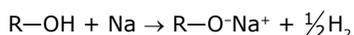


O método é similar ao discutido no item anterior, no entanto é bastante limitado. A limitação se deve à frequência com que podem ocorrer alquilações múltiplas. A menos que condições especiais sejam empregadas (por exemplo, excesso de amônia, tal como 1,0 mol de haleto de alquila para 70 mol de amônia), dificilmente se obtêm aminas primárias. Essas aminas reagem novamente com os haletos de alquilas, formando aminas secundárias, que, por sua vez, reagem formando aminas terciárias.

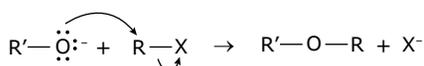
Síntese de éteres

Nesse caso, o grupo de entrada ou nucleófilo é o grupo alcóxido ($R-O^-$).

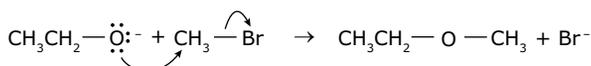
O grupo alcóxido corresponde a um álcool desprotonado. Ele pode ser obtido fazendo-se reagir um álcool com sódio metálico, conforme mostrado a seguir:



O grupo alcóxido reage com um haleto de alquila, produzindo o éter correspondente. Esse processo é denominado método de Williamson e oferece grande variedade de possibilidades, sendo, portanto, muito usado em sínteses. Os haleto de alquila usados são, em geral, primários.

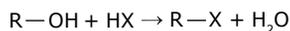


Exemplo:

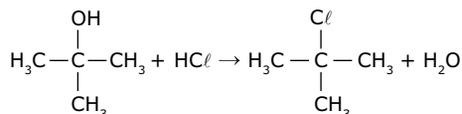


Síntese de haleto de alquila

Nesse caso, o grupo de entrada ou nucleófilo é o grupo haleto.

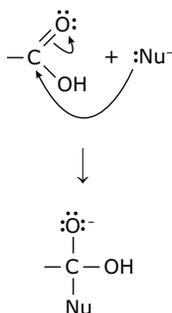


Exemplo:



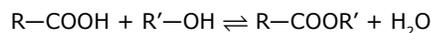
Substituição nucleofílica em ácidos e derivados de ácidos carboxílicos

A característica central de ácidos e derivados de ácidos carboxílicos que possibilitam a substituição nucleofílica é a presença da carbonila. O carbono da carbonila se encontra polarizado positivamente, de forma que ele pode sofrer um "ataque" por um nucleófilo. Nessa situação, a ligação π da dupla se rompe, e o oxigênio, que é bastante eletronegativo, acomoda com relativa facilidade os elétrons da ligação.



Esterificação

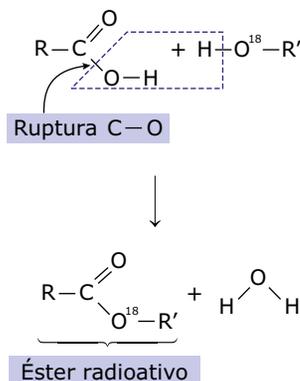
Os ácidos carboxílicos reagem com álcoois, formando ésteres. A reação envolve uma desidratação intermolecular e é denominada esterificação.



A reação é catalisada por ácidos fortes, por exemplo, ácido sulfúrico. No entanto, o ácido utilizado catalisa também a reação inversa. Para favorecer a reação direta, usualmente, emprega-se um agente secante em excesso, que remove a água que vai se formando.

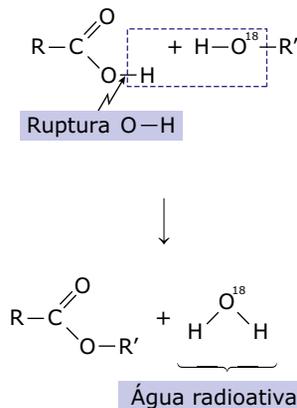
Com a utilização do isótopo O^{18} (radioativo), pode-se descobrir qual reagente eliminará o grupo hidroxila para a formação da água.

- Eliminação da hidroxila do ácido carboxílico



Verifica-se esse caminho quando os álcoois reagentes são primários e, raramente, quando são secundários.

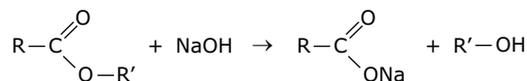
- Eliminação da hidroxila do álcool



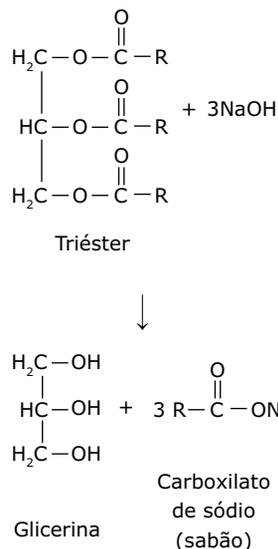
O mecanismo desse processo envolve a formação de um carbocátion estável. Portanto, verifica-se esse caminho quando os álcoois reagentes são secundários e terciários, pois seus carbocátions são mais estáveis.

Hidrólise básica de ésteres

Um éster pode ser hidrolisado em meio básico, produzindo carboxilato e álcool.



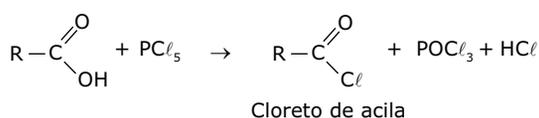
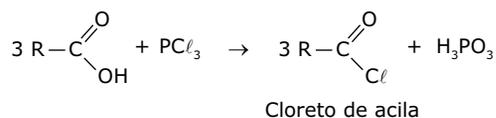
A produção de sabão envolve a hidrólise alcalina de um éster.



Observe que os sabões são sais de sódio (também podem ser de potássio) de ácidos graxos. Isso possibilita a interação do sabão tanto com a gordura (pela cadeia carbônica) quanto com a água (pelo grupo iônico).

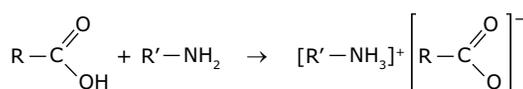
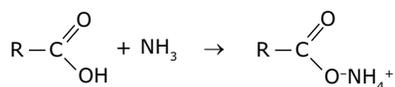
Formação de cloretos de acila

Os cloretos de acila são os derivados mais reativos dos ácidos carboxílicos. Assim, é necessário o uso de reagentes especiais para sintetizá-los. Entre os mais usuais estão PCl_3 (tricloreto de fósforo) e PCl_5 (pentacloreto de fósforo), que reagem com ácido carboxílico dando bons rendimentos.

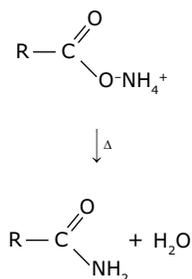


Formação de amidas

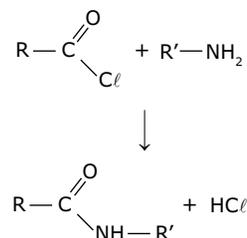
Os ácidos carboxílicos (ácidos orgânicos) reagem com amônia (base inorgânica) ou aminas (bases orgânicas), formando carboxilatos de amônio.



Em solução aquosa, os carboxilatos de amônio são bastante estáveis, de forma que não ocorre substituição nucleofílica. Porém, se a água for evaporada e o sal aquecido, ocorre desidratação, com conseqüente formação de amida.



As amidas também podem ser preparadas, fazendo-se reagir cloreto de acila com aminas ou amônia. O método é mais eficiente e, portanto, mais utilizado que o discutido anteriormente, pois o cloreto de acila é mais reativo que o ácido carboxílico.



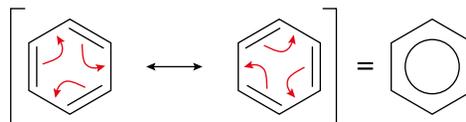
Mecanismos da reação $\text{S}_{\text{N}}2$

Assista ao vídeo e conheça o mecanismo das reações do tipo $\text{S}_{\text{N}}2$. Acompanhe a variação de energia durante as etapas da reação. Bons estudos!

GDC8

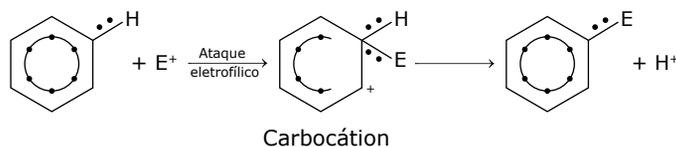
SUBSTITUIÇÃO ELETROFÍLICA EM COMPOSTOS AROMÁTICOS

Os compostos benzênicos são, usualmente, identificados pela presença de um ciclo de seis carbonos que apresenta deslocalização eletrônica, tal como:



Analisando-se a figura anterior, pode-se observar que o benzeno (e, portanto, seus derivados) apresenta alta densidade eletrônica. Logo, ele constitui um substrato que pode ser facilmente atacado por um eletrófilo, o que justifica o nome substituição eletrofílica aromática.

Eletrófilo é uma espécie que apresenta deficiência de elétrons, seja um cátion ou uma espécie com um orbital vazio, e, portanto, possui afinidade pelo centro rico em elétrons.



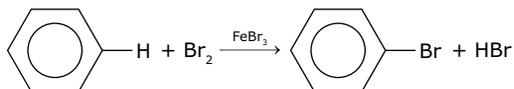
As substituições eletrofílicas aromáticas possibilitam a introdução de uma grande variedade de grupos no anel benzênico, o que permite a síntese de diversos produtos importantes na indústria. Essas reações ocorrem em duas etapas: adição eletrofílica e eliminação.

Substituição eletrofílica no benzeno

A fórmula molecular do benzeno é C_6H_6 , o que revela um alto índice de insaturação. De fato, encontram-se três ligações π por anel benzênico, o que o torna susceptível ao ataque eletrofílico (assim como ocorre nos alquenos). No entanto, a deslocalização eletrônica (no anel benzênico são necessários os seis elétrons π) confere estabilidade ao benzeno e aos seus derivados. Por isso, a reação de substituição (ao contrário de adição) nesses compostos é mais facilitada, já que possibilita a regeneração dos seis elétrons π .

Reação de halogenação

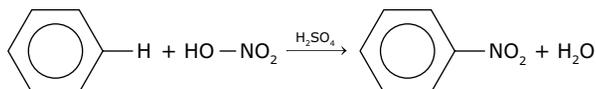
Envolve a substituição de um átomo de hidrogênio do anel por um átomo de halogênio da molécula de X_2 .



Em condições ambiente, o benzeno reage com os halogênios (cloro ou bromo) apenas na presença de ácidos de Lewis, tais como $FeCl_3$, $FeBr_3$ ou $AlCl_3$.

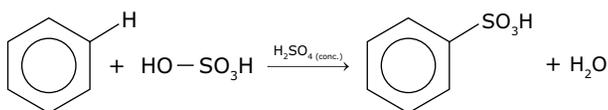
Reação de nitração

Envolve a substituição de um átomo de hidrogênio do anel por um grupo nitro (NO_2) da molécula de HNO_3 .

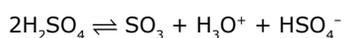


Reação de sulfonação

Envolve a substituição de um átomo de hidrogênio do anel por um grupo sulfono (SO_3H) da molécula de H_2SO_4 .

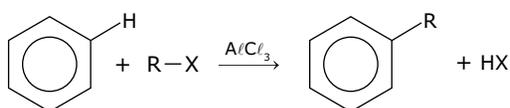


A reação se torna mais rápida caso seja utilizado ácido sulfúrico fumegante, no qual há alta concentração de SO_3 . Ainda assim, observa-se que todas as etapas estão, na realidade, em equilíbrio.



Reação de alquilação (Friedel-Crafts)

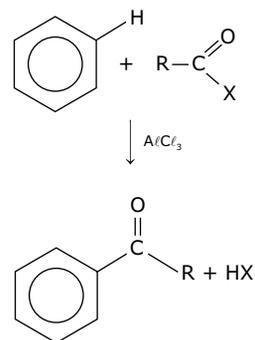
Envolve a substituição de um átomo de hidrogênio do anel por um grupo alquila da molécula de $R-X$.



Essa reação foi descoberta por um químico francês, Charles Friedel, e por seu colaborador, James Crafts, o que justifica o seu nome. Trata-se de uma reação de grande importância, pois inclui uma série de possibilidades para rotas sintéticas.

Reação de acilação (Friedel-Crafts)

Envolve a substituição de um átomo de hidrogênio do anel por um grupo acila da molécula de $R-CO-X$.

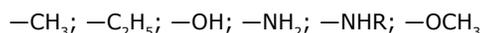


Substituição eletrofílica em derivados do benzeno

A presença de grupos substituintes altera a reatividade do anel benzênico frente ao ataque eletrofílico. Alguns grupos aumentam a densidade eletrônica do anel benzênico, portanto aumentam a velocidade da substituição eletrofílica. Tais grupos são denominados ativadores, pois facilitam a entrada de outro grupo substituinte. Outros grupos diminuem a densidade eletrônica do anel benzênico e, conseqüentemente, diminuem a velocidade da substituição eletrofílica. Tais grupos são denominados desativadores, pois dificultam a entrada de outro grupo substituinte.

Grupos ativadores

Os grupos ativadores orientam as substituições eletrofílicas para as posições orto-para do anel benzênico e são denominados orto-para orientadores ou orto-para dirigentes. Alguns exemplos são:



Para uma melhor compreensão do assunto, é preciso lembrar que

- os grupos alquil são doadores de elétrons, já que aumentam a densidade eletrônica do carbono ao qual se encontram ligados e, conseqüentemente, do anel benzênico.
- oxigênio e nitrogênio apresentam pares de elétrons não ligantes que podem ser "oferecidos" ao anel benzênico, aumentando a sua densidade eletrônica e, conseqüentemente, facilitando o ataque de um eletrófilo.

Grupos desativadores

Os grupos desativadores orientam as substituições eletrofílicas para as posições meta do anel benzênico e são denominados metaorientadores ou metadirigentes.

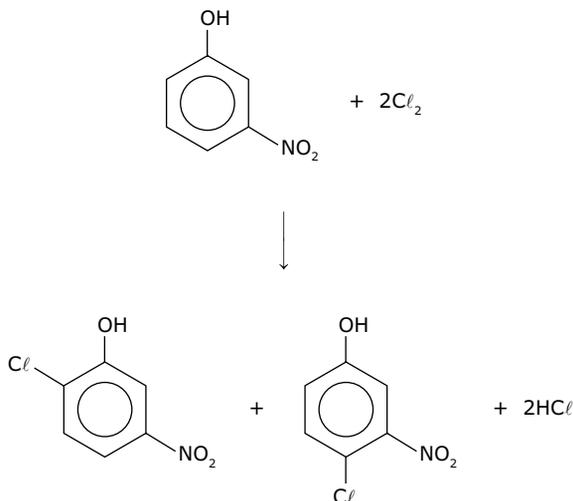
Alguns exemplos são:



Uma exceção a ser considerada é a dos halogênios, que são grupos desativadores fracos, porém, orto-para orientadores.

Geralmente, os grupos metadirigentes são insaturados ou possuem ligações coordenadas (dativas) e apresentam pares de elétrons π , atraindo elétrons do núcleo aromático. Isso diminui a densidade eletrônica no anel benzênico, o que faz com que a reação fique relativamente mais lenta. Ainda assim, o ataque ocorre preferencialmente na posição meta.

Se em um composto houver, concomitantemente, um grupo orto-para e um metadirigente, a reação acontecerá segundo o radical orto-para dirigente, pois ele é um grupo ativador, enquanto o metadirigente é desativador.

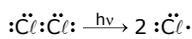


SUBSTITUIÇÃO RADICALAR EM ALCANOS



Até agora, foram estudadas as reações que envolviam cisões heterolíticas de ligações. No entanto, caso a ligação ocorra entre átomos com eletronegatividades iguais ou muito próximas, a cisão da ligação pode ocorrer homoliticamente.

Lembre-se de que, nesses casos, os elétrons envolvidos na ligação se distribuem uniformemente entre os átomos. Assim, a ruptura da ligação leva à formação de duas espécies que apresentam um elétron desemparelhado.



Os alcanos apresentam apenas ligações σ . Os átomos ligantes (C—H ou C—C) apresentam eletronegatividades muito próximas, não ocorrendo formação de centros ricos ou deficientes em elétrons. Logo, não há reações de substituição eletrofílica ou nucleofílica.

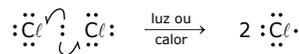
De fato, as reações envolvendo alcanos envolvem ruptura homolítica de ligações, favorecidas na fase gasosa com a presença de luz ou de aquecimento.

Considere como exemplo a reação de metano com cloro:

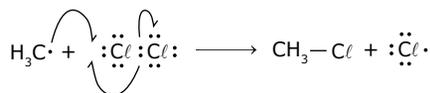
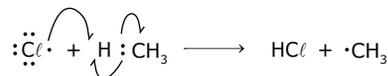


Essa reação é muito lenta (praticamente não se realiza) na ausência de luz e a frio, mas é muito rápida na presença de luz ultravioleta, mesmo a frio. A figura a seguir representa a sequência de etapas nas quais essa reação ocorre.

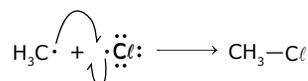
Iniciação



Propagação

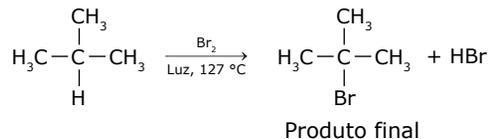


Finalização



A primeira etapa é a iniciação, na qual a molécula de cloro absorve fóton de luz ultravioleta ($h\nu$) e se desdobra em átomos de cloro. Essas espécies são muito reativas, pois apresentam um elétron desemparelhado. Um deles ataca a molécula de metano, ligando-se ao hidrogênio e originando HCl. Isso leva à formação de radicais metila, que são muito reativos. Estes atacam a molécula de Cl_2 , ligando-se a um dos cloros dessa molécula para formar $\text{H}_3\text{C}\text{---}\text{Cl}$. O outro radical cloro fica livre, o que permite a propagação da reação. A finalização da reação ocorre se os radicais metila reagirem com os átomos de cloro livres.

Considere agora o exemplo a seguir:



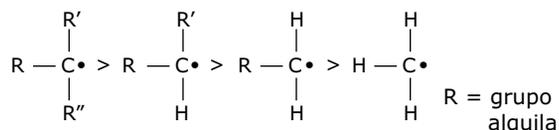
Nesse exemplo, há dois tipos de hidrogênio – ligado a carbono primário e ligado a carbono terciário –; portanto, dois produtos seriam possíveis.



1-bromo-2-metilpropano

2-bromo-2-metilpropano

No entanto, cerca de 99% do produto formado correspondem ao 2-bromo-2-metilpropano. A explicação para isso é muito similar àquela usada para os carbocátions, pois a estabilidade relativa dos radicais alquila é:



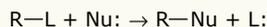
Estabilidade relativa dos radicais

Assim, a estabilidade relativa do radical formado pela cisão homolítica da ligação C—H do carbono terciário é maior em relação àquela do carbono primário, levando ao referido produto principal.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

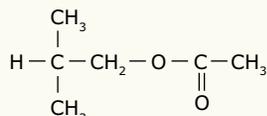


- 01.** (Unesp) Organismos vivos destoxificam compostos orgânicos halogenados, obtidos do meio ambiente, através de reações de substituição nucleofílica (SN).



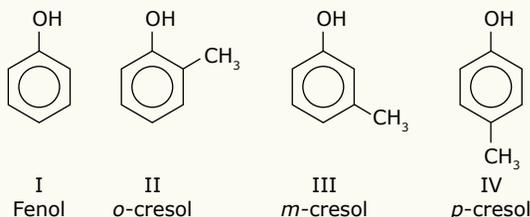
Numa reação de SN, o 2-cloropentano reage com hidróxido de sódio em solução aquosa. O produto orgânico (A) dessa reação sofre oxidação na presença de permanganato de potássio em meio ácido, produzindo o produto orgânico (B). Escreva as equações simplificadas (não balanceadas) das duas reações, o nome do composto (A) e a função química do composto (B).

- 02.** (Unicamp-SP) O éster responsável pelo aroma do rum tem a seguinte fórmula estrutural:

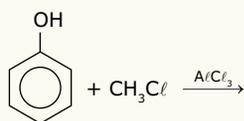


Escreva as fórmulas estruturais do ácido e do álcool a partir dos quais o éster poderia ser formado.

- 03.** (UFF-RJ) Os fenóis são compostos orgânicos oxigenados. Muitos são utilizados como desinfetantes para uso doméstico e alguns são os principais constituintes do carvão mineral. Indica-se, a seguir, as estruturas de componentes do carvão mineral, alguns dos quais estão presentes no desinfetante conhecido por "creolina".



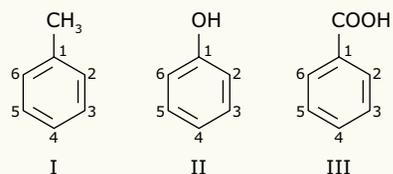
Considere a reação:



Nessa reação, os produtos principais são os que apresentam suas estruturas indicadas por

- A) I e II.
B) I e IV.
C) II e III.
D) II e IV.
E) III e IV.

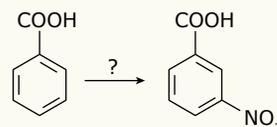
- 04.** (UFU-MG) Considere as informações a seguir:



Com relação aos benzenos monossustituídos anteriores, as possíveis posições nas quais ocorrerá monocloração em I, II e III são, respectivamente,

- A) 3 e 4; 2 e 5; 3.
B) 2 e 4; 2 e 4; 3.
C) 2 e 4; 2 e 5; 4.
D) 3 e 4; 2 e 4; 4.

- 05.** (Unioeste-PR) Em um procedimento experimental, é necessário se realizar a conversão mostrada a seguir:



Quais reagentes devem ser utilizados para tal transformação e qual a posição ocupada pelo grupo nitro no anel aromático, respectivamente?

- A) NaNO_2/HCl , meta.
B) NaNO_2/HCl , para.
C) $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$, orto.
D) $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$, para.
E) $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$, meta.

- 06.** (UEA-AM) Para exemplificar uma reação orgânica de substituição, é correto citar a

- A) obtenção de benzeno a partir do acetileno.
B) obtenção de monoclorobenzeno a partir de benzeno e cloro.
C) obtenção do etanol por hidratação do eteno.
D) combustão completa do butano.
E) reação do buteno com permanganato em meio ácido.

- 07.** (UFV-MG) A monocloração de um alcano, em presença de luz ultravioleta, produziu os compostos 2-cloro-2-metilpropano e 1-cloro-2-metilpropano. O nome do alcano é



- A) pentano.
B) butano.
C) isopropano.
D) metilbutano.
E) metilpropano.

08. (UFRGS-RS-2020) Na reação de cloração do 2-metilbutano em presença de luz ultravioleta, há formação de produtos monossubstituídos e HCl . O número de produto(s) monossubstituído(s) diferente(s) que podem ser formados é igual a

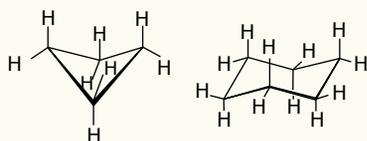
- A) 1. C) 3. E) 5.
 B) 2. D) 4.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (Albert Einstein-2017) Os cicloalcanos reagem com bromo líquido (Br_2) em reações de substituição ou de adição. Anéis cíclicos com grande tensão angular entre os átomos de carbono tendem a sofrer reação de adição, com abertura de anel. Já compostos cíclicos com maior estabilidade, devido à baixa tensão nos ângulos, tendem a sofrer reações de substituição.

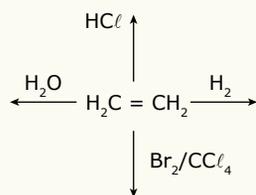
Considere as substâncias ciclobutano e cicloexano, representadas a seguir:



Em condições adequadas para a reação, pode-se afirmar que os produtos principais da reação do ciclobutano e do cicloexano com o bromo são, respectivamente,

- A) bromociclobutano e bromocicloexano.
 B) 1,4-dibromobutano e bromocicloexano.
 C) bromociclobutano e 1,6-dibromoexano.
 D) 1,4-dibromobutano e 1,6-dibromoexano.

02. (UECE) Obtido pelo petróleo, o eteno é o alceno mais simples, porém muito importante por ser um dos produtos mais fabricados no mundo. Analise o que acontece quando o eteno é tratado com os seguintes reagentes:



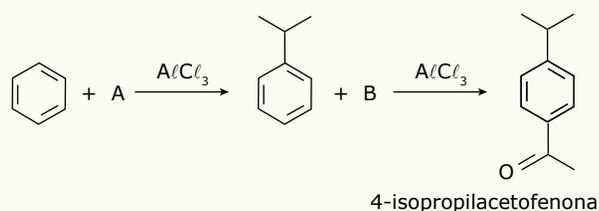
De acordo com o esquema anterior, é correto afirmar que a reação do eteno com

- A) H_2O produzirá, em meio ácido, o etanol.
 B) H_2 é uma redução e não requer catalisador para ocorrer.
 C) Br_2/CCl_4 requer energia radiante (luz) para que possa ocorrer.
 D) HCl é uma reação de substituição.

03. (CEFET-MG) Reações de substituição radicalar são muito importantes na prática e podem ser usadas para sintetizar haloalcanos a partir de alcanos, por meio da substituição de hidrogênios por halogênios. O alcano que, por monocloração, forma apenas um haloalcano é o

- A) propano. D) 2,3-dimetilbutano.
 B) ciclobutano. E) 1-metilciclopropano.
 C) 2-metilpropano.

04. (UFJF-MG) A 4-isopropilacetofenona é amplamente utilizada na indústria como odorizante devido ao seu cheiro característico de violeta. Em pequena escala, a molécula em questão pode ser preparada por duas reações características de compostos aromáticos: a alquilação de Friedel-Crafts e a acilação.



Marque a alternativa que descreve os reagentes A e B usados na produção da 4-isopropilacetofenona.

- A) 1-cloropropano e cloreto de propanoila.
 B) Cloreto de propanoila e 1-cloroetano.
 C) Propano e propanona.
 D) 2-cloropropano e cloreto de etanoila.
 E) 2-cloropropano e propanona.

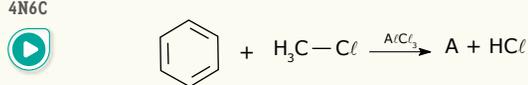
05. (Unifor-CE-2018) As reações orgânicas têm fundamental importância devido à produção de uma infinidade de compostos utilizados na indústria de transformação, cosmética, alimentícia, de fármacos, dentre outros. Uma classe de reações orgânicas de particular interesse são as reações de substituição, em que troca-se um átomo ou grupo de átomos de um composto orgânico por outro átomo ou grupo de átomos. Analise as reações orgânicas a seguir:

- I. $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$
 II. $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$
 III. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 IV. $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Das reações mostradas, são reações de substituição:

- A) Apenas I e II.
 B) Apenas I e III.
 C) Apenas II e IV.
 D) Apenas I, III e IV.
 E) Apenas II, III e IV.

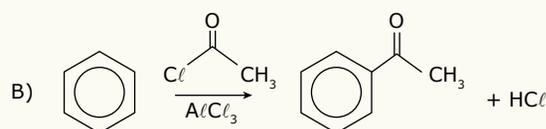
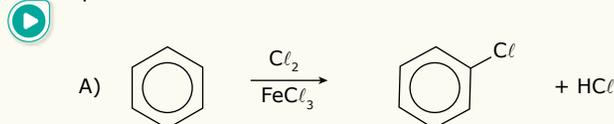
06. (UFPE) Observe o esquema a seguir:



Considerando as massas atômicas C = 12 g.mol⁻¹ e H = 1 g.mol⁻¹, analise os itens a seguir:

- () O esquema mostra uma reação de substituição.
- () O produto A é o tolueno (metil-benzeno).
- () O AlCl₃ atua como base de Lewis.
- () Esta reação exemplifica uma alquilação de Friedel-Crafts.
- () Considerando um rendimento de 50% e partindo de 1 mol de benzeno obtém-se 46 g do produto A.

07. (UEPG-PR) Considerando as reações a seguir, assinale o que for correto.



- 01. São reações de substituição.
- 02. O produto de B é uma cetona.
- 04. A reação B corresponde a uma acilação de Friedel-Crafts.
- 08. Na reação A, a utilização de Br₂/FeBr₃ no lugar de Cl₂/FeCl₃, produzirá o bromobenzeno.
- 16. Ambos produtos são aromáticos.

Soma: ()

08. (Mackenzie-SP) Dois hidrocarbonetos A e B apresentam as características assinaladas na tabela a seguir:

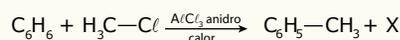
N2VG 

Características	A	B
Composto alicíclico saturado		X
Descora solução de Bromo em CCl ₄	X	
Sofre preferencialmente reação de adição 1,4	X	
Sofre reação de substituição quando reage com Br ₂ em presença de luz U.V.		X

Analisando as informações da tabela, os hidrocarbonetos A e B são, respectivamente,

- A) hexa-1,4-dieno e ciclopropano.
- B) buta-1,3-dieno e benzeno.
- C) butano e ciclopenteno.
- D) buta-1,3-dieno e ciclo-hexano.
- E) buta-1,2-dieno e ciclopropano.

09. (UEMA) Tolueno ou metil-benzeno é a matéria-prima a partir da qual se obtêm, dentre outros, sacarina, medicamentos, corantes, perfumes, TNT e detergentes. É largamente utilizado como solvente para pinturas, revestimentos, borrachas e resinas, mas sua fabricação é proibida no Brasil porque sua inalação causa sérios danos ao organismo, levando à dependência química, como no caso do uso inadequado da popular "cola de sapateiro". O tolueno pode ser obtido através da equação representada a seguir:



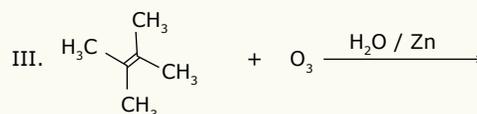
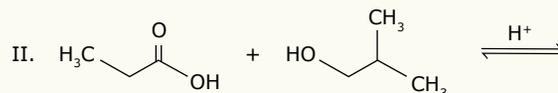
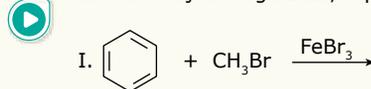
Analisando a reação apresentada, julgue as afirmações.

- I. Representa uma reação de adição em aromáticos.
- II. Representa uma reação de halogenação do benzeno.
- III. O composto X que se forma na reação é o cloreto de hidrogênio.
- IV. Representa uma reação de alquilação de Friedel-Crafts.
- V. O composto X que se forma é o cloreto de etila pela reação de Diels-Alder.

Está correto o que se afirma apenas em

- A) I, III e V.
- B) III e IV.
- C) IV.
- D) II e III.
- E) I e IV.

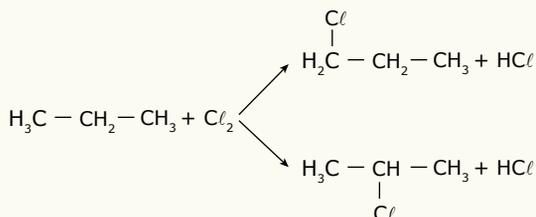
10. (Mackenzie-SP) Em condições apropriadas, são realizadas as três reações orgânicas, representadas a seguir:



Assim, os produtos orgânicos obtidos em I, II e III, são respectivamente,

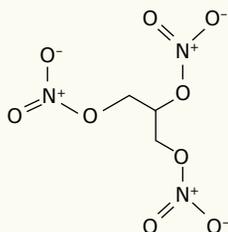
- A) bromobenzeno, propanoato de isopropila e acetona.
- B) tolueno, propanoato de isobutila e propanona.
- C) metilbenzeno, butanoato de isobutila e etanal.
- D) metilbenzeno, isobutanoato de propila e propanal.
- E) bromobenzeno, butanoato de propila e propanona.

- 11.** (Mackenzie-SP) A reação de halogenação de alcanos é uma reação radicalar, sendo utilizado aquecimento ou uma luz de frequência adequada para que a reação ocorra. Essa reação comumente produz uma mistura de compostos isoméricos, quando o alcano possui mais de uma possibilidade de substituição dos átomos de hidrogênio. O exemplo a seguir ilustra uma reação de monocloração de um alcano, em presença de luz, formando compostos isoméricos.



Assim, ao realizar a monocloração do 3,3-dimetil-hexano, em condições adequadas, é correto afirmar que o número de isômeros planos formados nessa reação é

- A) 3.
 - B) 4.
 - C) 5.
 - D) 6.
 - E) 7.
- 12.** (UPE) A fórmula estrutural indicada a seguir representa a molécula de uma substância, que é altamente sensível ao choque e tem o uso industrial associado a sua grande capacidade explosiva. O processo de fabricação dessa substância envolve uma reação de substituição e é extremamente perigoso, podendo sair de controle muito rapidamente.



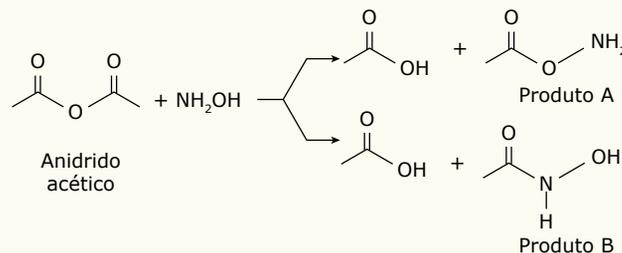
Por isso, ela deve ser produzida dentro de condições de extremo controle e segurança.

A síntese desse explosivo pode ser realizada, misturando-se

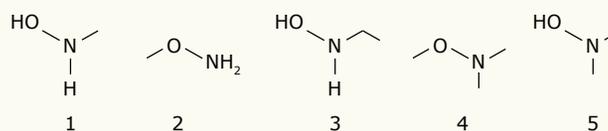
- A) propano e ácido nítrico.
- B) propanona, nitrogênio e zinco.
- C) um triglicerídeo e ácido nítrico.
- D) glicerina, ácido sulfúrico e ácido nítrico.
- E) 1,2,3-propan-triamina, hidróxido de sódio e sódio.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2018) A hidroxilamina (NH_2OH) é extremamente reativa em reações de substituição nucleofílica, justificando sua utilização em diversos processos. A reação de substituição nucleofílica entre o anidrido acético e a hidroxilamina está representada.

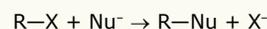


O produto A é favorecido em relação ao B, por um fator de 10^5 . Em um estudo de possível substituição do uso de hidroxilamina, foram testadas as moléculas numeradas de 1 a 5.



Dentre as moléculas testadas, qual delas apresentou menor reatividade?

- A) 1
 - B) 2
 - C) 3
 - D) 4
 - E) 5
- 02.** (Enem) Nucleófilos (Nu^-) são bases de Lewis que reagem com haletos de alquila, por meio de uma reação chamada substituição nucleofílica ($\text{S}_{\text{N}}2$), como mostrado no esquema:

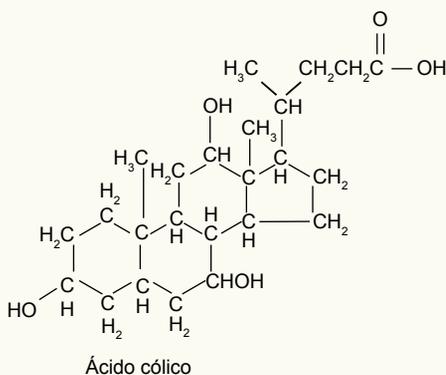


R = grupo alquila e X = halogênio

A reação de S_N entre metóxido de sódio ($Nu^- = CH_3O^-$) e brometo de metila fornece um composto orgânico pertencente à função

- A) éter.
B) éster.
C) álcool.
D) haleto.
E) hidrocarboneto.

03. (Enem) A bile é produzida pelo fígado, armazenada na vesícula biliar e tem papel fundamental na digestão de lipídios. Os sais biliares são esteroides sintetizados no fígado a partir do colesterol, e sua rota de síntese envolve várias etapas. Partindo do ácido cólico representado na figura, ocorre a formação dos ácidos glicocólico e taurocólico. O prefixo glico- significa a presença de um resíduo do aminoácido glicina, e o prefixo tauro- do aminoácido taurina.



UCKO, D. A. *Química para as Ciências da Saúde: uma Introdução à Química Geral, Orgânica e Biológica*. São Paulo: Manole, 1992 (Adaptação).

A combinação entre o ácido cólico e a glicina ou taurina origina a função amida, formada pela reação entre o grupo amina desses aminoácidos e o grupo

- A) carboxila do ácido cólico.
B) aldeído do ácido cólico.
C) hidroxila do ácido cólico.
D) cetona do ácido cólico.
E) éster do ácido cólico.

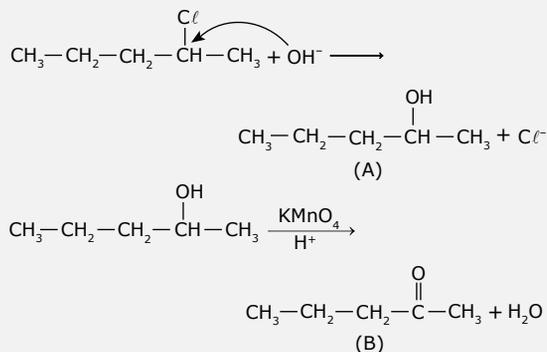
GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01.



(A) pentan-2-ol

(B) cetona

02. $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{OH}$ e $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$
- 2-metilpropan-1-ol Ácido etanoico

03. D
 04. B
 05. E
 06. B
 07. E
 08. D

Propostas

Acertei _____ Errei _____

01. B
 02. A
 03. B
 04. D
 05. C
 06. V V F V V
 07. Soma = 31
 08. D
 09. B
 10. B
 11. D
 12. D

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. D
 02. A
 03. A



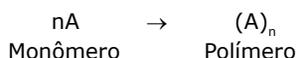
Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



Polímeros

Polímeros são macromoléculas (moléculas gigantes) que apresentam unidades estruturais que se repetem regularmente. As moléculas que reagem para formar os polímeros são denominadas monômeros.



CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍMEROS

Quanto à ocorrência

Naturais

São polímeros que já existem, normalmente, na natureza. Entre os mais importantes, estão os carboidratos (celulose, amido, glicogênio, etc.), as proteínas (existentes em todos os seres vivos) e os ácidos nucleicos (existentes no núcleo das células vivas e responsáveis pelas características genéticas dos seres vivos).

Sintéticos

São polímeros fabricados pelo homem a partir de moléculas simples. Entre eles, estão o náilon, o polietileno, o PVC, etc.

Quanto à natureza da cadeia

Polímero de cadeia homogênea

São polímeros que, no esqueleto da cadeia, apresentam apenas átomos de carbono.

Polímero de cadeia heterogênea

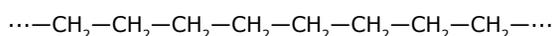
São polímeros que, no esqueleto da cadeia, apresentam átomos diferentes do átomo de carbono (heteroátomos).

Quanto à estrutura final do polímero

Polímero linear

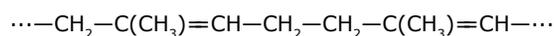
Nesse tipo de polímero, a macromolécula é formada por um encadeamento linear de átomos.

Exemplo: Polietileno



Mesmo que a cadeia apresente ramificações (desde que a ramificação não ligue uma cadeia à outra vizinha), o polímero continua sendo considerado linear.

Exemplo: Borracha sintética (neopreno)



Os polímeros lineares dão origem a materiais termoplásticos, isto é, plásticos que podem ser amolecidos pelo calor inúmeras vezes e, ao resfriarem, voltam a apresentar as mesmas propriedades iniciais.

Polímero tridimensional

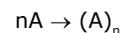
Nesse tipo de polímero, a macromolécula se desenvolve em todas as direções, isto é, há ligações entre cadeias adjacentes por meio de átomos localizados ao longo da cadeia. Esses polímeros dão origem a materiais termofixos ou a materiais termoendurecentes. No primeiro caso, pelo menos a última fase de produção da macromolécula deve ser feita simultaneamente com a modelagem do objeto desejado, pois, uma vez prontos, esses polímeros não podem ser novamente amolecidos pelo calor (um aquecimento excessivo causa a decomposição até a queima do material, mas nunca seu amolecimento). Consequentemente, esses polímeros não podem ser reaproveitados industrialmente na moldagem de novos objetos. Os polímeros termoendurecentes, quando prontos, só podem ser fundidos uma vez, pois, durante a fusão, as moléculas reagem entre si, aumentando a massa molecular do polímero e este, endurecendo, torna-se insolúvel e infusível.

POLÍMEROS DE ADIÇÃO (POLIADIÇÃO)

As reações de poliadição ocorrem, geralmente, com monômeros olefínicos (compostos que contêm ligação dupla), em que uma unidade se adiciona à outra, até formar uma macromolécula.

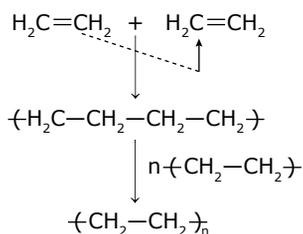


ou

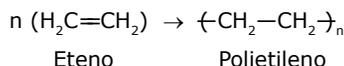


Se o polímero for constituído de um só monômero, ele será denominado homopolímero e, se for constituído de mais de um monômero, copolímero.

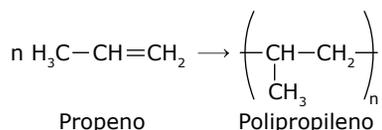
Poli-etileno



Resumindo:

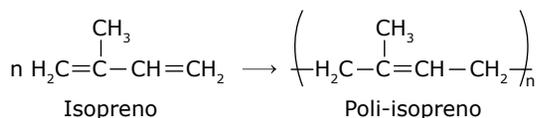


Polipropileno

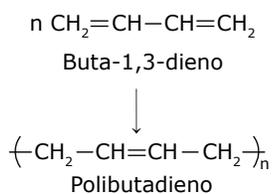


Poli-isopreno

Esse é o polímero que constitui a borracha natural.

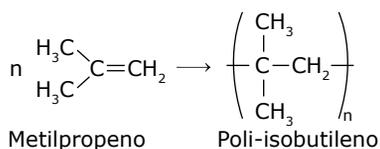


Polibutadieno



O poli-isopreno e o polibutadieno contêm, em suas estruturas, uma ligação dupla, que lhes confere propriedades elastoméricas.

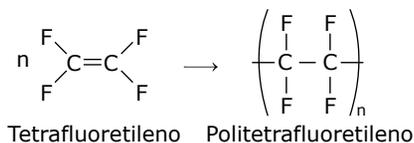
Poli-isobutileno



O poli-isobutileno é componente de borrachas frias.

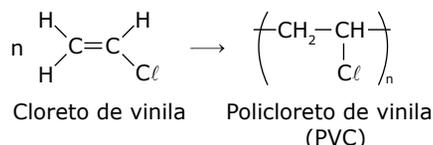
Politetrafluoretileno (Teflon)

Esse é o polímero do tetrafluoretileno que resiste a altas temperaturas.



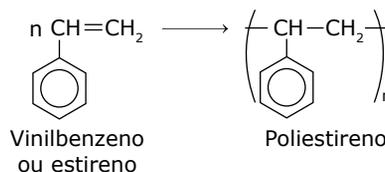
PVC

Esse é o polímero do cloreto de vinila, normalmente usado na fabricação de tubos plásticos utilizados nas redes elétrica e de esgoto. O cloro, presente na estrutura do polímero, confere-lhe propriedades ignífugas, ou seja, propriedades que impedem a queima do material.



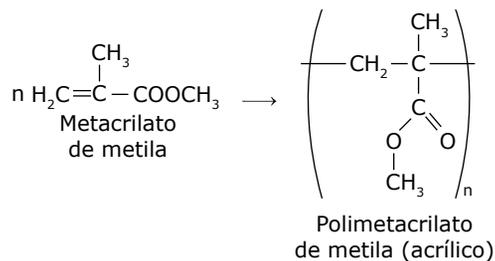
Poliestireno

Esse é o polímero do vinilbenzeno, muito utilizado na fabricação de objetos domésticos devido ao seu baixo custo. Quando na forma de espuma, recebe o nome comercial de isopor.



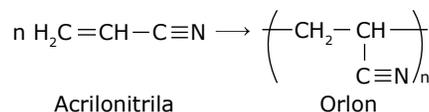
Acrílicos

Devido à alta transparência, os polímeros do metacrilato de metila apresentam usos nobres e recebem o nome comercial de acrílicos.



Orlon

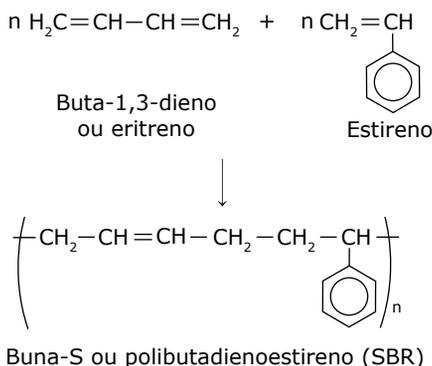
Orlon é o polímero da acrilonitrila, empregado na obtenção de fibras sintéticas.



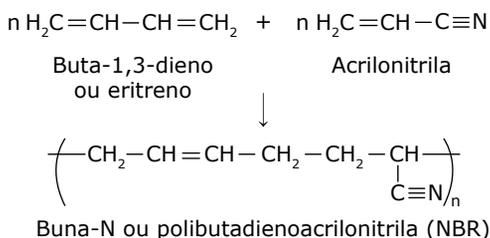
Buna

Os principais copolímeros de adição são as borrachas sintéticas, como a Buna-S e a Buna-N. A finalidade da adição de um segundo monômero ao buta-1,3-dieno é melhorar as propriedades mecânicas e físicas do produto final.

O elastômero, material plástico de alta elasticidade, Buna-S, ou SBR, é um copolímero de adição, formado por buta-1,3-dieno (eritreno) e vinil-benzeno (estireno).

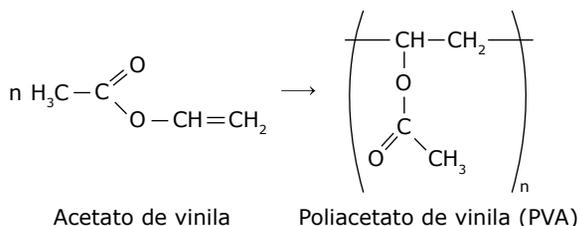


A Buna-N, ou NBR, tem como monômeros o buta-1,3-dieno e a acrilonitrila e recebe o nome comercial de borracha nitrílica.



PVA

O poliacetato de vinila (PVA) é muito empregado como revestimento em paredes (tintas látex), e seu monômero é o acetato de vinila. A reação de obtenção desse polímero é:



POLÍMEROS DE CONDENSAÇÃO (POLICONDENSAÇÃO)

Esses polímeros são formados por condensação e por eliminação de pequenas moléculas: H_2O , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, HCl , etc.

As condições para que um monômero polimerize são:

- Existência de, pelo menos, dois pontos em que possa haver a união dos monômeros

- Existência de centros de reatividade
- Os pontos de união poderem ser insaturações ou grupos funcionais

Os monômeros que possuem apenas dois centros de reatividade originam polímeros lineares, enquanto os que possuem, pelo menos, três centros originam polímeros tridimensionais.

Um monômero com dois grupos reativos origina homopolímeros, e dois monômeros distintos com grupos reativos originam copolímeros.

Principais homopolímeros de condensação

Monômero		Polímero
Nome	Fórmula	Nome
α -glicose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Amido
β -glicose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Celulose
α -aminoácido	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	Proteína
10-aminodecanoato de metila	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_9-\text{COCH}_3$	Náilon 11

Principais copolímeros de condensação

Monômero		Polímero
Nome	Fórmula	Nome
Ácido adípico Hexametilenodiamina	$\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_4-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$	Náilon 66
Ácido tereftálico Etilenoglicol	$\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	Poliéster (dracon, terilene)
Fenol		Baquelite
Formol	$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$	Resina de ureia-formol
Formol	$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$	
Ureia	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2$	



Y219

Formação de polímeros

Nesse vídeo, você poderá observar como ocorrem as reações de polimerização e a fabricação de termoplásticos e termofixos, bem como algumas de suas aplicações e propriedades físicas. Boa atividade!

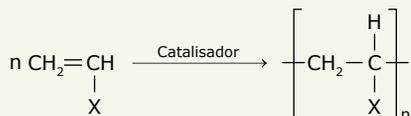
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



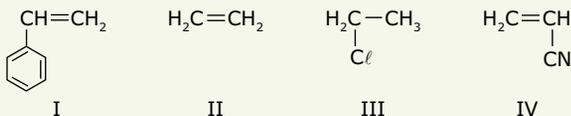
01. (UECE-2018) Com relação aos polímeros, assinale a afirmação verdadeira.

- A) São macromoléculas formadas pela união de monômeros por meio de ligações alternadas: covalente e iônica.
 B) As unidades repetitivas provêm dos monômeros de alta massa molecular.
 C) Os monômeros que formam os polímeros podem ser iônicos ou moleculares.
 D) Possuem variação da rigidez de acordo com a temperatura.

02. (UFSCar-SP) Um dos métodos de produção de polímeros orgânicos envolve a reação geral



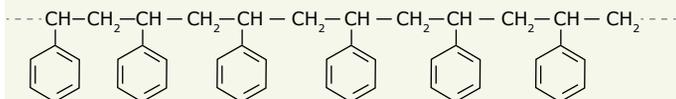
onde X pode ser H, grupos orgânicos alifáticos e aromáticos ou halogênios. Dos compostos orgânicos cujas fórmulas são fornecidas a seguir:



podem sofrer polimerização pelo processo descrito:

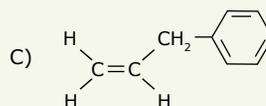
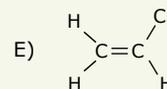
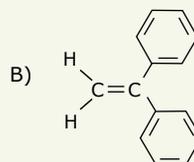
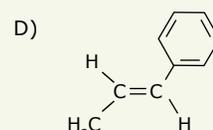
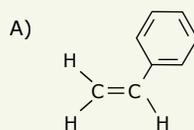
- A) I, apenas.
 B) III, apenas.
 C) I e II, apenas.
 D) I, II e IV, apenas.
 E) II, III e IV, apenas.

03. (UFGD-MS) O poliestireno, cuja porção da cadeia polimérica é mostrada a seguir, é um polímero utilizado na fabricação de diversos utensílios domésticos, como copos descartáveis, pratos, etc. Quando aquecido na presença de substâncias que liberam gases, forma o isopor, utilizado como isolante térmico e acústico.

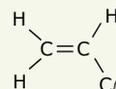


Poliestireno

Assinale a alternativa que apresenta a estrutura do monômero utilizado na fabricação do poliestireno.



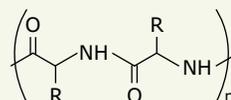
04. (UEFS-BA-2018) Considere a fórmula a seguir:



O composto representado por essa fórmula é matéria-prima para a obtenção do polímero conhecido como

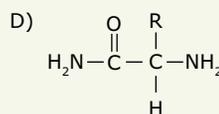
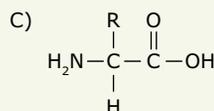
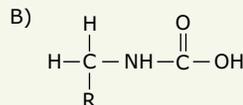
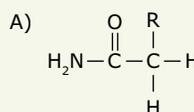
- A) polietileno.
 B) teflon.
 C) poliestireno.
 D) náilon.
 E) PVC.

05. (UFLA-MG) Polímeros são compostos de elevada massa molecular e apresentam propriedades diferenciadas em relação às unidades que os constituem (monômeros); por isso, têm despertado interesse da indústria. Proteínas são polímeros (poliamidas) que possuem estrutura formada por reações de condensação entre monômeros de aminoácidos.



Esquema de uma proteína, em que R representa —H, —CH₃ ou outro grupo de átomos.

A representação genérica para os monômeros de aminoácidos é:

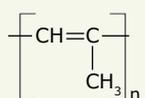


06. H40T



(UFTM-MG) O propeno é um dos produtos do refino do petróleo. Quando polimerizado, forma o polipropileno, um polímero de grande aplicação industrial. A rafia sintética, utilizada na fabricação de sacos para condicionamento de cereais, é obtida a partir do polipropileno. Quanto às características do monômero e / ou do polímero citados, é correto afirmar que

- A) para ocorrer a polimerização por meio de uma reação de adição, é necessário que o monômero possua, pelo menos, uma insaturação.
- B) o propeno é um hidrocarboneto alifático saturado.
- C) o polipropileno é um copolímero.
- D) se durante a formação do polipropileno forem injetados gases quentes, ele se expande, originando o isopor.
- E) a unidade de repetição do polipropileno é



07. 3MCV



(UFTM-MG) Os plásticos ou polímeros são familiares do nosso cotidiano, sendo usados na construção de muitos objetos que nos rodeiam, desde as roupas que vestimos até as casas em que vivemos. O desenvolvimento de processos de fabricação dos polímeros sintéticos foi o responsável pelo crescimento da indústria química no último século. Os polímeros poliestireno, poliamida (náilon) e teflon (politetrafluoreteno) podem ser classificados, quanto ao processo de fabricação, respectivamente, como

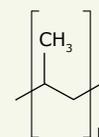
- A) polímeros de adição, copolímeros e polímeros de adição.
- B) polímeros de condensação, copolímeros e polímeros de condensação.
- C) polímeros de condensação, polímeros de adição e copolímeros.
- D) polímeros de adição, polímeros de condensação e copolímeros.
- E) polímeros de adição, polímeros de condensação e polímeros de adição.

08.

(PUC-Campinas-SP) A durabilidade do plástico ajudou a torná-lo um milagroso produto popular no início do século 20. Mas, agora, a onipresença desse material, principalmente nos oceanos, pode estar destruindo ecossistemas. Um estudo publicado na Biology Letters documentou pela primeira vez um aumento nas densidades de ovos de *Halobates sericeus*, um inseto aquático que os deposita em objetos flutuantes. Pesquisadores se preocupam com a possibilidade de essa proliferação plástica dar a insetos, micróbios, animais e plantas que crescem diretamente no plástico, uma vantagem sobre animais oceânicos que não estão associados com superfícies sólidas, como peixes, lulas, pequenos crustáceos e águas-vivas.

Revista Scientific American Brasil, set. de 2012. p. 13 (Adaptação).

Plástico é o nome genérico que designa um conjunto de vários tipos de polímeros.



A representação anterior é do

- A) polietileno, um polímero de condensação.
- B) poliestireno, um polímero de adição.
- C) polipropileno, um polímero de adição.
- D) náilon, um polímero de condensação.
- E) politereftalato, um polímero de condensação.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (FAMERP-SP) A tabela apresenta as reações de polimerização para obtenção de três importantes polímeros, seus principais usos e seus símbolos de reciclagem.

$n\text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$	sacolas plásticas e garrafas plásticas	
$n\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \rightarrow (-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$	copos plásticos e para-choques de automóveis	
$n\text{HC}=\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}_2} \rightarrow \left(\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H}_2 \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right)_n$	embalagens e, na forma expandida, isopor	

Os polímeros mencionados referem-se aos polímeros poliestireno, polietileno e polipropileno, não necessariamente na ordem da tabela. Os polímeros polietileno e polipropileno apresentam, respectivamente, os símbolos de reciclagem

- A) 4 e 6.
- B) 4 e 5.
- C) 5 e 4.
- D) 5 e 6.
- E) 6 e 5.

02. WQIQ

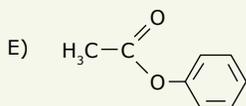
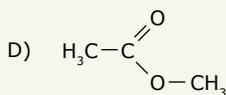
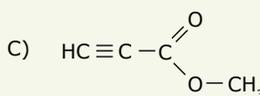
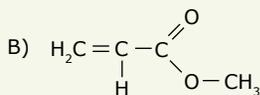
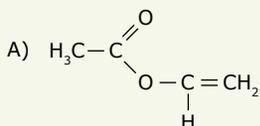


O propeno, representado pela fórmula química, um dos produtos obtidos do petróleo, é a matéria-prima utilizada na produção de polipropileno, um polímero usado na fabricação de rafia sintética empregada na confecção de sacos para embalar cereais.

Considerando-se as propriedades e a aplicação do polipropileno, é correto afirmar:

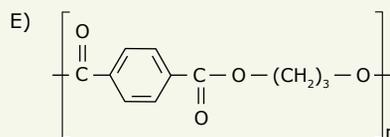
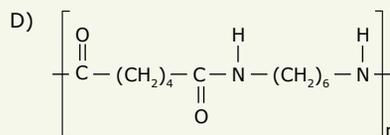
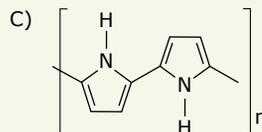
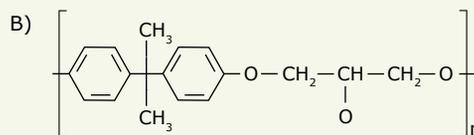
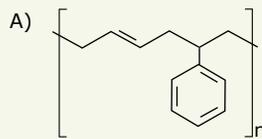
- A) Os sacos de rafia são facilmente degradados por micro-organismos.
 B) O polipropileno é utilizado para a fabricação de isopor, além de tecidos.
 C) O monômero do polipropileno é representado pela estrutura $\left(\begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$.
 D) O polipropileno é um copolímero do polietileno e possui alta resistência mecânica.
 E) O polipropileno é obtido a partir da reação de adição entre moléculas de propeno.

- 03.** (UPF-RS-2019) O polímero poliacetato de vinila (PVA) é utilizado na fabricação de adesivos, tintas, gomas de mascar, entre outras aplicações. Seu monômero é o acetato de vinila. Marque a opção que indica corretamente a representação da fórmula estrutural desse monômero

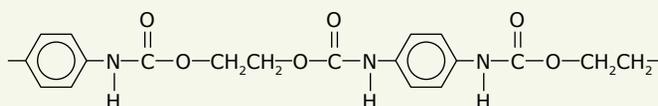


- 04.** (Mackenzie-SP-2017) Os polímeros condutores são geralmente chamados de "metais sintéticos" por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores. O mais adequado seria chamá-los de "polímeros conjugados", pois apresentam elétrons pi (π) conjugados.

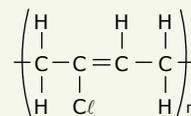
Assinale a alternativa que contém a fórmula estrutural que representa um polímero condutor.



- 05.** (UEL-PR) Na Olimpíada de Pequim, César Cielo venceu a prova dos 100 metros livre vestindo maiô confeccionado com poliuretano, material hidrofóbico obtido a partir do diisocianato de parafenileno e do etanodiol, e cuja fórmula química é:



Outros maiôs são confeccionados com 50% de poliuretano e 50% de neopreno. A fórmula química do neopreno é mostrada a seguir:

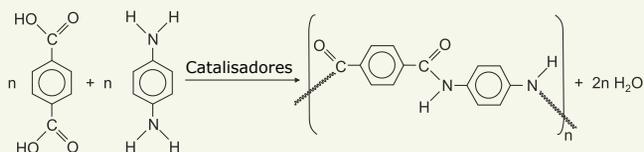


Com relação às substâncias citadas no enunciado, é correto afirmar:

- A) Na fórmula química do diisocianato de parafenileno, os radicais estão localizados em carbonos vizinhos.
 B) O etanodiol é um ácido dicarboxílico.
 C) O poliuretano é obtido por um processo denominado polimerização.
 D) O neopreno apresenta monômeros diferentes em sua cadeia.
 E) No neopreno, o átomo de cloro se liga ao átomo de carbono por ligação π (π).

06. (UFSM-RS) Não é de hoje que os polímeros fazem parte de nossa vida; progressos obtidos pelos químicos permitiram avanços importantes em diversas áreas. Os avanços científicos e tecnológicos têm possibilitado a produção de novos materiais mais resistentes ao ataque químico e ao impacto. O Kevlar tem sido utilizado na produção industrial de coletes à prova de balas, além de apresentar característica de isolante térmico.

A obtenção desse polímero ocorre por meio da reação a seguir:

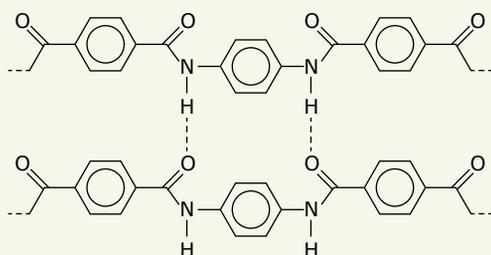


PERUZZO, Francisco M.; CANTO, Eduardo L. *Química na Abordagem do Cotidiano*. v. 3. São Paulo: Moderna, 2009. p. 374 (Adaptação).

Com base nos dados, é correto afirmar que o polímero é obtido por uma reação de

- A) condensação e ocorre entre um ácido carboxílico e uma amina secundária.
- B) desidratação e os grupos funcionais ligados ao anel benzênico ocupam a posição orto e meta.
- C) adição e o polímero resultante é caracterizado por uma poliamina alifática.
- D) condensação e o polímero resultante é caracterizado por uma poliamida aromática.
- E) polimerização e um dos reagentes é o ácido benzoico.

07. (Unesp) Kevlar® é um polímero de condensação com alta resistência ao calor e à tração, sendo empregado na confecção de esquis, coletes à prova de bala, roupas e luvas utilizadas por bombeiros, entre outras aplicações. A intensa atração existente entre as cadeias confere ao polímero propriedades excepcionais de resistência, que têm permitido utilizar cordas do Kevlar® em substituição aos cabos de aço.



Kevlar®

Com base no exposto, qual a função orgânica nitrogenada que compõe a estrutura desse polímero? Dê a fórmula estrutural de seus monômeros e diga que tipo de interação existe entre as cadeias adjacentes.

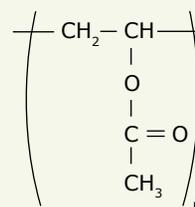
08. (Unimontes-MG) A reciclagem de um polímero depende de sua composição e da possibilidade de esse material ser processado várias vezes sem perder suas propriedades. Os tipos de polímeros e suas aplicações estão apresentados na tabela a seguir:

Tipos	Características	Exemplos de Aplicações
Termoplásticos	Após aquecimento, podem ser moldados; podem ser fundidos ou dissolvidos em solvente para serem reprocessados.	CDs, garrafas PETs divisórias.
Termorrígidos	Rígidos e frágeis. Embora sejam estáveis a variações de temperatura, o aquecimento para possível reprocessamento promove a decomposição do material; não podem ser fundidos.	Caixas-d'água, piscinas, tomadas.
Elastômero	São elásticos e recuperam sua forma após cessar a aplicação de uma tensão; após sintetizados, não podem ser fundidos para possível reprocessamento.	Pneus, mangueiras.

Considerando as características dos polímeros, podem ser reciclados

- A) os termoplásticos e os termorrígidos.
- B) apenas os termoplásticos.
- C) os termoplásticos e os elastômeros.
- D) apenas os elastômeros.

09. (UEFS-BA)



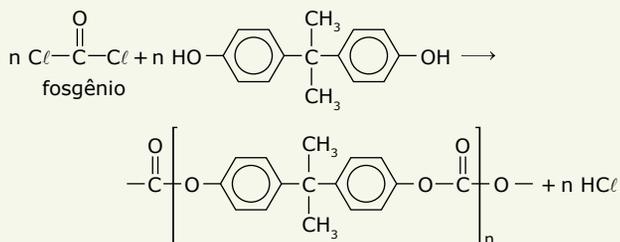
PVA ou poli (acetato de vinila)

O poli(acetato de vinila), PVA, representado de forma simplificada pela estrutura química, é utilizado na fabricação de tintas, adesivos, gomas de mascar, dentre outras aplicações. É um termoplástico, portanto, quando submetido a uma temperatura adequada, amolece, permitindo uma nova conformação.

Considerando-se a informação e as propriedades das substâncias químicas, é correto afirmar:

- A) A elasticidade do poli(acetato de vinila) está associada à presença da cadeia carbônica insaturada.
- B) A estrutura química do PVA é constituída pelo grupo funcional das cetonas.
- C) O polímero representado é obtido a partir da condensação de um ácido carboxílico.
- D) O aquecimento adequado do PVA permite o reuso e a reciclagem do polímero.
- E) O PVA é um poliéter originário de um composto orgânico saturado.

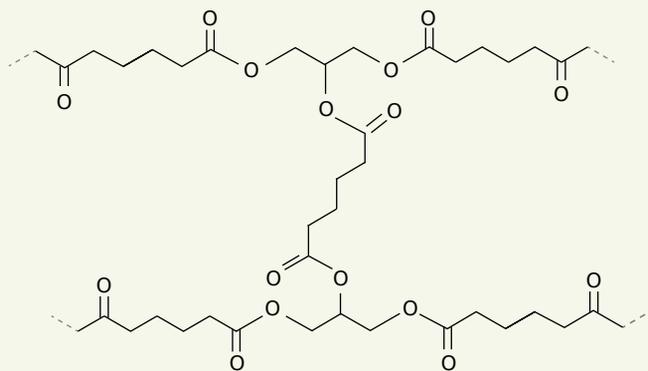
- 10.** (UFLA-MG) Um dos princípios que governam a Química Verde é o de evitar processos que geram toxicidade à saúde humana e ao ambiente. O fosgênio, por exemplo, é tóxico e sua produção resulta na formação de CCl_4 como produto secundário indesejável. Ainda assim, é largamente utilizado como reagente para a obtenção de plásticos de policarbonato, produzindo HCl como produto lateral, segundo a reação a seguir:



A substituição do fosgênio por dimetilcarbonato

$(\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3)$, não prejudicial ao ambiente, na produção de policarbonato, resultará na formação do seguinte produto lateral:

- A) Dióxido de carbono
 - B) Carbonato e água
 - C) Metano
 - D) Metanol
- 11.** (Unioeste-PR) O Dacron® é um polímero que pode ser obtido pela reação de um ácido dicarboxílico e um triol cujo resultado é uma fibra com a estrutura representada a seguir:

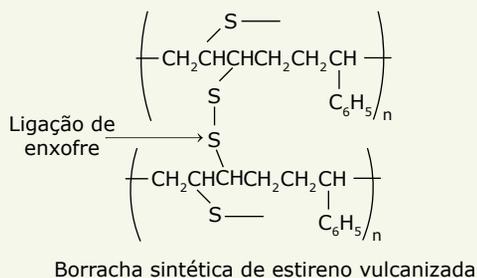
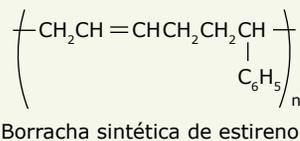


A respeito do Dacron, são feitas algumas afirmações. Assinale a afirmativa incorreta.

- A) O Dacron é um poliéster.
- B) O Dacron apresenta ligações cruzadas.
- C) As ligações cruzadas diminuem a resistência da fibra.
- D) De acordo com a figura mostrada anteriormente, o triol utilizado foi o glicerol.
- E) O Dacron é um polímero de condensação.

- 12.** (UEFS-BA) Empresa investe 31 milhões na ampliação de instalações em Feira de Santana, para aumentar a produção de pneus radiais, utilizados em carros de passeio e em caminhões direcionados para as indústrias automobilísticas nacional e americana. A empresa utiliza malhas de fios de aço, lonas de poliéster e uma borracha sintética de buta-1,3-dieno e estireno, vulcanizada, de alta resistência ao atrito, na fabricação de pneus.

Durante a vulcanização, a borracha é aquecida na presença de compostos de enxofre para formar ligações de enxofre entre cadeias do polímero. De 5 a 8% de enxofre, a borracha é elástica e resistente.

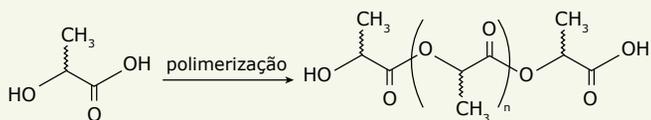


Na época da invenção desse composto, foi proposta uma nomenclatura comercial, baseada no número de átomos de carbono do diácido carboxílico, seguido do número de carbonos da diamina.

De acordo com as informações do texto, o nome comercial de uma poliamida resultante da reação do ácido butanodioico com o 1,2-diamino-etano é

- A) Nylon 4,3.
- B) Nylon 6,2.
- C) Nylon 3,4.
- D) Nylon 4,2.
- E) Nylon 2,6.

02. (Enem) O poli(ácido láctico) ou PLA é um material de interesse tecnológico por ser um polímero biodegradável e bioabsorvível. O ácido láctico, um metabólito comum no organismo humano, é a matéria-prima para produção do PLA, de acordo com a equação química simplificada:

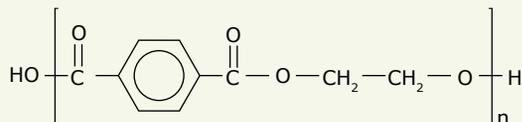


Ácido d/l-láctico $100 \leq n \leq 10\,000$

Que tipo de polímero de condensação é formado nessa reação?

- A) Poliéster.
- B) Polivinila.
- C) Poliamida.
- D) Poliuretana.
- E) Policarbonato.

03. (Enem) O uso de embalagens plásticas descartáveis vem crescendo em todo o mundo, juntamente com o problema ambiental gerado por seu descarte inapropriado. O politereftalato de etileno (PET), cuja estrutura é mostrada, tem sido muito utilizado na indústria de refrigerantes e pode ser reciclado e reutilizado. Uma das opções possíveis envolve a produção de matérias-primas, como o etilenoglicol (1,2-etanodiol), a partir de objetos compostos de PET pós-consumo.



Disponível em: <www.abipet.org.br>. Acesso em: 27 fev. 2012 (Adaptação).

Com base nas informações do texto, uma alternativa para a obtenção de etilenoglicol a partir do PET é a

- A) solubilização dos objetos.
- B) combustão dos objetos.
- C) trituração dos objetos.
- D) hidrólise dos objetos.
- E) fusão dos objetos.

SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

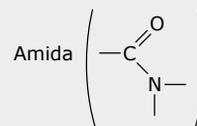
Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. D
- 03. A
- 04. E
- 05. C
- 06. A
- 07. E
- 08. C

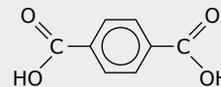
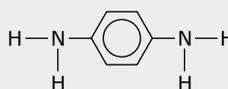
Propostas

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. E
- 03. A
- 04. C
- 05. C
- 06. D
- 07. Função orgânica nitrogenada que compõe a estrutura do polímero:



Fórmula estrutural dos monômeros:



Interação entre as cadeias adjacentes: ligações de hidrogênio.

- 08. B
- 09. D
- 10. D
- 11. C
- 12. B
- 13. Soma = 16
- 14. A
- 15. C

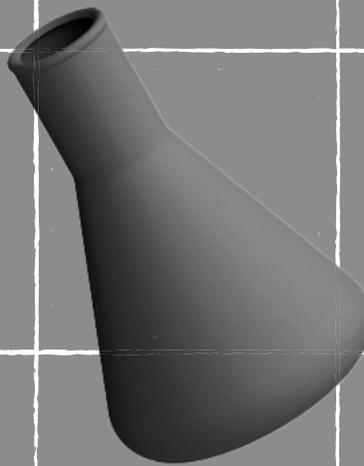
Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. A
- 03. D



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %



QUÍMICA

SUMÁRIO

FRENTE A

- 3 Módulo 17: Óxidos
- 4 Módulo 18: Reações Inorgânicas I
- 7 Módulo 19: Reações Inorgânicas II
- 8 Módulo 20: Introdução ao Equilíbrio Químico

FRENTE B

- 11 Módulo 17: Catálises
- 13 Módulo 18: Lei da Velocidade
- 14 Módulo 19: Reações de Oxirredução e NO_x
- 17 Módulo 20: Processos Eletroquímicos

FRENTE C

- 21 Módulo 17: Reações de Eliminação
- 22 Módulo 18: Reações de Oxidação
- 24 Módulo 19: Reações de Substituição
- 26 Módulo 20: Polímeros

Caderno Extra

MÓDULO 17

ÓXIDOS

- 01.** (Cesgranrio) As indústrias de produção de vidro utilizam a areia como principal fonte de sílica (SiO_2) para conferir o estado vítreo. Utilizam, ainda, com a finalidade de reduzir a temperatura de fusão da sílica, os fundentes Na_2O , K_2O e Li_2O .
- A escolha dos óxidos de sódio, potássio e lítio para reagir com a sílica e dar origem a um produto vítreo de menor ponto de fusão deve-se ao fato de esses óxidos manifestarem caráter
- A) básico. C) ácido. E) anfótero.
B) neutro. D) misto.
- 02.** (CMMG) As substâncias que, adicionadas apenas de água, formam, cada uma delas, uma solução condutora de corrente elétrica são
- A) H_2S , NH_4OH , SiO_2 e NaCl .
B) NaH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, SrCl_2 e NaHCO_3 .
C) H_2SiO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, Al_2O_3 e CaCO_3 .
D) NH_3 , MnO_2 , K_2HPO_4 e KCl .
E) CaH_2 , NaOH , Fe_2O_3 e CaCl_2 .
- 03.** (Unifor-CE) Para se absorver a água eliminada na urina dos tripulantes de naves espaciais, pode-se fazê-la reagir com óxido de lítio, Li_2O . Nessa reação, forma-se
- A) $\text{Li}(\text{H}_2\text{O})_n$. C) $\text{Li}(\text{OH})_n$. E) $\text{Li}(\text{OH})_4$.
B) $\text{Li}(\text{OH})$. D) $\text{Li}(\text{OH})_3$.
- 04.** (FUVEST-SP) Paredes pintadas com cal extinta (apagada), com o tempo, ficam recobertas por película de carbonato de cálcio devido à reação da cal extinta com o gás carbônico do ar. A equação que representa essa reação é
- A) $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$.
B) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
C) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
D) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CaO} \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
E) $2\text{CaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
- 05.** (Mackenzie-SP)
- I. A reação entre os gases nitrogênio e oxigênio produz dióxido de nitrogênio.
II. Na atmosfera, a reação entre o dióxido de nitrogênio e a água produz substâncias que podem ionizar, abaixando, assim, o pH da água da chuva.
III. O dióxido de nitrogênio também reage com o gás oxigênio, formando-se um óxido neutro, além de ozônio.
IV. Um óxido neutro não reage com água, ácido ou base.
- A única equação que traduz incorretamente uma das informações dadas é
- A) $2\text{NO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{HNO}_{2(aq)} + \text{HNO}_{3(aq)}$.
B) $\text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)}$.
C) $\text{NO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + \text{NO}_{2(g)}$.
D) $\text{HNO}_{3(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)}$.
E) $\text{N}_{2(g)} + 2\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(g)}$.
- 06.** (Vunesp)
- A) Escreva as equações das reações de óxido de potássio com a água e de trióxido de enxofre com a água.
B) Classifique os óxidos.
C) Escreva a equação da reação entre os produtos formados nas reações dos dois óxidos com a água.
- 07.** (Cesgranrio) Indique a opção que apresenta os óxidos em ordem crescente de caráter ácido.
- | | | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| A) MgO | P_2O_5 | Al_2O_3 | Cl_2O_7 |
| B) MgO | Cl_2O_7 | P_2O_5 | Na_2O |
| C) Na_2O | Al_2O_3 | SO_2 | SiO_2 |
| D) Na_2O | Al_2O_3 | SiO_2 | SO_3 |
| E) Na_2O | Cl_2O_7 | MgO | P_2O_5 |
- 08.** (UFPEL-RS) O Uruguai divulgou, através da imprensa, que teria havido a ocorrência de chuva ácida naquele país, causando danos às plantas e ao pelo dos animais. A acidez da chuva seria ocasionada pelo SO_2 liberado para a atmosfera pela usina de Candiota, o qual sofreria oxidação pelo ar, formando SO_3 , que, por sua vez, em contato com a umidade atmosférica, precipitaria na forma de solução de H_2SO_4 . O fato citado não foi comprovado cientificamente, e é pouco provável que ocorra, uma vez que o carvão de Candiota possui baixo teor de enxofre, e os ventos predominantes, segundo dados meteorológicos, não sopram na direção daquele país.

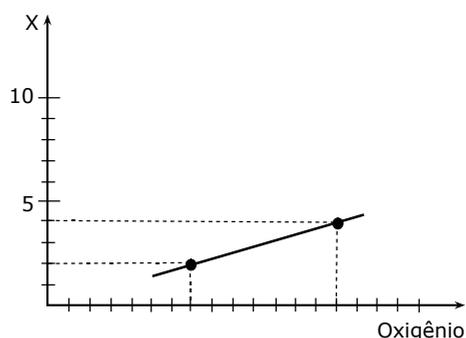
Com relação ao exposto anteriormente, responda às questões seguintes:

- A) Que funções inorgânicas estão representadas pelos compostos SO_2 , SO_3 e H_2SO_4 , respectivamente?
 B) Qual o elemento químico predominante na composição do carvão mineral?
 C) Escreva a equação da reação que representa a formação do ácido sulfúrico na atmosfera.

- 09.** (UFRJ) A queima do enxofre presente na gasolina e no óleo diesel gera dois anidridos que, combinados com a água da chuva, formam seus ácidos correspondentes.

Escreva a fórmula desses ácidos e indique o ácido mais forte. Justifique sua indicação.

- 10.** (Cesgranrio / Adaptado) O gráfico a seguir mostra a proporção, em número de átomos, de um ametal X e de oxigênio, quando se ligam para formar um óxido:

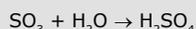


Pela análise do gráfico, conclui-se que, ao reagir uma molécula do óxido com uma molécula de água, haverá formação de um composto. Qual é a sua fórmula?

GABARITO

01. A 02. B 03. B 04. B 05. C

06. A) $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH}$



B) K_2O óxido básico, SO_3 óxido ácido

C) $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

07. D

08. A) Óxido, óxido e ácido de Arrhenius.

B) Carbono

C) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

09. H_2SO_3 e H_2SO_4 . O ácido mais forte é o H_2SO_4 . Os ácidos fortes são aqueles que se ionizam em grande extensão. Quanto maior for o número de oxigênios ligados ao átomo central, mais polarizada será a ligação O—H e mais ionizável será o composto. Dessa forma, o H_2SO_4 que apresenta mais átomos de oxigênio ligados ao átomo central será mais forte que H_2SO_3 .

10. HXO_4

MÓDULO 18

REAÇÕES INORGÂNICAS I

- 01.** (UFMG) As reações químicas são uma fonte importante para a obtenção de materiais em escala comercial. Para se implantar uma indústria química, as reações não são escolhidas apenas do ponto de vista de sua viabilidade química, mas também levando-se em conta sua viabilidade econômica.

Uma característica não desejável numa reação química, do ponto de vista industrial, é

- A) ocorrer a pressões elevadas.
 B) ocorrer à temperatura ambiente.
 C) produzir um único produto.
 D) ser rápida.
 E) ter bom rendimento.

- 02.** (UFMG) Certa substância elementar apresenta as seguintes propriedades:

- I. Reage com água, formando solução de caráter básico.
 II. É capaz de formar um hidreto com a proporção de um átomo do elemento para um átomo de hidrogênio.
 III. Reage facilmente com oxigênio do ar, formando óxido.
 IV. Apresenta caráter metálico e é bom condutor.

Na tabela periódica, o elemento correspondente localiza-se na coluna

- A) I A.
 B) I B.
 C) II A.
 D) II B.
 E) VII A.

- 03.** (UFMG) O rótulo de um comprimido efervescente indica que sua composição inclui ácido cítrico e bicarbonato de sódio. O gás que provoca a efervescência é

- A) CO .
 B) CO_2 .
 C) H_2 .
 D) N_2 .
 E) O_2 .

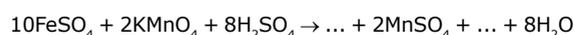
- 04.** (UFMG) Todas as alternativas apresentam reações que consomem oxigênio, exceto

- A) Enferrujamento de um prego
 B) Fotossíntese
 C) Queima de uma vela
 D) Queima do açúcar no corpo humano
 E) Transformação do vinho em vinagre

05. (UFMG) Uma barra de ferro deixada ao ar livre sofrerá transformações químicas que formarão, principalmente, uma crosta de

- A) carbonatos de ferro.
- B) hidretos de ferro.
- C) óxidos de ferro.
- D) nitratos de ferro.
- E) sulfatos de ferro.

06. (UFMG) Considere a equação:



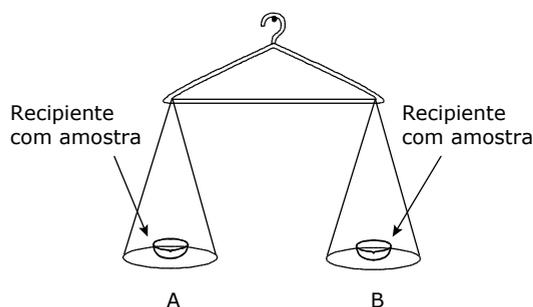
A alternativa que a completa corretamente é

- A) $10\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{O}$.
- B) $5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{KOH}$.
- C) $5\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{KHSO}_4$.
- D) $5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4$.
- E) $10\text{Fe}(\text{MnO}_4)_2 + \text{K}_2\text{O}_4$.

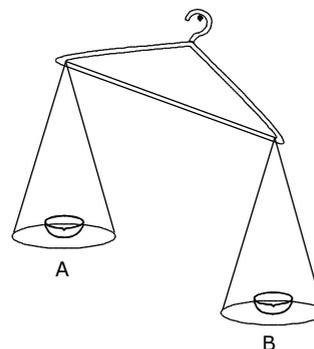
07. (Unicamp-SP) Quando o magnésio metálico entra em contato com ácido clorídrico, ocorre uma reação com liberação de um gás A. O mesmo ácido reage com carbonato de magnésio (MgCO_3) produzindo outro gás B. Uma bexiga (equivalente a um balão de aniversário) cheia com o gás A, quando solta no ar, sobe, e outra, cheia com o gás B, desce.

- A) Escreva as equações representativas dessas reações.
- B) Explique o comportamento das bexigas.

08. (Unicamp-SP) Numa balança improvisada, feita com um cabide, como mostra a figura a seguir, nos recipientes (A e B), foram colocadas quantidades iguais de um mesmo sólido, que poderia ser palha de ferro ou carvão.



Foi ateado fogo à amostra contida no recipiente B. Após cessada a queima, o arranjo tomou a seguinte disposição:



- A) Considerando o resultado do experimento, decida se o sólido colocado em A e B era a palha de ferro ou o carvão. Justifique sua resposta.
- B) Escreva a equação química da reação que ocorreu.

09. (Unicamp-SP) O pãozinho francês é o pão mais consumido pelos brasileiros. Sua receita é muito simples. Para a sua fabricação, é necessário farinha de trigo, fermento biológico, água e um pouco de sal. Sabe-se que a adição de bromato de potássio (KBrO_3) proporciona um aumento do volume do produto final. Nesse caso, pode-se considerar, simplesmente, que o KBrO_3 se decompõe dando KBr e um gás.

- A) Escreva a equação química que representa essa reação de decomposição do bromato de potássio e o nome do gás formado.

Tempos atrás, tornou-se prática comum o uso de bromato de potássio em massas e pães. Em função desse uso, ainda hoje, é comum observarmos, afixadas em algumas padarias, frases como "pão sem elementos químicos".

Em vista das informações anteriores e de seu conhecimento em química, pergunta-se:

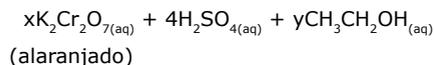
- B) Do ponto de vista químico, essa frase é verdadeira? Justifique sua resposta.

10. (ITA-SP / Adaptado) Utilizando uma placa polida de cobre puro, são realizados os seguintes experimentos:

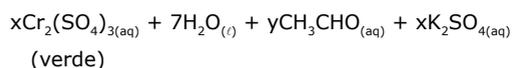
- I. A placa é colocada diretamente na chama do bico de Bunsen. Após um certo período, observa-se o escurecimento da superfície dessa placa.
- II. Em seguida, submete-se a placa ainda quente a um fluxo de hidrogênio puro, verificando-se que a placa volta a apresentar a aparência original.
- III. A seguir, submete-se a placa a um fluxo de sulfeto de hidrogênio puro, observando-se novamente o escurecimento da placa, devido à formação de Cu_2S .
- IV. Finalmente, a placa é colocada novamente na chama do bico de Bunsen, readquirindo a sua aparência original.

Por meio das equações químicas balanceadas, explique os fenômenos observados nos quatro experimentos descritos.

09. (Unesp / Adaptado) Uma das maneiras de verificar se um motorista está ou não embriagado é utilizar os chamados bafômetros portáteis. A equação envolvida na determinação de etanol no hálito do motorista está representada a seguir:

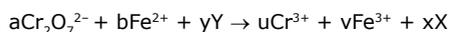


⇌



- A) Considerando os reagentes, escreva a fórmula química e o nome da espécie que sofre oxidação.
 B) Calcule a variação do número de oxidação do crômio e forneça os valores para os coeficientes x e y na equação apresentada.

10. (ITA-SP) A equação química não balanceada e incompleta a seguir



se completa quando

- A) $a = 1, b = 3, y\text{Y} = 14\text{H}_2\text{O}, u = 2, v = 3$ e $x\text{X} = 14\text{OH}^-$.
 B) $a = 1, b = 6, y\text{Y} = 14\text{OH}^-, u = 2, v = 6$ e $x\text{X} = 7\text{H}_2\text{O}$.
 C) $a = 1, b = 6, y\text{Y} = 14\text{H}^+, u = 2, v = 6$ e $x\text{X} = 7\text{H}_2\text{O}$.
 D) $a = 1, b = 6, y\text{Y} = 14\text{H}^+, u = 2, v = 6$ e $x\text{X} = 14\text{H}_2\text{O}$.
 E) $a = 2, b = 3, y\text{Y} = 14\text{H}_2\text{O}, u = 1, v = 2$ e $x\text{X} = 7\text{H}_2\text{O}_2$.

GABARITO

01. D
 02. D
 03. C
 04. A) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2$
 B) $8\text{H}_2\text{SO}_4 + 10\text{FeSO}_4 + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{H}_2\text{O}$
 C) $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaI} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$
 05. A) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2$
 B) $2\text{MnO}_4^- + 10\text{I}^- + 16\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{I}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
 C) $2\text{Cr}^{3+} + 3\text{MnO}_2 + 4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{CrO}_4^{2-} + 3\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
 06. A
 07. A
 08. D
 09. A) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (etanol)
 B) $\Delta\text{NOx} = -3; x = 1; y = 3$
 10. C

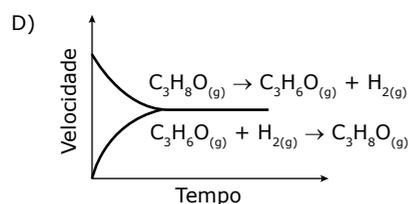
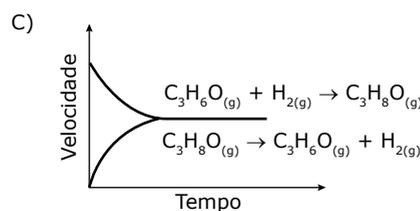
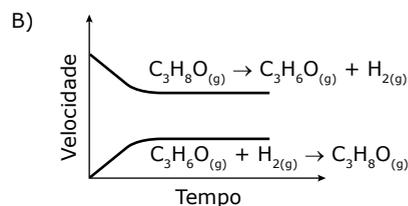
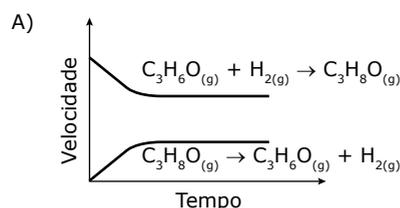
MÓDULO 20

INTRODUÇÃO AO EQUILÍBRIO QUÍMICO

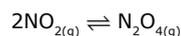
01. (UFOP-MG) A propanona ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) pode ser produzida a partir do propan-2-ol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$), utilizando-se um catalisador à base de zinco e de cobre, de acordo com a seguinte equação:



Assinale a alternativa cujo gráfico melhor representa a variação das velocidades das reações direta e inversa quando o propan-2-ol reage para formar uma mistura em equilíbrio com propanona e hidrogênio.



- 02.** (Unesp) Poluentes como óxido de enxofre e de nitrogênio presentes na atmosfera formam ácidos fortes, aumentando a acidez da água da chuva. A chuva ácida pode causar muitos problemas para as plantas, animais, solo, água e também às pessoas. O dióxido de nitrogênio, gás castanho, em um recipiente fechado, apresenta-se em equilíbrio químico com um gás incolor, segundo a equação:



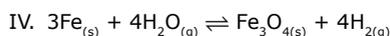
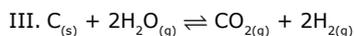
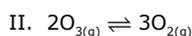
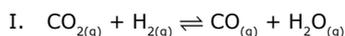
Quando esse recipiente é colocado em um banho de água e gelo, o gás torna-se incolor. Em relação a esse sistema, são feitas as seguintes afirmações:

- A reação no sentido da formação do gás incolor é exotérmica.
- Com o aumento da pressão do sistema, a cor castanha é atenuada.
- Quando o sistema absorve calor, a cor castanha é acentuada.

Entre as afirmações, a(s) correta(s) são

- A) I, apenas. D) II e III, apenas.
 B) III, apenas. E) I, II e III.
 C) I e III, apenas.

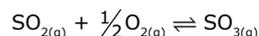
- 03.** (PUC Minas) Considere os seguintes sistemas, cada um em equilíbrio num reator de volume V.



Para aumentar a formação do produto, um aluno decide utilizar reatores de volume 2V. Ele terá sucesso nos sistemas

- A) II e III. C) I e IV.
 B) I e II. D) II e IV.

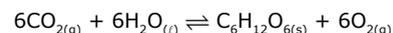
- 04.** (Vunesp) Em uma das etapas da fabricação do ácido sulfúrico, ocorre a reação:



Sabendo-se que as constantes de equilíbrio da reação diminuem com o aumento da temperatura, e que o processo de fabricação do ácido sulfúrico ocorre em recipiente fechado, conclui-se que a reação anterior

- é favorecida pelo aumento do volume do recipiente.
- é desfavorecida pelo aumento da pressão total exercida sobre o sistema.
- é exotérmica.
- não é afetada pelo aumento da pressão parcial de SO_3 .
- tem seu rendimento aumentado quando o equilíbrio é estabelecido em presença de um catalisador.

- 05.** (Unesp) A formação de glicose envolve o equilíbrio:



À temperatura constante, a remoção de $\text{O}_{2(g)}$ provoca

- aumento da massa de glicose.
- redução da velocidade da reação direta e aumento da velocidade da reação inversa.
- aumento no valor da constante de equilíbrio da reação.
- redução do consumo de CO_2 e aumento do consumo de H_2O .
- aumento da energia de ativação da reação.

- 06.** (PUC-SP) O processo Haber-Bosch, para a síntese da amônia, foi desenvolvido no início do século XX, sendo largamente utilizado hoje em dia.

Nesse processo, a mistura de nitrogênio e hidrogênio gasosos é submetida a elevada pressão, na presença de catalisadores em temperatura de 450 °C. A reação pode ser representada a seguir:

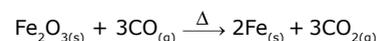


Com relação ao processo Haber-Bosch, é incorreto afirmar que

- a alta temperatura tem como objetivo aumentar a concentração de amônia obtida no equilíbrio.
- o uso do catalisador e a alta temperatura permitem que a reação ocorra em uma velocidade economicamente viável.
- a alta pressão desloca o equilíbrio no sentido de produzir mais amônia.
- o catalisador não influi na concentração final de amônia obtida após atingido o equilíbrio.
- para separar a amônia dos reagentes, resfriam-se os gases, obtendo amônia líquida a -33 °C, retornando o H_2 e o N_2 que não reagiram, para a câmara de reação.

- 07.** (UFMG) A hematita, $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$, é um minério de ferro de grande importância econômica.

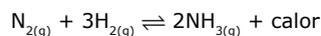
Nas siderúrgicas, a queima de carvão produz monóxido de carbono, $\text{CO}_{(g)}$, que, sob aquecimento, reage com o $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$, produzindo ferro e gás carbônico:



Considerando-se essas informações, é incorreto afirmar que

- o aquecimento acelera a reação.
- o gás produzido contribui para o aumento do efeito estufa.
- o monóxido de carbono é o agente oxidante na obtenção do ferro.
- o sistema, em equilíbrio, não é perturbado por uma variação de pressão.

- 08.** (Fatec-SP) Amônia é sintetizada industrialmente a partir do nitrogênio atmosférico e do gás hidrogênio, o que pode ser representado por:

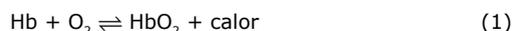


Na indústria, essa transformação é feita na presença de catalisador, sob pressão de 400 atm, mas a temperaturas não muito elevadas.

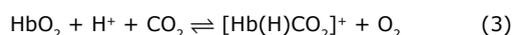
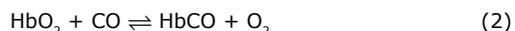
Assinale a alternativa que contém somente afirmações corretas a respeito dessas condições.

- A) A pressão dos gases no sistema é mantida elevada para deslocar o equilíbrio no sentido da formação da amônia.
- B) A pressão dos gases, no sistema, é mantida elevada para impedir a liquefação da amônia.
- C) O catalisador serve para deslocar o equilíbrio no sentido da formação da amônia.
- D) O catalisador serve para filtrar as impurezas contidas nos gases reagentes, impedindo a formação de poluentes.
- E) Se a temperatura for muito elevada, a velocidade da transformação ficará muito pequena.

- 09.** (UFPI) O transporte de oxigênio pelo sangue depende da combinação reversível de oxigênio com hemoglobina, Hb. No sangue, hemoglobina, oxigênio e oxi-hemoglobina, HbO_2 , estão em equilíbrio:



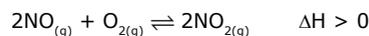
A hemoglobina pode também se combinar com CO, CO_2 e H^+



Levando em conta essas informações, assinale a afirmativa correta.

- A) Em altas altitudes, onde a concentração de oxigênio é baixa, a sensação de tontura e cansaço deve-se ao deslocamento da equação (1) para a direita.
- B) A produção de ácido láctico pelos músculos durante o exercício leva a uma melhor interação de oxigênio com a hemoglobina.
- C) O efeito de redução da capacidade de atenção pelo envenenamento por monóxido de carbono não pode ser revertido.
- D) Exercitar os músculos libera calor, o que contribui para aumentar a concentração da oxi-hemoglobina.
- E) O primeiro socorro a um paciente envenenado com monóxido de carbono é levá-lo a um ambiente com ar puro.

- 10.** (UFC-CE) Uma das reações que podem ocorrer em uma atmosfera poluída é representada pelo equilíbrio químico a seguir:



Considerando tratar-se de uma reação simples e elementar, analise as afirmativas a seguir e marque a alternativa correta.

- A) A ordem total da reação é 2.
- B) Aumentando-se a pressão do sistema, não se altera a posição do equilíbrio.
- C) Aumentando-se a temperatura do sistema, o equilíbrio desloca-se para a esquerda.
- D) A reação é de terceira ordem, com relação ao NO, e de primeira ordem, com relação ao O_2 .
- E) A reação é de segunda ordem, com relação ao NO, e de primeira ordem, com relação ao O_2 .

GABARITO

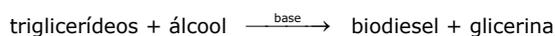
- 01. D
- 02. E
- 03. A
- 04. C
- 05. A
- 06. A
- 07. C
- 08. A
- 09. E
- 10. E

Caderno Extra

MÓDULO 17

CATÁLISES

- 01.** (Unimontes-MG) O biodiesel é obtido a partir da reação em que ocorre a transesterificação de triglicerídeos oriundos de plantas oleaginosas, como girassol, soja, amendoim, macaúba, entre outras. A reação é catalisada por uma base, como mostra a equação:



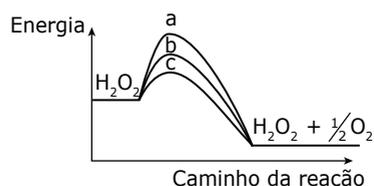
Relacionando o processo catalítico e as questões ambientais envolvidas, é correto afirmar que

- A) a reação não ocorrerá na ausência do catalisador.
 B) o catalisador torna o processo industrialmente viável.
 C) o catalisador não oferecerá risco ao ser descartado no ambiente.
 D) a produção de biodiesel não gerará resíduos para o ambiente.
- 02.** (UFSCar-SP) Não se observa reação química visível com a simples mistura de vapor de gasolina e ar atmosférico, à pressão e temperatura ambientes, porque
- A) a gasolina não reage com o oxigênio, à pressão ambiente.
 B) para que a reação seja iniciada é necessário o fornecimento de energia adicional aos reagentes.
 C) a reação só ocorre na presença de catalisadores heterogêneos.
 D) o nitrogênio do ar, por estar presente em maior quantidade no ar e ser pouco reativo, inibe a reação.
 E) a reação é endotérmica.
- 03.** (UFRN) O desenvolvimento sustentável pode ser considerado como a busca por alternativas para melhorar as condições de vida sem que se degrade o meio ambiente. A Química pode colaborar nessa busca, controlando as reações das substâncias lançadas no ambiente.

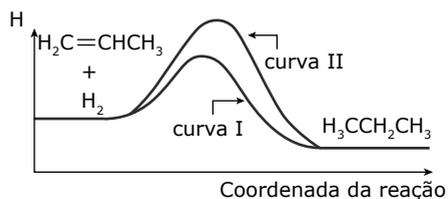
Um exemplo típico dessa colaboração é o uso, nos conversores catalíticos dos automóveis, de catalisadores, cuja função, nessa situação, é aumentar a velocidade da reação de poluentes produzidos pela combustão, transformando-os em substâncias menos poluentes, uma vez que

- A) a energia de ativação do complexo ativado, na etapa lenta do mecanismo da reação, diminui.
 B) a energia de ativação do complexo ativado, na etapa lenta do mecanismo da reação, aumenta.
 C) a frequência dos choques entre as partículas aumenta, sem que a energia de ativação varie.
 D) a frequência dos choques entre as partículas diminui, sem que a energia de ativação varie.
- 04.** (UFVJM-MG) A reação de transformação do ácido fórmico em água e monóxido de carbono ocorre mais rapidamente em presença de ácido sulfúrico. Entretanto, a massa de ácido sulfúrico mantém-se a mesma. Essa circunstância indica que o ácido sulfúrico
- A) não participa da reação.
 B) aumenta a energia de ativação.
 C) desloca a posição do equilíbrio.
 D) funciona como catalisador.
- 05.** (UFMG) A diminuição da concentração de ozônio (O_3) na estratosfera, que provoca o chamado buraco na camada de ozônio, tem sido associada à presença de clorofluorcarbonetos (CFCs), usados em aerossóis e em refrigeradores. As moléculas de CFC são quebradas pela ação da radiação ultravioleta, produzindo átomos de cloro, que aceleram a quebra das moléculas de ozônio, num processo que envolve duas etapas.
- $$Cl\bullet + O_3 \rightarrow ClO + O_2 \quad (1^\circ \text{ etapa})$$
- $$ClO + O\bullet \rightarrow Cl\bullet + O_2 \quad (2^\circ \text{ etapa})$$
- Em relação ao processo descrito por essas etapas, a afirmativa falsa é:
- A) A reação global é $O\bullet + O_3 \rightarrow 2O_2$.
 B) Cloro atômico atua como catalisador da reação global.
 C) Cloro atômico é oxidado na 1ª etapa.
 D) O processo aumenta a quantidade de O_2 na estratosfera.
 E) Oxigênio atômico é oxidado na 2ª etapa.

- 06.** (Vunesp) O $KClO_3$ precisa ser aquecido até cerca de $400\text{ }^\circ\text{C}$ para que se decomponha, formando O_2 e KCl . Quando uma pequena quantidade de MnO_2 é adicionada, o $KClO_3$ decompõe-se facilmente a $270\text{ }^\circ\text{C}$, e, no final da reação, o MnO_2 permanece quimicamente inalterado.
- A) Escreva a equação balanceada da decomposição por aquecimento do $KClO_3$.
- B) Explique por que a presença de MnO_2 reduz a temperatura de decomposição do $KClO_3$.
- 07.** (Vunesp) A utilização de uma mistura sólida de Pt com NiO em escapamentos de carros possibilita a oxidação completa de monóxido de carbono, reduzindo a poluição atmosférica. A mesma mistura sólida promove também a oxidação completa (combustão) do isoctano (C_8H_{18}), o principal componente da gasolina.
- A) Explique por que a mistura Pt / NiO favorece a oxidação completa nos dois processos.
- B) Indique quais são os produtos das duas reações.
- 08.** (UFRJ) A decomposição da água oxigenada sem catalisador exige uma energia de ativação de $18,0\text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$. Entretanto, na presença de platina (catálise heterogênea) e de catalase (catálise homogênea) a energia de ativação cai para $12,0$ e $5,0\text{ kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$, respectivamente, como pode ser observado no gráfico a seguir:



- A) A reação de decomposição é endo ou exotérmica? Justifique sua resposta.
- B) Associe cada uma das curvas (a, b, c) com as condições de decomposição da água oxigenada.
- 09.** (UFMG) As curvas I e II representam caminhos possíveis para a reação de hidrogenação do propeno.



- A) Indique a curva que corresponde ao caminho da reação mais rápida.
- B) Escreva o fator responsável por essa diferença de velocidade.
- C) Compare os complexos ativados formados nos dois caminhos da reação.
- D) A reação ocorre pelos dois caminhos no mesmo sistema? Justifique sua resposta.

GABARITO

01. B
02. B
03. A
04. D
05. E
06. A) $2KClO_3 \xrightarrow{\Delta} 2KCl + 3O_2$
- B) O MnO_2 atua como um catalisador, diminuindo a energia de ativação da reação, permitindo assim que o processo ocorra numa temperatura menor.
07. A) A mistura Pt / NiO funciona como catalisador, diminuindo a energia de ativação e facilitando, assim, o processo de oxidação.
- B) A combustão do CO produz CO_2 , e a do C_8H_{18} produz CO_2 e H_2O .
08. A) A reação de decomposição demonstra ser exotérmica, ou seja, a entalpia dos produtos é menor que a entalpia do reagente. Portanto, houve liberação de calor.
- B) Curva a: reação sem catálise
Curva b: catálise heterogênea
Curva c: catálise homogênea
09. A) Curva I: menor energia de ativação.
- B) Efeito de um catalisador, que possibilita um mecanismo com menor energia de ativação para a reação.
- C) O complexo ativado em I requer, para ser formado, uma menor quantidade de energia do que o complexo ativado formado em II.
- D) Sim. Como a energia cinética não é distribuída uniformemente, existe uma fração de moléculas com energia suficiente para atingir tanto o complexo ativado de I quanto o de II.

MÓDULO 18

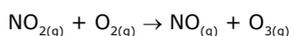
LEI DA VELOCIDADE

01. (PUC Minas) A seguir estão representadas as etapas da reação $H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$.
- $Br_2 \rightarrow Br\cdot + Br\cdot$ (etapa rápida)
 - $H_2 + Br\cdot \rightarrow HBr + H\cdot$ (etapa lenta)
 - $H\cdot + Br_2 \rightarrow HBr + Br\cdot$ (etapa rápida)
 - $Br\cdot + Br\cdot \rightarrow Br_2$ (etapa rápida)
 - $H\cdot + H\cdot \rightarrow H_2$ (etapa rápida)

A velocidade da reação é determinada pela etapa

- A) I. B) II. C) III. D) IV. E) V.

02. (UEL-PR) O ozônio próximo à superfície é um poluente muito perigoso, pois causa sérios problemas respiratórios e também ataca as plantações através da redução do processo da fotossíntese. Um possível mecanismo que explica a formação de ozônio nos grandes centros urbanos são os produtos da poluição causada pelos carros, representada pela equação química a seguir:



Estudos experimentais mostram que essa reação ocorre em duas etapas:

- $NO_{2(g)} \xrightarrow{\text{luz}} NO_{(g)} + O\cdot$ (lenta)
- $O_{2(g)} + O\cdot \rightarrow O_{3(g)}$ (rápida)

De acordo com as reações apresentadas, a lei da velocidade é dada por:

- A) $v = k \cdot [O_2] \cdot [O]$ D) $v = k \cdot [NO] \cdot [O_3]$
 B) $v = k \cdot [NO_2]$ E) $v = k \cdot [O_3]$
 C) $v = k \cdot [NO_2] + k \cdot [O_2] \cdot [O]$

03. (UFF-RJ) Considere a reação $M_{(g)} + N_{(g)} \rightarrow O_{(g)}$. Observa-se, experimentalmente, que, dobrando-se a concentração de N, a velocidade de formação de O quadruplica e, dobrando-se a concentração de M, a velocidade da reação não é afetada.

A equação da velocidade para essa reação é:

- A) $v = k \cdot [M]^2$ D) $v = k \cdot [M] \cdot [N]$
 B) $v = k \cdot [N]^2$ E) $v = k \cdot [M] \cdot [N]^2$
 C) $v = k \cdot [M]$

04. (PUC Rio) As velocidades iniciais da decomposição do aldeído acético (CH_3CHO) foram medidas para as concentrações iniciais de $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ e $0,20 \text{ mol.L}^{-1}$, e apresentaram os valores de $0,02 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ e $0,08 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente. A ordem da reação em relação ao aldeído acético é:

- A) 1/2. B) 1. C) 2. D) 3/2. E) 3.

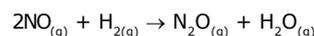
05. (PUC-SP) A reação $2NO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$ foi estudada a $904 \text{ }^\circ\text{C}$. Os dados da tabela a seguir referem-se a essa reação.

[NO]/mol.L ⁻¹	[H ₂]/mol.L ⁻¹	Velocidade/mol.L ⁻¹ .s ⁻¹
0,420	0,122	0,140
0,210	0,122	0,035
0,105	0,122	0,0087
0,210	0,244	0,070
0,210	0,366	0,105

A respeito dessa reação, é correto afirmar que sua expressão da velocidade é:

- A) $v = k \cdot [NO] \cdot [H_2]$ D) $v = k \cdot [NO]^4 \cdot [H_2]^2$
 B) $v = k \cdot [NO]^2 \cdot [H_2]$ E) $v = k \cdot [NO]^2 \cdot [H_2]^2$
 C) $v = k \cdot [H_2]$

06. (IME-RJ) No estudo da cinética da reação



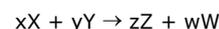
ocorrendo à temperatura de $700 \text{ }^\circ\text{C}$, foram obtidos os dados constantes da tabela a seguir:

C (concentração inicial)/mol.L ⁻¹		Velocidade inicial/ mol.L ⁻¹ .s ⁻¹
NO	H ₂	
0,025	0,01	$2,4 \cdot 10^{-6}$
0,025	0,005	$1,2 \cdot 10^{-6}$
0,0125	0,01	$0,6 \cdot 10^{-6}$

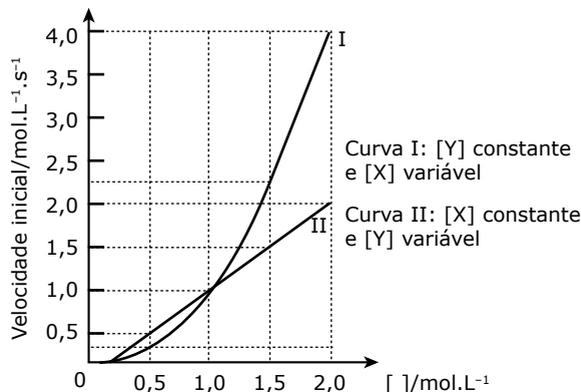
Pede-se

- A) a ordem global da reação.
 B) a constante de velocidade a esta temperatura.

07. (UERJ) A reação expressa pela equação



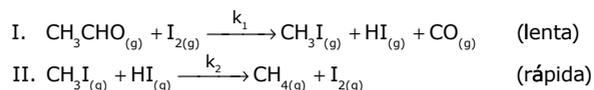
foi realizada em diversas experiências nas quais se manteve constante a temperatura. As velocidades de reação foram medidas, variando-se a concentração molar de um dos reagentes e mantendo-se a do outro constante. Os resultados obtidos estão representados no gráfico a seguir:



Em função dos dados apresentados,

- A) Determine a ordem da reação em relação aos reagentes X e Y, respectivamente.
 B) Calcule o número de vezes em que a velocidade da reação aumenta quando se duplica a concentração molar de Y e se triplica a concentração molar de X.

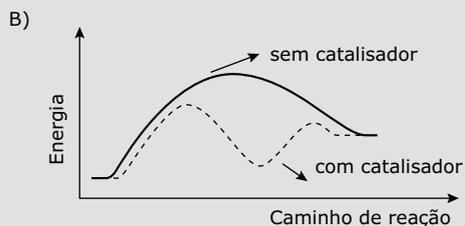
08. (UFJF-MG) Uma forma de se alterar a velocidade de reações químicas é adicionar uma substância, denominada de catalisador, que praticamente não sofre alteração ao final do processo reacional. A velocidade de decomposição do acetaldeído pode ser modificada pela adição de iodo gasoso (I_2) ao sistema. Essa reação ocorre em duas etapas, que estão representadas a seguir. Para esse processo, responda às questões:



- A) Escreva a reação global de decomposição do acetaldeído.
- B) Sabendo-se que o valor de ΔH da reação de decomposição do acetaldeído é igual a +6,96 kJ/mol, represente, esquematicamente, o gráfico da energia em função do caminho de reação para o processo com e sem catalisador.
- C) Considerando que as etapas são elementares, escreva a expressão para a lei de velocidade da primeira etapa do processo de decomposição do acetaldeído.
- D) Se, no início, a concentração de acetaldeído foi de $3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ e, ao atingir o equilíbrio, a concentração do mesmo é de $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, calcule o tempo necessário para a reação atingir o equilíbrio, considerando que a velocidade da primeira etapa é igual a $0,50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

GABARITO

01. B 03. B 05. B
02. B 04. C
06. A) 3
B) $0,384 \text{ L}^2\cdot\text{mol}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
07. A) Reação de 2ª ordem em relação ao reagente X e de 1ª ordem em relação ao reagente Y.
B) A velocidade da reação aumenta 18 vezes.
08. A) $CH_3CHO_{(g)} \rightarrow CH_4_{(g)} + CO_{(g)}$

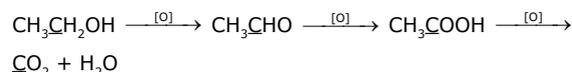


- C) $v = k_1 \cdot [CH_3CHO] \cdot [I_2]$
- D) 2,40 segundos

MÓDULO 19

REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO E NOX

01. (PUC Minas) Considere a sequência das reações:



Observa-se que os carbonos assinalados, da esquerda para a direita, têm, respectivamente, os seguintes números de oxidação

- A) 0, 1-, 3+, 4+.
- B) 1-, 1+, 3+, 3+.
- C) 1-, 1+, 2+, 4+.
- D) 1-, 1+, 3+, 4+.
- E) 1-, 1+, 3+, 3-.
- 02.** (UEM-PR) Nos compostos $Fe_3(PO_4)_2$, CaH_2 , $CsClO_4$ e $MnSO_4$, os números de oxidação dos elementos Fe, H, Cl e Mn, são, respectivamente,
- A) 3+, 1+, 1- e 6+.
- B) 2+, 1-, 7+ e 2+.
- C) 2+, 1-, 5- e 2+.
- D) 3+, 1+, 7+ e 4+.
- E) 1+, 1-, 7+ e 2+.

03. Escreva o valor do número de oxidação (NOx) dos elementos em negrito dos compostos a seguir:

- A) **CH**₂F₂ C) Ca**O** E) Mg**H**₂
- B) **V**₂(SO₄)₃ D) Na₂**O**₄ F) **NH**₄⁺

04. (UNIFESP) O nitrogênio tem a característica de formar com o oxigênio diferentes óxidos: N₂O, o "gás do riso"; NO, incolor, e NO₂, castanho, produtos dos processos de combustão; N₂O₃ e N₂O₅, instáveis e explosivos. Este último reage com água produzindo ácido nítrico, conforme a equação:



Entre os óxidos descritos no texto, aquele no qual o nitrogênio apresenta maior número de oxidação é o

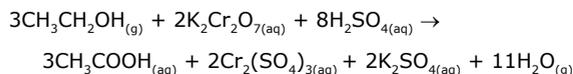
- A) NO. C) N₂O. E) N₂O₅.
- B) NO₂. D) N₂O₃.
- 05.** (FCC-SP) No composto Me₂[Me(CN)₆], derivado do ácido cianídrico, o número de oxidação do elemento metálico Me é
- A) 1+. C) 3+. E) 5+.
- B) 2+. D) 4+.

06. (FCC-SP) Seja a equação:



Fixando-se, arbitrariamente, o número de oxidação do elemento chumbo, no composto PbO_2 , como sendo igual a 6+, quais seriam, respectivamente, os números de oxidação dos elementos oxigênio (no composto PbO_2 ou H_2O), cloro (no composto HCl) e chumbo (no composto PbCl_2)?

- A) 3-, 2/3-, 1/3+
 B) 2-, 2-, 4+
 C) 3-, 2-, 4+
 D) 3/2-, 1-, 2/3+
 E) 3-, 3/2-, 3+
07. (UFTM-MG) Na tantalita, óxido de ferro (II) e tântalo, FeTa_2O_6 , o número de oxidação do tântalo é
- A) 2+. D) 10+.
 B) 3+. E) 12+.
 C) 5+.
08. (PUC Rio) O equipamento conhecido como bafômetro permite determinar a quantidade de álcool no sangue através do ar expirado por uma pessoa. O ar é passado por uma solução de dicromato de potássio, de coloração amarela, acidulada com ácido sulfúrico. Caso o etanol esteja presente no ar expirado, este reage com o dicromato em meio ácido, produzindo Cr^{3+} , de coloração verde, conforme a reação indicada a seguir:

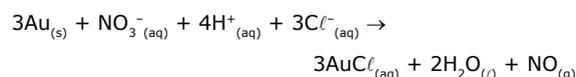


De acordo com as informações, é incorreto afirmar que

- A) o estado de oxidação do cromo no dicromato de potássio é +6.
 B) na reação, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ é o agente redutor.
 C) a mudança de coloração decorrente da reação de oxirredução identifica a presença de etanol.
 D) o SO_4^{2-} , originário do ácido sulfúrico, em solução aquosa, é um íon espectador, pois não sofre qualquer tipo de alteração na reação.
 E) no sulfato de potássio, o potássio tem número de oxidação 1+.
09. (UFPA) Estudos recentes têm demonstrado a importância fisiológica do NO. O entendimento de sua ação fisiológica envolve reações em solução aquosa, como as representadas a seguir:
- I. $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
 II. $\text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_3$
 III. $\text{NO}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$

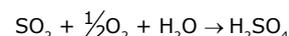
Considerando-se as equações químicas apresentadas, a alternativa correta é:

- A) As reações I e III são, respectivamente, de oxidação e de neutralização.
 B) Não há variação dos números de oxidação dos átomos de nitrogênio na equação II.
 C) Em todas as reações nas quais há participação do óxido nítrico, esse composto químico atua como agente redutor.
 D) O oxigênio ($Z = 8$) pertence ao grupo 18 da tabela periódica.
 E) O nitrogênio ($Z = 7$) apresenta 7 elétrons na camada de valência.
10. (UFC-CE) A dissolução do ouro em água-régia (uma mistura de ácido nítrico e ácido clorídrico) ocorre segundo a equação química:



Com relação à reação anterior, assinale a alternativa correta.

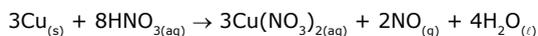
- A) O nitrato atua como agente oxidante.
 B) O estado de oxidação do N passa de +5 para -3.
 C) O cloreto atua como agente redutor.
 D) O oxigênio sofre oxidação de 2 elétrons.
 E) O íon hidrogênio atua como agente redutor.
11. (FASC-SP) O SO_2 proveniente de algumas indústrias da Baixada Santista é um dos responsáveis pela destruição da cobertura vegetal da Serra do Mar. De acordo com a equação a seguir, observa-se que ele fixa o oxigênio do ar e se transforma em H_2SO_4 (chuva ácida).



Com respeito à transformação anterior, conclui-se que

- A) ocorre diminuição do número de oxidação de enxofre.
 B) a água participa como agente oxidante.
 C) ocorre o aumento do número de oxidação do oxigênio.
 D) o gás sulfuroso participa como redutor.
 E) não é um fenômeno de oxirredução.
12. (PUC-Campinas-SP) São dadas as seguintes equações químicas:
- I. $\text{MnO}_4^-_{(aq)} + 8\text{H}^+_{(aq)} + 5\text{Fe}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(aq)} + 5\text{Fe}^{3+}_{(aq)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 II. $\text{MnO}_{(s)} + 2\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 III. $\text{Mn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_{2(s)}$
 IV. $\text{Mn}_{(s)} + 2\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$
- Qual é o número de oxidação do manganês na espécie química oxidante?
- A) 7+ C) 2+ E) 2-
 B) 4+ D) 0

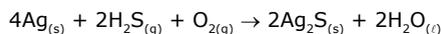
- 13.** (UFPA) Considere a reação de oxirredução, cuja equação química está representada a seguir:



Quanto a essa reação, é correto afirmar que

- A) o número de oxidação do cobre variou de +1 para +2.
 B) a reação de oxidação é $\text{HNO}_3 + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.
 C) o número de oxidação do nitrogênio variou de 5+ para 2+.
 D) a nomenclatura para a espécie $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ é nitrato cuproso.
 E) a espécie $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ é um óxido.

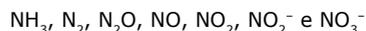
- 14.** (UFRGS-RS) A cebola, por conter derivados de enxofre, pode escurecer talheres de prata. Esse fenômeno pode ser representado pela equação:



A respeito desse fato, pode-se afirmar que

- A) a prata sofre redução.
 B) a prata é o agente redutor.
 C) o oxigênio sofre oxidação.
 D) o H_2S é o agente oxidante.
 E) o enxofre sofre redução.
- 15.** (PUC Minas) As estruturas CH_4 , CH_3OH , HCHO e HCOOH constituem compostos que apresentam aspectos comuns entre si. É correto afirmar que
- A) os carbonos estão em ordem crescente de números de oxidação.
 B) em solução aquosa funcionam como ácidos.
 C) são isômeros funcionais.
 D) em solução aquosa são bons condutores de corrente elétrica.

- 16.** (UEL-PR) O nitrogênio pode ser encontrado na natureza em diversas formas químicas, sendo todas importantes do ponto de vista ambiental, industrial e / ou biológico. Particularmente em ambientes aquáticos, as espécies inorgânicas predominantes são:



Em relação a essas espécies químicas, analise as afirmativas a seguir:

- I. Todas as espécies são substâncias simples.
 II. A amônia (NH_3) é uma molécula apolar.
 III. O tipo de ligação química existente entre os átomos de nitrogênio na molécula de N_2 é covalente apolar.

IV. As espécies NO_2 e NO_2^- têm o mesmo número de prótons.

V. Os números de oxidação do nitrogênio nas espécies N_2O , NO e NO_3^- são, respectivamente, +1, +2 e +5.

Estão corretas apenas as afirmativas

- A) I e III.
 B) I e IV.
 C) II e V.
 D) II, III e IV.
 E) III, IV e V.

- 17.** (UEL-PR) Desde a descoberta da eletricidade, fenômenos associados ao fluxo de elétrons tornaram-se comuns. O fluxo de elétrons está presente nas pilhas elétricas que fazem funcionar o rádio, a câmera fotográfica, o telefone celular, o relógio digital e o marca-passo cardíaco. Em Química, as reações que envolvem transferência de elétrons são chamadas de reações de oxirredução.

Sobre esse tema, é correto afirmar:

- A) Em uma usina hidrelétrica, o processo de transmissão de energia elétrica através de um fio metálico, para uma determinada cidade, é considerado um exemplo de reação química de oxirredução.
 B) O processo de fotografia utilizando filmes fotográficos é um bom exemplo de reações químicas de oxirredução.
 C) O processo de transmissão de dados via fibra óptica é um processo químico de oxirredução.
 D) A ferrugem que aparece nos portões e nas janelas de ferro é um exemplo de reação química de oxidação e não de oxirredução.
 E) O processo da respiração humana é um exemplo típico de reação de oxidação na ausência de reação de redução.

- 18.** (UFG-GO) O tratamento de água para o consumo humano envolve, entre várias etapas, uma na qual é utilizado um oxidante forte para destruir matéria orgânica presente na água. O oxidante mais utilizado para esse processo é o cloro. A substância que pode substituir o cloro, como oxidante, é

- A) SO_3 .
 B) SO_2 .
 C) NO_2 .
 D) O_3 .
 E) N_3^- .

GABARITO

- | | |
|----------|-------|
| 01. D | 08. B |
| 02. B | 09. C |
| 03. A) 0 | 10. A |
| B) 3+ | 11. D |
| C) 2- | 12. A |
| D) 1/2- | 13. C |
| E) 1- | 14. B |
| F) 3- | 15. A |
| 04. E | 16. E |
| 05. B | 17. B |
| 06. E | 18. D |
| 07. C | |

MÓDULO 20

PROCESSOS ELETROQUÍMICOS

- 01.** (UFMG) Considere o quadro a seguir, que mostra o resultado de reações entre metais e soluções aquosas de íons metálicos. O sinal (+) indica que a reação ocorreu e o sinal (-) indica que não se observou a reação.

Da análise do quadro, conclui-se que a afirmativa errada é:

Solução	Metal			
	Pb	Cu	Zn	Ag
Pb ²⁺	-	-	+	-
Cu ²⁺	+	-	+	-
Zn ²⁺	-	-	-	-
Ag ⁺	+	+	+	-

- A) Entre os metais anteriores, o zinco é o que se oxida mais facilmente.
 B) Entre os íons anteriores, Ag⁺ é o que se reduz mais facilmente.
 C) Os íons metálicos anteriores não são capazes de oxidar a prata.
 D) O chumbo é um redutor mais forte do que o cobre.
 E) O íon Cu²⁺ é um oxidante mais fraco do que Zn²⁺.
- 02.** (FUVEST-SP) I e II são equações de reações que ocorrem em água, espontaneamente, no sentido indicado, em condições padrão.
- I. $\text{Fe} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Pb}$
 II. $\text{Zn} + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Fe}$

Analisando-se tais reações, isoladamente ou em conjunto, pode-se afirmar que, em condições padrão,

- A) elétrons são transferidos do Pb²⁺ para o Fe.
 B) reação espontânea deve ocorrer entre Pb e Zn²⁺.
 C) Zn²⁺ deve ser melhor oxidante do que Fe²⁺.
 D) Zn deve reduzir espontaneamente Pb²⁺ a Pb.
 E) Zn²⁺ deve ser melhor oxidante do que Pb²⁺.

- 03.** (FUVEST-SP) A ação oxidante da atmosfera faz surgir Fe³⁺ em soluções em que se deseja ter apenas cátions Fe²⁺.

Potenciais de redução	
Semirreação	E° (V)
Ag ⁺ + e ⁻ → Ag	+0,80
Fe ³⁺ + e ⁻ → Fe ²⁺	+0,77
Fe ²⁺ + 2e ⁻ → Fe	-0,44
Zn ²⁺ + 2e ⁻ → Zn	-0,76

Um modo conveniente de manter soluções de Fe²⁺ livres dessa contaminação consiste em adicionar a elas

- A) Ag⁺. B) Zn²⁺. C) Ag. D) Zn. E) Fe.

- 04.** (UEPG-PR) Uma placa de certo metal M é imersa numa solução aquosa de CuSO₄. Após determinado tempo, observa-se a deposição de cobre metálico sobre ela, e, ainda, que a solução, inicialmente azul, vai perdendo sua coloração. Sobre esse experimento, assinale o que for correto.

01. O metal M perde elétrons e forma cátions, que permanecem em solução.
 02. O metal M é mais nobre que o cobre.
 04. O metal M sofre oxidação, cedendo elétrons para os cátions cobre (Cu²⁺) da solução.
 08. O cobre metálico age como oxidante na reação.
 16. Os cátions cobre (Cu²⁺) reduzem o metal M da placa.
 Soma ()

- 05.** (UEPG-PR) Considerando as seguintes semirreações,

Semirreação	E° / V
$\text{Cl}_{2(\text{g})} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$	+1,360
$\text{I}_{2(\text{s})} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-_{(\text{aq})}$	+0,535
$\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}_{(\text{s})}$	-0,126
$\text{V}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{V}_{(\text{s})}$	-1,180

assinale o que for correto.

01. O oxidante mais fraco da tabela anterior é o V²⁺_(aq).
 02. O agente oxidante mais forte é o Cl_{2(g)}.
 04. O Pb_(s) reduz o V²⁺_(aq) a V_(s).
 08. O agente redutor mais forte é o V_(s).
 16. O I_(aq)⁻ reduz o Cl_{2(g)} a Cl⁻.
 Soma ()

12. (FUVEST-SP) Um método de recuperação do Cu^{2+} contido em soluções aquosas consiste em sua transformação a cobre metálico. Isso se consegue adicionando-se raspas de ferro às soluções, sob agitação.

- A) Escreva as semirreações de oxidação e de redução que ocorrem nesse processo.
- B) Qual dos pares, $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ ou $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$, deve ter maior potencial de redução? Justifique com base na informação dada.

13. (FUVEST-SP) Um experimentador tentou oxidar zinco (Zn) com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em meio ácido. Para isso, adicionou ao zinco uma solução aquosa de peróxido de hidrogênio em excesso e, inadvertidamente, utilizou ácido iodídrico ($\text{HI}_{(\text{aq})}$) para acidular o meio. Para sua surpresa, obteve vários produtos.

- A) Escreva as equações químicas balanceadas que representam as reações de oxirredução ocorridas no experimento, incluindo a que representa a decomposição do peróxido de hidrogênio pela ação catalítica do metal.
- B) Poderá ocorrer reação entre o peróxido de hidrogênio e o ácido iodídrico? Justifique sua resposta, utilizando semirreações e os correspondentes potenciais padrão de redução.

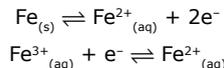
Dados: Potenciais padrão de redução (V):

Peróxido de hidrogênio, (H_2O_2) em meio ácido, dando água.....	+1,78
Oxigênio (O_2), em meio ácido, dando peróxido de hidrogênio.....	+0,70
Iodo (I_2) dando íons iodeto.....	+0,54
Íons H^+ dando hidrogênio gasoso (H_2).....	+0,00
Íons Zn^{2+} dando zinco metálico.....	-0,76

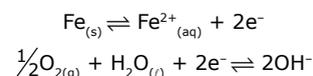
14. (UFU-MG) Os materiais metálicos em contato com a água podem sofrer corrosão dependendo das várias substâncias (materiais em suspensão, gases ou sais dissolvidos) que podem estar contaminando a mesma. Com respeito ao processo de corrosão em meio aquoso, assinale a alternativa correta.

Dados:	E°
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,44 V
$\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_{2(\text{g})}$	0,00 V
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,34 V
$\frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	+0,40 V
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$	+0,70 V

- A) Gases dissolvidos, como O_2 , contribuem para diminuir a taxa de corrosão do Fe metálico, ao contrário do observado para materiais à base de alumínio e cromo.
- B) A presença de eletrólitos do tipo FeCl_3 contribui para diminuir a taxa de corrosão devido às reações:



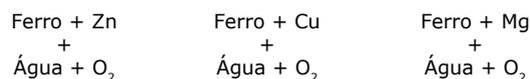
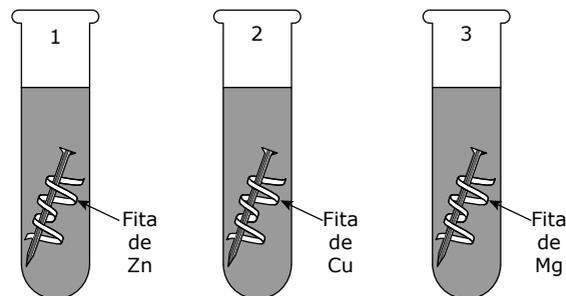
- C) O cobre pode ser usado para revestimento de materiais à base de ferro metálico, porque inibe acentuadamente a corrosão do Fe.
- D) Gases dissolvidos, como H_2S , diminuem a taxa de corrosão do Fe, porque aumentam a concentração de H^+ do meio.
- E) Eletrólitos do tipo NaCl aceleram o processo corrosivo, porque aumentam a condutividade elétrica da solução, que é fundamental ao mecanismo eletroquímico de corrosão:



15. (FMTM-MG) Considerando a ampla utilização dos metais no mundo moderno, a corrosão do metal ferro é um problema de grande importância nos países industrializados.

Estudos realizados sobre o assunto mostram que o contato com certos metais pode retardar, impedir ou acelerar a formação de ferrugem.

Considere a ilustração a seguir e os potenciais padrão de redução:



Dados: Potenciais padrão de redução E° (T = 298,18 K):

$\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}_{(\text{s})}$	-2,37 V
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76 V
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,44 V
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,34 V
$\frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	+0,41 V

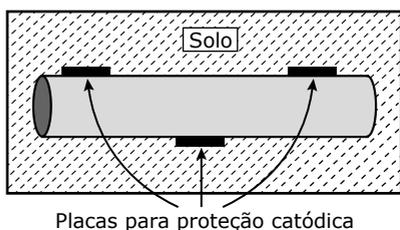
Ocorrerá corrosão do prego de ferro

- A) somente nos tubos 1 e 2.
- B) somente no tubo 2.
- C) somente nos tubos 1 e 3.
- D) nos tubos 1, 2 e 3.
- E) somente no tubo 1.

16. (Unicamp-SP) Um corpo metálico, quando exposto ao ar e à umidade, pode sofrer um processo de corrosão (oxidação), o que pode deixá-lo impróprio para a função a que se destinava.

A) Uma das formas de se minimizar esse processo é a proteção catódica: prende-se um metal de sacrifício no corpo que se deseja proteger do processo de oxidação. Suponha que você deseja fazer a proteção catódica de uma tubulação em ferro metálico. Qual das substâncias da tabela a seguir você usaria? Justifique sua resposta.

Potenciais padrão de redução	
Semirreação de redução	E°/Volts
$F_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2F^-_{(aq)}$	+2,87
$Br_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)}$	+1,08
$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	+0,80
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	+0,34
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$	-0,25
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	-0,44
$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Mg_{(s)}$	-2,37

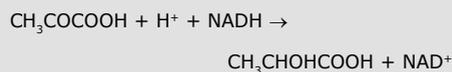
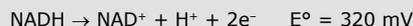
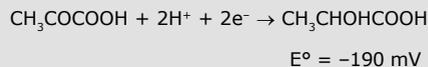


B) Uma outra forma de evitar a corrosão é a galvanização: deposita-se sobre o corpo metálico uma camada de um outro metal que o proteja da oxidação. Das substâncias da tabela anterior, qual você usaria para galvanizar uma tubulação de ferro metálico? Justifique sua resposta.

GABARITO

- 01. E
- 02. D
- 03. E
- 04. Soma = 05
- 05. Soma = 27
- 06. D
- 07. A
- 08. A
- 09. C

10. A) De acordo com as equações dadas, para que o processo seja termodinamicamente espontâneo, a única possibilidade que satisfaz essa condição é descrita como:



$$\Delta E^\circ = 130 \text{ mV}$$

$$A = NADH$$

$$B = NAD^+$$

B) $\Delta E^\circ = 130 \text{ mV}$

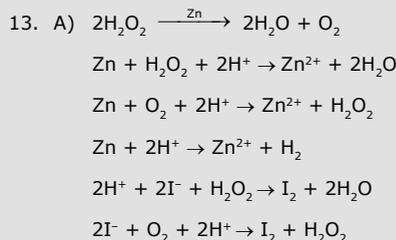
C) Agente oxidante: $CH_3COCOOH$

Agente redutor: $NADH$

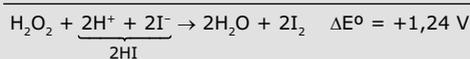
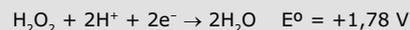
11. E

12. A) Oxidação: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
 Redução: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

B) O par Cu^{2+} / Cu apresenta o maior potencial de redução em relação ao par Fe^{2+} / Fe porque no processo espontâneo o Cu^{2+} sofreu redução para a obtenção do Cu .



B) Cálculo do ΔE° da reação entre o peróxido de hidrogênio e o ácido iodídrico:



Como o ΔE° do processo é positivo, a reação é espontânea e pode ocorrer.

14. E

15. B

16. A) Magnésio, pois possui menor potencial de redução, o que indica maior facilidade de oxidar que o ferro.

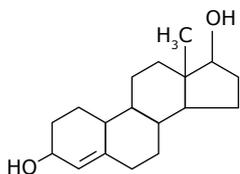
B) Níquel, cobre ou prata, pois possuem maiores potenciais de redução que o ferro, protegendo-o, portanto, da oxidação.

Caderno Extra

MÓDULO 17

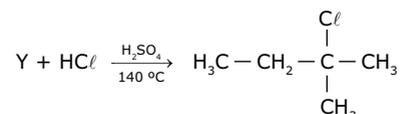
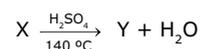
REAÇÕES DE ELIMINAÇÃO

- 01.** (UFF-RJ) Dê um exemplo, por meio de uma equação balanceada, dos seguintes tipos de reações:
- A) De combustão de um alcano.
 B) De desidrogenação de um alcano.
 C) De desidratação de um álcool primário.
 D) De halogenação de um alqueno.
- 02.** (UFF-RJ) Quando o ciclo-hexanol é tratado com H_2SO_4 e aquecimento, há produção de um hidrocarboneto. Esse hidrocarboneto reage com o ácido bromídrico, formando um único produto.
- A) Represente as equações químicas de ambas as reações.
 B) Dê o nome (IUPAC) dos produtos formados em ambas as reações.
- 03.** (CMMG) O Bolandiol, um esteroide anabolizante, usado na forma de derivado, possui a estrutura a seguir:



- O Bolandiol pode sofrer as reações descritas a seguir, exceto
- A) halogenação em presença da luz.
 B) reação de Grignard com cloreto de metilmagnésio.
 C) hidrogenação em presença de paládio ou platina.
 D) desidratação em presença de ácido e aquecimento.
 E) adição de bromo em presença de tetracloreto de carbono.
- 04.** (Cesgranrio) Assinale o álcool que se desidrata mais facilmente na presença de H_2SO_4 a quente.
- A) propan-1-ol D) 2-metilpropanal
 B) metilpropan-2-ol E) butan-1-ol
 C) petan-2-ol

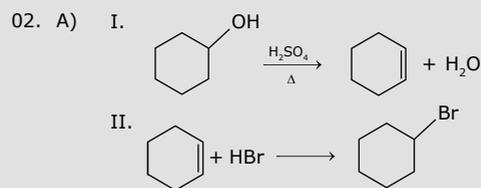
- 05.** (UFAM) De acordo com o sistema de reações a seguir, X e Y são, respectivamente,



- A) 2-metilbutan-2-ol e 2-metilbut-2-eno.
 B) 3-metilbutan-3-ol e 2-metilbut-2-eno.
 C) 2-metilbutan-1-ol e 2-metilbut-1-eno.
 D) 2-metilbutan-2-ol e 2-metilbut-2-eno.
 E) 3-metilbutan-2-ol e 2-metilbut-1-eno.

GABARITO

01. A) $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 B) $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
 C) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 D) $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2(\text{g})$



B) I → cicloexeno

II → bromocicloexano

03. B

04. B

05. D

MÓDULO 18

REAÇÕES DE OXIDAÇÃO

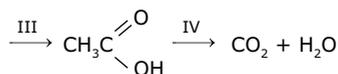
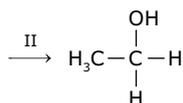
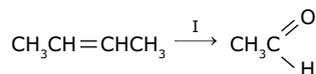
01. (PUC Minas) Na oxidação exaustiva ($\text{KMnO}_4 / \text{H}^+$) de um composto, foram obtidos ácido propanoico e propanona. O composto considerado tem nome

- A) pent-2-eno. D) 3-metilpent-2-eno.
B) 2-metilpent-2-eno. E) hex-3-eno.
C) 2-metilpent-3-eno.

02. (Unifor-CE) A ação oxidante de $\text{KMnO}_4 / \text{H}^+$ sobre o but-2-eno produz o ácido etanoico (oxidação com quebra de dupla-ligação). Em reação semelhante, um mol de ácido linoleico, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4-(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$, pode dar origem a ácidos monocarboxílicos e dicarboxílicos, ambos saturados, nas quantidades, respectivamente, de

- A) 2 mol e 3 mol. D) 1 mol e 2 mol.
B) 2 mol e 1 mol. E) 1 mol e 1 mol.
C) 1 mol e 3 mol.

03. (PUC Minas) Dada a sequência de reações:



São etapas em que há ocorrência de reação de oxidação:

- A) I e II, apenas. D) I e IV, apenas.
B) II e III, apenas. E) I, III e IV.
C) III e IV, apenas.

04. (FMTM-MG) A oxidação enérgica de um alceno por KMnO_4 em meio ácido fornece uma mistura de propanona e ácido acético. Com base nessa informação, identifique o alceno em questão, escrevendo a sua fórmula estrutural e o seu nome oficial.

05. (FUVEST-SP) Automóveis a álcool emitem grande quantidade de aldeído, produzido por

- A) fragmentação da molécula do álcool.
B) redução do álcool.
C) oxidação parcial do álcool.
D) oxidação completa do álcool.
E) reação do álcool com o nitrogênio do ar.

06. (UFAL) A oxidação de ácido láctico (ácido 2-hidroxiopropanoico) dá origem ao composto que possui os seguintes grupos funcionais:

- A) Cetona e ácido carboxílico
B) Aldeído e ácido carboxílico
C) Álcool e ácido carboxílico
D) Aldeído e cetona
E) Cetona e fenol

07. (UFV-MG) A reação de oxidação de um álcool de fórmula molecular $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ com KMnO_4 forneceu um composto de fórmula molecular $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$. Assinale a opção que apresenta a correlação correta entre o nome do álcool e o nome do produto formado.

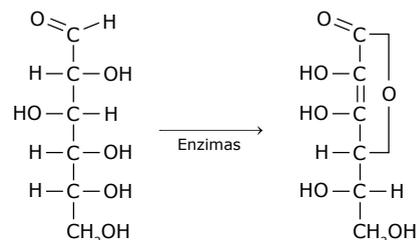
- A) 3-metilbutan-2-ol, 3-metilbutanal
B) Pentan-3-ol, pentan-3-ona
C) Pentan-1-ol, pentan-2-ona
D) Pentan-2-ol, pentanal
E) 2-metilbutan-1-ol, 3-metilbutan-2-ona

08. (CMMG) O mentol (2-isopropil-5-metilciclohexanol), uma substância muito usada em perfumaria, em balas, ou em inaladores nasais, ao ser oxidado em condições normais, produz mentona, uma cetona que é também muito usada em perfumaria.

Com base nessas informações, pode-se afirmar que

- A) o mentol é um aldeído.
B) o mentol é um álcool primário.
C) o mentol é um álcool secundário.
D) o mentol é um álcool terciário.
E) a reação de oxidação proposta para essa transformação introduzirá um novo átomo de oxigênio na molécula oxidada.

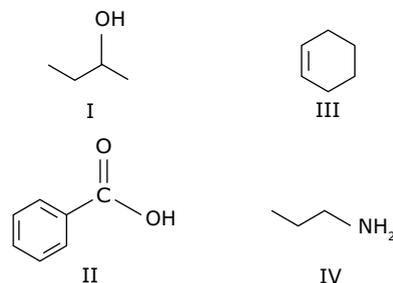
09. (UEL-PR) Nas plantas, certas enzimas transformam a glicose em vitamina C.



Nessa transformação, a glicose sofre

- A) redução.
B) oxidação.
C) hidratação.
D) tautomerização.
E) polimerização.

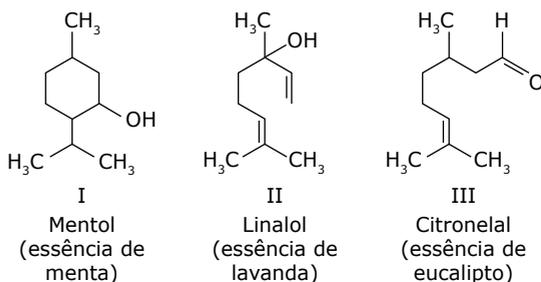
10. (UFV-MG) Considere os compostos I, II, III e IV.



Assinale a opção incorreta.

- A) III reage com Br_2 , produzindo um composto saturado.
- B) I reage com uma amina, produzindo uma amida.
- C) I reage com KMnO_4 , em meio ácido, produzindo uma cetona.
- D) IV reage com HCl , produzindo um sal.
- E) II reage com NaOH , produzindo um sal.

11. (UFV-MG) As estruturas a seguir (I, II e III) representam algumas substâncias utilizadas em perfumaria devido às suas fragrâncias.



- A) Entre as substâncias representadas anteriormente, são isômeros _____ e _____. Justifique sua resposta.
- B) Represente a estrutura do produto de oxidação de I com KMnO_4 , em meio ácido.
- C) Represente a estrutura do produto resultante da reação de III com 1 mol de hidrogênio (H_2) catalisada por platina (Pt).

12. (UFPA) Um hidrocarboneto X, acíclico, insaturado, etênico e de peso molecular 56 g.mol^{-1} , sofre oxidação enérgica pelo dicromato de potássio em meio ácido, dando, como único produto, Y. Em seguida, Y reage com o álcool etílico ou etanol produzindo Z e água.

Escreva o esquema das reações e as nomenclaturas (IUPAC) de X, Y e Z.

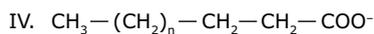
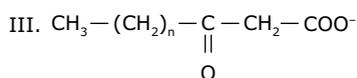
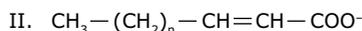
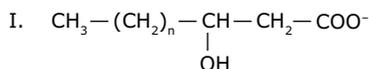
13. (Unesp) A oxidação de um ácido graxo para obtenção de energia em nosso organismo envolve, entre outras, as seguintes etapas:

1ª etapa - oxidação (ou desidrogenação)

2ª etapa - hidratação

3ª etapa - oxidação

Dadas as fórmulas estruturais a seguir:



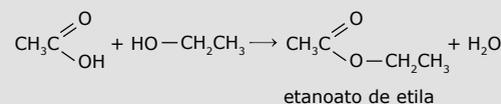
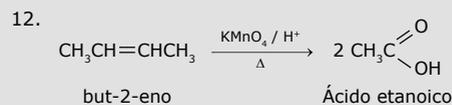
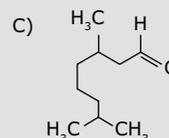
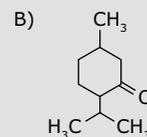
Indique qual o reagente e o produto para cada uma das etapas, na ordem indicada, dando os nomes das funções químicas que são formadas após cada uma das reações.

14. (UFF-RJ) Sabe-se que um composto orgânico pode ser obtido a partir da reação de ozonólise do but-2-eno. Tal composto, quando polimerizado em meio ácido, origina dois produtos: paraldeído e metaldeído. O primeiro é usado, ocasionalmente, como agente sonífero, e o segundo, no combate aos caramujos na agricultura. O composto a que se faz referência é

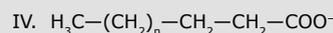
- A) metanal.
- B) etanal.
- C) éter etílico.
- D) éter metilético.
- E) metanol.

GABARITO

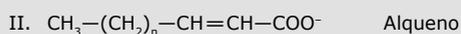
- 01. B
- 02. D
- 03. E
- 04. 2-metilbut-2-eno
- 05. C
- 06. A
- 07. B
- 08. C
- 09. B
- 10. B
- 11. A) II e III, pois apresentam a mesma fórmula molecular ($\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$).



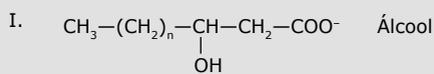
13. A sequência correta é:



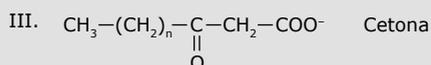
1ª etapa \downarrow Desidrogenação



2ª etapa ↓ Hidratação
(adição de água)



3ª etapa ↓ Oxidação

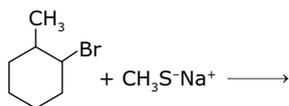


14. B

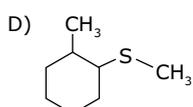
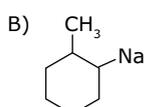
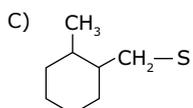
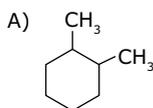
MÓDULO 19

REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO

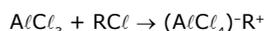
01. (UFU-MG) Considere a seguinte reação esquematizada.



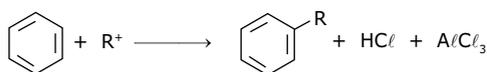
O produto principal de substituição para a reação apresentada anteriormente é:



02. (CMMG) Benzeno e cloreto de alquila reagem em presença de AlCl_3 anidro, formando alquil-benzeno e cloreto de hidrogênio. O AlCl_3 , usado como catalisador, envolve-se em uma das etapas do mecanismo, em um processo cuja equação é:



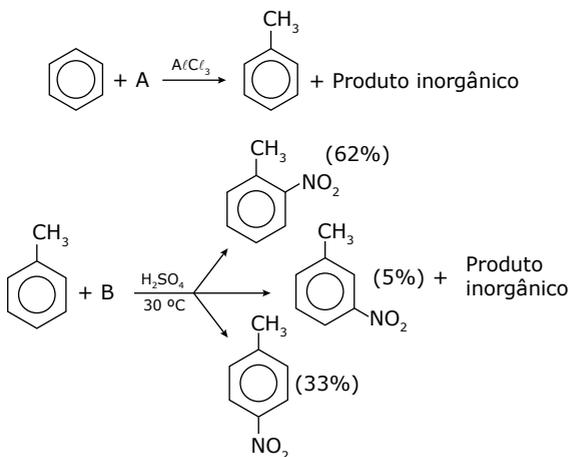
O íon R^+ é que vai atacar o benzeno, numa etapa seguinte, cuja equação é:



A partir dessas informações, pode-se afirmar corretamente que

- A) na reação com o RCl , o cloreto de alumínio atua como base de Lewis.
- B) a reação do benzeno com R^+ envolve energia de ativação inferior à do benzeno diretamente com RCl .
- C) a presença do catalisador é necessária em virtude da instabilidade do benzeno.
- D) o ΔH da reação de alquilação do benzeno é maior na ausência do catalisador.
- E) o catalisador é totalmente consumido na primeira etapa do mecanismo, podendo ser considerado como um dos reagentes na alquilação.

03. (UFRJ) Os nitrotoluenos são compostos intermediários importantes na produção de explosivos. Os mononitrotoluenos podem ser obtidos simultaneamente, a partir do benzeno, através da seguinte sequência de reações:

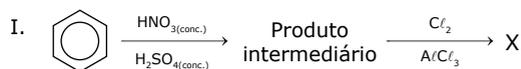


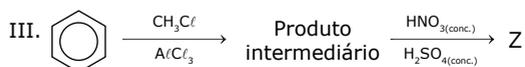
- A) Escreva a fórmula estrutural do composto A e o nome do composto B.
- B) Identifique o tipo de isomeria plana presente nos três produtos orgânicos finais da sequência de reações.

04. (PUC-SP) Grupos ligados ao anel benzênico interferem na sua reatividade. Alguns grupos tornam as posições orto e para mais reativas para reações de substituição e são chamados orto e para dirigentes, enquanto outros grupos tornam a posição meta mais reativa, sendo chamados de metadirigentes.

- Grupos orto e para dirigentes: $-\text{Cl}$; $-\text{Br}$; $-\text{NH}_2$; $-\text{OH}$; $-\text{CH}_3$
- Grupos metadirigentes: $-\text{NO}_2$; $-\text{COOH}$; $-\text{SO}_3\text{H}$

As rotas sintéticas I, II e III foram realizadas com o objetivo de sintetizar as substâncias X, Y e Z, respectivamente.





Após o isolamento adequado do meio reacional e de produtos secundários, os benzenos dissustituídos X, Y e Z obtidos são, respectivamente,

- A) *orto*-cloronitrobenzeno, *meta*-diclorobenzeno e *para*-nitrotolueno.
- B) *meta*-cloronitrobenzeno, *orto*-diclorobenzeno e *para*-nitrotolueno.
- C) *meta*-cloronitrobenzeno, *meta*-diclorobenzeno e *meta*-nitrotolueno.
- D) *para*-cloronitrobenzeno, *para*-diclorobenzeno e *orto*-nitrotolueno.
- E) *orto*-cloronitrobenzeno, *orto*-diclorobenzeno e *para*-cloronitrobenzeno.

05. (UFU-MG) Halogenetos de alquila são muito empregados como matéria-prima para preparação de outros produtos orgânicos. Eles, normalmente, são preparados a partir da reação de halogenação de hidrocarbonetos, catalisados pela luz. Para a reação do propano com bromo na presença de luz, indique

- A) a fórmula estrutural representativa do produto principal da reação.
- B) o nome IUPAC para o produto principal da reação.
- C) a equação representativa da reação.

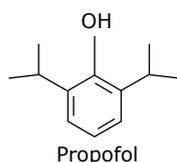
06. (PUC Minas) Ao completar as reações

1. $CH_3CH_3 + Cl_2 \rightarrow$
2. $CH_3CH_3 + HNO_3 \rightarrow$
3. $CH_3CH_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
4. $CH_2CH_2 + HCl \rightarrow$

os nomes corretos dos produtos são:

- A) Nas reações 1 e 2: cloreto de etila e etilamina.
- B) Nas reações 1 e 3: cloreto de vinila e ácido etilsulfônico.
- C) Nas reações 2 e 3: nitroetano e ácido etilsulfúrico.
- D) Nas reações 1 e 4: cloreto de etila e cloreto de vinila.
- E) Nas reações 2 e 4: nitroetano e cloreto de vinila.

07. (UFJF-MG) A morte de Michael Jackson foi provavelmente decorrente de homicídio provocado, essencialmente, por intoxicação aguda por propofol, um anestésico muito potente, e outros cinco medicamentos tarja preta. O propofol (2,6-di-isopropilfenol) é um fármaco de curta duração da classe dos anestésicos parenterais.



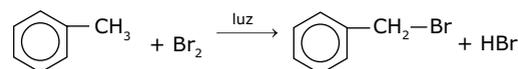
- A) Qual a fórmula molecular do propofol e que tipo de reação permitiria a obtenção do 2,6-di-isopropil-4-nitro-fenol a partir desse anestésico?
- B) O propofol reage com bromo em presença de A/Br_3 por substituição eletrofílica. Represente a fórmula estrutural do produto dessa reação.
- C) O propofol pode sofrer reação com solução de bromo (Br_2) em CCl_4 , conduzindo a um composto de fórmula $C_{12}H_{17}BrO$. Represente a fórmula estrutural desse produto.
- D) A reação do propofol com $NaOH$ conduz à formação de um sal e água. Represente a equação química balanceada desse processo.

08. (UERJ) Observe a sequência reacional a seguir:

Reação I



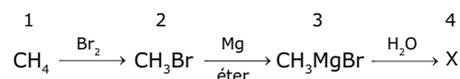
Reação II



As reações I e II estão classificadas de modo correto, respectivamente, em

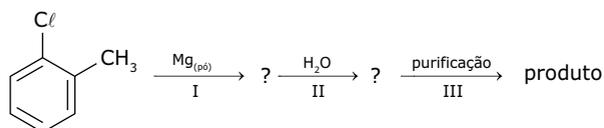
- A) substituição eletrofílica e substituição eletrofílica.
- B) substituição eletrofílica e substituição nucleofílica.
- C) substituição eletrofílica e substituição via radical livre.
- D) substituição nucleofílica e substituição via radical livre.

09. (Mackenzie-SP) Considerando-se as proposições formuladas a seguir, assinale a alternativa correta para o sistema de equações químicas.



- I. De 1 para 2 a reação é espontânea e o mecanismo é de radicais livres.
- II. De 3 para 4 ocorre hidrólise do reagente de Grignard.
- III. X é um composto orgânico gasoso, à temperatura ambiente, de massa molecular $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- A) Somente a proposição I está correta.
- B) Estão corretas as proposições I e II.
- C) Estão corretas as proposições II e III.
- D) Estão corretas as proposições I e III.
- E) Todas as proposições estão corretas.

10. (UFG-GO) Partindo-se do derivado halogenado a seguir, e feitas as reações:



o-clorotolueno

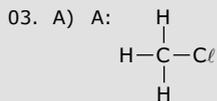
- I. Adição de magnésio (pó) em meio etéreo
- II. Adição de água
- III. Destilação

O composto obtido será

- A) *o*-hidroxitolueno.
- B) *m*-hidroxitolueno.
- C) *p*-hidroxitolueno.
- D) tolueno.
- E) ácido *o*-clorobenzoico.

GABARITO

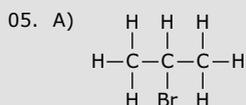
- 01. D
- 02. B



B: Ácido nítrico

B) Isomeria de posição

04. B



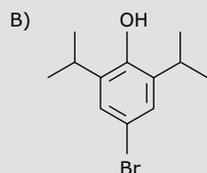
B) 2-bromopropano



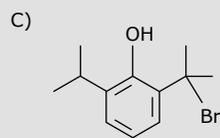
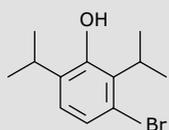
06. D

07. A) Fórmula molecular: $\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}$

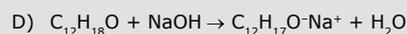
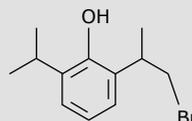
Tipo de reação: Nitração / Substituição eletrofílica aromática



ou



ou



08. C

09. C

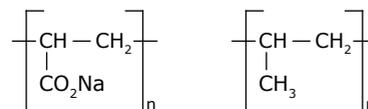
10. A

MÓDULO 20

POLÍMEROS

01. (UFMG) Diversos materiais poliméricos são utilizados na fabricação de fraldas descartáveis. Um deles, o poliácrlato de sódio, é responsável pela absorção da água presente na urina; um outro, o polipropileno, constitui a camada que fica em contato com a pele.

Analise a estrutura de cada um desses dois materiais:



Poliácrlato de sódio

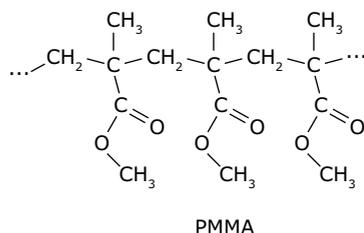
Polipropileno

Considerando-se esses dois materiais e suas respectivas estruturas, é correto afirmar que

- A) o poliácrlato de sódio apresenta ligações covalentes e iônicas.
- B) o poliácrlato de sódio é um polímero apolar.
- C) o polipropileno apresenta grupos polares.
- D) o polipropileno tem como monômero o propano.

02. (UFTM-MG) A bioplastia é uma plástica sem cortes e sem cirurgia, realizada com o implante de biomateriais como o PMMA – polimetilmetacrilato ou poli (metil-2-metilpropanoato). O biomaterial implantado dá sustentação ao músculo e promove a formação de colágeno do próprio organismo. A bioplastia possibilita ao médico criar linhas mais harmônicas, tornando as pessoas mais belas ou salientando a sua beleza. Essa técnica é indicada tanto para as regiões da face, como nariz e lábios, e outras regiões do corpo, como mãos, pernas, glúteos, pênis e peitoral.

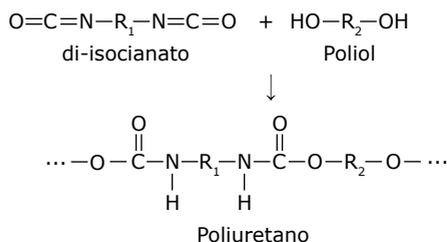
A bioplastia ultrapassou os limites da cirurgia plástica, sendo que, utilizada indiscriminadamente, pode colocar em risco a saúde dos pacientes.



A partir da análise da estrutura, conclui-se que o PMMA é

- A) um policarbonato. D) um polipropileno.
 B) um poliéster. E) um poliestireno.
 C) uma poliuretana.

03. (FMTM-MG) Biopolímero é um material que tem alta compatibilidade com os tecidos do corpo humano e não provoca rejeição. Pesquisadores brasileiros têm desenvolvido biopolímeros com aplicação potencial na área médica. O polímero derivado de óleo de semente de mamona, o poliuretano, pode ser utilizado na confecção de próteses usadas em implantes no corpo humano. A equação representa a reação de síntese de um poliuretano.



A classificação do poliuretano quanto à função orgânica oxigenada existente na sua estrutura e uma das suas aplicações são, respectivamente,

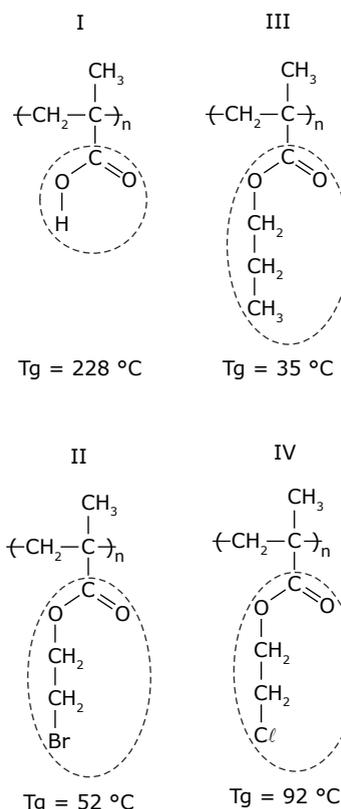
- A) poliéster e fabricação de espumas para colchões.
 B) poliéster e fabricação de tubos para encanamento de água e esgotos.
 C) poliéster e fabricação de isopor para uso como isolante térmico.
 D) poliéster e fabricação de garrafas PET para refrigerantes.
 E) poliamida e fabricação de revestimentos de frigideiras e painéis.

04. (UFTM-MG) Polímero é um composto em que uma mesma molécula se repete, formando uma grande cadeia molecular. A celulose é um polímero natural utilizado para fabricação de papel. A molécula que se repete na celulose é

- A) lactose. D) maltose.
 B) glicose. E) galactose.
 C) frutose.

05. (Unimontes-MG) A maioria dos materiais sólidos de uso diário, por exemplo, polímeros – plásticos, borrachas – e vidros, possui estrutura desordenada, amorfa. Esses sólidos, ao passarem da fase sólida para a líquida, não realizam uma fusão e sim uma transição vítrea (Tg) em que o polímero passa de um estado desordenado rígido (vítreo) para um estado no qual as cadeias poliméricas possuem uma maior mobilidade.

Os poliacrilatos são polímeros amorfos que contêm grupos –COOR ou –COOH ligados em cada unidade repetitiva. Esses grupos influenciam no valor da temperatura de transição vítrea (Tg), como ilustram as fórmulas dos polímeros I, II, III e IV.



Relacionando os valores da temperatura das transições vítreas (Tg) de cada um dos polímeros anteriores com as interações moleculares, está incorreto o que se afirma em:

- A) O polímero I apresenta maior valor de Tg, por realizar interações de hidrogênio entre suas cadeias poliméricas.
 B) A Tg decresce em valores abaixo de 100 °C, devido às diferenças de interações intermoleculares entre as cadeias.
 C) O material do polímero I, em relação aos outros, é o menos coeso e com maior mobilidade das cadeias poliméricas.
 D) A diferença de Tg dos compostos III e IV deve-se à diferença de eletronegatividade dos substituintes Cl e Br.

