

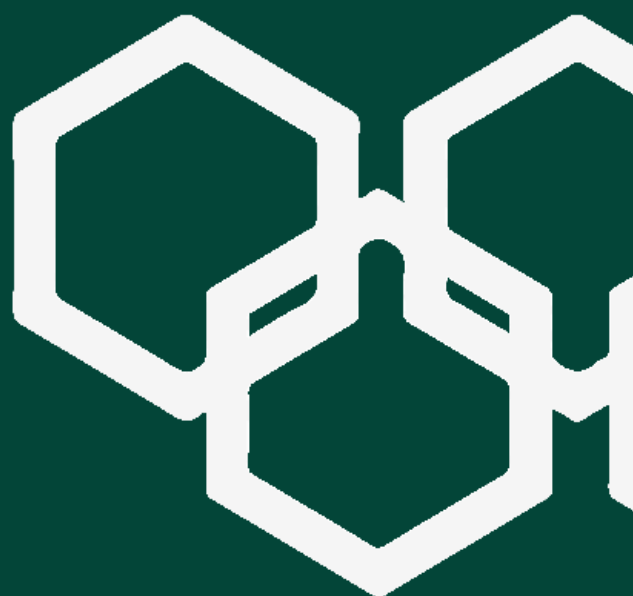


APOSTILA PREPARATÓRIA PARA AS

OLIMPÍADAS ESTADUAIS DE QUÍMICA

ORGANIZAÇÃO TIME VENN

MODALIDADE **A**



Prezados,

A Química é uma área fascinante da ciência, que trouxe inúmeros avanços tecnológicos para a humanidade. Muito mais do que fórmulas e reações, ela explica tudo ao nosso redor nos mínimos detalhes. Nessa apostila, buscamos transmitir uma pequena fração de todos os saberes construídos por meio de um trabalho em conjunto de diversas mentes brilhantes, que se dedicaram ao máximo para compartilhar o que temos de mais valioso: o conhecimento. Esperamos que a sua jornada na Química seja fascinante e inspiradora! A seguir, algumas dicas para potencializar o seu aprendizado.

1 ► Construa uma base sólida

Reforce bem os fundamentos da Química Geral: estequiometria, modelos atômicos, tabela periódica, ligações químicas e mais. Eles são a base sobre a qual todo o conhecimento mais avançado será construído.

2 ► Estude com profundidade

Em olimpíadas, mais importante do que saber muitos tópicos, é dominar profundamente os principais. Foque em compreender os mecanismos por trás dos fenômenos e não apenas em decorar fórmulas.

3 ► Mantenha a curiosidade científica viva

Questione os "porquês" da Química. A curiosidade e a vontade de entender o mundo move o cientista e é a chave para o sucesso em olimpíadas.

4 ► Desistir, jamais!

Mais importante do que uma medalha, é o conhecimento e o crescimento pessoal adquiridos ao longo dos estudos, essa é a verdadeira conquista. Torne o processo prazeroso, divertido e desafiador. Confiamos em vocês e boa sorte em suas jornadas olímpicas!

Atenciosamente,

André Aredes, Gabriel Gomide e Miguel Sousa

Agradecimentos especiais pelos trabalhos de: Luís Costa, Maria Antônia Caux, Maria Clara Andrade, Matheus Albeny e Miguel Toledo.

ÍNDICE

A. Interações Atômicas e Intermoleculares	
A.1. Ligações Químicas.....	03
A.2. Geometria Molecular.....	10
A.3. Polaridade de Ligações e Moléculas.....	15
A.4. Forças Intermoleculares.....	19
B. Substâncias Químicas	
B.1. Íons e compostos iônicos.....	28
B.2. Número de Oxidação: NOX.....	32
B.3. Funções Inorgânicas.....	36
C. Reações Químicas	
C.1. Quantidade de matéria: mol.....	47
C.2. Balanceamento de Reações Químicas.....	54
C.3. Estequiometria.....	60
C.4. Classificação das Reações Químicas.....	71
D. Química Ambiental.....	74
Questões Dissertativas.....	77
GABARITO	85

BIBLIOGRAFIA

- Usberco e Salvador - Química (Volume Único)
- De Boni e Goldani - Introdução Clássica à Química Geral
- Khan Academy - Moléculas e Compostos (website)
- Unifebe - Ligações Químicas (website)

Tabela periódica

18																																			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 2px;">3</td> <td style="padding: 2px;">Li</td> <td style="padding: 2px;">lítio</td> <td style="padding: 2px;">6,94</td> </tr> </table> </div> <div style="margin: 0 10px;"> — número atômico — símbolo químico — nome — peso atômico (massa atômica relativa ou número de massa do isótopo mais estável) </div> </div>																		3	Li	lítio	6,94														
3	Li	lítio	6,94																																
1	2											13	14	15	16	17																			
1	H	3	Li	4	Be	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne																		
	hidrogênio 1,008		lítio 6,94		berílio 9,0122		boro 10,81		carbono 12,011		nitrogênio 14,007		oxigênio 15,999		flúor 18,998		neônio 20,180																		
11	Na	12	Mg											13	14	15	16	17	18																
	sódio 22,990		magnésio 24,305											alumínio 26,982		fósforo 30,974		enxofre 32,06		argônio 39,948															
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
	potássio 39,098		cálcio 40,078(4)		escândio 44,956		titânio 47,867		vanádio 50,942		crômio 51,996		manganês 54,938		ferro 55,845(2)		cobalto 58,933		níquel 58,693		cobre 63,546(3)		zinco 65,38(2)		gálio 69,723		germânio 72,630(8)		arsênio 74,922		selênio 78,971(8)		bromo 79,904		criptônio 83,798(2)
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
	rubídio 85,468		estrôncio 87,62		ítrio 88,906		zircônio 91,224(2)		nióbio 92,906		molibdênio 95,95		tecnécio [98]		rutênio 101,07(2)		ródio 102,91		paládio 106,42		prata 107,87		cádmio 112,41		índio 114,82		estanho 118,71		antimônio 121,76		telúrio 127,60(3)		iodo 126,90		xenônio 131,29
55	Cs	56	Ba	57 a 71	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn	
	césio 132,91		bário 137,33		hafnio 178,49(2)		tântalo 180,95		tungstênio 183,84		rênio 186,21		ósmio 190,23(3)		íridio 192,22		platina 195,08		ouro 196,97		mercúrio 200,59		tálio 204,38		chumbo 207,2		bismuto 208,98		polônio [209]		astato [210]		radônio [222]		
87	Fr	88	Ra	89 a 103	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Mt	110	Ds	111	Rg	112	Cn	113	Nh	114	Fl	115	Mc	116	Lv	117	Ts	118	Og	
	frâncio [223]		rádio [226]		rutherfordio [261]		dúbnio [268]		seabórgio [269]		bohrio [270]		hássio [269]		meitnério [278]		damastádio [281]		roentgênio [281]		copernício [285]		nihônio [286]		fleróvio [289]		moscóvio [288]		livermório [293]		tennesso [294]		oganessônio [294]		
57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu						
	lantânio 138,91		cério 140,12		praseodímio 140,91		neodímio 144,24		promécio [145]		samaríio 150,36(2)		europio 151,96		gadolínio 157,25(3)		terbio 158,93		disprósio 162,50		hólmio 164,93		érbio 167,26		tulio 168,93		íterbio 173,05		lutécio 174,97						
89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr						
	actínio [227]		tório 232,04		protactínio 231,04		urânio 238,03		neptúnio [237]		plutônio [244]		amerício [243]		curíio [247]		berquélio [247]		califórnio [251]		einstênio [252]		férmio [257]		mendelévio [258]		nobelio [259]		laurêncio [262]						

A. Interações atômicas e intermoleculares

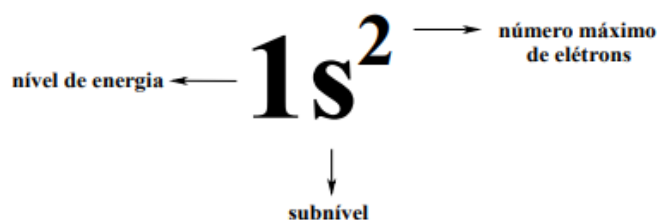
A.1. Ligações Químicas

Estabilidade dos Átomos

Para alcançar sua estabilidade, os átomos “buscam” apresentar sua camada de valência completa, seja pelo compartilhamento, recebimento ou doação de elétrons. Boa parte dos átomos alcançam sua estabilidade ao possuir 8 elétrons em sua camada de valência (Regra do Octeto). Entretanto, observa-se que existem algumas exceções, um exemplo seria o Berílio (Be), que pode alcançar sua estabilidade com apenas 4 elétrons em sua camada de valência.

Diagrama de Linus Pauling

O Diagrama de Linus Pauling é um modelo que auxilia na configuração dos elétrons dos átomos e dos íons através de subníveis de energia. Os elétrons estão distribuídos em níveis e em subníveis de energia na eletrosfera dos átomos. Nesse sentido, os níveis eletrônicos são representados pelas letras K, L, M, N, O, P, e Q ou pelos números 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, os subníveis pelas letras s, p, d e f, e a quantidade de elétrons pelos expoentes. É importante saber que cada nível e subnível possui uma capacidade máxima de elétrons.



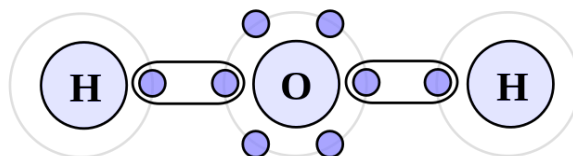
Princípio de Aufbau:

Os subníveis são preenchidos na ordem a seguir (seguindo as setas diagonais), ou seja, iniciando-se pelo subnível menos energético (1s). A partir disso, preenche-se os demais subníveis até que todos os elétrons do átomo tenham sido dispostos.

Camadas ou níveis	Subníveis (s, p, d ou f)	Número máximo de elétrons por nível
K	1s ²	2
L	2s ² 2p ⁶	8
M	3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰	18
N	4s ² 4p ⁶ 4d ¹⁰ 4f ¹⁴	32
O	5s ² 5p ⁶ 5d ¹⁰ 5f ¹⁴	32
P	6s ² 6p ⁶ 6d ¹⁰	18
Q	7s ² 7p ⁶	2

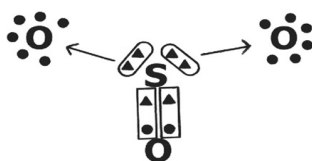
Ligação Covalente

Ocorre o compartilhamento de elétrons entre átomos para a formação de moléculas estáveis. Esse tipo de ligação pode formar compostos moleculares, que possuem um número definido de átomos, ou seja, formam moléculas (ex.: H_2O), ou formar compostos covalentes, que possuem um número grande e não definido de átomos, formando estruturas chamadas de macromoléculas (ex.: Polímeros.).



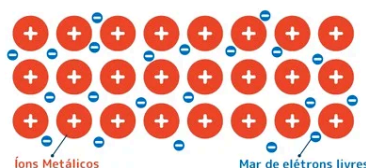
Ligação Coordenada ou Covalente Dativa

Ligações coordenadas ocorrem quando um dos átomos apresenta sua camada de valência completa e o outro necessita de elétrons para alcançar sua estabilidade. Assemelha-se à ligação covalente, entretanto, o par de elétrons compartilhados é proveniente apenas do átomo que está estável. Ex.: Dióxido de Enxofre (SO_2).



Ligação Metálica

Nesse tipo de ligação, os átomos de elementos metálicos perdem os elétrons de suas camadas de valência, formando um “mar de elétrons” ou “nuvem de elétrons”, que faz com que os átomos permaneçam unidos.

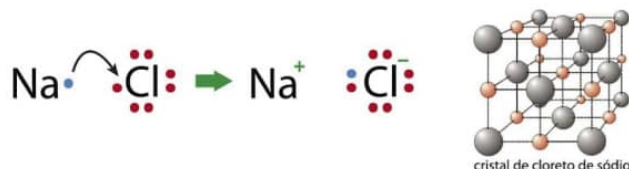


As principais características dos compostos metálicos são:

- **Brilho** metálico;
- **Alta condutividade térmica e elétrica;**
- Densidade elevada;
- **Elevados** pontos de fusão e ebulição;
- **Maleabilidade:** capacidade de se transformar em lâminas;
- **Ductibilidade:** capacidade de se transformar em fios;
- Encontrados no estado **sólido** à temperatura ambiente, com exceção do mercúrio, que é líquido.

Ligação Iônica

Ligações Iônicas ocorrem entre cátions (positivamente carregados) e ânions (negativamente carregados), que, respectivamente, tendem a doar e receber elétrons. Compostos iônicos são normalmente encontrados no estado sólido em condições ambientes, e tendem a possuir altas temperaturas de fusão e ebulição. Além disso, quando em solução aquosa, permitem a condução de corrente elétrica.

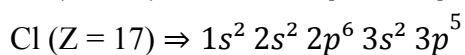
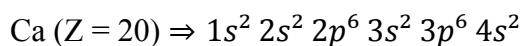


Determinação de Fórmulas de Compostos Iônicos

A fórmula química de um composto iônico estabelece a proporção mínima da combinação entre os átomos, de modo a formar um sistema eletricamente neutro. Nesse sentido, para determinar a fórmula química de um composto iônico, realiza-se o seguinte processo:

Exemplo: Qual é o composto iônico originado da união dos elementos Ca e Cl?

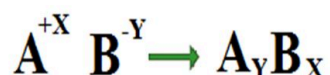
Primeiramente, determinamos a quantidade de elétrons na camada de valência de cada elemento:



Como podemos ver, os elementos Ca e Cl têm, respectivamente, 2 e 7 elétrons em suas camadas de valência. Nesse sentido, o cálcio possui a tendência de perder dois elétrons e o cloro tende a ganhar um elétron. Logo, representamos essas propriedades da seguinte forma:

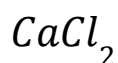


Para determinar o composto iônico resultante da combinação desses elementos, realiza-se o seguinte processo:

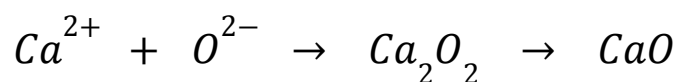


Obs: A \Rightarrow Cátion e B \Rightarrow Ânion

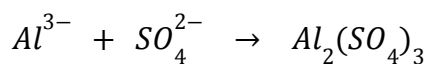
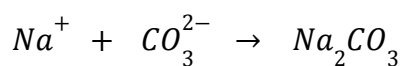
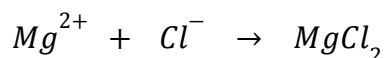
Portanto, a fórmula química do composto iônico originado da união dos elementos Ca e Cl é:



Obs.: É obrigatório, se possível, simplificar os índices X e Y. Observe o exemplo:



Outros exemplos:



Comparação das Ligações Químicas

Ligação	Pontos de Fusão e Ebulição	Conduz corrente elétrica?	
		Sólido	Líquido/ Dissolvido
Iônica	Altos	Não	Sim
Covalente	Geralmente baixos	Não	Não
Metálica	Altos	Sim	Sim

Compostos covalentes x Compostos moleculares

Há ainda a comparação entre as espécies químicas denominadas **covalentes** e aquelas chamadas de **moleculares**. Embora ambos os tipos sejam formados por ligações covalentes, suas estruturas apresentam significativas diferenças que resultam em propriedades distintas.

Os compostos covalentes são aqueles que formam macromoléculas com número indeterminado de átomos, prevalecendo a ligação química covalente e tendo como características:

- Altos pontos de fusão e ebulição;
- Não conduzem eletricidade no estado sólido, com exceção do grafite;

Alguns exemplos desses gigantes covalentes são o grafite (C), o diamante (C) e o dióxido de silício (SiO₂), também conhecido como sílica.

Já os compostos moleculares formam moléculas simples com número determinado de átomos e possuem as seguintes características:

- Baixos pontos de fusão e ebulição;
- Baixa dureza;
- Alta tenacidade;
- Não conduzem corrente elétrica.

EXERCÍCIOS

Questão 1. (OMQ 2022 - Modalidade A) Tendo a sua frente quatro diferentes substâncias sólidas à temperatura ambiente, uma estudante realizou uma série de testes e observações a fim de identificá-los, montando o quadro abaixo:

Substância A	<ul style="list-style-type: none">- Brilhante, porém fica opaca com o tempo- Reage com água liberando calor- Condutora de eletricidade no estado sólido- Temperatura de fusão igual a 98 °C
Substância B	<ul style="list-style-type: none">- Sólido cinza com aspecto cristalino- Insolúvel em água- Não conduz eletricidade no estado sólido- Sublima lentamente à temperatura ambiente
Substância C	<ul style="list-style-type: none">- Pó fino de cor preta- Insolúvel em água- Conduz eletricidade no estado sólido- Temperatura de fusão acima de 700 °C
Substância D	<ul style="list-style-type: none">- Sólido branco com aspecto cristalino- Higroscópica- Não conduz eletricidade no estado sólido, mas conduz em solução- Temperatura de fusão acima de 700 °C

Com base nas observações da estudante, as seguintes afirmações foram feitas:

- I – As ligações químicas nas substâncias A e D são não-direcionais;
- II – As ligações químicas presentes nas substâncias B e C são diferentes, devido à diferença de condutividade elétrica das mesmas no estado sólido;
- III – A substância B é um sólido molecular que apresenta interações intermoleculares relativamente fracas entre as unidades que o compõem.

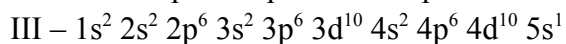
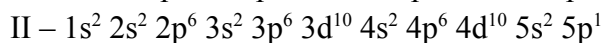
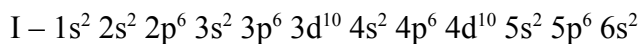
Em relação a essas afirmações, está(ão) **correta(s)**:

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

Questão 2. (OMQ 2021 - Modalidade A) Dmitri Mendeleiev deu uma significativa contribuição para o desenvolvimento da tabela periódica como conhecemos hoje, pois organizou os elementos químicos seguindo o princípio da periodicidade de suas propriedades. Seu modelo de tabela permitiu prever a existência de elementos químicos até então não descobertos. Mendeleiev previu, por exemplo, que abaixo do elemento silício deveria haver um elemento até então desconhecido, ao qual ele nomeou de eka-silício. O prefixo eka

significa “um” em sânscrito, ou seja, eka-silício significa o primeiro elemento após o silício no mesmo grupo.

Dados os elementos I a III abaixo e suas respectivas configurações eletrônicas, e baseando-se na organização da tabela periódica atual, **assinale** a alternativa que corresponde aos nomes que poderiam ser dados a esses elementos, seguindo a mesma lógica de nomenclatura de Mendeleiev:

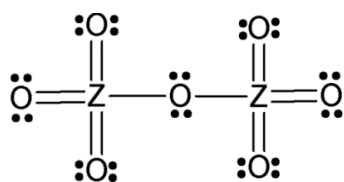


- I - eka-estrôncio; II - eka-gálio; III – eka-potássio
- I - eka-Rubídio; II - eka-ítrio; III – eka-potássio
- I - eka-Bário; II - eka-ítrio; III – eka-cobre
- I - eka-estrôncio; II - eka-gálio; III – eka-cobre

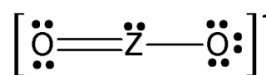
Questão 3. (OMQ 2019 - Modalidade A) Ao se avaliar a posição dos elementos químicos na Tabela Periódica é possível prever os compostos que podem ser formados quando dois desses elementos reagem. Considerando que o hidrogênio reaja com antimônio, bromo, germânio e selênio, marque a alternativa que indica a fórmula dos compostos formados.

- SbH, HBr, GeH₃ e HSe₂.
- SbH₂, H₂Br, GeH₂ e HSe.
- SbH₃, HBr, GeH₄ e H₂Se.
- SbH₄, HBr₂, GeH e H₃Se.

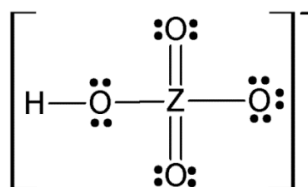
Questão 4. (OMQ 2019 - Modalidade A) Na figura a seguir estão representadas as estruturas de Lewis de quatro espécies químicas (A, B, C e D). Em cada espécie, o átomo representado pela letra Z pertence a um grupo diferente da Tabela Periódica.



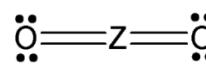
Espécie A



Espécie B



Espécie C

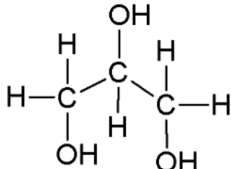


Espécie D

O átomo representado pela letra Z, das espécies A, B, C e D está localizado nos grupos:

- a) 6, 4, 5, 3.
- b) 8, 6, 5, 4.
- c) 13, 11, 12, 10.
- d) 17, 15, 16 e 14.

Questão 5. (OMQ 2017 - Modalidade A) Um aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante as diferentes etapas de produção. O quadro a seguir apresenta informações sobre alguns aditivos alimentares.

Aditivo	Fórmula Química	INS*	Função
1	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	341iii	Fermento químico
2	SiO_2	551	Antiumectante
3	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	342i	Regulador de acidez
4		422	Umectante

*Sistema Internacional de Numeração de aditivos.

Os aditivos 1, 2, 3 e 4 são substâncias que podem ser classificadas, respectivamente, como:

- a) iônica, covalente, iônica, molecular.
- b) iônica, iônica, molecular, covalente.
- c) iônica, molecular, iônica, covalente.
- d) iônica, molecular, covalente, molecular.

Questão 6. (OMQ 2016 - Modalidade A) As fórmulas de alguns compostos iônicos formados pelo íon magnésio e os ânions listados no quadro a seguir podem ser representados pelos compostos **A**, **B**, **C**, e **D**.

	Cl^-	CO_3^{2-}	PO_4^{3-}	CN^-
Mg^{+2}	A	B	C	D

Os compostos **A**, **B**, **C**, e **D** serão, respectivamente:

- a) MgCl_2 , MgCO_3 , $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{CN})_2$.
- b) Mg_2Cl , Mg_2CO_3 , MgPO_4 , MgCN .
- c) MgCl_2 , $\text{Mg}_2(\text{CO}_3)_3$, MgPO_4 , $\text{Mg}(\text{CN})_2$.
- d) MgCl_2 , MgCO_3 , MgPO_4 , $\text{Mg}(\text{CN})_2$.

A.2. Geometria Molecular

Moléculas

Moléculas são um agrupamento de dois ou mais átomos a partir da formação de ligações covalentes. Nesse sentido, moléculas podem ser representadas por fórmulas químicas, também chamadas de fórmulas moleculares, ou por fórmulas estruturais.

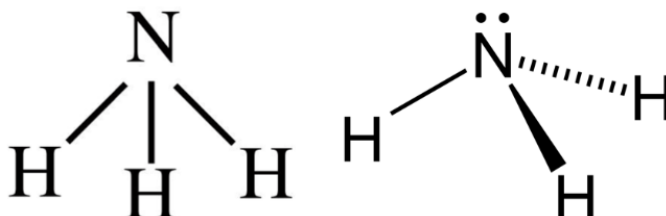
Fórmulas Químicas ou Moleculares

Fórmulas químicas são a forma mais simples de representar uma molécula. Em uma fórmula química, utilizamos os símbolos da tabela periódica para indicar quais átomos estão presentes na molécula, e utilizamos números subscritos para representar a quantidade de cada elemento. Por exemplo, uma única molécula de água (H₂O), que contém dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio.

Fórmula Estrutural

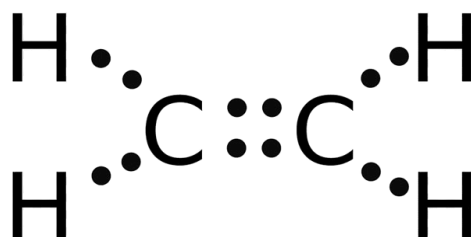
Enquanto as fórmulas químicas indicam apenas quantos átomos de cada elemento estão presentes em uma molécula, as fórmulas estruturais representam como os átomos estão ligados no espaço. Nas fórmulas estruturais, cada par de elétrons que formam uma ligação covalente é representado por um traço que une os dois átomos que estão sendo ligados. Elas podem ser representadas de forma bidimensional ou tridimensional.

Ex.: Molécula de Amônia (NH₃)



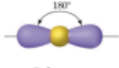
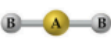



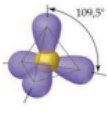

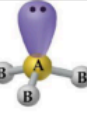










Fórmula de Lewis ou Fórmula Eletrônica

A fórmula de Lewis mostra a formação das ligações em uma molécula, bem como os átomos envolvidos e os elétrons da camada de valência de cada um deles. Nessa estrutura, os elétrons ligantes são representados por pontos ao redor dos símbolos dos átomos.



Geometria Molecular

Em uma molécula, a forma em que seus átomos estão organizados no espaço afeta suas propriedades físicas e químicas, como a polaridade. Embora exista uma quantidade enorme de moléculas, o número de maneiras que os átomos se organizam nelas é limitado, o que torna possível classificá-las de acordo com sua geometria.

Nº de domínio de elétrons	Distribuição espacial do domínio de elétrons	Geometria Molecular	Geometria	Tipo (AB_xE_y)	Exemplo
2	 Linear		Linear	AB_2	BeH ₂ , CO ₂ , CS ₂ , BeCl ₂
3	 Trigonal Plana		Trigonal Plana	AB_3	BF ₃ , AlCl ₃
			Angular	AB_2E_1	PbCl ₂ , SnCl ₂
4	 Tetraédrica		Tetraédrica	AB_4	CH ₄ , CCl ₄
			Pirâmide Trigonal	AB_3E_1	NH ₃ , PH ₃ , NF ₃
			Angular	AB_2E_2	H ₂ O, H ₂ S
5	 Bipirâmide Trigonal		Bipirâmide Trigonal	AB_5	PCl ₅
			Tetraédrica Irregular, "gangorra"	AB_4E_1	SeCl ₄
			Em forma de "T"	AB_3E_2	BrF ₃ , ClF ₃
			Linear	AB_2E_3	XeF ₂ , I ₃ ⁻
6	 Octaédrica		Octaédrica	AB_6	SF ₆ , SeF ₆
			Piramidal Quadrada	AB_5E_1	BrF ₅
			Quadrática Plana	AB_4E_2	PtCl ₄ , XeF ₄

EXERCÍCIOS

Questão 7. (OMQ 2024 - Modalidade A) Considere as seguintes moléculas: NH_3 (amônia), H_2O_2 (peróxido de hidrogênio), PCl_5 (pentacloroeto de fósforo) e SF_6 (hexafluoreto de enxofre) no estado fundamental. Assinale a alternativa **CORRETA** sobre as propriedades estruturais, as interações intermoleculares e a polaridade dessas moléculas.

- a) A molécula de amônia apresenta ligações de hidrogênio entre suas moléculas devido à alta eletronegatividade do nitrogênio, enquanto o peróxido de hidrogênio não forma ligações de hidrogênio.
- b) O pentacloroeto de fósforo possui um momento dipolar permanente maior que o hexafluoreto de enxofre devido à sua geometria bipirâmide trigonal.
- c) Os átomos da amônia não são coplanares, o que contribui para sua polaridade, enquanto o hexafluoreto de enxofre é uma molécula não polar devido à sua geometria octaédrica simétrica.
- d) O pentacloroeto de fósforo e o hexafluoreto de enxofre apresentam geometrias moleculares que permitem interações intermoleculares mais intensas que as forças de ligação de hidrogênio na amônia.

Questão 8. (OMQ 2023 - Modalidade A) Um professor propõe aos estudantes de sua turma o desafio de identificar uma molécula por meio das seguintes descrições: “Essa molécula apresenta mais de dois ângulos diferentes entre seus átomos. No estado gasoso, dois desses ângulos são aproximadamente 183° e 104° . Nessa estrutura há apenas ligações do tipo sigma entre o átomo central e os átomos periféricos.”

Selecione a alternativa que corresponde à molécula que melhor se encaixa nas descrições dada pelo professor:

- a) SOCl_2 .
- b) POCl_3 .
- c) SF_4 .
- d) ClF_5 .

Questão 9. (OMQ 2021 - Modalidade A) A um determinado estudante foi dada a tarefa de dividir as moléculas abaixo em grupos de mesma geometria. Os elementos em negrito são os átomos centrais das respectivas moléculas.

POF_3 O_3 NO^{2-} XeF_4 SiF_4 I^{3-}

Com base nessas informações, **assinale** a alternativa que contenha a afirmação **CORRETA**.

- a) Apenas uma molécula acima apresenta geometria angular.
- b) Um dos grupos corresponde à geometria trigonal plana.

- c) O íon PO_4^{3-} se encaixaria no mesmo grupo de duas moléculas acima.
 d) As moléculas acima seriam divididas em três grupos apenas.

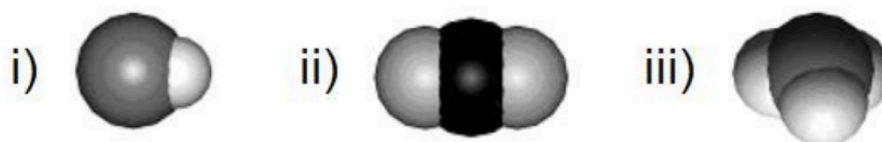
Questão 10. (OMQ 2020 - Modalidade A) O conhecimento sobre o ângulo de ligação das moléculas é importante para o entendimento das propriedades das substâncias formadas por essas moléculas. Analise as afirmações a seguir.

- I) Sabendo que as moléculas BF_3 e SO_3 apresentam geometria trigonal plana, pode-se afirmar que os ângulos de ligação são de 120° .
 II) O íon H_3O^+ tem arranjo tetraédrico e os ângulos de ligação são menores que $109,5^\circ$.
 III) O íon SCN^- apresenta ângulo de ligação de 180° .
 IV) O ângulo de ligação no CS_2 é igual ao do NO_2 .

Em relação a essas afirmações, indique o número de afirmações **INCORRETAS**:

- a) uma.
 b) duas.
 c) três.
 d) quatro.

Questão 11. (OMQ 2020 - Modalidade A) Os desenhos abaixo apresentam moléculas em proporções corretas entre raios atômicos e distâncias internucleares e podem representar, respectivamente:

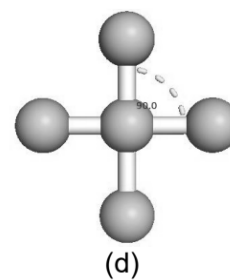
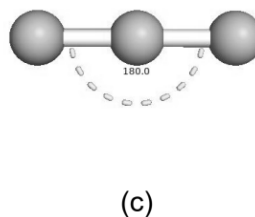
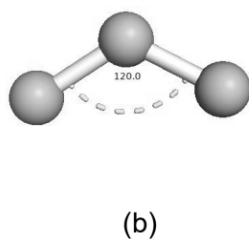
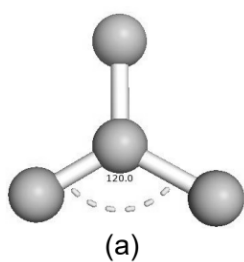


- a) cloreto de hidrogênio, dióxido de carbono e amônia.
 b) monóxido de carbono, água e ozônio.
 c) oxigênio, água e metano.
 d) monóxido de carbono, ozônio e água.

Questão 12. (OMQ 2020 - Modalidade A) Os halogênios são capazes de se ligar entre si por meio de ligações covalentes formando uma série de compostos homo- ou heteronucleares. Um exemplo de molécula heteronuclear é o trifluoreto de cloro (ClF_3), cuja temperatura de ebulição é de aproximadamente 12°C , sendo, portanto, gasoso à temperatura ambiente. A temperatura de ebulição de um composto depende, entre outros fatores, da geometria e polaridade das moléculas que o compõem. Dentre as alternativas abaixo, indique aquela que contém a molécula cuja geometria é a mesma da molécula de ClF_3 .

- a) XeOF_2
- b) BI_3
- c) PBr_3
- d) HSO_3^-

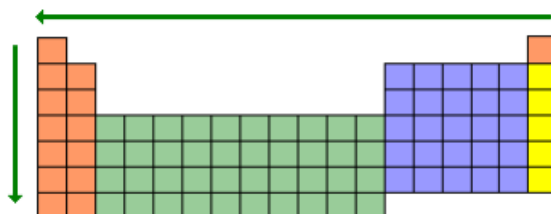
Questão 13. (OMQ 2019 - Modalidade A) Abaixo estão modelos de bolas e palitos de quatro moléculas. Assinale a alternativa representando a estrutura de uma molécula que **necessariamente não possui** par de elétrons livres no átomo central.



A.3. Polaridade de Ligações e de Moléculas

Raio Atômico

O raio atômico corresponde à distância do núcleo à camada de valência de determinado átomo. Na tabela periódica, o raio atômico aumenta da direita para a esquerda nos períodos e de cima para baixo nas famílias.

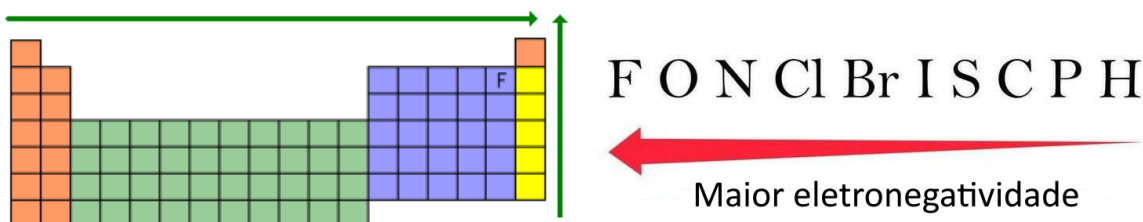


Cátions: Raio menor que seu átomo correspondente.

Ânions: Raio maior que seu átomo correspondente.

Eletronegatividade

Eletronegatividade é a capacidade que um átomo apresenta em atrair elétrons. Nas famílias da tabela periódica, a eletronegatividade aumenta de baixo para cima, e nos períodos, da esquerda para a direita. Obs.: A eletronegatividade de gases nobres é insignificante, pois não apresentam tendência de receber ou compartilhar elétrons.



Ligações Covalentes Polares

Em uma ligação covalente, os elétrons podem não ser atraídos igualmente por ambos os átomos devido à diferença de eletronegatividade entre eles. Em uma molécula de Ácido Fluorídrico (HF), por exemplo, o flúor é mais eletronegativo que o hidrogênio, e por isso o par de elétrons ligantes se encontra mais deslocado no sentido do flúor. Desse modo, o átomo de flúor passa a possuir uma **carga parcial negativa (δ^-)** e o hidrogênio uma **carga parcial positiva (δ^+)**.



Portanto, uma ligação covalente é classificada como **Polar** quando é realizada entre átomos que possuem diferentes eletronegatividades.

Ligações Covalentes Apolares

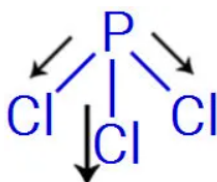
Outrossim, em uma ligação covalente, os elétrons podem ser atraídos igualmente por ambos os átomos. Isso acontece quando ambos os átomos possuem a mesma eletronegatividade, como na molécula de Hidrogênio (H_2), em que não há polarização da ligação.



Portanto, uma ligação covalente é classificada como **Apolar** quando é realizada entre átomos que possuem mesma eletronegatividade, ou seja, átomos iguais.

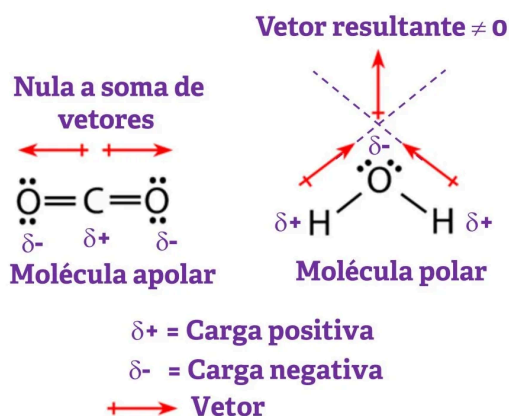
Polaridade das Moléculas

A polaridade de uma molécula é determinada por sua geometria e pela polaridade das ligações entre seus átomos. Nesse sentido, em uma molécula, a polarização de suas ligações pode ser representada por um vetor **momento dipolar**, que possui direção, sentido (do polo positivo da ligação para seu polo negativo) e intensidade (dependente da diferença de eletronegatividade entre os átomos).



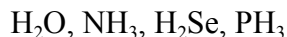
Vetores momento dipolar na molécula do PCl_3

Dessa forma, uma molécula é classificada como apolar se seu momento dipolar resultante (soma dos vetores momento dipolar) é nulo, e como polar se possui um momento dipolar resultante diferente de zero.



EXERCÍCIOS

Questão 14. (OMQ 2022 - Modalidade A) Considere as seguintes moléculas:



Assinale a alternativa que apresenta as moléculas em ordem crescente do ângulo de ligação:

- a) $\text{H}_2\text{O}, \text{H}_2\text{Se}, \text{NH}_3, \text{PH}_3$.
- b) $\text{NH}_3, \text{H}_2\text{Se}, \text{PH}_3, \text{H}_2\text{O}$.
- c) $\text{PH}_3, \text{H}_2\text{O}, \text{NH}_3, \text{H}_2\text{Se}$.
- d) $\text{H}_2\text{Se}, \text{PH}_3, \text{H}_2\text{O}, \text{NH}_3$.

Questão 15. (OMQ 2020 - Modalidade A) Considere as seguintes moléculas:



Sobre essas moléculas as afirmações a seguir são feitas.

- I. As moléculas (a) e (b) são não polares.
- II. A molécula (b) tem geometria angular.
- III. A molécula (c) é não polar e tem geometria tetraédrica.
- IV. As moléculas (d) e (e) são polares.
- V. A molécula (e) tem geometria linear.

Em relação a essas afirmações é **CORRETO** inferir que:

- a) I, II e V são falsas.
- b) II, III, IV e V são falsas.
- c) III e IV são falsas.
- d) apenas I é falsa.

Questão 16. (OMQ 2018 - Modalidade A) As bebidas gaseificadas só podem ser produzidas porque o dióxido de carbono é solúvel em água. Da mesma forma, o oxigênio molecular dissolvido na água é fundamental para a respiração de espécies aquáticas. Considerando o hélio e o dióxido de enxofre, além dos dois gases citados, pode-se afirmar que a ordem crescente de solubilidade em água desses gases é:

- a) Dióxido de carbono < oxigênio < dióxido de enxofre < hélio
- b) Dióxido de enxofre < dióxido de carbono < oxigênio < hélio
- c) Hélio < oxigênio < dióxido de carbono < dióxido de enxofre
- d) Oxigênio < hélio < dióxido de carbono < dióxido de enxofre

Questão 17. (OMQ 2018 - Modalidade A) O conhecimento sobre a estrutura das moléculas é importante para o entendimento das propriedades apresentadas pelas substâncias das quais elas são constituintes. Marque a alternativa que apresenta uma molécula com pares de elétrons isolados no átomo central e que tenha momento de dipolo igual a zero.

- a) OF_2
- b) PH
- c) SO_2F_2
- d) XeF_2

Questão 18. (OMQ 2018 - Modalidade A) Considere as seguintes espécies no estado gasoso: trifluoreto de nitrogênio, tribrometo de boro, sulfeto de hidrogênio, difluoreto de oxigênio e trióxido de enxofre. Aquelas espécies que apresentam momento de dipolo elétrico igual a zero são:

- a) difluoreto de oxigênio e sulfeto de hidrogênio.
- b) sulfeto de hidrogênio e trifluoreto de nitrogênio.
- c) tribrometo de boro e trióxido de enxofre.
- d) trióxido de enxofre e difluoreto de oxigênio.

Questão 19. (OMQ 2018 - Modalidade A) Considerando o ozônio e o cloreto de estanho(IV), na fase gasosa, pode-se afirmar que a geometria e a polaridade associada a cada molécula são, respectivamente:

- a) trigonal plana, polar e tetraédrica, polar.
- b) angular, apolar e quadrada, apolar.
- c) trigonal plana, apolar e quadrada, polar.
- d) angular, polar e tetraédrica, apolar.

A.4. Forças Intermoleculares

Forças intermoleculares

As interações de moléculas decorrem da existência de forças denominadas intermoleculares; essas interações estão relacionadas com propriedades físicas da matéria que determinam a atração elétrica entre polos de cargas opostas. Nesse sentido, quanto maior a força de interação entre moléculas de uma substância, maior sua temperatura de fusão e de ebulição, tendo em vista que esses processos físicos consistem na quebra dessas interações.

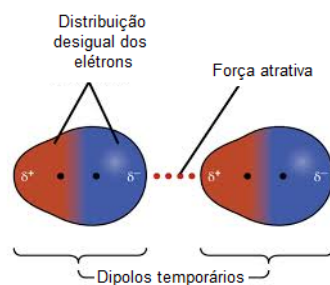
Obs: A força de atração entre moléculas é menor que a força de atração entre átomos.

Ordem decrescente de intensidade das interações

FORÇAS INTERMOLECULARES				
Nome	Representação	Componentes	Energia (kJ/mol)	Exemplo
Íon-Dipolo		Carga iônica e dipolo	40–600	$\text{Na}^+ \cdots \text{O} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{H} \end{array}$
Ligação de Hidrogênio		Dipolo-Dipolo entre Hidrogênio e átomo do FON	10–40	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{---H} \cdots \text{:}\ddot{\text{O}}\text{---H} \\ \qquad \qquad \\ \text{H} \qquad \qquad \text{H} \end{array}$
Dipolo-Dipolo		Dois dipolos	5–25	$\text{I---Cl} \cdots \text{I---Cl}$
Íon-Dipolo induzido		Carga iônica e molécula apolar polarizável	3–15	$\text{Fe}^{2+} \cdots \text{O}_2$
Dipolo-Dipolo induzido		Dipolo e molécula apolar polarizável	2–10	$\text{H---Cl} \cdots \text{Cl---Cl}$
Dipolo instantâneo-Dipolo induzido		Dois moléculas apolares polarizáveis	0.05–40	$\text{F---F} \cdots \text{F---F}$

Dipolo induzido - dipolo induzido

Essas forças intermoleculares ocorrem em todos os tipos de moléculas, mas são as únicas que acontecem entre moléculas apolares. Também são conhecidas como **Dipolo instantâneo - Dipolo induzido** ou **Dispersões de London**. Quando as moléculas estão no estado sólido ou líquido, devido à proximidade existente entre elas, ocorre uma deformação momentânea de suas nuvens eletrônicas, originando pólos positivo e negativo. Após uma molécula ser polarizada por um curto período de tempo (**dipolo instantâneo**), ela provoca um fenômeno similar na molécula vizinha (**dipolo induzido**). Por isso, esse é o tipo de força intermolecular de menor intensidade.



Dipolo - dipolo induzido

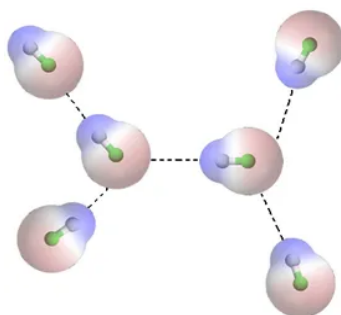
Já parou para pensar que tipo de interação ocorre entre as moléculas da superfície de um copo de água e as moléculas de O_2 , N_2 ou mesmo CO_2 do ar atmosférico, por exemplo? Enquanto a água tem como característica sua alta polaridade, sendo, portanto, um **dipolo elétrico**, as demais moléculas citadas são todas apolares, interagindo com outras moléculas apenas por meio da indução de moléculas vizinhas sobre suas nuvens eletrônicas. Dessa forma, esse tipo de interação entre uma molécula polar e outra apolar é denominada dipolo - dipolo induzido.

Íon - dipolo induzido

Quando um íon está próximo de uma molécula apolar, o íon pode provocar um desequilíbrio da nuvem eletrônica da molécula, fazendo com que essa se polarize por um curto período de tempo.

Dipolo permanente ou dipolo- dipolo

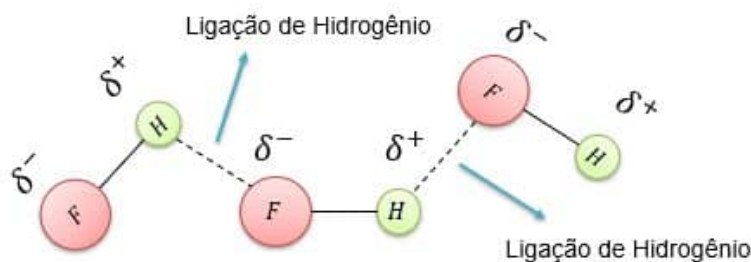
Forças intermoleculares do tipo dipolo-dipolo é característico de moléculas polares. Nesse tipo de interação, o polo negativo de uma molécula é atraído pelo polo positivo de outra e assim sucessivamente. Por isso, esse tipo de interação possui maior intensidade que forças dipolo induzido-dipolo induzido.



Ligação de Hidrogênio

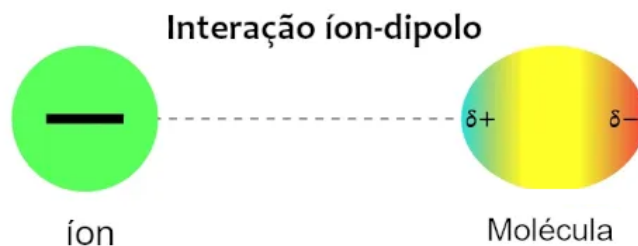
Ligações de Hidrogênio são um caso especial de dipolo permanente. Essas interações ocorrem entre moléculas que possuem átomos de hidrogênio ligados a átomos de flúor, oxigênio e nitrogênio (átomos do **FON**), os quais são **altamente eletronegativos**, e, por isso,

originam dipolos muito acentuados. Portanto, esse é o tipo mais intenso de interação intermoleculares.



Íon-dipolo

Essas forças surgem devido à atração entre as cargas opostas do íon e do dipolo molecular. Quando um íon se aproxima de uma molécula polar, ocorre uma atração entre as cargas opostas. O íon positivo é atraído pela região negativa do dipolo molecular, enquanto o íon negativo é atraído pela região positiva. Essa atração eletrostática resulta nas forças íon-dipolo.



Temperaturas de fusão e ebulição

Dois fatores interferem nas temperaturas de fusão e ebulição de determinada substância:

- Tipo de força intermolecular: quanto maior a intensidade das interações realizadas pelas moléculas de uma substância, maior suas TF e TE.
- Número de interações: quanto maior o tamanho de uma molécula, maior o número de interações com outras moléculas, logo, maior suas TF e TE.

Ex.: analisando as temperaturas de ebulição dos gases nobres, observa-se que



isso parece uma coincidência ao notar que todos realizam apenas interações do tipo dipolo instantâneo - dipolo induzido. No entanto, nota-se que ao descer ao longo de um mesmo grupo, as moléculas aumentam, logo, as interações também crescem.

Solubilidade das substâncias

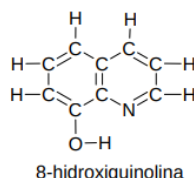
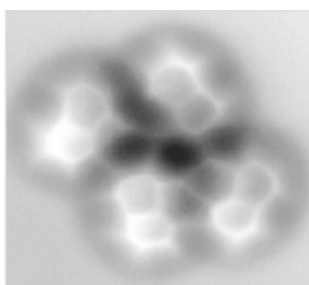
As interações intermoleculares também interferem na solubilidade das substâncias. Nesse sentido, substâncias polares tendem a se dissolver em solventes polares e substâncias apolares tendem a se dissolver em solventes apolares. A água e o óleo, por exemplo, pouco interagem entre si, pois possuem polaridades diferentes (polar e apolar).

Além disso, quando uma substância se dissolve em outra, no geral, nota-se também o rompimento das interações intermoleculares do soluto, formando novas interações com as moléculas do solvente. Dessa maneira, ao comparar o grau de solubilidade de dois solutos em um mesmo solvente, cabe também analisar a energia necessária para se desfazer a interação em questão e estabelecer as novas.

Ex.: Ao comparar o Cloreto de Sódio (NaCl) e a Sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁), percebe-se que, enquanto o primeiro tem um coeficiente de solubilidade em água de 0,36 g/mL, a segunda é dissolvida a uma taxa de 2 g/mL. Isso se deve ao fato de que, a dissolução do NaCl, consiste no rompimento da ligação iônica entre os átomos, formando Na⁺ e Cl⁻, sendo que para dissolver a sacarose, basta desfazer as interações intermoleculares entre as moléculas do composto. Como já foi dito anteriormente, as ligações interatômicas são notoriamente mais fortes que as ligações intermoleculares, fazendo com que seja mais fácil dissolver substâncias do segundo tipo.

EXERCÍCIOS

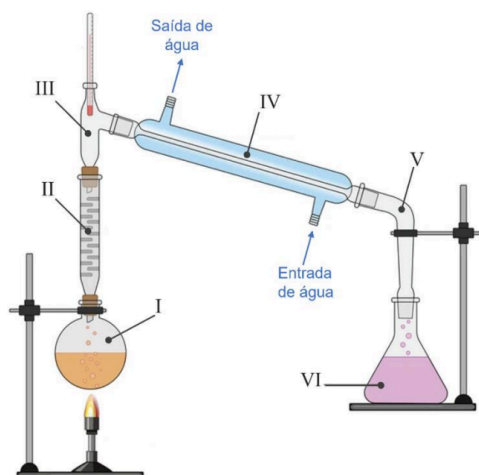
Questão 20. (OMQ 2024 - Modalidade A) Em 2013, pesquisadores conseguiram “visualizar” interações do tipo ligação de hidrogênio em moléculas de 8-hidroxiquinolina, utilizando de uma técnica denominada microscopia de força atômica. A imagem obtida por essa técnica está apresentada abaixo, juntamente com a fórmula estrutural da molécula.



Sabendo-se que, na imagem, as regiões mais claras correspondem a regiões com maior densidade eletrônica, assinale a alternativa **CORRETA**.

- As ligações de hidrogênio são não-direcionais, ou seja, estendem-se em todas as direções, como mostrado na imagem.
- Apenas ligações de hidrogênio intermoleculares são esperadas para a 8-hidroxiquinolina.
- O termo “ponte de hidrogênio” pode ser utilizado para se referir à ligação de hidrogênio no caso da 8-hidroxiquinolina, uma vez que é nítida a presença de regiões de densidade eletrônica conectando moléculas vizinhas na imagem.
- É possível inferir que a 8-hidroxiquinolina consegue formar ao menos duas ligações de hidrogênio com moléculas vizinhas, sendo elas por meio da hidroxila e do nitrogênio do anel quinolina.

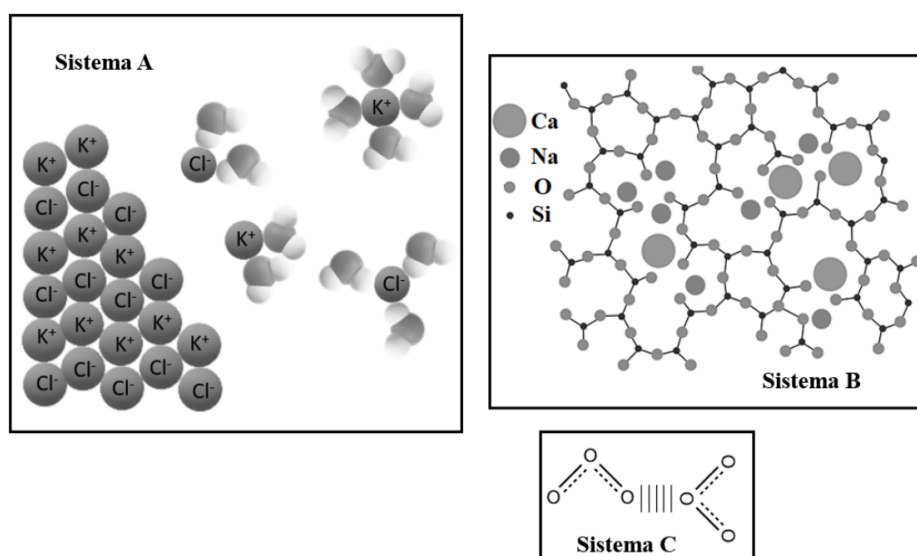
Questão 21. (OMQ 2023 - Modalidade A) Considere a montagem de vidrarias utilizadas para separação de uma mistura:



Indique em quais vidrarias as interações intermoleculares são rompidas e formadas, respectivamente:

- VI e I.
- II e V.
- I e IV.
- III e VI.

Questão 22. (OMQ 2023 - Modalidade A) As figuras abaixo mostram alguns sistemas (A-C) com informações composicionais e representações dos modelos de ligações interatômicas/interações intermoleculares presentes:



Sistema A: Solução saturada de KCl em água com corpo de fundo

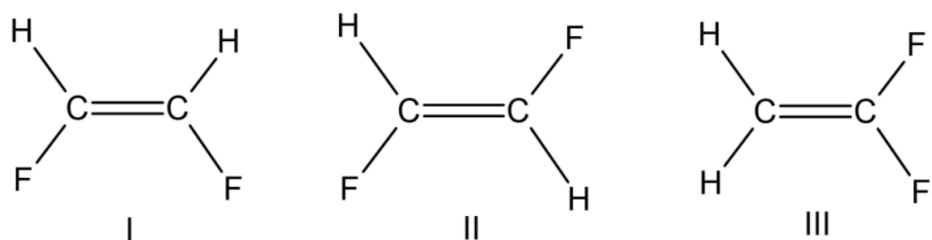
Sistema B: Vidro sódico-cálcico

Sistema C: Ozônio

Marque a alternativa que apresenta **CORRETAMENTE** o tipo de ligação química e/ou interação intermolecular que deve estar presente em cada sistema (A, B e C) mostrado acima:

- A: ligação iônica, B: ligação covalente, C: dipolo-dipolo.
- A: íon dipolo, B: ligação metálica, C: dipolo instantâneo-dipolo induzido.
- A: ligação metálica B: íon-dipolo, C: ligação covalente.
- A: ligação de hidrogênio, B: ligação iônica, C: íon-dipolo.

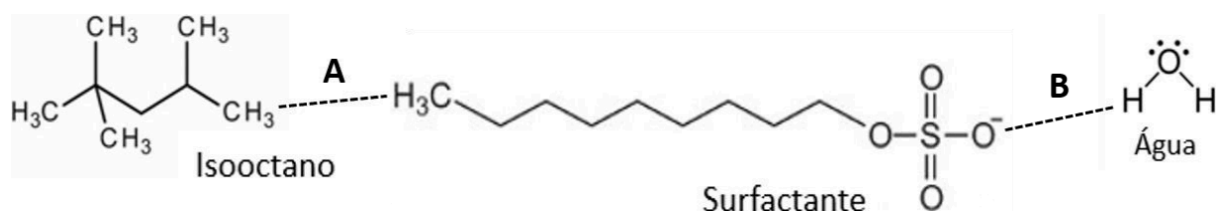
Questão 23. (OMQ 2022 - Modalidade A) Existem três difluoro-etenos, $C_2H_2F_2$, que diferem nas posições dos átomos de flúor, conforme pode ser visto na figura a seguir



Analise as afirmações sobre os compostos e marque a alternativa que estiver **correta**:

- Os três compostos mostrados na figura são polares.
- A massa molar do composto I é maior que a massa molar do composto II.
- A temperatura de ebulição do composto I é maior que a temperatura de ebulição do composto II.
- A temperatura de ebulição do composto II é maior que a temperatura de ebulição do composto III.

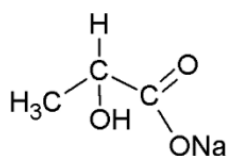
Questão 24. (OMQ 2020 - Modalidade A) Moléculas anfipáticas, ou anfílicas, são moléculas que possuem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica na mesma estrutura, sendo solúveis em meio aquoso e também em substâncias hidrofóbicas como lipídios e solventes orgânicos. Um exemplo dessas moléculas são os surfactantes, presentes em diversos produtos, desde produtos de limpeza e beleza até combustíveis. Quando presente na gasolina, o surfactante interage com o isooctano (principal componente do combustível) e a água, que está presente em pequenas quantidades. Considerando a figura abaixo, **indique** a alternativa que contenha as interações intermoleculares mais adequadas representadas pelas linhas tracejadas A e B.



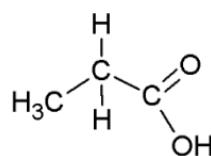
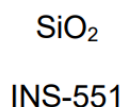
- A: dipolo-dipolo induzido; B: ligação de hidrogênio.
- A: forças de London; B: dipolo-dipolo induzido.
- A: forças de London; B: íon-dipolo.
- A: dipolo-dipolo induzido; B: dipolo-dipolo.

Questão 25. (OMQ 2019 - Modalidade A) Os aditivos alimentares são substâncias intencionalmente adicionadas aos alimentos para, por exemplo, aumentar a durabilidade do produto ou intensificar ou modificar as suas propriedades organolépticas, desde que não tenham fins nutricionais (Fonte: Romeiro, S.; Delgado, M. Aditivos alimentares: conceitos básicos, legislação e controvérsias. **Revista Nutrícias**, v. 18, p. 22-26, 2013). A seguir são

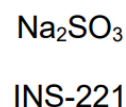
apresentados quatro aditivos alimentares, com o respectivo sistema internacional de numeração (INS).



INS-325



INS-280



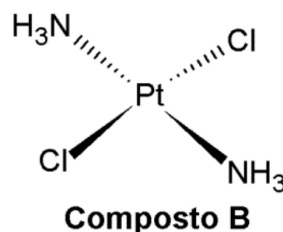
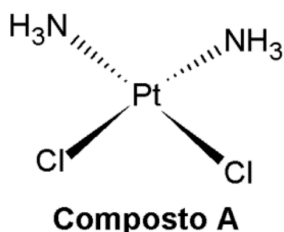
Em relação a esses aditivos, são feitas algumas afirmações:

- I. O INS-221 tem temperatura de fusão mais elevada que o INS-551.
- II. O INS-325 tem temperatura de fusão mais elevada que o INS-280.
- III. O INS-551 é o menos solúvel em água, dentre os aditivos apresentados.
- IV. O INS-325 e INS-221 são substâncias iônicas, enquanto o INS-280 é molecular.

O número de afirmações **CORRETAS** é:

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

Questão 26. (OMQ 2018 - Modalidade A) Considere a estrutura dos compostos apresentados na figura a seguir. O composto A é eficiente para o tratamento de câncer.



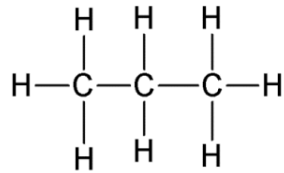
Em relação a esses compostos, algumas afirmações são feitas.

- I. Os compostos A e B possuem a mesma massa molar.
- II. Os compostos A e B apresentam a mesma temperatura de fusão.
- III. Os compostos A e B possuem valores do ângulo de ligação Cl-Pt-Cl diferentes.
- IV. O composto A possui momento de dipolo diferente de zero.
- V. O composto B possui momento de dipolo igual a zero.

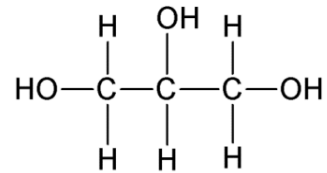
Marque a alternativa que indica o número de afirmações **CORRETAS**.

- a) 4
- b) 3
- c) 2
- d) 1

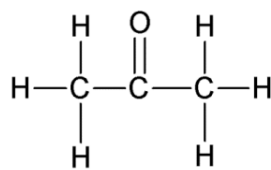
Questão 27. (OMQ 2018 - Modalidade A) A viscosidade é uma medida da resistência que um líquido oferece ao escoamento. Os líquidos que apresentam interações intermoleculares de maior intensidade, geralmente, são mais viscosos. Considerando as informações apresentadas, qual das substâncias representadas abaixo deve possuir maior viscosidade?



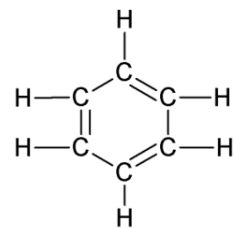
(a)



(b)



(c)



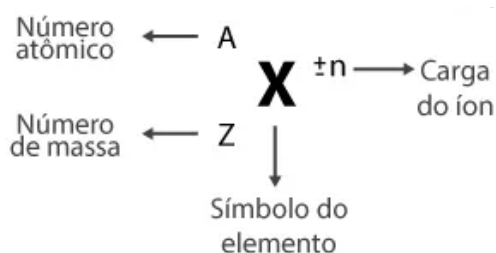
(d)

B. Substâncias Químicas

B.1. Íons e Compostos Iônicos

Íons

Íons são espécies químicas carregadas eletricamente. Quando um átomo perde elétrons, fica positivamente carregado, sendo chamado de cátion. Por outro lado, quando um átomo ganha elétrons, fica negativamente carregado, recebendo o nome de ânion. Um íon é representado da seguinte maneira:



Cátions

Cátions são íons positivamente carregados. O total de cargas positivas de um cátion é igual ao número de elétrons perdidos. Exemplos: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ .

Ânions

Ânions são íons negativamente carregados. O total de cargas negativas de um ânion é igual ao número de elétrons ganhos. Observe os exemplos na tabela a seguir:

Ânion	Nome	ânion	nome
Cl^-	Cloreto	PO_4^{3-}	Fosfato
Br^-	Brometo	PO_3^{3-}	Fosfito
I^-	Iodeto	NO_3^-	Nitrato
ClO^-	Hipoclorito	NO_2^-	Nitrito
ClO_2^-	Clorito	S^{2-}	Sulfeto
ClO_3^-	Clorato	HCO_3^-	Hidrogencarbonato
ClO_4^-	Perclorato	SO_4^{2-}	Sulfato
CO_3^{2-}	Carbonato	MnO_4^-	Permanganato
CN^-	Cianeto	$Cr_2O_7^{2-}$	Dicromato

EXERCÍCIOS

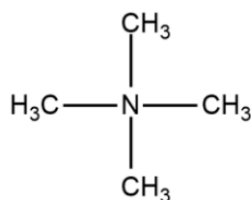
Questão 28. (OMQ 2024 - Modalidade A) Os elementos dos grupos 15, 16 e 17 formam ânions de grande importância para a manutenção da vida. Entretanto, quando alguns desses ânions estão em excesso no ambiente ou no organismo, alguns problemas podem ser gerados. Considere o trecho da matéria jornalística abaixo:

“Esses ânions são substâncias químicas que podem apresentar certas afinidades com componentes de nosso sistema biológico, como o nitrato, que pode gerar a chamada "doença (ou síndrome) do bebê azul" ou meta-hemoglobinemia, que afeta o transporte de oxigênio no corpo pela oxidação do ferro Heme presente na hemoglobina. Destacam-se também outros ânions no estudo, como o cloreto, que pode causar problemas dermatológicos e estomacais; o fosfato e o sulfato, que podem afetar os rins.”

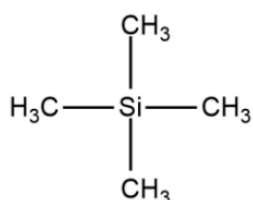
Qual dos ânions seguintes não foi citado na reportagem?

- a) PO_4^{3-}
- b) NO_3^-
- c) SO_3^{2-}
- d) SO_4^{2-}

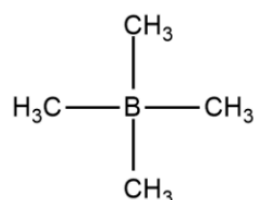
Questão 29. (OMQ 2023 - Modalidade A) Abaixo são apresentadas quatro estruturas moleculares, sem as possíveis cargas:



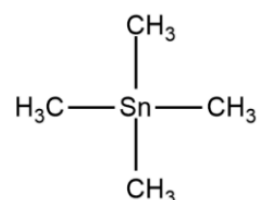
I



II



III



IV

Indique qual composto é aniônico e qual é catiônico, respectivamente:

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

Questão 30. (OMQ 2022 - Modalidade A) O cobre é um metal de transição maleável, dúctil e com resistência à corrosão. É uma substância de cor alaranjada que pode ser encontrada de

forma nativa. Ele é usado na construção civil, na fabricação de objetos e ferramentas, e em tubos e fios condutores de energia.

Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/cobre-cu.htm>

Analise as afirmações a seguir e marque a que estiver **correta**:

- a) O cobre reage com água, em temperatura ambiente, para formar CuO e gás hidrogênio.
- b) O íon Cu^{2+} apresenta raio maior que o átomo de Cu neutro.
- c) O íon Cu^+ apresenta o terceiro nível de energia totalmente preenchido
- d) O átomo de Cu apresenta o maior raio atômico dentre os elementos de transição do quarto período da Tabela periódica.

Questão 31. (OMQ 2021 - Modalidade A) Considere o quadro abaixo com informações sobre diferentes elementos (ou íons) da Tabela Periódica.

Elemento (ou íon)	Número de Nêutrons	Número de elétrons	Número de prótons
1	57	44	44
2	125	80	82
3	81	56	56
4	74	54	53

Considerando os elementos apresentados, **indique** qual das afirmações a seguir é **FALSA**.

- a) O elemento 1 está localizado no grupo 6 e no 5º período da Tabela Periódica.
- b) O elemento 2 é um cátion divalente de um elemento localizado no grupo 14 da Tabela Periódica.
- c) O elemento 3 é classificado como representativo e está localizado no 6º período da Tabela Periódica.
- d) O elemento 4 é um ânion monovalente que possui a maior massa dentre os elementos contidos no quadro.

Questão 32. (OMQ 2021 - Modalidade A) Algumas proteínas presentes nas membranas celulares são denominadas “canais iônicos” por permitirem a travessia de alguns íons entre os meios intra- e extracelular através de sua estrutura. A seletividade para determinados íons é, por vezes, baseada no tamanho dos mesmos. Imagine que uma determinada proteína permita apenas a passagem de íons com no máximo 138 pm (picômetros), tamanho aproximado dos íons potássio (K^+) e fluoreto (F^-). Dados os íons abaixo, **assinale** a alternativa que contenha apenas íons que **não conseguiriam** atravessar essa proteína.

(I) Na^+ (II) Rb^+ (III) Ca^{2+} (IV) Ga^{3+} (V) Cl^- (VI) S^{2-}

- a) Íons I, III e IV

- b) Íons II, V e VI
- c) Íons II, IV e V
- d) Íons III, IV e V

Questão 33. (OMQ 2020 - Modalidade A) Indique a alternativa que melhor completa a seguinte afirmação: “Dos compostos listados nas alternativas, _____ possui a menor separação interiônica.”

- a) SrBr₂
- b) RbCl
- c) KF
- d) CsI

Questão 34. (OMQ 2020 - Modalidade A) Indique a alternativa que apresenta, para a série isoeletrônica de espécies químicas, a ordem crescente de raio.

- a) Ca²⁺ < K⁺ < Ar < Cl⁻
- b) Ca²⁺ < K⁺ < Cl⁻ < Ar
- c) K⁺ < Ca²⁺ < Ar < Cl⁻
- d) Ca²⁺ < Ar < K⁺ < Cl

Questão 35. (OMQ 2018 - Modalidade A) Considere as informações contidas no quadro a seguir.

Espécie Química	Número de Prótons	Número de Elétrons	Número de Nêutrons
A	27	25	32
B	34	36	45
C	19	19	20
D	54	54	77

Julgue as afirmações abaixo (I a V) e marque a alternativa que apresenta o número de afirmações INCORRETAS.

- I. A espécie **A** é um cátion de um elemento localizado no 4º período da Tabela Periódica.
- II. A espécie **B** é um ânion de um elemento localizado no grupo 16 da Tabela Periódica.
- III. A espécie **C** é um átomo neutro e representa um metal alcalino.
- IV. A espécie **D** é um átomo neutro que possui elétrons de valência no 5º nível eletrônico.
- V. A perda de um elétron pela espécie **C** gera um cátion com massa atômica 38.

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

B.2. Número de oxidação: NOX

Número de oxidação: NOX

É a carga real ou aparente que um átomo adquire ao estabelecer uma ligação (iônica ou covalente). Nos compostos iônicos, o NOX de um elemento corresponde à própria carga de seu íon, ou seja, ao número de elétrons perdidos ou recebidos na formação do composto.

Composto Iônico	$Na^+ Cl^-$	$Ca^{2+} O^{2-}$	$Fe_2^{3+} S_3^{2-}$
NOX	$Na: +1 / Cl: -1$	$Ca: +2 / O: -2$	$Fe: +3 / S: -2$

Nos compostos moleculares, não existe transferência definitiva de elétrons entre os átomos. Nesse sentido, o NOX de cada elemento corresponde à carga elétrica que iria adquirir se a ligação fosse rompida, ou seja, uma carga aparente (imaginária). Logo, o átomo de maior eletronegatividade receberia os elétrons do outro átomo.

Regras para determinação do NOX

1. A soma dos NOX de todos os átomos de um composto iônico ou molecular é sempre igual a zero.

	$NaCl$	CaO	$CaCl_2$
NOX	$Na: +1 / Cl: -1$	$Ca: +2 / O: -2$	$Ca: +2 / Cl: -1$
Soma dos NOX	$+1 + (-1) = 0$	$+2 + (-2) = 0$	$+2 + 2(-1) = 0$

Observe que, ao somar os NOX, é importante considerar a quantidade de átomos de cada elemento no composto.

2. A soma dos NOX de um íon monoatômico ou um íon composto é sempre igual à sua carga.

	K^+	Ba^{2+}	F^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	MnO_4^-
NOX total	+1	+2	-1	-2	-3	-1

3. O NOX de cada átomo em uma substância simples é sempre igual a zero.

Nesse caso, os átomos, por apresentarem a mesma eletronegatividade, não perderiam ou ganhariam elétrons caso a ligação fosse rompida. Exemplos: O_2 , O_3 , P_4 , $C_{grafite}$.

4. Existem elementos que possuem NOX fixo em substâncias compostas.

Elementos	NOX
Metais alcalinos	+1
Metais alcalino-terrosos	+2
Prata (<i>Ag</i>)	+1
Zinco (<i>Zn</i>)	+2
Alumínio (<i>Al</i>)	+3

5. O NOX do elemento hidrogênio (H), geralmente, é +1 em substâncias compostas, mas é igual a -1, quando ligado a metais.

6. O NOX do elemento oxigênio (O) é, na maioria dos compostos, igual a -2. Entretanto, seu NOX é -1 em peróxidos e +2 quando ligado ao flúor, que é mais eletronegativo, como no fluoreto de oxigênio (OF_2).

7. Quando formam compostos binários nos quais são mais eletronegativos, os NOX dos halogênios (família 7A) e dos calcogênios (família 6A) são, respectivamente, -1 e -2.

Determinação do NOX

A determinação do NOX de um elemento em determinada substância pode ser realizada da seguinte forma:

1. Verifique os elementos que possuem NOX fixo;
2. Identifique o NOX do elemento a ser calculado com uma incógnita (x);
3. Multiplique o NOX pelo número de átomos do elemento correspondente;
4. Some os NOX resultantes e iguale a carga do composto;
5. Calcule o valor de x

Observe o exemplo a seguir:

+1	x	-2	$4.(+ 1) + 2x + 7.(- 2) = 0$
Na_4	P_2	O_7	$4 + 2x - 14 = 0 \Rightarrow 2x = 10$
$4.(+ 1)$	$2.x$	$7.(- 2)$	$x = + 5$

Portanto, no composto $Na_4P_2O_7$, o NOX do elemento fósforo (P) é igual a +5.

EXERCÍCIOS

Questão 36. (OMQ 2023 - Modalidade A) O átomo de carbono, localizado no grupo 14 da Tabela Periódica, pode formar substâncias com diferentes propriedades físicas e químicas: grafite (I), carbonato de sódio (II), monóxido de carbono (III) e ácido oxálico (IV, $H_2C_2O_4$). Nessas substâncias, o estado de oxidação do carbono, em ordem crescente é apresentado em qual alternativa abaixo?

- a) $II < IV < III < I$
- b) $I < III < IV < II$
- c) $IV < II < I < III$
- d) $III < I < II < IV$

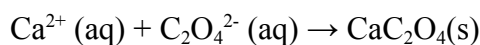
Questão 37. (OMQ 2019 - Modalidade A) Na fabricação de cachaça artesanal utilizam-se frequentemente alambiques de cobre. Durante o processo de destilação nesses alambiques, forma-se o “azinhavre”, um composto cuja fórmula é $[CuCO_3.Cu(OH)_2]$. Escolha a opção que completa a frase a seguir: “O azinhavre é resultante da (do) _____ do cobre metálico das paredes do alambique. No azinhavre, o cobre tem número de oxidação _____.”

- a) desproporcionamento; 2-.
- b) hidrólise; 3+.
- c) oxidação; 2+.
- d) redução; 2+.

Questão 38. (OMQ 2017 - Modalidade A) Plantas, como alfafa, fixam o nitrogênio molecular (espécie 1). As bactérias que vivem nas raízes dessas plantas que removem o nitrogênio molecular do ar e o convertem em amônia (espécie 2), que em presença de água, gera o íon amônio (espécie 3). A nitrificação, realizada por essas bactérias, é o processo de conversão de amônia em íons nitrito (espécie 4) e nitrato (espécie 5). Por outro lado, na desnitrificação as bactérias convertem o íon nitrato em monóxido de nitrogênio (espécie 6), depois em óxido de dinitrogênio (espécie 7) e, finalmente, em nitrogênio molecular. Considerando a fórmula molecular e o número de oxidação do átomo de nitrogênio em cada uma das espécies químicas citadas, pode-se afirmar que a soma algébrica desses números de oxidação é:

- a) 4.
- b) 5.
- c) 6.
- d) 7.

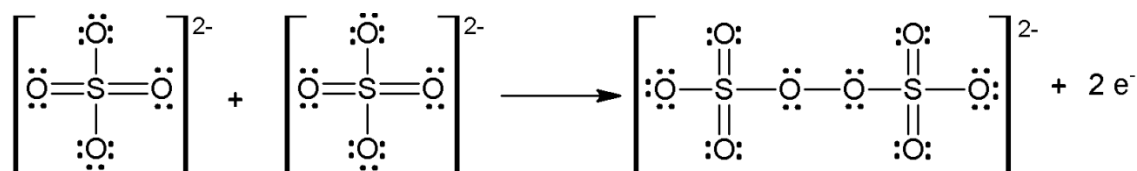
Questão 39. (OMQ 2016 - Modalidade A) As popularmente conhecidas “pedras nos rins” são constituídas por sais pouco solúveis em água. Dentre eles destaca-se o oxalato de cálcio, o qual é formado conforme representado a seguir:



O número de oxidação do carbono no oxalato de cálcio é:

- a) 3+.
- b) 4+.
- c) 5+.
- d) 6+.

Questão 40. (OMQ 2015 - Modalidade A) O ion persulfato, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$, é uma espécie química formada por meio de um processo de dimerização oxidativa do íon sulfato, SO_4^{2-} :



Observando a estrutura molecular do íon persulfato, podemos afirmar que:

- a) No persulfato de sódio sólido, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$, uma ligação iônica e outra covalente estabilizam a interação entre os íons sódio e persulfato.
- b) A ligação oxigênio-oxigênio existente no íon persulfato é uma ligação iônica, pois é formada pela interação entre dois átomos de oxigênio negativos dos íons sulfato.
- c) Os estados de oxidação do átomo de enxofre nos íons sulfato e persulfato são, respectivamente, 6+ e 7+.
- d) O íon persulfato deve ser representado por uma única estrutura de Lewis.

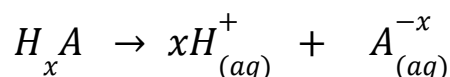
Questão 41. (USNCO 2017 – Parte I. Traduzida) Qual das seguintes espécies contém o elemento químico no maior estado de oxidação?

- a) OsO_4
- b) $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$
- c) N_5^+
- d) XeF_8^{2-}

B.3. Funções Inorgânicas

Ácidos

De acordo com a teoria de Arrhenius, ácidos são substâncias que, em solução aquosa, sofrem ionização, liberando como cátions somente H^+ (H_3O^+). Equação geral:



Exemplos de ácidos: HCl , HNO_3 , HCN , $HClO$, H_3PO_4 , HF , HI .

Classificação dos Ácidos

1. Quanto à presença de oxigênio
 - Hidrácidos: Não possuem átomos de oxigênio (ex.: HCl)
 - Oxiácidos: Possuem átomos de oxigênio (ex.: $HClO$)
2. Quanto ao número de hidrogênios ionizáveis

	Monoácidos	Diácidos	Triácidos	Tetrácidos
Qtd. de H^+ por molécula ionizada	$1 H^+$	$2 H^+$	$3 H^+$	$4 H^+$

3. Quanto à força ou grau de ionização

O grau de ionização de um ácido (α) é a relação entre o número de moléculas ionizadas e o número total de moléculas dissolvidas. Nesse sentido, quanto maior o percentual de moléculas ionizadas, maior a força do ácido.

$$\alpha = \frac{n \text{ de moléculas ionizadas}}{n \text{ de moléculas dissolvidas}}$$

- Força dos hidrácidos:

Os hidrácidos mais conhecidos são classificados deste modo:

Fortes ($\alpha \geq 0,5$)	Moderados ($0,05 < \alpha < 0,5$)	Fracos ($\alpha \leq 0,05$)
HCl , HBr , HI	HF	demais hidrácidos

- Força dos oxiácidos

A força dos oxiácidos pode ser determinada pela diferença (x) entre o número de átomos de oxigênio e o número de átomos de hidrogênio ionizáveis.

$$x = n \text{ de átomos } O - n \text{ de átomos } H \text{ ionizáveis}$$

	Fortes	Moderados	Fracos
Valor de x	3 ou 2	1	0
Exemplos	$H_2SO_4, HClO_4$	$HNO_2, HClO_2$	$HClO, H_4SiO_4$

Obs.: O ácido carbônico H_2CO_3 é uma exceção, sendo considerado um ácido fraco.

Nomenclatura dos ácidos

1. Hidrácidos

O nome de um hidrácido é determinado do seguinte modo:

ácido nome do elemento + ídrico.

Exemplos:

HCl - ácido clorídrico / HF - ácido fluorídrico / HCN - ácido cianídrico

2. Oxiácidos

Para determinar-se o nome de um oxiácido, calcula-se o NOX de seu elemento central. Observe o exemplo:

Qual é o nome do ácido com fórmula química H_2SO_3 ?

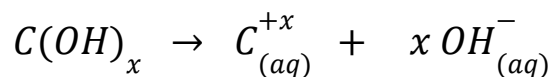
Primeiramente, calcula-se o nox do enxofre, o elemento central, que, nesse caso, é igual a 4. Após isso, é só utilizar a tabela a seguir para determinar seu nome:

NOX do elemento central	prefixo	sufixo	exemplo
+1 ou +2	hipo	oso	$HClO$ - ácido hipocloroso
+3 ou +4		oso	$HClO_2$ - ácido cloroso
+5 ou +6		ico	$HClO_3$ - ácido clórico
+7	per	ico	$HClO_4$ - ácido perclórico

Portanto, o nome do ácido em questão (H_2SO_3) é ácido sulfuroso.

Bases ou Hidróxidos

Segundo Arrhenius, bases são substâncias que, em solução aquosa, sofrem dissociação, liberando como único tipo de ânion as hidroxilas (OH^-). Equação geral:



Exemplos de bases: $NaOH$, $Ca(OH)_2$, KOH , $Mg(OH)_2$, NH_4OH , $LiOH$

Classificação das Bases

1. Quanto ao número de hidroxilas

	Monobases	Dibases	Tribases	Tetrabases
Qtd. de OH^-	1 OH^-	2 OH^-	3 OH^-	4 OH^-

2. Quanto à solubilidade em água

Para determinar se uma base é solúvel em água, observa-se o cátion ligado à hidroxila.

Cátion	Solubilidade	Exemplos
Metais Alcalinos + NH_4^+	Solúveis	$NaOH$, NH_4OH
Metais Alcalinos Terrosos*	Pouco solúveis	$Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$
Outros metais	Praticamente insolúveis	$Al(OH)_3$, $Fe(OH)_2$

*exceto Be e Mg, que são praticamente insolúveis.

3. Quanto à força ou grau de dissociação

A força das bases pode ser relacionada a sua solubilidade. Nesse sentido, quanto maior for a solubilidade de uma base, maior será seu grau de dissociação. Assim, temos:

	Fortes	Fracas
Cátions	Família 1A e 2A (exceto Be e Mg)	Outros metais e NH_4^+
Exemplos	$LiOH$, $NaOH$, KOH , $Ca(OH)_2$	$Fe(OH)_2$, $Al(OH)_3$

Nomenclatura das bases

O nome de uma base é determinado de acordo com o determinado modelo:

Hidróxido de + *nome do cátion*

Veja os exemplos:

Base	Cátion	Nome
$NaOH$	Na^+	Hidróxido de Sódio
$Ca(OH)_2$	Ca^{2+}	Hidróxido de Cálcio

Quando um mesmo elemento forma cátion com diferentes cargas, por exemplo, o ferro, acrescenta-se ao final do nome, em algarismo romanos, o número da carga do íon. Outrossim, também pode-se acrescentar o sufixo -oso ao íon de menor carga, e -ico ao íon de maior carga. Observe o exemplo:

$Fe(OH)_2$ - Íon Fe^{2+} : hidróxido de ferro II ou hidróxido ferroso

$Fe(OH)_3$ - Íon Fe^{3+} : hidróxido de ferro III ou hidróxido férrico

Sais

Sais são substâncias que, em solução aquosa, sofrem dissociação, liberando pelo menos um cátion diferente de H^+ e um ânion diferente de OH^- . Geralmente, sais são produtos da reação de neutralização ácido-base, que forma um sal e água.

Classificação dos Sais

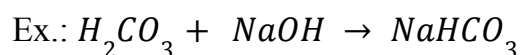
1. Sais neutros

São sais cujo ânion não possui hidrogênio ionizável e também não apresenta OH^- . São produtos da neutralização total de um ácido e de uma base.



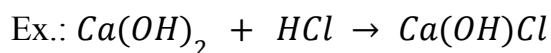
2. Hidrogenossais

São sais que apresentam dois cátions, sendo um deles o H^+ , e somente um ânion. São provenientes da neutralização parcial de um ácido.



3. Hidroxissais

São sais que apresentam dois ânions, sendo um deles a hidroxila OH^- e somente um cátion. São sais provenientes da neutralização parcial de uma base.



4. Sais duplos ou mistos

São sais que apresentam dois cátions diferentes (exceto o hidrogênio ionizável H^+) ou dois ânions diferentes (exceto a hidroxila OH^-). Ex.: $NaLiSO_4$ e $Ca(Cl)ClO$.

5. Sais hidratados

Apresentam, no retículo cristalino, moléculas de água em proporção definida, indicada, na nomenclatura do sal, por prefixos.



Nomenclatura dos Sais

A nomenclatura dos sais é obtida, a partir da nomenclatura do ácido que originou o ânion participante do sal, pela mudança de sufixos. Assim, temos:

sufixo do ácido	-ídrico	-ico	-oso	prefixo do ácido	hipo	per
sufixo do ânion	-eto	-ato	-ito	prefixo do sal	hipo	per

Para determinar o nome de um sal, utilizamos o modelo a seguir:

$$\text{nome do sal} = \text{nome do ânion de nome do cátion}$$

Veja a tabela a seguir com alguns exemplos:

Ácido de origem	Ânion	Cátion	Sal
HCl - clorídrico	Cl^- - cloreto	Na^+	$NaCl$ - cloreto de sódio
H_2SO_4 - sulfúrico	SO_4^{2-} - sulfato	Ca^{2+}	$CaSO_4$ - sulfato de cálcio
$HClO$ - hipocloroso	ClO^- - hipoclorito	Na^+	$NaClO$ - hipoclorito de sódio
$HClO_4$ - perclórico	ClO_4^- - perclorato	K^+	$KClO_4$ - perclorato de potássio

Para os hidrogenossais, valem as regras estudadas para os sais normais, acrescentando-se no início do nome (mono, di ou tri) hidrogeno.

Ex.: $NaHCO_3$ - hidrogenocarbonato de sódio ou monohidrogenocarbonato de sódio

KH_2PO_4 - dihidrogenofosfato de potássio

No caso dos hidroxissais, acrescenta-se o prefixo hidroxí ao invés de hidrogeno:

Ex.: $Ca(OH)Br$ - hidroxibrometo de cálcio.

$Al(OH)_2NO_3$ - dihidroxinitrato de alumínio

Óxidos

Óxidos são compostos binários, ou seja, formados por dois elementos, em que, obrigatoriamente, o oxigênio é o mais eletronegativo entre eles. Ex.: CO_2 , NO_2 e Fe_2O_3 .

Nomenclatura dos óxidos

1. Óxidos moleculares

São aqueles formados por ametais ligados ao oxigênio e têm seu nome determinado de acordo com a seguinte regra:

<u>prefixo que indica a quantidade de oxigênio</u>		<u>prefixo que indica a quantidade do outro elemento</u>	
mono, di, tri ...	óxido de	mono, di, tri ...	nome do elemento

Ex.: CO_2 - dióxido de carbono / Cl_2O_7 - heptóxido de dicloro

2. Óxidos iônicos

São óxidos formados por metais, geralmente. Seu nome é determinado da seguinte maneira:

Óxido de + *nome do elemento*

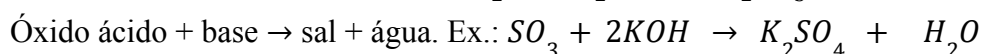
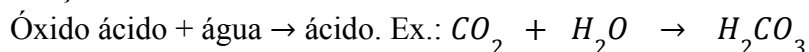
Ex.: CaO - óxido de cálcio / Cu_2O - óxido de cobre I / Fe_2O_3 - óxido de ferro III

Classificação dos óxidos

1. Óxidos ácidos (anidridos)

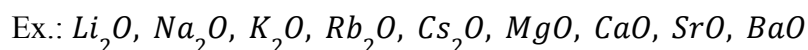
São óxidos formados por não-metais (exceto NO , N_2O , SiO_2 , H_2O e CO) ou por metais com NOX elevado (+5,+6 ou +7). Ex.: Cl_2O , Cl_2O_7 , CO_2 , CrO_3 , SO_2 , SO_3 .

Reações características:

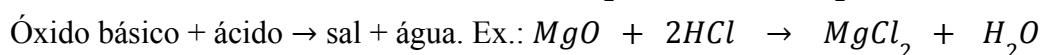
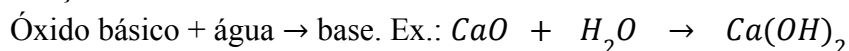


2. Óxidos básicos

São óxidos formados por metais de NOX baixo (+1 ou +2), exceto ZnO.



Reações características:



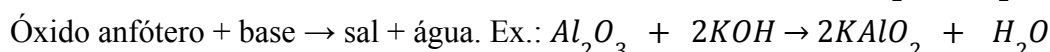
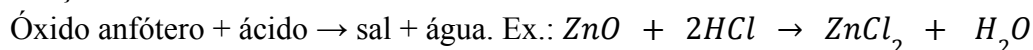
3. Óxidos neutros

Os únicos óxidos neutros que existem são: NO, N_2O, SiO_2, H_2O e CO . Esses óxidos não reagem com a água, nem com os ácidos, nem com as bases.

4. Óxidos anfóteros

São óxidos formados por metais de NOX +3 ou +4 e o ZnO.

Reações características:



5. Peróxidos

Peróxidos apresentam em sua estrutura o ânion O_2^{2-} (exceto H_2O_2). Nesse tipo de óxido, o NOx do oxigênio vale -1. Ex.: Ex.: $Li_2O_2, Na_2O_2, K_2O_2, CaO_2, MgO_2, Ag_2O_2$.

6. Superóxidos

Superóxidos possuem oxigênio com NOx = - 1/2 e são formados por metais alcalinos e alcalinos-terrosos, mais frequentemente com K, Cs e Rb. Ex.: Na_2O_4, Li_2O_4, CaO_4 .

Teorias Modernas

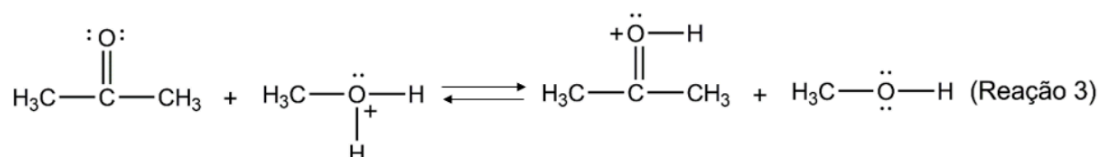
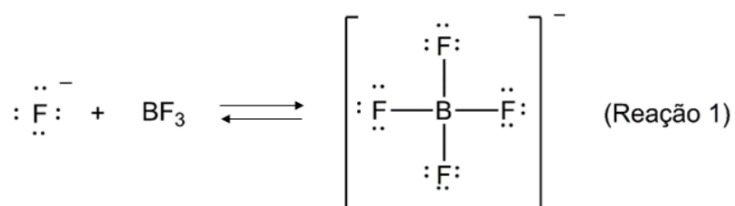
	Ácido	Base
Lewis	Espécies químicas (moléculas ou íons) com orbital vazio capazes de receber um par de elétrons em uma reação.	Espécies químicas (moléculas ou íons) que podem doar um par de elétrons para formar uma ligação covalente coordenada em uma reação.
Brönsted-Lowry	Espécies químicas (moléculas ou íons) que podem transferir um próton (íon H^+) para outra substância.	Qualquer substância que pode aceitar um próton.

EXERCÍCIOS

Questão 42. (OMQ 2024 - Modalidade A) Um óxido é caracterizado pela presença do elemento oxigênio em seu estado de oxidação -2. Qual dos óxidos abaixo é classificado como um óxido básico?

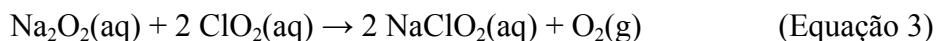
- a) CaO
- b) SO₃
- c) CO
- d) Cl₂O₇

Questão 43. (OMQ 2023 - Modalidade A) Diversas definições já foram criadas para a classificação de substâncias em ácidos e bases. Três das definições mais utilizadas são a de Arrhenius, a de Brønsted-Lowry e a de Lewis. Com base nas reações representadas abaixo, assinale a alternativa **CORRETA**:



- a) A reação 1 não pode ser classificada como uma reação ácido-base, pois nenhuma espécie está doando ou recebendo H⁺.
- b) No equilíbrio representado pela reação 2, o íon amônio atua como um ácido segundo as três teorias ácido-base citadas.
- c) Na reação 3, pode-se afirmar que o metanol (CH₃OH) é a base conjugada da espécie (CH₃OH₂)⁺, segundo a teoria de Brønsted-Lowry.
- d) Similar à teoria de Arrhenius, a teoria de Brønsted-Lowry limita-se a reações ácido-base em solução aquosa, podendo, portanto, ser usada apenas para a classificação dos compostos na reação 2.

Questão 44. (OMQ 2023 - Modalidade A) Os metais Na e K sofrem oxidação quando aquecidos sob atmosfera contendo excesso de ar ou oxigênio, formando majoritariamente os compostos Na_2O_2 (**A**) e KO_2 (**B**), respectivamente (equações 1 e 2). O composto Na_2O_2 , por sua vez, pode ser usado na preparação do composto NaClO_2 (**C**), utilizado como alvejante, pela reação com o ClO_2 (**D**) (equação 3).



Assinale a alternativa que contém o nome **CORRETO** dos compostos A, B, C e D, respectivamente:

- a) peróxido de sódio, superóxido de potássio, clorito de sódio e dióxido de cloro.
- b) peróxido de sódio, superóxido de potássio, hipoclorito de sódio e dióxido de cloro.
- c) superóxido de sódio, peróxido de potássio, clorito de sódio e dióxido de cloro.
- d) dióxido de sódio, peróxido de potássio, hipoclorito de sódio e peróxido de cloro.

Questão 45. (OMQ 2023 - Modalidade A) Marque a alternativa que faz a associação correta entre o nome do composto inorgânico e sua fórmula química seguindo a sequência: (I) óxido nítrico; (II) hidrogenocarbonato de sódio; (III) ácido cloroso e (IV) e peróxido de cálcio.

- a) I. NO ; II. NaHCO_3 , III. HClO_2 , IV. CaO_2
- b) I. N_2O ; II. Na_2CO_3 , III. HClO_2 , IV. CaOOH
- c) I. NO_2 ; II. Na_2CO_3 , III. HClO , IV. CaOOH
- d) I. N_2O_3 ; II. NaHCO_3 , III. HClO , IV. CaO_2

Questão 46. (OMQ 2022 - Modalidade A. Adaptada) Em uma determinada fonte contendo explicações sobre funções inorgânicas, o seguinte trecho sobre a classe dos óxidos foi encontrado:

“Óxidos básicos reagem com água formando hidróxidos que, ao reagirem com oxoácidos fracos, produzem sais básicos e água. Além dos óxidos ácidos e neutros, podemos também destacar os peróxidos e superóxidos, que podem atuar em diversas reações de oxirredução.”

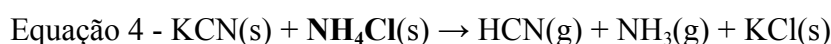
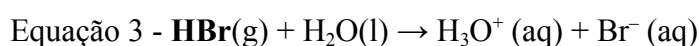
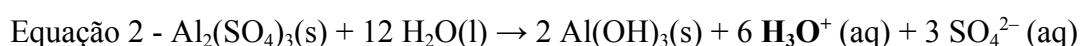
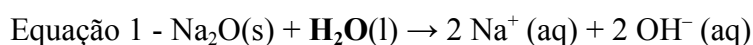
Assinale a alternativa que contenha apenas compostos pertencentes às classes de compostos inorgânicos destacadas no trecho acima na ordem apresentada:

- a) CaO ; H_2CO_3 ; KClO_2 ; BaO_2 .
- b) Li_2O ; H_2S ; NaHCO_3 ; Li_2O_2 .
- c) MgO ; HClO ; Li_2S ; KO_2 .
- d) Na_2O_2 ; H_3BO_3 ; Na_2CO_3 ; SiO_2 .

Questão 47. (OMQ 2021 - Modalidade A) Analise a sentença a seguir: “A acidez estomacal é causada pelo excesso de ácido clorídrico, HClO, no estômago. Para combater a acidez estomacal recomenda-se a ingestão de soluções que contém bases, como é o caso do hidróxido de magnésio, presente no leite de magnésia, e do bicarbonato de sódio. A ingestão destas substâncias diminui o pH do estômago, aliviando os sintomas da acidez estomacal.” O **número de erros** presentes na sentença é:

- a) um.
- b) dois.
- c) três.
- d) quatro.

Questão 48. (OMQ 2021 - Modalidade A) Considere cada um dos compostos em **negrito** nas equações químicas abaixo:



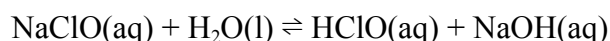
Os compostos destacados nas equações de 1 a 4 são classificados, considerando-se os diferentes tipos de compostos inorgânicos, respectivamente em:

- a) óxido, ácido, hidreto e sal.
- b) sal, hidreto, ácido e óxido.
- c) base, sal, óxido e ácido.
- d) hidreto, base, sal e óxido.

Questão 49. (OMQ 2020 - Modalidade A) A água sanitária comercial contém em sua composição de 2 a 2,5% de hipoclorito de sódio em água. Esse produto pode ser obtido por meio da reação de cloro gasoso com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, conforme representado a seguir:



Ao diluir-se corretamente a água sanitária antes do uso, promove-se um aumento da concentração de HClO em solução, espécie mais ativa na desinfecção de superfícies, resultante da hidrólise do hipoclorito de sódio conforme representado pela equação química a seguir:



Em relação a esse processo, considere as afirmações a seguir:

I – As espécies NaCl e NaClO apresentam apenas ligações iônicas entre os átomos constituintes.

II – O composto HClO é denominado ácido hipocloroso.

III – O estado de oxidação do átomo de cloro nos compostos Cl₂, NaCl e HClO é 0, -1 e +1 respectivamente.

IV – NaCl, NaClO e NaOH são compostos iônicos, sendo os dois primeiros classificados como sais e o último como uma base.

Em relação as essas afirmações, é **CORRETO** inferir que:

- a) I e IV são verdadeiras.
- b) II, III e IV são verdadeiras.
- c) apenas a afirmação III é verdadeira.
- d) II e III são verdadeiras.

Questão 50. (OMQ 2019 - Modalidade A) Ácidos são encontrados com muita frequência no dia a dia. Laranja, limão e vinagre são exemplos de alimentos ácidos. O ácido sulfúrico está presente na bateria dos automóveis e também é utilizado na produção de fertilizantes, tinturas e pigmentos. A seguir são apresentadas algumas afirmações em relação às características do ácido sulfúrico.

- I. É um ácido monoprotico.
- II. É classificado como um ácido fraco.
- III. Reage com hidróxido de sódio na proporção de 1:2 (ácido:base).
- IV. É uma substância que pode receber um íon hidrogênio.

O número de afirmações corretas é:

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

C. Reações Químicas

C.1. Quantidade de matéria: mol

Quantidade de matéria

Quantidade de matéria se refere ao número de partículas (átomos, íons ou moléculas) que constituem determinada amostra. A unidade de medida padrão de quantidade de matéria é **mol**, cujo símbolo também é mol.

Mol

Um mol equivale a quantidade de matéria presente em um sistema que contém tantas partículas elementares quantos átomos existem em 12 gramas de carbono-12, ou seja, um mol é igual a $6,02 \times 10^{23}$ partículas (constante de Avogadro).

Exemplos: 1 mol de Fe possui $6,02 \times 10^{23}$ átomos de Fe

1 mol de Na^+ possui $6,02 \times 10^{23}$ íons de Na^+

1 mol de HCl possui $6,02 \times 10^{23}$ moléculas de HCl.

Massa molar

A massa molar corresponde à massa em gramas presente em 1 mol de determinada substância. A massa molar de qualquer substância é sempre o valor numérico da massa atômica ou molecular seguido da unidade g/mol. Com isso, encontra-se a relação:

Diagrama da equação $n = \frac{m}{M}$ em um retângulo azul. Uma seta vermelha aponta da esquerda para a equação, rotulada "quantidade de matéria (mol)". Outra seta vermelha aponta da equação para a direita, rotulada "massa (g)". Uma terceira seta vermelha aponta da equação para a direita, rotulada "massa molar (g mol⁻¹)".

Para calcular a massa molar de uma substância, soma-se as massas atômicas (A) de todos os átomos que compõem-na. A molécula de água (H_2O), por exemplo, possui dois átomos de hidrogênio ($A = 1$) e um átomo de oxigênio ($A = 16$), logo, sua massa molar é $2 \cdot 1 + 16 = 18\text{g/mol}$.

Volume molar

Ao estudar o comportamento dos gases, verificou-se a validade da seguinte equação ao longo do tempo, a chamada **Equação de Clapeyron**:

$$pV = nRT$$

- $p \rightarrow$ pressão
- $V \rightarrow$ volume
- $n \rightarrow$ quantidade de matéria (número de mols)
- $R \rightarrow$ constante universal dos gases ideais
- $T \rightarrow$ temperatura do gás

Ao se isolar a constante dos gases na equação chega-se ao seguinte:

$$R = \frac{pV}{nT}$$

Sendo assim, como duas grandezas físicas só são iguais se suas unidades dimensionais forem também iguais, é possível obter a unidade de medida de R a partir da expressão destacada.

Estabelecendo as seguintes unidades de medida para as demais variáveis:

- pressão em atm;
- volume em litros;
- quantidade de matéria em mol;
- e a temperatura em kelvin.

E substituindo essas unidades na equação, a unidade de medida de R será $\frac{\text{atm} \times L}{\text{mol} \times K}$ e mostra-se experimentalmente que, nessas unidades de medida:

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \times L}{\text{mol} \times K}$$

De forma análoga, mantendo a quantidade de matéria em mol e a temperatura em kelvin, porém, substituindo as grandezas:

- pressão para pascal;
- e volume para metros cúbicos.

Observa-se uma nova unidade para R , $\frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{mol} \times K}$ que é mais conhecida pela sua forma equivalente $\frac{J}{\text{mol} \times K}$ devido ao produto (pascal) x (kelvin) resultar na unidade J (joule). Novamente, observa-se experimentalmente o valor de R

$$R \approx 8,31 \frac{J}{\text{mol} \times K}$$

Note que o essencial nessa questão não é decorar os valores da constante, tendo em vista que os exercícios os fornecem. Mas sim entender o funcionamento da Equação de Clapeyron e a relação entre as unidades de medida usadas. Em outras palavras, para que uma equação cumpra seu propósito, é necessário verificar também se as unidades dimensionais

utilizadas são correspondentes. Por isso, **utilize sempre a temperatura em kelvin**, e entenda as seguintes conversões:

- $1 m^3 = 1000 L$
- $1 atm \approx 1,01 \cdot 10^5 Pa$
- $T_{Kelvin} = T_{Celsius} + 273$

No caso de gases, verifica-se que o volume ocupado por 1 mol de qualquer gás é igual a 22,4L em condições normais de temperatura e pressão (CNTP: Pressão = 1 atm / Temperatura = 0°C).

EXERCÍCIOS

Questão 51. (OMQ 2024 - Modalidade A) O átomo de hidrogênio pode ser encontrado como três isótopos, ^1H , ^2H , ^3H , enquanto o cloro possui dois isótopos, ^{35}Cl e ^{37}Cl . Sobre esses isótopos, assinale a afirmativa **CORRETA**.

- a) Se colocarmos HCl formado pela combinação desses isótopos em uma centrífuga, a camada mais externa será formada por $^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ e mais interna por $^3\text{H}^{37}\text{Cl}$.
- b) A massa molar do cloreto de hidrogênio formado pela reação entre $^2\text{H}_2$ e Cl_2 formado por 50% átomos de ^{35}Cl e 50% de átomos ^{37}Cl será $38,0 \text{ g mol}^{-1}$.
- c) Nem todas as reações químicas em que o $^{35}\text{Cl}_2$ participa, o $^{37}\text{Cl}_2$ é capaz de participar.
- d) Enquanto a fusão de dois átomos de ^1H leva à formação de um átomo de hélio, a fusão de ^1H com ^2H não.

Questão 52. (OMQ 2023 - Modalidade A) A análise elementar é uma técnica analítica aplicada em química para determinar a composição elementar de substâncias. Uma vez conhecida a massa molecular total do composto testado, o resultado da análise permite estabelecer a fórmula molecular. Uma determinada substância contendo carbono, nitrogênio e hidrogênio e com massa molar 216 g mol^{-1} foi analisada por análise elementar e foram determinados os valores de porcentagem mássica abaixo:

Elemento	% Elementar
C	66,7
H	7,4
N	25,9

Marque a alternativa que apresenta a fórmula empírica para a substância analisada.

- a) $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{N}_4$
- b) $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}$
- c) $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_6$
- d) $\text{C}_5\text{H}_6\text{N}_3$

Questão 53. (OMQ 2022 - Modalidade A) Considere que você tenha frascos rotulados com as seguintes informações:

- Frasco 1 – 222 g de cloreto de cálcio
- Frasco 2 – 120 g de hidróxido de sódio
- Frasco 3 – 108 g de água
- Frasco 4 – 83 g de iodeto de potássio

Em qual frasco há maior quantidade de substância (em mol)?

- a) Frasco 1
- b) Frasco 2
- c) Frasco 3
- d) Frasco 4

Questão 54. (OMQ 2022 - Modalidade A) As substâncias listadas a seguir são utilizadas como fertilizantes, pois contribuem com o fornecimento de nitrogênio para o solo. Qual delas é a fonte mais rica de nitrogênio, ou seja, apresenta a maior porcentagem de nitrogênio em massa?

- a) Amônia, NH_3
- b) Nitrato de amônio, NH_4NO_3
- c) Sulfato de amônio, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- d) Ureia, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$

Questão 55. (OMQ 2021 - Modalidade A) O borohidreto de sódio (NaBH_4) é um composto iônico, usado como agente redutor, na produção de fármacos e outros compostos orgânicos e inorgânicos. Sabendo que a densidade desse composto é de $1,074 \text{ g cm}^{-3}$, **indique** qual é a quantidade de átomos de hidrogênio presente em 28,0 mL desse composto.

- a) $1,91 \times 10^{24}$
- b) $4,79 \times 10^{23}$
- c) $9,57 \times 10^{23}$
- d) $3,83 \times 10^{24}$

Questão 56. (OMQ 2020 - Modalidade A) Os fertilizantes nitrogenados químicos são divididos em quatro classes. Uma delas contém o fosfato monoamônico [MAP, di-hidrogenofosfato de amônio] e o fosfato diamônico [DAP, hidrogenofosfato de amônio]. Em um determinado terreno foram utilizados 200 kg de MAP e 300 kg de DAP para fazer a fertilização do solo. **Indique** a quantidade de substância (mol) usada de nitrogênio para adubação do terreno.

- a) 6.282
- b) 4.010
- c) 8.020
- d) 5.749

Questão 57. (OMQ 2019 - Modalidade A) O nitrogênio é um elemento essencial à vida, pois faz parte da composição das proteínas e do DNA de todos os seres vivos, além de ser o

principal componente do ar atmosférico e estar presente na composição de diversos produtos. Entre as alternativas abaixo, indique a que apresenta a amostra com o maior número de átomos de nitrogênio.

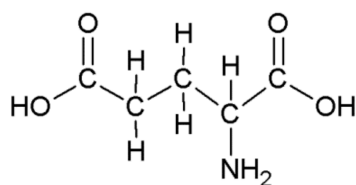
- a) 17 g de NH_3 .
- b) 1 mol de N_2 .
- c) 25 mL de acetonitrila (CH_3CN , densidade = $0,80 \text{ g mL}^{-1}$).
- d) 66 g de asparagina ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_3$).

Questão 58. (OMQ 2018 - Modalidade A) O iso-octano, cuja fórmula molecular é C_8H_{18} , é uma das moléculas típicas encontradas na gasolina. Sabendo que a densidade do iso-octano é $0,690 \text{ g cm}^{-3}$, e considerando uma gasolina formada apenas por iso-octano, o número aproximado de moléculas existentes em 1,65 L de gasolina é:

Dado: Constante de Avogadro = $6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- a) $6,0 \times 10^{22}$
- b) $6,0 \times 10^{23}$
- c) $6,0 \times 10^{24}$
- d) $6,0 \times 10^{25}$

Questão 59. (OMQ 2018 - Modalidade A) O glutamato monossódico é um aditivo alimentar usado para realçar os sabores nos alimentos. Ele é derivado do ácido glutâmico (representado a seguir), um aminoácido não essencial. Sabe-se que o glutamato monossódico resulta da substituição de um átomo de hidrogênio por um íon sódio.



A alternativa que apresenta a massa molar (em g mol^{-1}) e o número de prótons do glutamato monossódico, respectivamente, é:

- a) 146 e 77.
- b) 147 e 78.
- c) 169 e 88.
- d) 170 e 89.

Questão 60. (OMQ 2019 - Modalidade A) Acredita-se que 20 dos 118 elementos conhecidos são necessários à vida humana. Carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio são os quatro grandes constituintes do corpo humano. Na tabela abaixo são apresentadas as quantidades relativas desses elementos no corpo humano.

Elemento	Porcentagem no corpo humano (por número de átomos)
H	63,0
O	25,4
C	9,4
N	1,4

De acordo com os dados apresentados, o elemento mais abundante, em massa, no corpo humano é o:

- a) C.
- b) H.
- c) N.
- d) O.

C.2. Balanceamento de Reações Químicas

Lei da conservação de massas de Lavoisier

A Lei de Lavoisier afirma que, em uma reação química, a matéria não é criada nem destruída, ou seja, a quantidade de átomos de cada elemento não se altera, mas sim a forma em que estão organizados.

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma” -> Simplificação da Lei de Lavoisier.

Lei das proporções constantes de Proust

A lei de Proust afirma que a proporção com que cada elemento entra na formação de determinada substância ou composição em massa é constante, independente de seu processo de obtenção. No caso da água, por exemplo, a relação entre as massas de hidrogênio e oxigênio sempre serão as mesmas, ou seja, na formação de água, deve-se combinar hidrogênio e oxigênio na proporção de 1 para 8 em massa.

água	→	hidrogênio	+	oxigênio
100%		11,1%		88,9%
100g		11,1g		88,9g
proporção		1	:	8

Portanto, conclui-se que toda substância apresenta uma proporção em massa constante em sua composição.

Lei volumétrica de Gay-Lussac

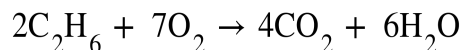
A Lei de combinação de volumes de Gay-Lussac enuncia que nas mesmas condições de pressão e temperatura, os volumes dos gases de uma reação têm, entre si, proporções constantes. Observe o exemplo:

Reação	$2H_2$	+	O_2	→	$2H_2O$
Qtd. de mols	2 mols	+	1 mol	→	2 mols
Volume	2 volumes	+	1 volume	→	2 volumes

Portanto, nesse exemplo, caso queira-se fazer um volume 2x de vapor d'água, necessita-se de um volume 2x de gás hidrogênio e um volume x de gás oxigênio.

Coeficientes Estequiométricos

Em uma equação química, os coeficientes estequiométricos indicam a quantidade em mols de cada reagente e cada produto presentes na reação. Observe o exemplo a seguir:



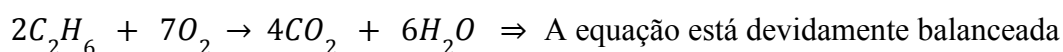
Na reação em questão, há 2 mols de C_2H_6 , 7 mols de O_2 , 4 mols de CO_2 e 6 mols de H_2O , logo, os seus coeficientes estequiométricos são, respectivamente, 2, 7, 4 e 6.

Balanceamento de Equações Químicas

Uma equação química está devidamente balanceada quando as seguintes condições são verdadeiras:

1. A quantidade de átomos de cada elemento é igual nos reagentes e nos produtos;
2. São usados os menores coeficientes estequiométricos inteiros possíveis para balancear a equação.

Exemplos:



$4C_2H_6 + 14O_2 \rightarrow 8CO_2 + 12H_2O \Rightarrow$ A equação está balanceada, mas os coeficientes estequiométricos utilizados não são os menores possíveis.

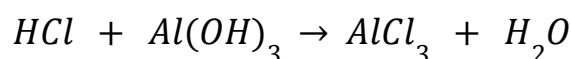
Ao analisar a primeira equação, observa-se que, nos reagentes, há 4 átomos de carbono, 12 átomos de hidrogênio e 14 átomos de oxigênio, assim como em seus produtos, logo, a equação está balanceada.

Na segunda equação, a quantidade de átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio também é igual nos reagentes e nos produtos. Entretanto, observa-se que os coeficientes estequiométricos utilizados não são os menores possíveis, visto que todos (4, 14, 8, 12) são divisíveis por 2.

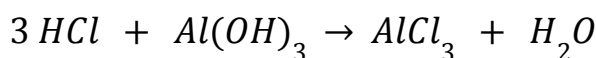
Método de Balanceamento por Tentativas

No método por tentativas, os coeficientes estequiométricos são colocados de forma direta, tentando igualar as quantidades de átomos de cada elemento nos reagentes e nos produtos. Para esse método, utilizam-se regras empíricas, como a regra do MACHO, que apresenta a ordem na qual os elementos devem ser balanceados: Metais, Ametais, Carbono, Hidrogênio e Oxigênio.

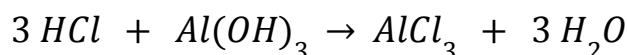
Exemplo:



De acordo com a regra do MACHO, começamos balanceando o Alumínio (Al), entretanto, este já está balanceado, então partimos para o próximo, o cloro. Nos reagentes, há 1 átomo de Cl e, nos produtos, há 3. Logo, colocamos coeficiente estequiométrico 3 no HCl:



O cloro agora está balanceado e não há carbono na reação, então partimos para o hidrogênio. Analisando a nova equação, percebemos que há 6 hidrogênios nos reagentes e apenas 2 nos produtos, então colocamos coeficiente estequiométrico 3 na molécula de água:

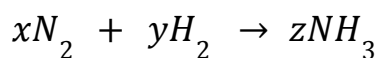


Por fim, verificamos que, na nova equação, o oxigênio já se encontra balanceado pois há 3 átomos desse elemento nos reagentes e 3 nos produtos. Portanto, a equação agora está devidamente balanceada.

Método Algébrico de balanceamento

O método algébrico de balanceamento de equações químicas segue regras matemáticas para balancear qualquer reação química. Para balancear uma equação utilizando-se esse método, realiza-se os seguintes passos:

1. Considerar os coeficientes da equação química como incógnitas algébricas:



2. Escrever uma equação algébrica para cada um dos elementos químicos, traduzindo a igualdade que deve haver entre o número total de átomos desse elemento no primeiro e no segundo membros da equação química:

$$\text{Para o nitrogênio: } 2x = z$$

$$\text{Para o hidrogênio: } 2y = 3z$$

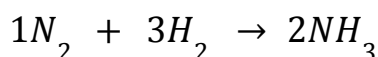
3. Fica claro, neste ponto, que esse é um sistema indeterminado, pois é formado por duas equações com três incógnitas. Esse sistema não pode ser resolvido, a menos que seja atribuído um valor arbitrário a uma das variáveis; dessa forma, será arbitrado o valor 1 para a variável x. Assim, teremos o seguinte resultado:

$$x = 1$$

$$\text{Para o nitrogênio: } 2 \cdot 1 = z \rightarrow z = 2$$

$$\text{Para o hidrogênio: } 2 \cdot y = 3 \cdot 2 \rightarrow y = 3$$

Logo, temos a equação balanceada:



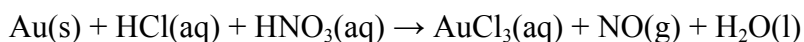
Questão 61. (OMQ 2024 - Modalidade A) . Uma amostra de ferro metálico reage com ácido nítrico (HNO₃), dissolvido em água, para produzir nitrato de ferro(III), também dissolvido em água e gás hidrogênio. A soma dos menores coeficientes estequiométricos inteiros da equação química que representa a reação descrita é:

- a) 13
- b) 14
- c) 15
- d) 16

Questão 62. (OMQ 2023 - Modalidade A) Quando se borbulha o gás sulfeto de hidrogênio em uma solução aquosa de cloreto de chumbo(II), forma-se um precipitado preto. Qual das alternativas abaixo contém a **equação iônica simplificada** balanceada que representa a reação descrita?

- a) $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{PbCl}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{PbS}(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq})$
- b) $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{Pb}_2+(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{PbS}(\text{s}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$
- c) $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{Pb}_2^+(\text{aq}) \rightarrow \text{PbS}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$
- d) $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{Pb}_2+(\text{aq}) \rightarrow \text{PbS}(\text{s}) + 2 \text{H}^+(\text{aq})$

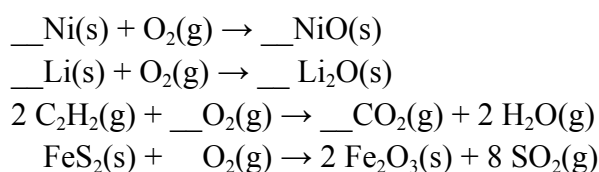
Questão 63. (OMQ 2017 - Modalidade A) O ouro se dissolve em água régia segundo a equação química não balanceada:



Sobre esse fenômeno é **CORRETO** afirmar que:

- a) a água-régia é uma mistura de 1 parte de HCl e 3 partes de HNO₃.
- b) o ácido nítrico é a espécie que perde elétrons no meio de reação.
- c) o ouro é a espécie que recebe elétrons no meio de reação.
- d) na reação de dois mol de ouro, obtém-se quatro mol de água.

Questão 64. (OMQ 2014 - Modalidade A) As equações de reações que envolvem o oxigênio estão descritas abaixo. Complete os coeficientes estequiométricos dessas reações. Os menores coeficientes estequiométricos inteiros são respectivamente:



- a) 2 e 2; 4 e 2; 5 e 4; 4 e 11.
- b) 4 e 4; 8 e 4; 10 e 8; 8 e 22.

- c) 2 e 2; 4 e 1; 2 e 2; 2 e 8.
d) 1 e 1; 2 e 1; 5/2 e 2; 2 e 11/2.

Questão 65. (OMQ 2013 - Modalidade A) A hidrazina (N_2H_4) e o tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4) possuem ampla aplicação na propulsão de foguetes espaciais, pois, quando misturados produzem uma violenta reação de combustão gerando nitrogênio gasoso e água na forma de vapor. A equação balanceada que representa esta reação é:

- a) $\text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 3 \text{N}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
b) $2 \text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
c) $2 \text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 3 \text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
d) $2 \text{N}_2\text{H}_4(\text{l}) + \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 3 \text{N}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

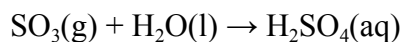
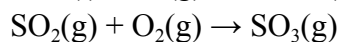
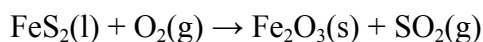
Questão 66. (OMQ 2013 - Modalidade A) Considere a equação da reação:



Após a equação acima ter sido balanceada, qual a quantidade de matéria de NF_3 será necessária para reagir com 6 mol de H_2O ?

- a) 1 mol.
b) 2 mol.
c) 3 mol.
d) 4 mol.

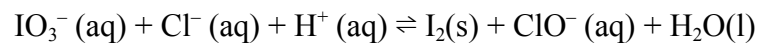
Questão 67. (OMQ 2013 - Modalidade A) A pirita (FeS_2) é um minério de ferro conhecido como “ouro de tolo” devido a sua aparência dourada. A partir da pirita pode-se obter o ácido sulfúrico, conforme a sequência de reações, não balanceadas, representadas a seguir:



Após o balanceamento destas equações, pode-se deduzir que a quantidade de matéria de ácido sulfúrico obtida a partir de 1 mol de FeS_2 é igual a:

- a) 1 mol.
b) 2 mol.
c) 3 mol.
d) 4 mol.

Questão 68. (OMQ 2012 - Modalidade A) Faça o balanceamento da equação química apresentada abaixo, que se processa em solução aquosa e meio ácido, de modo a obter os menores números inteiros como os coeficientes estequiométricos.



A soma de todos esses coeficientes é:

- a) 8
- b) 14
- c) 16
- d) 24

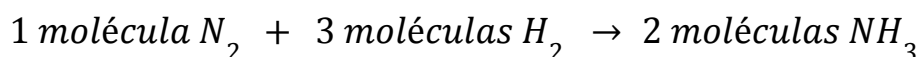
C.3. Estequiometria

Estequiometria

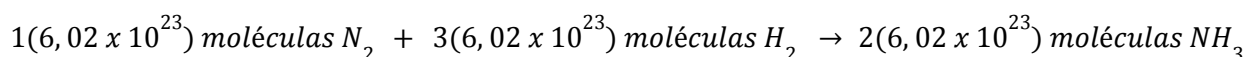
Estequiometria é o cálculo das quantidades das substâncias envolvidas numa reação química e das quantidades dos produtos nela originados. O cálculo estequiométrico é baseado nas leis de Lavoisier e Proust, ou seja, na conservação das massas e nas proporções constantes.

Cálculo Estequiométrico

As equações químicas nos mostram a proporção em número de moléculas em que as substâncias reagem e se formam. Entretanto, observa-se que, para aplicações diárias, o cálculo em nível microscópico é pouco eficiente. Nesse sentido, o cálculo estequiométrico permite que façamos cálculos utilizando unidades de medida como mols ou massa. Veja o exemplo a seguir:



Já que se trata de uma equação, podemos multiplicar os termos por qualquer número que as proporções se manterão. Nesse caso, multiplicaremos por $6,02 \times 10^{23}$ (1 mol), o que forma a equação:



Sabemos que $6,02 \times 10^{23}$ moléculas é igual a um mol de qualquer substância, logo:

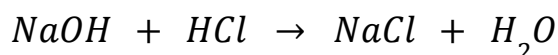


Portanto, conclui-se que, em uma equação balanceada, os coeficientes de cada substância correspondem aos números de mol de cada um dos participantes em uma reação. Além disso, conhecendo as massas molares do N_2 (28g/mol), do H_2 (2g/mol), e do NH_3 (17g/mol), pode-se interpretar a equação em questão de diversas formas:

	$1N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$		
Moléculas	1 molécula	3 moléculas	2 moléculas
Mols	1 mol	3 mols	2 mols
Massa	28g	6g	34g
Volume (CNTP)	22,4L	67,2L	44,8L

A partir da relação em questão, é possível encontrar a quantidade em massa de cada reagente necessária para determinada reação e a quantidade em massa dos produtos da reação. Observe o exemplo:

- a) Quantos gramas de NaOH são necessários para reagir completamente com 54,75g de HCl na reação a seguir?



Primeiramente, calculamos a massa molar das substâncias em questão:

NaOH: $23 + 16 + 1 = 40\text{g/mol}$

HCl: $1 + 35,5 = 36,5\text{g/mol}$

Já que a equação em questão já se encontra balanceada, podemos realizar os cálculos estequiométricos utilizando uma regra de três:

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol NaOH} & \text{———} & 1 \text{ mol HCl} \\ x & & 54,75\text{g HCl} \end{array}$$

Entretanto, para que a regra de três esteja correta, temos que converter a unidade de medida de mol para massa, logo:

$$\begin{array}{ccc} 40\text{g NaOH} & \text{———} & 36,5\text{g HCl} \\ x & & 54,75\text{g HCl} \end{array}$$

$$36,5x = 40 \times 54,75 \Rightarrow x = \frac{40 \times 54,75}{36,5} \Rightarrow x = 60\text{g de NaOH}$$

Portanto, podemos utilizar o raciocínio acima para prever as quantidades de cada reagente em determinada reação. Ademais, é possível determinar a massa dos produtos formados na reação:

$$\begin{array}{ccc} 40\text{g NaOH} & \text{———} & 58,5\text{g NaCl} & 40\text{g NaOH} & \text{———} & 18\text{g H}_2\text{O} \\ 60\text{g NaOH} & \text{———} & x & 60\text{g NaOH} & \text{———} & y \\ x = 87,75\text{g de NaCl} & & & y = 27\text{g de H}_2\text{O} & & \end{array}$$

Pureza

Em situações práticas, uma amostra de um determinado composto químico não apresenta-se puro como tem sido considerado nos cálculos estequiométricos feitos até aqui, mas sim com diversas impurezas que não participam da reação química analisada.

Sendo assim, ao analisar uma amostra, além de verificar a massa e a quantidade de matéria, é necessário obter o seu **grau de pureza**:

$$GP = \frac{m_{puro}}{m_{amostra}}$$

Sendo também comum a forma em porcentagem, denominada simplesmente como **porcentagem de pureza**.

Note que a pureza não é calculada com base na quantidade de matéria, mas sim da massa.

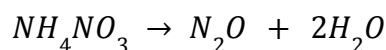
Ex.:

(UFRGS-RS) O gás hilariante (N_2O) pode ser obtido pela decomposição térmica do nitrato de amônio (NH_4NO_3). Se de 4,0 g do sal obtivermos 2,0 g do gás hilariante, podemos prever que a pureza do sal é da ordem de:

- a) 100%
- b) 90%
- c) 75%
- d) 50%
- e) 20%

Resolução:

Como nos problemas já vistos, o primeiro passo é estabelecer a reação química balanceada:



Como os coeficientes dos dois compostos tratados (NH_4NO_3 e N_2O) são iguais, basta estabelecer uma relação entre a massa molar e a massa obtida de cada composto:

$$\begin{array}{r} 80g \text{ NH}_4\text{NO}_3 \text{ ————— } 44g \text{ N}_2\text{O} \\ x \text{ ————— } 2g \text{ N}_2\text{O} \\ x = 3,636 \text{ g} \end{array}$$

Dessa forma, embora o enunciado diga que a amostra de nitrato de amônio utilizada na reação tenha 4,0 g, o produto de gás hilariante obtido aponta que apenas 3,636 g dessa amostra participam de fato do processo, resultando em uma porcentagem de pureza de aproximadamente $P = \frac{3,636 \text{ g}}{4 \text{ g}} \times 100\% \approx 91\%$

Resposta: **b) 90%**

Rendimento

De maneira análoga à pureza, na prática, as reações químicas não ocorrem de maneira a atender os valores calculados teoricamente, tendo em vista a dissipação de energia e outras

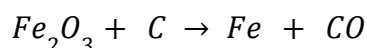
perdas inevitáveis em um processo real e de larga escala. Sendo assim, outro importante fator que dita o funcionamento de uma reação química é o seu rendimento experimental, determinado pelo quociente entre a quantidade de produto obtida na reação e quantidade de produto prevista pelo cálculo teórico (ou seja, aquele que considera o rendimento 100%).

$$\eta = \frac{(\text{Produto experimental})}{(\text{Produto teórico})}$$

Sendo assim, os procedimentos vistos anteriormente à introdução dos conceitos de pureza e rendimento, nada mais são do que casos especiais onde considera-se a amostra 100% pura e o rendimento do processo como total.

Ex.:

(Cesgranrio-RJ) Num processo de obtenção de ferro a partir da hematita (Fe_2O_3), considere a equação não-balanceada:



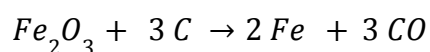
(Massas atômicas: C = 12; O = 16; Fe = 56)

Utilizando-se 4,8 toneladas (t) de minério e admitindo-se um rendimento de 80% na reação, a quantidade de ferro produzida será de:

- a) 2.688 kg
- b) 3.360 kg
- c) 1.344 t
- d) 2.688 t
- e) 3.360 t

Resolução:

Novamente, inicia-se balanceando a reação:



Calculando as massas molares e notando que o coeficiente da hematita na situação é 1 enquanto o do ferro é 2:

$$\begin{array}{l} 160\text{g Fe}_2\text{O}_3 \text{ ————— } 2 \cdot 56\text{g Fe} \\ 4,8\text{t Fe}_2\text{O}_3 \text{ ————— } x \\ x = 3,36 \text{ t de Fe} \end{array}$$

Sendo assim, se a reação acontecesse em condições perfeitas, o processo

descrito resultaria em 3,36 toneladas de ferro, entretanto, como foi avisado, a operação possui um rendimento experimental de 80%, sendo necessário multiplicar o resultado teórico por esse valor:

$$\eta = \frac{(\text{Produto experimental})}{(\text{Produto teórico})}$$

$$0,8 = \frac{m}{3,36t}$$

$$m = 3,36 \times 0,8 = 2,688 t$$

Como 1 tonelada equivale a 1000 kg, $m = 2688 \text{ kg}$

Resposta: a) 2688 kg

EXERCÍCIOS

Questão 69. (OMQ 2024 - Modalidade A) A água oxigenada 10 volumes é um produto com ação antisséptica e contém 3,00 g de H_2O_2 em cada 100 mL de água oxigenada. O seu princípio ativo peróxido de hidrogênio se decompõe em água e gás oxigênio, de acordo com a equação (**não balanceada**):



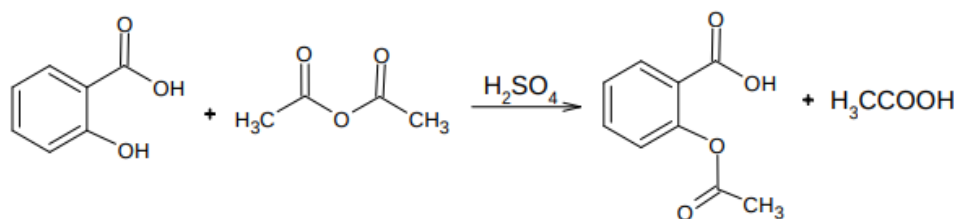
Considerando a decomposição do peróxido de oxigênio contido em 500 mL de água oxigenada, é **CORRETO** afirmar que:

- a) serão produzidas 15 g de água se o rendimento da reação for 100%.
- b) se o rendimento da reação for 68%, a massa produzida de água será 5,4 g.
- c) a massa de oxigênio produzida será de 9,6 g se o rendimento for 68%.
- d) será produzida uma massa maior do que 8 g de oxigênio, se o rendimento for 100%.

Questão 70. (OMQ 2024 - Modalidade A) O diclofenaco sódico ($\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{Cl}_2\text{NO}_2\text{Na}$) é o princípio ativo de alguns medicamentos anti-inflamatórios. Sabendo-se que o diclofenaco sódico é comercializado na forma de comprimidos contendo 50 mg do princípio ativo e que a dose diária máxima recomendada é de $7,0 \times 10^{-6} \text{ mol kg}^{-1}$, qual é o número máximo de comprimidos que um indivíduo de 70 kg pode ingerir por dia?

- a) 3
- b) 4
- c) 5
- d) 6

Questão 71. (OMQ 2024 - Modalidade A) A Aspirina®, como é conhecido o ácido acetil salicílico (AAS), é o analgésico mais consumido e vendido no mundo. O AAS ($\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$, $M = 180,16 \text{ g mol}^{-1}$) é um fármaco de fácil acesso sintético, obtido pela reação de acetilação do ácido salicílico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$, $M = 138,12 \text{ g mol}^{-1}$), com anidrido acético ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$, $M = 102,09 \text{ g mol}^{-1}$), catalisado por ácido, conforme ilustrado no esquema abaixo.

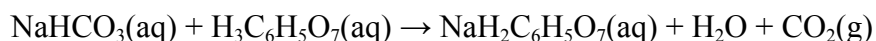


Esquema: Representação da síntese do ácido acetil salicílico.

Sabendo que a reação ocorre na proporção de 1:1 e considerando que a reação foi conduzida utilizando 800 g de uma amostra impura de ácido salicílico e 408 g de anidrido acético, é **CORRETO** afirmar que:

- a) Se a pureza da amostra for 60%, a quantidade de AAS produzida é de 720 g, se o rendimento da reação for 100%.
- b) Se o rendimento da reação for 50%, não é possível produzir mais que 360 g de AAS.
- c) Se a pureza da amostra for 90%, a massa máxima de AAS que poderá ser produzida é de 1128 g.
- d) Se o rendimento da reação e a pureza da amostra forem ambos de 80%, a quantidade de AAS produzida será maior que 600 g.

Questão 72. (OMQ 2023 - Modalidade A) O teor de bicarbonato de sódio em um comprimido efervescente pode ser determinado a partir da massa de dióxido de carbono produzido na efervescência. A reação que ocorre entre o bicarbonato e o ácido cítrico ($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) produzindo dióxido de carbono pode ser representada pela seguinte equação:



Sabendo que um comprimido produziu 0,44 g de dióxido de carbono e que o rendimento da reação foi de 80%, determine o teor de bicarbonato no comprimido.

- a) 1,05 g/compr.
- b) 0,44 g/compr.
- c) 0,84 g/compr.
- d) 0,67 g/compr.

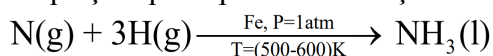
Questão 73. (OMQ 2023 - Modalidade A) O hidróxido de sódio é uma base forte com diversas aplicações industriais e nos laboratórios de química. Considere que a reação para neutralização completa de 25,00 mL de uma mistura homogênea de hidróxido de sódio com água tenha requerido 30,00 mmol de ácido sulfúrico. Assinale a alternativa que apresenta a massa (em g) aproximada de hidróxido de sódio contida em 1,00 litro de solução.

- a) 12
- b) 24
- c) 48
- d) 96

Questão 74. (OMQ 2022 - Modalidade A) A amônia é produzida industrialmente a partir da reação entre o nitrogênio e o hidrogênio moleculares. De acordo com o processo de Claude, esses gases combinam-se a uma temperatura entre 500 e 600 °C, sob pressão de 1,00 atmosfera e na presença do catalisador ferro formando o gás amoníaco liquefeito. O

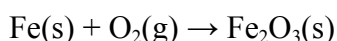
rendimento desse processo é de 40%. De acordo com essas informações, é **CORRETO** afirmar que:

a) a equação que representa a reação de formação da amônia é:



- b) quando são misturados 2 mol de nitrogênio e 7 mol de hidrogênio serão formados 9 mol de amônia.
- c) para produzir 2 mol de amônia serão necessários 3 mol de hidrogênio.
- d) hidrogênio será o reagente em excesso caso sejam misturados 3 mol de hidrogênio molecular com $6,02 \times 10^{23}$ átomos de nitrogênio.

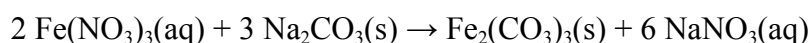
Questão 75. (OMQ 2022 - Modalidade A) Objetos de ferro quando deixados expostos ao ar enferrujam, ou seja, o ferro é oxidado a uma mistura de óxidos de ferro. A reação principal que ocorre pode ser representada pela seguinte equação química não balanceada:



Uma barra metálica composta de ferro e outros metais ao sofrer oxidação produz 15,97 g de Fe_2O_3 . Considerando que essa barra tem massa de 16 g, marque a opção que representa o valor aproximado da percentagem de ferro na barra.

- a) 35 %
- b) 70 %
- c) 97 %
- d) 85 %

Questão 76. (OMQ 2022 - Modalidade A) Em um determinado experimento, 2,5 mol de nitrato de ferro(III) foram colocados para reagir com 3,6 mol de carbonato de sódio, conforme representado pela equação balanceada a seguir.



Sabendo que foram obtidos 6,3 mol de nitrato de sódio, o rendimento (em %) aproximado da reação foi de:

- c) 88.
- b) 84.
- a) 72.
- d) 68.

Questão 77. (OMQ 2021 - Modalidade A) O calcário é um minério cuja composição é carbonato de cálcio (CaCO_3), geralmente encontrado em associação com outros minerais, normalmente sílica (SiO_2). O calcário é facilmente discriminado do silício testando com

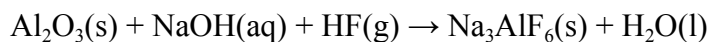
ácidos fortes diluídos, pois ele libera CO₂ na forma de bolhas e o silício é inerte frente ao ácido. Considere a reação do carbonato de cálcio com ácido clorídrico, representada na equação (não balanceada) a seguir.



Sabendo que uma amostra de 20,0 g de mistura de calcário/sílica, contendo 40% de CaCO₃, reagiu com HCl em excesso, **assinale** a alternativa que contém a massa (em g) de CaCl₂ formada, assumindo um rendimento de 100% da reação.

- a) 2,2
- b) 7,2
- c) 8,9
- d) 10,8

Questão 78. (OMQ 2021 - Modalidade A) Criolita, Na₃AlF₆, é um importante reagente industrial produzido conforme representado pela equação química não balanceada abaixo:



Em um experimento, 7,81 g de Al₂O₃ e excesso de HF(g) foram dissolvidos em 3,50 L de uma solução aquosa de NaOH contendo 0,4935 mol dessa substância. Considerando que 28,2 g Na₃AlF₆ foram obtidos, as seguintes afirmações foram feitas.

- I – A soma dos menores coeficientes estequiométricos inteiros para a equação é 30.
- II – O NaOH está presente na reação com um excesso superior a 7%.
- III – O rendimento da reação é menor que 85%.
- IV – O rendimento teórico da reação é de 32,2 g de criolita.
- V – O reagente limitante da reação é o Al₂O₃.

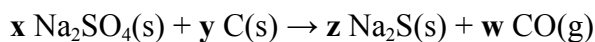
O número de afirmações **FALSAS** é:

- a) uma.
- b) duas.
- c) três.
- d) quatro.

Questão 79. (OMQ 2021 - Modalidade A) Uma certa quantidade de zinco reage com excesso de solução de HCl diluído produzindo hidrogênio gasoso suficiente para reagir completamente com o oxigênio obtido pela decomposição de 4,900 g de clorato de potássio. Admitindo rendimento de 100% para todas as reações, a massa de zinco (em g) que reage é:

- a) 3,924
- b) 7,848
- c) 11,77
- d) 15,70

Questão 80. (OMQ 2020 - Modalidade A) O sulfeto de sódio, Na₂S, é utilizado em curtumes para remover o pelo das peles. Este é o motivo do cheiro desagradável dos curtumes. Ele é preparado de acordo com a seguinte equação química (não balanceada):



Considere que sejam misturados 15,00 g de Na₂SO₄ e 7,50 g de C para produção de sulfeto de sódio. Baseado nessas informações, é **INCORRETO** afirmar que:

- a) são obtidos 8,24 g de Na₂S, caso a reação tenha rendimento de 100%.
- b) o Na₂SO₄ é o reagente limitante.
- c) os menores coeficientes estequiométricos inteiros para a equação correspondem a $x = 1$; $y = 4$; $z = 1$ e $w = 4$.
- d) o carbono foi adicionado com excesso percentual de aproximadamente 68%.

Questão 81. (OMQ 2020 - Modalidade A) Nos processos de tratamento da água, é comum o uso de reagentes químicos para coagular/flocular partículas coloidais, facilitando sua decantação. Esses reagentes formam precipitados que aglomeram as partículas coloidais presentes na água, formando sólidos de maior tamanho, chamados flocos, que decantam e podem ser removidos com maior facilidade. Um dos reagentes coagulantes mais utilizados é o sulfato de alumínio, que gera em água o hidróxido de alumínio, um sólido gelatinoso. (Grassi, M. T. As águas do planeta Terra. Química Nova na Escola, Caderno Temático, n. 1, p. 31-40, 2001.)

A formação do hidróxido de alumínio ocorre em meio básico e pode ser representada pela seguinte equação não balanceada:



Indique a massa de Al₂(SO₄)₃ (em kg) requerida para reagir com 2,0 kg de NaHCO₃, sabendo que a reação ocorre com rendimento de 100%.

- a) 2,72
- b) 3,15
- c) 1,36
- d) 4,27

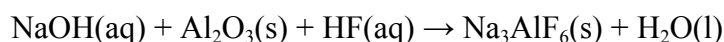
Questão 82. (OMQ 2019 - Modalidade A) Diversos antiácidos estomacais (popularmente chamados de sal de fruta) são encontrados na forma de comprimidos efervescentes. O teor de NaHCO₃ presente em um comprimido antiácido efervescente foi determinado pela massa de CO₂ produzida na efervescência. (Fonte: CAZZARO, F. Um experimento envolvendo estequiometria. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 53-54, 1999). Nesse processo, o NaHCO₃ reage com um ácido presente no comprimido, geralmente ácido cítrico (H₃C₆H₅O₇), como descrito pela equação abaixo.



A massa do conjunto comprimido + recipiente + água antes da reação (m_{inicial}) foi de 35,47 g e a massa desse conjunto após adicionar o comprimido à água e aguardar o final da efervescência (m_{final}) foi de 34,63 g. Qual é a massa de NaHCO_3 (em gramas) presente nesse comprimido?

- a) $1,60 \times 10^0$.
- b) $8,40 \times 10^{-1}$.
- c) $2,00 \times 10^{-2}$.
- d) $1,00 \times 10^{-2}$.

Questão 83. (OMQ 2019 - Modalidade A) A criolita (Na_3AlF_6) é usada para a produção de alumínio, a partir de seus rejeitos. Essa substância é obtida conforme representado pela equação química não balanceada apresentada a seguir.



Em uma reação foram usados 800 g de hidróxido de sódio, 3 mol de óxido de alumínio e $2,4 \times 10^{25}$ moléculas de fluoreto de hidrogênio. Sabendo que a reação ocorreu com 100% de rendimento, a quantidade de matéria de criolita gerada foi de:

- a) 2 mol.
- b) 2,7 mol.
- c) 6 mol.
- d) 6,7 mol

Questão 84. (OMQ 2018 - Modalidade A) O “superfosfato” ou “fosfato triplo” é um fertilizante hidrossolúvel. Ele é constituído por uma mistura de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ e CaSO_4 , em uma relação 1:2, respectivamente, em quantidade de matéria. Esse fertilizante é obtido por meio da reação entre fosfato de cálcio e uma solução aquosa de ácido sulfúrico. Sabendo que a reação ocorre com 90,0% de rendimento e que foram usados 2481,6 g de fosfato de cálcio e 1962 g de ácido sulfúrico, qual é a massa aproximada (em kg) de fertilizante formada?

- a) 3,3
- b) 3,7
- c) 4,1
- d) 4,4

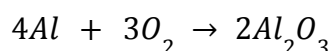
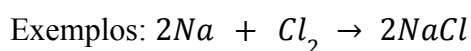
Questão 85. (OMQ 2018 - Modalidade A) Uma barra de zinco metálico reage com uma mistura homogênea contendo ácido nítrico. Os produtos gerados são nitrato de zinco(II) e nitrato de amônio, dissolvidos em água, e água líquida. Sabendo que os reagentes foram usados de forma estequiométrica e que 0,6 mol de água são gerados na reação, qual é a quantidade de matéria formada de nitrato de zinco(II)?

- a) 0,4
- b) 0,8
- c) 1,2
- d) 1,6

C.4. Classificação das Reações Químicas

Síntese ou adição

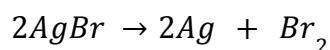
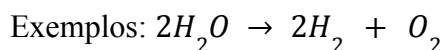
Em reações de síntese ou adição, duas ou mais substâncias reagem formando uma única:



Obs.: Para se obter um determinado produto, pode ser preciso efetuar uma sequência de reações de síntese

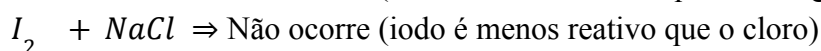
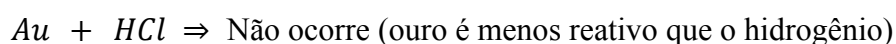
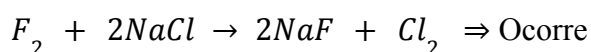
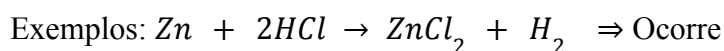
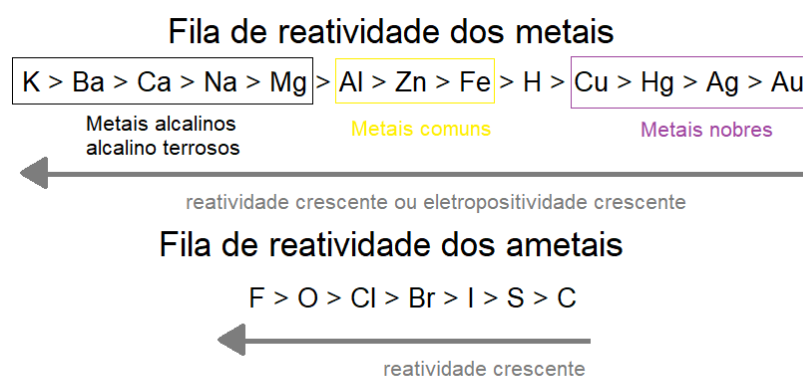
Decomposição ou análise

São formadas duas ou mais substâncias a partir da decomposição de uma única substância, que é submetida a algum tipo de energia, como calor, luz ou eletricidade.



Simple troca, deslocamento ou substituição

Em reações de simples troca, temos um elemento livre (substância simples) reagindo com uma substância composta. O elemento livre desloca, ou seja, substitui outro elemento do composto. Para que isso ocorra, é necessário que o elemento livre seja mais reativo do que o elemento a ser deslocado do composto.



Dupla troca ou dupla substituição

Essas reações ocorrem entre ácidos, bases e sais. É caracterizada por ser uma reação entre duas substâncias compostas que origina, como produtos, também duas ou mais substâncias compostas.

Exemplos: $NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl \Rightarrow$ Reação entre dois sais

$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O \Rightarrow$ Reação de neutralização ácido-base

Combustão

Ocorrem entre substâncias simples ou compostas e o oxigênio, liberando luz e calor. Toda reação de combustão é exotérmica, ou seja, ocorre com liberação de calor.

Exemplos: $C_2H_6O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$

$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

Oxirredução

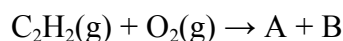
Nessas reações, ocorre variação no número de oxidação de pelo menos um elemento. É um processo simultâneo de perda e ganho de elétrons, pois os elétrons perdidos por um átomo, íon ou molécula são imediatamente recebidos por outros. Na reação de oxidação ocorre a perda de elétrons, enquanto a reação de redução consiste em ganhar elétrons.

Exemplo: $Zn_{(s)} + Cu_{(aq)}^{2+} \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + Cu_{(s)}$

$S + O_2 \rightarrow SO_2$

Obs.: Uma reação pode ter mais de uma classificação, como observado no caso da reação de combustão do enxofre.

Questão 86. (OMQ 2013 - Modalidade A) No maçarico ocorre a reação de combustão do acetileno representada, pela equação química genérica:

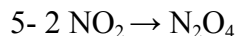
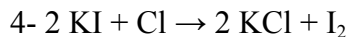
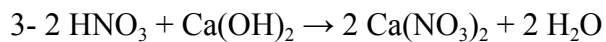
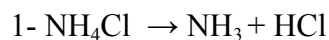


Considerando que a reação de combustão foi completa, você pode afirmar que os produtos A e B são:

- a) Água e carbono
- b) Água e dióxido de carbono
- c) Hidrogênio e dióxido de carbono
- d) Oxigênio e água

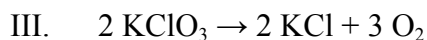
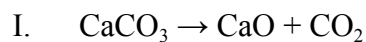
EXERCÍCIOS

Questão 87. Classifique as reações inorgânicas a seguir:



- a) análise, síntese, dupla troca, simples troca, análise.
- b) análise, síntese, dupla troca, simples troca, síntese.
- c) síntese, análise, dupla troca, simples troca, análise.
- d) simples troca, síntese, dupla troca, simples troca, decomposição.
- e) simples troca, síntese, dupla troca, simples troca, síntese.

Questão 88. (Original) Considere as reações inorgânicas a seguir:



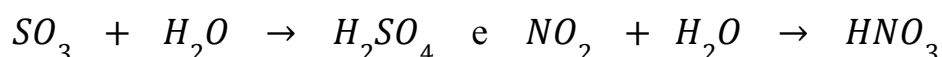
é correto dizer que:

- a) a reação I é de combustão.
- b) a reação I é de decomposição e oxirredução.
- c) a reação II é de dupla troca e oxirredução.
- d) a reação II é apenas de dupla troca.
- e) a reação III é de simples troca.

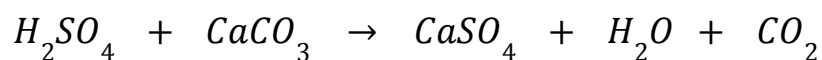
Química Ambiental

Chuva ácida

A chuva ácida é um fenômeno ambiental resultante da reação de água da chuva com poluentes atmosféricos, como trióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio, provenientes principalmente da queima de combustíveis fósseis em veículos automotores, indústrias e usinas termelétricas. Esses gases, quando lançados na atmosfera, reagem com o vapor d'água, formando ácidos como H_2SO_4 e HNO_3 .

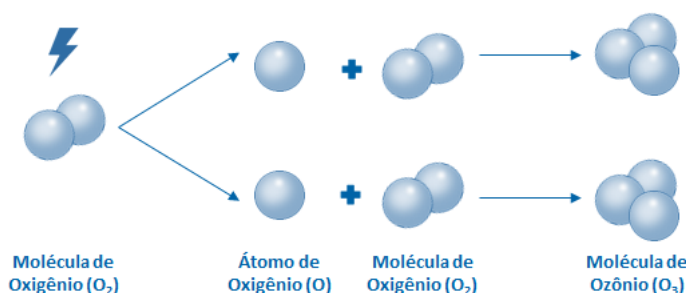


Esse fenômeno atmosférico é responsável por diversos danos ao meio ambiente, como a acidificação dos solos e da água de rios e lagos, e a destruição da cobertura vegetal. Outrossim, os ácidos presentes na chuva ácida provocam o desgaste de estruturas, estátuas e monumentos feitos de mármore ($CaCO_3$) e pedra-sabão (Na_2CO_3).



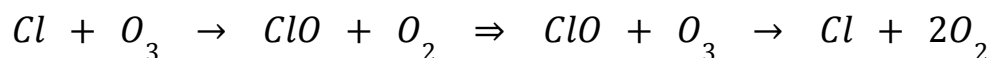
Camada de Ozônio

A camada de ozônio corresponde a uma parcela da estratosfera que apresenta concentração relativamente alta de moléculas de ozônio (O_3), gás responsável por absorver a maior parte da radiação ultravioleta (UV) incidida sobre a Terra. A radiação ultravioleta é prejudicial para os seres vivos, pois pode causar danos à pele humana, aumentar o risco de câncer de pele, prejudicar os ecossistemas e afetar a saúde das plantas.



Entretanto, ao longo das últimas décadas, a camada de ozônio tem sido reduzida significativamente, formando o chamado "buraco de ozônio" sobre a Antártida e outras regiões do planeta. Esta redução é causada principalmente pela emissão de clorofluorcarbonetos (CFCs), utilizados em refrigeradores, aerossóis, equipamentos de ar

condicionado, entre outros. O cloro presente nos CFCs é altamente reativo e pode iniciar uma série de reações destrutivas com as moléculas de ozônio (O₃) na camada de ozônio de acordo com as seguintes equações:



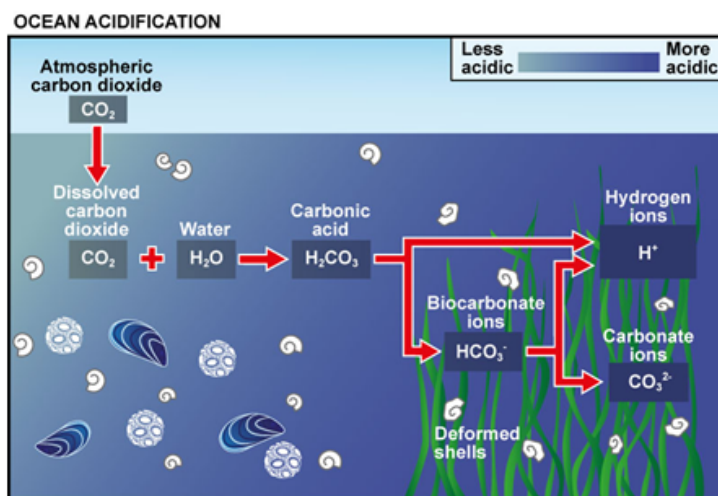
Efeito Estufa e Aquecimento Global

O Efeito Estufa é um fenômeno natural responsável por manter as temperaturas médias globais, sendo algo essencial para a manutenção da vida na Terra. Os gases presentes na atmosfera terrestre e o vapor d'água possuem capacidade de reter calor, o que possibilita que as temperaturas se mantenham estáveis durante a noite, quando não há incidência direta de raios solares.

Entretanto, com os últimos anos, a concentração de alguns gases que possuem alta capacidade de reter calor, como dióxido de carbono e metano, tem aumentado. Isso tem gerado o que é conhecido como aquecimento global - o aumento das temperaturas médias globais - que é responsável por diversas consequências ao ambiente terrestre, como o derretimento das geleiras, que aumenta o nível dos mares, a acidificação dos oceanos, as mudanças climáticas extremas, a desertificação de biomas e a destruição de ecossistemas.

Acidificação dos Oceanos

A acidificação dos oceanos é um fenômeno que vem se intensificando nos últimos tempos devido a alta quantidade de gases estufa, como dióxido de carbono e óxido de dinitrogênio, que têm sido lançados na atmosfera por atividades antropológicas. Esses gases, principalmente o dióxido de carbono, são absorvidos pelos oceanos e reagem com a água do mar, formando ácidos, que por sua vez liberam H^+ nos oceanos, aumentando sua acidez.



O aumento da acidez dos oceanos representa um risco à vida marinha, visto que compromete as estruturas físicas de diversos organismos essenciais para o equilíbrio dos

ecossistemas, principalmente os corais, que têm sofrido um processo de branqueamento cada vez mais acelerado.

Combustíveis Fósseis

Ao longo de milhares de anos, restos de plantas e outros organismos foram soterrados sob camadas de sedimentos e rochas, passando por transformações químicas e físicas que deram origem aos combustíveis fósseis, como carvão mineral, petróleo e gás natural. Esses recursos não renováveis fornecem cerca de 80% da energia utilizada no mundo, sendo cruciais para a geração de eletricidade, aquecimento, transportes e na fabricação de produtos como aço e plástico.

Quimicamente, os combustíveis fósseis são compostos predominantemente por hidrocarbonetos — moléculas formadas apenas por carbono (C) e hidrogênio (H).

- O gás natural é constituído principalmente por metano (CH_4), o hidrocarboneto mais simples.
- O petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos líquidos como octano (C_8H_{18}), hexano (C_6H_{14}) e outros compostos alifáticos e aromáticos.
- O carvão mineral, por sua vez, é composto por carbono em estado sólido, com impurezas como enxofre (S), nitrogênio (N) e metais pesados.

Quando queimados, esses combustíveis liberam grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO_2) e monóxido de carbono (CO). O CO_2 é o principal gás do efeito estufa, retendo calor na atmosfera e contribuindo significativamente para o aquecimento global e as mudanças climáticas.

Entre os combustíveis fósseis, o carvão é o maior responsável pela emissão de CO_2 , representando cerca de 44% da produção mundial. O petróleo é responsável por aproximadamente 33% (ou um terço) das emissões globais de carbono.

Biocombustíveis

Os biocombustíveis são combustíveis obtidos a partir de biomassa, ou seja, matéria orgânica de origem recente (não fóssil). Eles incluem:

- Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$): um álcool obtido principalmente da fermentação da glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) presente na cana-de-açúcar, milho e outros vegetais ricos em amido.
- Biodiesel: formado a partir de ésteres etílicos ou metílicos de ácidos graxos presentes em óleos vegetais (como o da soja) e gorduras animais. Uma reação comum para sua produção é a transesterificação, onde o óleo reage com metanol (CH_3OH) ou etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) na presença de um catalisador (como o hidróxido de sódio, NaOH).

Esses combustíveis emitem menos poluentes em comparação com os fósseis, principalmente por liberarem menos CO_2 e quase nenhum SO_2 , além de possuírem potencial de neutralidade de carbono — o CO_2 liberado em sua queima é aproximadamente igual ao que a planta absorveu durante seu crescimento.

Questões Dissertativas

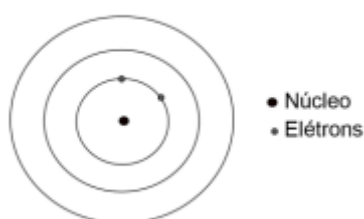
Questão 1. (OMQ 2024- Modalidade A) Em julho de 2023 estreou nos cinemas o filme Oppenheimer, que buscou contar a história do físico que dá nome ao filme e esteve envolvido no projeto para o desenvolvimento da bomba nuclear durante a Segunda Guerra Mundial. Nesse filme, cientistas importantes como Niels Bohr e Werner Heisenberg, foram retratados. Todos esses cientistas tiveram um papel fundamental para o entendimento da estrutura do átomo, considerando-se o modelo atual. Considerando seus conhecimentos sobre os modelos atômicos, responda aos seguintes itens.

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

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

c) Considerando os elementos magnésio (Mg), ferro (Fe) e prata (Ag), **indique** quantos níveis eletrônicos completamente preenchidos cada um desses elementos apresenta.

d) Caso o modelo de Bohr pudesse ser usado para explicar as propriedades do elemento sódio (Na), **faça uma representação** desse elemento no estado fundamental. Como exemplo dessa representação, abaixo apresentamos o átomo de hélio (He).



Questão 2. (OMQ 2024- Modalidade A) Faça o que se pede em cada item abaixo.

a) **Complete** o quadro abaixo. Para a estrutura de Lewis é **necessário** apresentar a estrutura mais estável possível, conforme as regras de cargas formais. Para a geometria da espécie deverá ser apresentado o **nome correspondente**. Para a polaridade da molécula você deve indicar se ela é polar ou não polar. Em cada fórmula apresentada, o átomo central está em negrito. **Dado:** $CF = E_V - (\frac{1}{2} e_{PC} + e_{PI})$, em que E_V = elétrons de valência, e_{PC} = elétrons dos pares compartilhados e e_{PI} = elétrons dos pares isolados.

Espécie	Estrutura de Lewis	Geometria da Espécie (nome)	Polaridade da molécula
SNF ₃			
SO ₂			
HCP			
SOF ₄			

b) Considerando-se as moléculas IF₅, SF₄ e SO₂F₂, complete o quadro abaixo com a fórmula da molécula. Justifique sua resposta para a molécula que apresenta o menor ângulo de ligação. Em cada fórmula apresentada, o átomo central está em negrito.

Molécula			
Ângulo da ligação, F-X-F	96,1	81,9	101,6

Questão 3. (OMQ 2024- Modalidade A) Faça o que se pede em cada item abaixo.

a) **Complete** o quadro seguinte. O preenchimento para a substância água está indicada como exemplo.

Substância	UE ¹	Tipo de interação ² entre UE's	Tipo de substância
H ₂ O(s)	molécula	Ligação de hidrogênio	molecular
KMnO ₄ (s)			

Au(s)			
HF(s)			
BF ₃ (s)			
SF ₂ (s)			

1 – Unidade estrutural (menor parte formadora da substância).

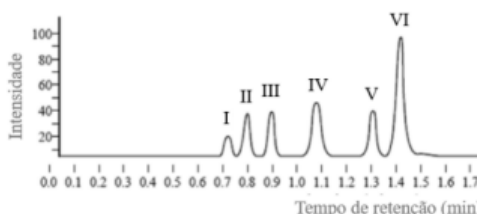
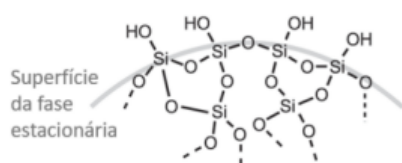
2 – Deve ser ressaltada a interação/ligação que mais influencia as propriedades da substância.

b) **Indique** o tipo de interação predominante nos seguintes casos:

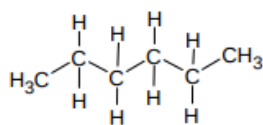
N ₂ dissolvido em água	
I ₂ dissolvido em CBr ₄	
NaF dissolvido em CH ₃ OH	

c) Considere a seguinte afirmação: “A temperatura de fusão do MgO é maior do que a temperatura de fusão do SO₂.” **Indique** se ela é verdadeira ou falsa e **justifique** sua resposta.

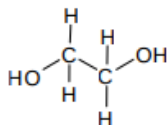
Questão 4. (OMQ 2023- Modalidade A) A cromatografia a gás é uma técnica empregada para separação de substâncias que podem ser vaporizadas em uma mistura. A técnica baseia-se em aquecer a mistura para vaporizar os componentes e arrastá-los através de uma fina e longa coluna com o auxílio de um gás inerte. A coluna é preenchida com um sólido, chamado de fase estacionária, que irá interagir com os componentes da mistura de forma a “atrasar” o arraste deles pelo gás inerte. Dessa forma, quanto mais forte for a interação entre um componente da mistura e a fase estacionária, mais tempo ele levará para sair da coluna, ou seja, maior será seu tempo de retenção. A superfície da fase estacionária, que interagirá com os componentes da mistura, está representada abaixo (esquerda), junto com um cromatograma de uma mistura (direita), mostrando seis sinais (I a VI), um para cada componente dessa mistura:



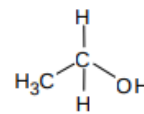
Considerando que a mistura continha as substâncias representadas abaixo, responda aos itens abaixo.



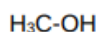
Hexano



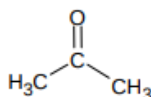
Etilenoglicol



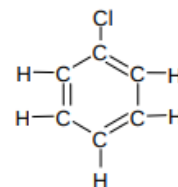
Etanol



Metanol



Acetona



Cloro-benzeno

a) **Atribua** os compostos acima aos respectivos sinais no cromatograma e **justifique** sua resposta.

b) **Indique** quais são as principais interações intermoleculares nas seguintes substâncias, separadamente, no estado líquido: hexano, etilenoglicol, acetona.

c) Considerando o etilenoglicol e o etanol, qual substância apresenta a maior temperatura de ebulição? **Justifique** sua resposta.

Questão 5. (OMQ 2023- Modalidade A) Considere que o elétron do átomo de hidrogênio é excitado do estado fundamental para o terceiro estado excitado.

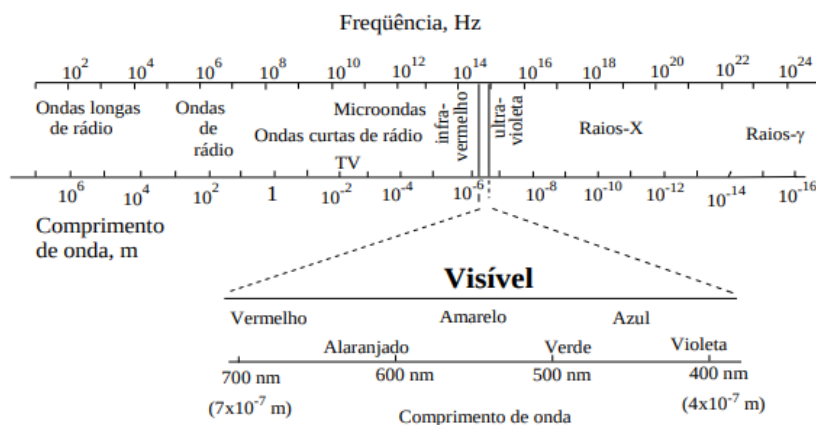
a) Considerando o modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio, **faça** um desenho que represente o elétron no estado fundamental e outro que represente o elétron no terceiro estado excitado.

b) A energia do elétron em cada órbita do átomo de hidrogênio, pode ser calculada usando a expressão abaixo:

$$E_n = -R_y \left(\frac{1}{n^2} \right)$$

em que n = número da órbita e $R_y = 2,18 \times 10^{-18}$ J. Sabendo que a energia da radiação pode ser calculada por $E = hc/\lambda$ ($h = 6,63 \times 10^{-34}$ J s, $c = 3,0 \times 10^8$ m s⁻¹ e λ = comprimento de onda da radiação), calcule o λ da radiação que causa a excitação do elétron no átomo de hidrogênio citada no item (a).

c) Considerando a figura abaixo, indique em qual região do espectro eletromagnético está localizada a radiação que causa a excitação do elétron do átomo de hidrogênio.



Questão 6. (OMQ 2023- Modalidade A) Considere dois íons **A** e **B**. Analise as informações a respeito dessas espécies.

I – O íon **A** pertence ao terceiro período e os elétrons mais externos do íon **B** pertencem ao quinto nível.

II – O número de elétrons do íon **B** é 48 e a configuração eletrônica do íon **A** é igual à do argônio ($Z = 18$).

III – O número de nêutrons é igual a 18 e 68, para os íons **A** e **B**, respectivamente.

IV – As propriedades químicas do íon **B** assemelham-se muito a do chumbo (Pb), enquanto o íon **A** pertence ao grupo dos halogênios.

Baseado nessas afirmações responda:

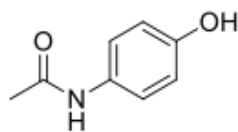
a) Quais são os elementos geradores dos íons **A** e **B**? **Escreva** a fórmula dos íons utilizando o símbolo químico adequado, bem como seu número de massa e carga.

b) **Escreva** a fórmula mínima do sal formado pelos íons **A** e **B**, considerando sua resposta na letra (a). Não é necessário expressar o número de massa dos átomos na fórmula.

c) Uma amostra do átomo **B** neutro foi analisado e notou-se que ele possui outros dois isótopos, além do determinado no item a desta questão, sendo um com 66 nêutrons e outro com 70. A análise também revelou que a proporção deles nesta amostra é de 20% e 50%, respectivamente. **Calcule** a massa atômica deste átomo, baseado nas proporções da análise mencionada.

d) A temperatura de fusão do sal formado pelos íons **A** e **B** é de 247 °C, enquanto a do cloreto de sódio é de 801 °C. **Explique** por que isto é observado.

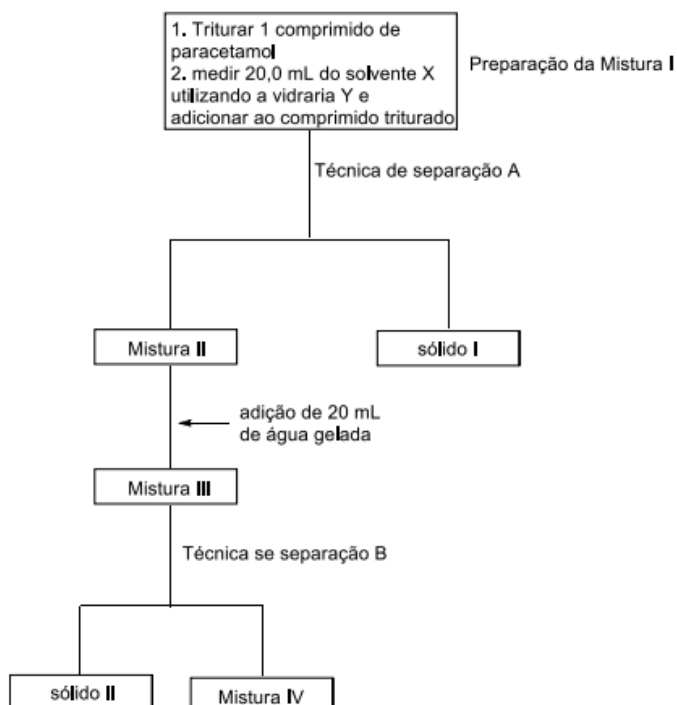
Questão 7. (OMQ 2022- Modalidade A) Um estudante realizou um experimento para obter a substância paracetamol (Figura 1) a partir de um comprimido contendo essa substância e amido.



paracetamol

Figura 1. Estrutura química do paracetamol

Considere o esquema feito a partir do roteiro experimental (Esquema 1), algumas das vidrarias disponíveis no laboratório (Figura 2) e algumas informações sobre o paracetamol, amido, e alguns solventes (Quadro 1).



Esquema 1. Procedimento experimental realizado para obtenção do paracetamol

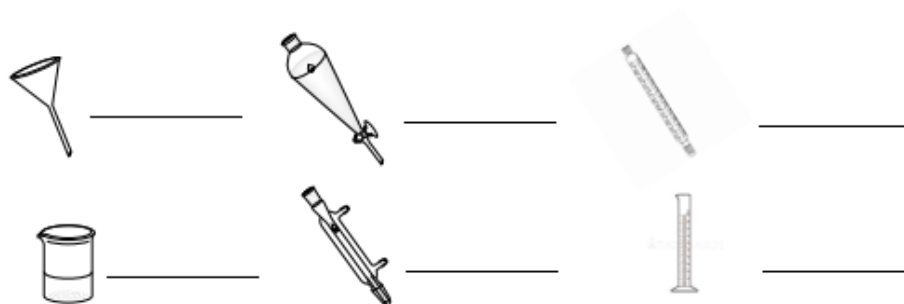


Figura 2. Algumas vidrarias utilizadas em laboratório

Quadro 1. Informações sobre substâncias usadas no procedimento de obtenção do paracetamol

Substância	Características
paracetamol	<i>Solúvel em:</i> acetona <i>Insolúvel em:</i> metanol, hexano, água, mistura de água/acetona e mistura de água/metanol
amido	<i>Insolúvel em:</i> água, metanol, acetona e hexano
hexano	Imiscível em água
acetona	Miscível em água
metanol	Miscível em água

Considerando as informações apresentadas responda aos itens abaixo.

- Indique** quais os componentes presentes nas misturas II, III e IV e **classifique-as** como heterogênea ou homogênea.
- Quais são as técnicas de separação I e II?
- A partir da Figura 2 e do Quadro 1, **escreva** o nome da vidraria Y e do solvente X usados no processo de obtenção do paracetamol.
- Indique** quais substâncias correspondem aos sólidos I e II.

Questão 8. (OMQ 2022- Modalidade A) Responda os itens abaixo considerando, exclusivamente, os elementos localizados no primeiro e segundo períodos da Tabela Periódica.

- Escreva a fórmula química de três hidretos.
- Escreva a fórmula química de três óxidos.
- Escreva a fórmula química e o nome do peróxido metálico.
- Escreva a fórmula química e o nome do composto de maior caráter iônico.
- Escreva a equação química, balanceada, de combustão completa do hidreto de carbono.

Questão 9. (OMQ 2022- Modalidade A) Uma substância elementar (**A**) do grupo 2 e do quarto período da tabela periódica reage com água líquida, liberando um gás incolor e inodoro e uma solução do composto (**B**). Ao se injetar dióxido de carbono (CO_2) gasoso através da solução observa-se a formação de um precipitado (**C**) que se dissolve com a injeção de excesso desse gás. Quando se mistura uma solução aquosa diluída de ácido clorídrico (HCl) ao precipitado (**C**) observa-se uma efervescência em virtude da liberação de dióxido de carbono. O aquecimento do precipitado (**C**) resulta na formação de uma

substância branca (**D**) cáustica e liberação de um gás. A substância (**D**) quando aquecida na presença de carbono sólido, a 2000 °C, forma uma substância sólida (**E**) e há liberação de monóxido de carbono. A substância (**E**) é de extrema importância comercial, dentre elas para a produção do gás acetileno (C_2H_2), usado em maçaricos.

GABARITO

A.1. Ligações Químicas

1.B 2.D 3.C 4.D 5.A 6.A

A.2. Geometria Molecular

7.C 8.C 9.C 10.A 11.A 12.A 13.A

A.3. Polaridade de Ligações e Moléculas

14.D 15.D 16.C 17.D 18.D 19.C

A.4. Forças Intermoleculares

20.D 21.C 22.A 23.C 24.C 25.C 26.A 27.B

B.1. Íons e compostos iônicos

28.C 29.B 30.C 31.D 32.B 33.C 34.A 35.A

B.2. Número de Oxidação: NOX

36.B 37.C 38.D 39.A 40.C 41.A

B.3. Funções Inorgânicas

42.A 43.C 44.A 45.A 46.A 47.B 48.A 49.B 50.B

C.1. Quantidade de matéria: mol

51.B 52.B 53.C 54.A 55.A 56.A 57.B 58.C 59.C 60.D

C.2. Balanceamento de Reações Químicas

61.A 62.D 63.D 64.A 65.D 66.D 67.B 68.C

C.3. Estequiometria

69.B 70.A 71.B 72.A 73.D 74.D 75.B 76.C 77.C 78.A 79.B 80.D 81.C
82.A 83.C 84.B 85.B

C.4. Classificação das Reações Químicas

86.A 87.B 88.C