

# Bernoulli Resolve

6V | Volume 2 | Química

# SUMÁRIO

Frente	A	Módulo 05: Classificação Periódica	3
		Módulo 06: Propriedades Periódicas	6
		Módulo 07: Ligações Iônicas	11
		Módulo 08: Ligações Metálicas	15
Frente	B	Módulo 05: Estudo Físico dos Gases I	17
		Módulo 06: Estudo Físico dos Gases II	21
		Módulo 07: Cálculos de Fórmulas	27
		Módulo 08: Cálculos Estequiométricos	31
Frente	C	Módulo 05: Compostos Aromáticos	37
		Módulo 06: Álcoois, Fenóis e Éteres	41
		Módulo 07: Aldeídos e Cetonas	44
		Módulo 08: Ácidos e Sais Carboxílicos	48

# COMENTÁRIO E RESOLUÇÃO DE QUESTÕES

## MÓDULO – A 05

### Classificação Periódica

### Exercícios de Aprendizagem

#### Questão 01 – Letra E

**Comentário:** Pt, Au e Hg apresentam números atômicos consecutivos, porque se encontram em sequência num mesmo período. Li, Na e K têm reatividades semelhantes, pois pertencem à mesma família. Ne, Ar e Kr, à temperatura ambiente, são gases nobres, portanto, se encontram no mesmo estado físico (gasoso).

#### Questão 02 – Letra E

**Comentário:** Nas colunas, que podem ser chamadas de grupos ou famílias, estão dispostos os elementos com propriedades químicas parecidas, relacionadas pela mecânica quântica em função das semelhanças na estrutura eletrônica dos átomos. O fósforo e o arsênio são elementos químicos que pertencem à família 15 da tabela periódica e, por isso, compartilham algumas propriedades semelhantes.

#### Questão 03 – Letra B

**Comentário:** Como a distribuição eletrônica dos quatro elementos químicos termina em subníveis s e p, conclui-se que são todos elementos representativos. Nos metais alcalinos, a configuração eletrônica termina em  $ns^1$  e nos metais alcalinoterrosos em  $ns^2$ . Já os gases nobres são caracterizados por uma configuração terminada em  $ns^2 np^6$ . Assim, o elemento I é um metal alcalino, o III é um gás nobre e o IV é um metal alcalinoterroso. O elemento II possui distribuição eletrônica irregular terminada em  $ns^1 (n-1)d^5$ , que é característica dos elementos da família 6. Portanto, o elemento II não é um metal alcalino.

#### Questão 04 – Letra C

**Comentário:** O elemento X, de número atômico igual a 36, cuja configuração eletrônica é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ , possui 8 elétrons de valência ( $4s^2 4p^6$ ). Esse elemento é o criptônio (Kr), que pertence à família dos gases nobres. O elemento Y, de número atômico igual a 19, cuja configuração eletrônica é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ , possui 1 elétron de valência ( $4s^1$ ). Esse elemento é o potássio (K), que pertence à família dos metais alcalinos. Ambos pertencem ao quarto período da tabela periódica.

#### Questão 05 – Letra A

**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das propriedades, relacionando-as às respectivas famílias.

- I. Os gases nobres são os únicos elementos cujos átomos são encontrados isolados (não fazem ligações interatômicas) na natureza.
- II. Os metais alcalinos, ao reagirem com a água, produzem uma solução aquosa básica e gás hidrogênio.
- III. Os halogênios são encontrados na natureza, geralmente, na forma de sais.

#### Questão 06 – Letra C

**Comentário:** Com base nos critérios de classificação, a letra X corresponde a um elemento cuja massa atômica é aproximadamente igual à média aritmética das massas atômicas dos outros dois elementos da mesma tríade, conforme explicitado a seguir:

$$\frac{M(S) + M(Te)}{2} = \frac{32,1 \text{ g.mol}^{-1} + 127,6 \text{ g.mol}^{-1}}{2} = 79,85 \text{ g.mol}^{-1}$$

As massas atômicas, em  $\text{g.mol}^{-1}$ , dos elementos apresentados nas alternativas são O = 16, As = 75, Se = 79 e Po = 209. Assim, dentre os elementos apresentados, o selênio (Se) é o que apresenta a massa atômica mais próxima da média calculada. Além disso, tal elemento apresenta configuração eletrônica da camada de valência igual às demais configurações eletrônicas dos elementos da tríade, e, por isso, compartilham algumas propriedades químicas.

#### Questão 07 – Letra D

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

- I. Substâncias simples são aquelas formadas por átomos de um único elemento químico.
- II. Substâncias diatômicas são aquelas constituídas por dois átomos, sejam eles do mesmo elemento ou não.
- III. A atmosfera terrestre é uma camada gasosa que envolve a Terra sendo composta predominantemente de nitrogênio e oxigênio (aproximadamente 99%) e 1% de outros gases, como o argônio, o hélio, o neônio e o dióxido de carbono.
- IV. A família VIA ou família dos calcogênios é aquela formada pelos seguintes elementos da tabela periódica: oxigênio, enxofre, selênio, telúrio e polônio.

Dessa forma, a única substância que atende a todas essas características é o oxigênio ( $O_2$ ).

#### Questão 08 – Letra E

**Comentário:** A configuração eletrônica do elemento químico em questão, referente ao seu último nível, mostra que ele se encontra localizado no 4º período da tabela periódica e na família VA, já que se trata de um elemento representativo e apresenta cinco elétrons em sua camada de valência.

## Exercícios Propostos

### Questão 01 – Letra A

**Comentário:** O elemento que apresenta distribuição eletrônica  $1s^2 2s^2 2p^4$  é o oxigênio. Na tabela periódica, esse elemento químico está localizado no 2º período, na família 6A.

### Questão 02 – Letra A

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

- A) Incorreta. O ferro, em seu estado fundamental, apresenta o elétron mais energético em um subnível d, o que faz com que ele seja classificado como um metal de transição externa.
- B e D) Corretas. Conforme visto em sua distribuição eletrônica, o fósforo apresenta 5 elétrons em sua camada de valência, típico de elementos pertencentes à família do nitrogênio. Além disso, pela regra do octeto, o fósforo possui a tendência de ganhar 3 elétrons para adquirir estabilidade, o que é característico dos ametais.
- C) Correta. O sódio possui 1 elétron em seu subnível s que é o de valência. Essa é uma característica típica de elementos da família dos metais alcalinos.
- E) Correta. O ferro tem propriedades típicas dos metais, já que apresenta brilho característico, é bom condutor de calor, apresenta elevada condutividade elétrica além de ser dúctil e maleável. O ferro, também, tem a tendência de formar cátions,  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ .

### Questão 03 – Letra C

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

- A e E) Incorretas. O selênio pertence à família dos calcogênios, enquanto iodo e flúor pertencem à família dos halogênios. O selênio apresenta 6 elétrons na camada de valência e não no subnível mais energético. Já o iodo e o flúor apresentam 7 elétrons.
- B) Incorreta. O molibdênio está localizado no 5º período da tabela periódica, logo, nesse metal, há elétrons distribuídos em 5 níveis eletrônicos distintos.
- C) Correta. A distribuição eletrônica dos elementos determina as suas propriedades químicas de tal forma que os pertencentes à mesma família da tabela periódica apresentam o mesmo número de elétrons na camada de valência. Dessa forma, o selênio apresenta propriedades químicas semelhantes ao oxigênio, pois ambos pertencem à família VIA, denominada família dos calcogênios.
- D) Incorreta. Os metais citados são classificados como de transição externa, já que os seus elétrons mais energéticos, quando no estado fundamental, estão localizados no subnível d. Mesmo assim, isso não determina que esse subnível esteja localizado em sua camada de valência.

### Questão 04 – Letra A

**Comentário:** A composição química do fertilizante foi fornecida a partir dos símbolos dos elementos químicos que o constituem. O "N" representa o elemento nitrogênio, o "P" representa o elemento fósforo, o "K" representa o elemento potássio e o enxofre é representado pela letra "S".

### Questão 05 – Letra E

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

- A) Incorreta. O hélio, nas condições normais de temperatura e pressão, é um gás, já que suas partículas apresentam interações intermoleculares fracas e altos valores de energia cinética e potencial.
- B) Incorreta. O elemento hélio apresenta número atômico ( $Z = 2$ ) e massa atômica ( $Z = 4$ ), ou seja, dois prótons e dois nêutrons em seu núcleo.
- C) Incorreta. O hélio está localizado na família VIIIA da tabela periódica e, por isso, é classificado como um gás nobre.
- D) Incorreta. Os gases nobres são inertes, ou seja, não reagem facilmente com outros elementos da tabela periódica.
- E) Correta. O hélio, no seu estado fundamental, apresenta dois prótons e dois elétrons, pois sua distribuição eletrônica é igual a  $1s^2$ .

### Questão 06 – Letra E

**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada um dos elementos citados na questão.

- Chumbo: é um metal que pertence aos elementos representativos e está localizado no 6º período e na família IVA da tabela periódica, apresentando quatro elétrons na camada de valência.
- Arsênio: é um ametal que também pertence aos elementos representativos e está localizado no 4º período e na família VA da tabela periódica, apresentando cinco elétrons de valência.
- Cobre: é um metal de transição localizado na família IB.

Portanto, a resposta correta corresponde à letra E.

### Questão 07 – Letra D

**Comentário:** Os elementos metálicos, em sua maioria, possuem elevada condutividade elétrica, e, por isso, são eficientes para a fabricação de um dispositivo condutor de eletricidade. Dentre os materiais listados na tabela, apenas o ferro (Fe) é um elemento metálico que poderia ser utilizado na fabricação do dispositivo. Os demais elementos apresentados (carbono (C), enxofre (S) e arsênio (As)) são elementos classificados como não metais / ametais, os quais possuem propriedades opostas às dos metais e, portanto, não são condutores elétricos.

### Questão 08 – Letra B

**Comentário:** O metal de maior temperatura de fusão é o W (tungstênio), de número atômico 74. Sua configuração eletrônica é  $[Xe]6s^2 4f^{14} 5d^4$ , e está localizado no 6º período da tabela periódica (o subnível mais externo é o 6s), no grupo 6 dos metais de transição, e possui 2 elétrons de valência (subnível mais externo tem configuração  $6s^2$ ).

**Questão 09 – Letra C**

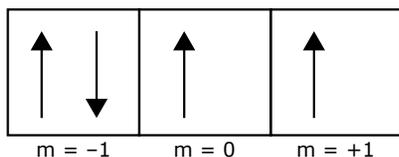
**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O elemento mais leve é o hidrogênio, pois apresenta valor de massa atômica próximo a 1,0. Esse gás não é classificado em nenhum grupo da tabela periódica.
- B) Incorreta. O elemento mais abundante na atmosfera terrestre é o gás nitrogênio, que pertence à família 15 da tabela periódica denominada Família do Nitrogênio.
- C) Correta. O elemento mais abundante no Universo é o hidrogênio, localizado no primeiro período da tabela periódica.
- D) Incorreta. O carbono é o elemento do qual é constituído o diamante e está localizado na família 14, a Família do Carbono.
- E) Incorreta. O oxigênio é o elemento mais abundante na crosta terrestre e está localizado no segundo período da tabela periódica.

**Questão 10 – Letra E**

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

- I. Correta. A distribuição eletrônica desse elemento foi feita para o seu estado fundamental, ou seja, a quantidade de elétrons é igual à sua quantidade de prótons. Logo, ele apresenta 34 prótons em seu núcleo.
- II. Incorreta. O elemento apresenta número atômico igual a 34, que corresponde ao selênio, pertencente à família VIA.
- III. Incorreta. O número quântico magnético indica a orientação dos orbitais no espaço. O subnível 4p apresenta 3 orbitais sendo que o último elétron está localizado, por convenção, em  $m_s = -1$ , conforme representado a seguir:



- IV. Correta. A distribuição eletrônica é feita segundo a ordem crescente de energia. Assim, a camada de valência corresponde ao nível 4, pois no átomo de selênio o subnível 4p é o mais energético e o subnível 4s o menos energético.

**Seção Enem****Questão 01 – Letra C**

**Eixo cognitivo:** III

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** A configuração eletrônica do nióbio, de número atômico igual a 41, é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^3$ . Esse elemento químico pertence ao 5º período e grupo 5 da tabela periódica. O elemento tântalo, cujo número atômico é igual a 73, possui configuração eletrônica igual a  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^3$ . Assim, o elemento tântalo pertence ao 6º período e grupo 5 da tabela periódica. Portanto, os elementos nióbio e tântalo pertencem ao mesmo grupo da tabela periódica e, por isso, possuem propriedades químicas e físicas semelhantes.

**Questão 02 – Letra C**

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

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

- A) Incorreta. As massas molares do fósforo e do arsênio são muito diferentes. Isso pode ser verificado observando-se os valores das massas atômicas desses elementos na tabela periódica. A massa do arsênio é mais que o dobro da massa do fósforo:
- $$M(P) = 30,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$
- $$M(As) = 74,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$
- B) Incorreta. O elemento químico fósforo pode formar substâncias simples diferentes denominadas alótropos. O fósforo branco é formado por um átomo de fósforo ligado a outros três átomos. O fósforo vermelho é uma espécie de polímero do primeiro. O arsênio, por sua vez, forma uma substância simples cuja coloração característica é acinzentada, característica de substâncias metálicas.
- C) Correta. A similaridade química entre dois elementos representativos está relacionada com a distribuição eletrônica desses elementos, pois a quantidade de elétrons de valência determina como esses elementos reagem com um elemento de referência. Essa similaridade pode ser verificada pela posição em que os elementos se encontram na tabela periódica. Assim, como o fósforo e o arsênio estão localizados em uma mesma família na classificação periódica, pode-se afirmar que esses elementos têm configurações eletrônicas semelhantes e, conseqüentemente, propriedades químicas similares.
- D) Incorreta. Os elementos químicos em questão apresentam diferentes números atômicos, ou seja, diferentes números de prótons em seus núcleos. Portanto, o número de partículas nos núcleos atômicos do fósforo e do arsênio são diferentes.
- E) Incorreta. O fósforo é um elemento ametalico e faz parte da estrutura do DNA. Já o arsênio é um elemento semimetálico, com características intermediárias entre os metais e os ametais. Essas características não são determinantes para prever se é possível a fixação desses elementos na estrutura do DNA.

**Questão 03 – Letra E**

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** O elemento que foi substituído pelo arsênio na constituição do DNA das bactérias deve possuir propriedades químicas semelhantes a ele. Sabe-se que elementos pertencentes ao mesmo grupo ou família na tabela periódica possuem propriedades químicas e físicas similares por apresentarem semelhanças em suas configurações eletrônicas. Dessa forma, dentre os elementos citados, o fósforo é o elemento que foi substituído no DNA, por estar localizado na família VA, mesma família do arsênio.

# MÓDULO – A 06

## Propriedades Periódicas

### Exercícios de Aprendizagem

#### Questão 01 – Letra A

**Comentário:** O raio atômico é uma propriedade periódica que depende tanto da carga nuclear efetiva quanto da quantidade de níveis eletrônicos, aumentando à medida que os números de níveis de energia do átomo aumentam e diminuindo com o aumento da carga nuclear efetiva. Já o raio atômico varia de acordo com a localização de um elemento na tabela periódica. Em cada coluna, de cima para baixo, o raio atômico tende a crescer. Essa tendência resulta, basicamente, do aumento do número quântico principal dos elétrons mais externos associado ao aumento dos números de níveis eletrônicos ocupados. Já em cada período, o raio atômico tende a diminuir quando vamos da esquerda para a direita, fazendo com que a ordem crescente em relação ao raio atômico desses elementos seja a seguinte:

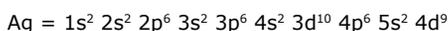


Portanto, o metal que pertence a esse grupo e que possui essas características é o ferro.

#### Questão 02 – Letra C

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

A) Incorreta. A prata se localiza no 5º período da tabela periódica e apresenta 2 elétrons na camada de valência, conforme a distribuição eletrônica a seguir:

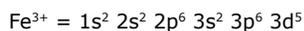


B) Incorreta. Os metais alcalinos, representantes da família 1ª, apresentam 1 elétron na camada de valência, formando cátions monovalentes.

C) Correta. A eletrosfera de um átomo não apresenta um limite determinado e, por isso, a medida do raio atômico normalmente é realizada com uma técnica denominada de difração de raios X, que permite mensurar a distância entre dois núcleos de determinado átomo.

D) Incorreta. Um átomo, quando perde elétrons, é denominado cátion. Em uma espécie desse tipo, a quantidade de prótons permanece a mesma e a quantidade de elétrons diminui, o que faz com que a carga nuclear efetiva aumente. Assim, o raio de um átomo no estado fundamental é sempre maior que o raio do respectivo cátion.

E) Incorreta. O cátion  $\text{Fe}^{3+}$  perde 2 elétrons do subnível 4s e apenas um elétron do subnível 3d o que faz com que os elétrons no subnível d fiquem desemparelhados, conforme a distribuição eletrônica dessa espécie a seguir:



#### Questão 03 – Letra D

**Comentário:** Os elétrons mais externos de um átomo são menos sujeitos à atração do núcleo positivo. Por isso, requerem menos energia para sua remoção do átomo do que os elétrons mais internos. Pela análise do gráfico, percebe-se que a energia necessária para retirar um elétron do átomo do metal considerado é sempre maior que a gasta para retirar o elétron anterior. Isso acontece porque, com a retirada de um elétron, a força de atração entre o núcleo e os elétrons restantes se torna mais intensa, sendo mais difícil a remoção de um segundo elétron. Pode-se observar, também, que a quarta energia de ionização é muito maior que a terceira, o que se explica pelo fato de o quarto elétron se encontrar em um nível de energia mais interno que os três anteriores, estando, dessa forma, mais sujeito à ação do núcleo. Conclui-se, portanto, que os átomos do metal considerado possuem três elétrons de valência e, como esse elemento pertence ao terceiro período da tabela periódica, o gráfico se refere ao metal alumínio, cuja configuração eletrônica é dada por  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ . Assim, a alternativa C está correta, e a D está incorreta.

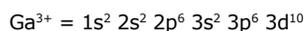
Entre os elementos de um mesmo período, os metais são aqueles que apresentam os maiores raios e as menores afinidades eletrônicas. Logo, as alternativas A e B estão corretas.

#### Questão 04 – Letra D

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

I. Incorreta. Em cada coluna, de cima para baixo, o raio atômico tende a crescer. Essa tendência resulta, basicamente, do aumento do número quântico principal dos elétrons mais externos associado ao aumento dos números de níveis eletrônicos ocupados, fazendo com que o zinco apresente menor raio atômico que o bário, visto que ele está localizado no 4º período, enquanto o bário pertence ao 6º.

II. Correta. Íons e átomos isoeletrônicos possuem o mesmo número de níveis preenchidos e de elétrons. Dessa forma, para determinar se  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Ga}^{3+}$  são isoeletrônicos, vamos analisar a configuração eletrônica de cada uma dessas espécies.



Como ambas as espécies apresentam a mesma configuração eletrônica, tratam-se de espécies isoeletrônicas.

III. Correta. O bário apresenta o maior raio atômico dentre os elementos citados e, portanto, a atração do núcleo do átomo pela camada de valência será menor. Assim, a energia necessária para retirar um elétron do nível mais externo do átomo neutro e isolado, no estado gasoso, também será menor.

#### Questão 05 – Letra D

**Comentário:** A etapa I representa a primeira energia de ionização do sódio, ou seja, a energia que deve ser fornecida para retirar o elétron mais externo do átomo neutro de sódio no estado gasoso; logo, o processo é endotérmico (absorve energia). A etapa II representa a afinidade eletrônica do cloro, ou seja, a energia liberada por um átomo neutro de cloro no estado gasoso, quando ele incorpora um elétron adicional; logo, o processo é exotérmico (libera energia).

**Questão 06 – Letra C**

**Comentário:** A eletronegatividade é a medida da tendência relativa que os átomos têm de atrair elétrons em uma ligação química. Essa propriedade aumenta conforme a diminuição do raio atômico, sendo que, em cada coluna, de cima para baixo, o raio atômico tende a crescer. Essa tendência resulta, basicamente, do aumento do número quântico principal dos elétrons mais externos associado ao aumento dos números de níveis eletrônicos ocupados. Em cada período, o raio atômico diminui da esquerda para a direita, sendo o principal motivo o aumento da carga nuclear efetiva. Portanto, o magnésio é o elemento que apresenta maior raio atômico e, conseqüentemente, menor eletronegatividade.

**Questão 07 – Letra B**

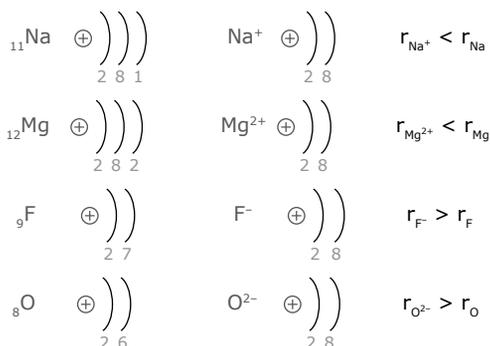
**Comentário:** Nos períodos, a densidade aumenta das extremidades para o centro. Logo, entre os elementos K, Co, As e Br, o Co é o mais denso. Já a eletronegatividade cresce da esquerda para a direita, em um mesmo período na tabela periódica. Portanto, o elemento mais eletronegativo, dentre os citados, é o Br.

**Questão 08 – Letra D**

**Comentário:** A eficiência do equipamento está relacionada à facilidade com que os elétrons são retirados da célula fotoelétrica. Assim, a energia de ionização que é a energia necessária para retirar um elétron do nível mais externo dos átomos, deve ser baixa.

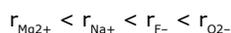
**Exercícios Propostos****Questão 01 – Letra E**

**Comentário:** A seguir, apresentam-se as configurações eletrônicas, em níveis de energia, para os átomos dos elementos e seus respectivos íons citados na questão:



O raio de um cátion é sempre menor que o raio do respectivo átomo neutro. Já um ânion tem raio maior que o respectivo átomo neutro.

Numa comparação entre espécies isoeletrônicas (mesmo número de elétrons), tem menor raio a espécie que apresenta a maior carga nuclear. Logo,

**Questão 02 – Letra C**

**Comentário:** O potencial de ionização é a energia necessária para remover um elétron de um átomo isolado no estado gasoso. Os valores da energia de ionização aumentam à medida que os elétrons são retirados da espécie química, visto que aumenta a atração exercida pelo núcleo sobre os elétrons. Portanto, a ordem correta dos valores de energia de ionização são: 578 kJ, 1 820 kJ e 2 750 kJ.

**Questão 03 – Letra B**

**Comentário:** De forma geral, os elementos de maiores raios são aqueles que apresentam as menores eletronegatividades e as menores energias de ionização, o que facilita a retirada de elétrons.

**Questão 04 – Letra D**

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

- A) Incorreta. O elemento I está localizado no grupo 8 da tabela periódica ou na família VIII B.
- B) Incorreta. O elemento II está localizado na família IA, denominada metais alcalinos.
- C) Incorreta. O elemento III está localizado na família IVA e, por isso, apresenta 4 elétrons em sua camada de valência. Conseqüentemente, a configuração eletrônica termina em  $ns^2 np^2$ .
- D) Correta. O elemento II é um metal e o elemento IV é um ametal, logo, eles podem realizar ligação iônica, pois o metal possui tendência em perder elétrons, formando cátions, e o ametal tem a tendência de ganhar elétrons, formando ânions.
- E) Incorreta. O elemento V pertence à família dos gases nobres que, por apresentarem configuração eletrônica estável, apresentam altos valores de energia de ionização.

**Questão 05 – Letra B**

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

- I. Incorreta. A eletronegatividade é a medida da tendência que os átomos têm de atrair elétrons em uma ligação química e relaciona-se com o raio de forma inversamente proporcional.
- II. Incorreta. Afinidade eletrônica é a energia liberada por um átomo neutro, isolado e no estado gasoso, quando incorpora um elétron adicional. Seus valores crescem no mesmo sentido do crescimento da eletronegatividade e da energia de ionização. Dessa forma, quanto menor o raio, maior é a afinidade eletrônica.
- III. Correta. Potencial de ionização é a energia necessária para retirar um elétron do nível mais externo de um átomo neutro e isolado, no estado gasoso.

- IV. Correta. Os valores dos raios atômicos nos permitem observar que, em cada coluna, o raio atômico tende a crescer à medida que descemos e isso está associado ao aumento dos números de níveis eletrônicos ocupados. Além desse fator, nota-se que, em cada período, o raio atômico tende a diminuir quando vamos da esquerda para a direita. O principal fator é o aumento da carga nuclear efetiva ( $Z_{ef}$ ) à medida que a movemos ao longo do período.

### Questão 06 – Letra D

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

- A) Correta. Energia de ionização é a energia necessária para retirar um elétron do nível mais externo de um átomo neutro e isolado, no estado gasoso. Assim, quanto maior essa energia, mais fortemente o elétron estará atraído pelo núcleo.
- B) Correta. A perda de um elétron implica um aumento da carga efetiva do núcleo, ou seja, quando a espécie química se torna mais positivamente carregada, a energia necessária para retirar outro elétron é maior.
- C) Correta. A energia de ionização é uma propriedade inversamente proporcional ao raio atômico, ou seja, quanto menor o raio atômico, maior é a energia de ionização e vice-versa.
- D) Incorreta. A energia de ionização é uma propriedade periódica que aumenta da esquerda para direita e de baixo para cima na tabela periódica.

### Questão 07 – Letra D

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

1. Correta. Os metais apresentam elétrons com alta mobilidade, o que explica a forma com que a condução de eletricidade e calor seja eficiente.
2. Incorreta. Os metais possuem baixos valores de eletronegatividade, pois esses elementos exercem baixa atração pelos seus elétrons de valência e formam cátions metálicos com maior facilidade.
3. Correta. Os metais tendem a doar elétrons para formar cátions, pois a energia de ionização (energia necessária para retirar os elétrons de um átomo de um metal no estado gasoso) é baixa.
4. Correta. Os metais, em sua grande maioria, excluindo os nobres, reagem com o oxigênio da atmosfera formando os respectivos óxidos metálicos. Alguns óxidos formados deterioram as propriedades do metal enquanto outros o protegem criando uma camada protetora denominada camada passivadora.

### Questão 08 – Letra D

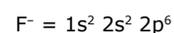
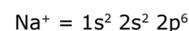
**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- I. Correta. A energia de ionização é uma propriedade periódica que cresce na tabela de baixo para cima e da esquerda para a direita em direção ao elemento flúor. Como esse elemento é muito eletronegativo, ou seja, atrai fortemente seus elétrons, a energia de ionização (energia necessária para retirar um elétron de um átomo em seu estado gasoso) também é elevada. Assim, a energia de ionização do oxigênio é maior se comparada com a do carbono e do silício.
- II. Incorreta. O oxigênio se localiza no segundo período da família VIA, enquanto o carbono e o silício se localizam no segundo e terceiro período, respectivamente, da família IVA. O oxigênio e o carbono possuem duas camadas eletrônicas ocupadas, enquanto o silício possui três. Logo, o raio do silício é maior.
- III. Incorreta. A eletronegatividade é a medida da tendência relativa que os átomos têm de atrair elétrons em uma ligação química. É uma propriedade periódica que cresce na tabela de baixo para cima e da esquerda para a direita de forma que átomos com menos camadas eletrônicas ocupadas são mais eletronegativos. Assim, o carbono, que tem duas camadas ocupadas, é mais eletronegativo que o silício, que possui três.
- IV. Incorreta. *Vide* comentário da afirmativa I.
- V. Incorreta. Como o silício apresenta três camadas eletrônicas ocupadas e o carbono e o oxigênio possuem duas, o raio do silício é o maior.

### Questão 09 – Letra A

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

- A) Correta.  $\text{Na}^+$  e  $\text{F}^-$  são espécies isoeletrônicas que possuem o mesmo número de níveis preenchidos e de elétrons, conforme representado a seguir:



- Nos cátions, a quantidade de prótons permanece a mesma e a quantidade de elétrons diminui, o que faz com que a carga nuclear efetiva seja maior na espécie  $\text{Na}^+$  em relação à espécie  $\text{F}^-$ , pois o número atômico do sódio é maior que o do flúor.
- B) Incorreta. A carga nuclear de uma espécie é dada pela quantidade de prótons que existem no núcleo. Assim, os átomos e seus ânions correspondentes apresentam a mesma carga nuclear, pois ambos apresentam o mesmo número de prótons.
- C) Incorreta. O raio atômico depende da carga nuclear efetiva e da quantidade de níveis eletrônicos que ele apresenta. Assim, em espécies isoeletrônicas, aquele que tiver menor carga nuclear efetiva, conseqüentemente, terá o maior raio.
- D) Incorreta. Os metais possuem tendência em perder elétrons, ou seja, formar cátions, enquanto os ametais apresentam a tendência de ganhar elétrons, ou seja, formar ânions.

**Questão 10 – Letra B**

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

- A) Incorreta. Eletonegatividade é uma propriedade periódica que indica a tendência de um átomo em atrair elétrons compartilhados em uma ligação química. Os gases nobres não apresentam tendência em receber ou doar elétrons e, por isso, essa é uma propriedade indefinida para esses elementos. Logo, não é possível fazer uma comparação com a família dos metais alcalinos.
- B) Correta. A penúltima coluna da tabela periódica (família dos halogênios) apresenta os elementos com os maiores valores de eletonegatividade. Assim, flúor, cloro, bromo e iodo, elementos dessa família, possuem forte tendência em atrair os elétrons da ligação covalente ou em ganhar os elétrons cedidos por outros elementos menos eletonegativos em um processo de transferência de elétrons formando ânions.
- C) Incorreta. Como a tendência de crescimento de eletonegatividade na tabela é de baixo para cima e da esquerda para a direita, na direção do flúor, os elementos que apresentam menor número de camadas eletrônicas ocupadas são os que possuem maiores valores de eletonegatividade. Isso ocorre, pois, com menos camadas eletrônicas, os elétrons estarão mais próximos do núcleo atômico e serão mais fortemente atraídos por ele.
- D) Incorreta. Em uma mesma família, os valores de eletonegatividade tendem a diminuir à medida que o número atômico dos elementos aumenta, ou seja, de cima para baixo. Porém, na família do carbono, essa tendência não é regular, visto que, do carbono para o silício, esse valor decresce.
- E) Incorreta. Os elementos boro, germânio e antimônio possuem o mesmo valor de eletonegatividade, apesar de não possuírem o mesmo número de elétrons de valência e se localizam em famílias diferentes da tabela periódica.

**Questão 11 – Letra D**

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

- I. Incorreta. A energia de ionização é uma propriedade periódica que cresce na tabela de baixo para cima e da esquerda para a direita em direção ao flúor. Como os metais alcalinos estão em direção oposta ao flúor, esses elementos possuem baixos valores de energia de ionização, ou seja, os metais têm facilidade em liberar seus elétrons e formar cátions metálicos, por isso, a energia de ionização desses elementos é baixa.
- II. Incorreta. O raio atômico é determinado como sendo a metade da distância de dois átomos vizinhos. Por outro lado, o raio covalente é definido como sendo a metade da distância entre os núcleos dos átomos ligados covalentemente em uma molécula diatômica. O raio covalente tende a ser menor pois a formação da ligação química se dá com a aproximação dos átomos e a hibridização dos orbitais atômicos.

III. Correta. Os elementos da família VIIA, também chamada de família dos halogênios, é constituída de elementos não metálicos e, por isso, apresentam alta eletonegatividade, ou seja, possuem alta afinidade por elétrons, atraindo-os com maior intensidade em uma ligação covalente ou recebendo-os para formação de ânions.

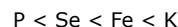
IV. Correta. *Vide* comentário da afirmativa III.

**Questão 12 – Letra D**

**Comentário:** O cobre e o alumínio são elementos químicos metálicos, sendo o cobre um metal de transição e o alumínio um metal representativo. Ambos possuem baixos valores de eletonegatividade, ou seja, os núcleos atômicos de ambos atraem fracamente os seus elétrons, podendo doá-los com facilidade e formar cátions. Esses elementos possuem ainda baixa energia de ionização e alta eletropositividade.

**Questão 13 – Letra B**

**Comentário:** O raio atômico é uma propriedade periódica que depende da carga nuclear efetiva e do número de níveis eletrônicos que a espécie possui. O fósforo é a espécie que apresenta o menor raio atômico, pois possui 3 níveis de energia, enquanto selênio, ferro e potássio apresentam 4 níveis. Já a energia de ionização é uma propriedade inversa ao raio atômico, ou seja, quanto menor o raio atômico, maior é a atração do núcleo pela eletrosfera e, conseqüentemente, maior é a energia para retirar o primeiro elétron da camada de valência. Em cada coluna, de cima para baixo, o raio atômico tende a crescer. Essa tendência resulta, basicamente, do aumento do número quântico principal dos elétrons mais externos associado ao aumento dos números de níveis eletrônicos ocupados e, portanto, a ordem crescente do raio atômico dos elementos citados é a seguinte:

**Questão 14 – Letra E**

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

- A) Incorreta. Segundo o modelo de Bohr, o período da tabela periódica é o que indica o nível eletrônico que está sendo preenchido.
- B) Incorreta. Energia de ionização é a energia necessária para retirar um elétron do nível mais externo de um átomo neutro e isolado, no estado gasoso, o que corresponde ao elétron mais fracamente ligado ao núcleo.
- C) Incorreta. O raio atômico diminui com o aumento da carga nuclear efetiva dos elementos, quando vamos da esquerda para a direita, na tabela periódica. Assim, a energia de ionização aumenta.
- D) Incorreta. O raio atômico diminui, em cada período, quando vamos da esquerda para a direita, devido ao aumento da carga nuclear efetiva. Assim, como os átomos de sódio e cloro estão localizados no mesmo período, aquele que estiver localizado mais à direita apresentará maior energia de ionização, pois os elétrons da camada de valência estarão mais fortemente atraídos pelo núcleo.
- E) Correta. A energia de ionização é uma propriedade periódica inversamente proporcional ao raio atômico.

### Questão 15 – Letra C

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

- A) Incorreta. Afinidade eletrônica é uma propriedade periódica que corresponde à energia liberada quando um mol de átomos no estado gasoso recebe um mol de elétrons. A tendência de crescimento na tabela é de baixo para cima e da esquerda para a direita. Dessa forma, de todos os elementos do quinto período, o flúor é o que possui maior afinidade eletrônica, ou seja, possui maior tendência em receber o elétron e, por isso, libera maior quantidade de energia.
- B) Incorreta. Elementos que se localizam no mesmo período da tabela periódica apresentam o mesmo número de níveis eletrônicos preenchidos. Assim, para os elementos químicos apresentarem as mesmas propriedades químicas é necessário que possuam o mesmo número de elétrons de valência, ou seja, que estejam localizados no mesmo período da tabela.
- C) Correta. O raio do ânion  $I^-$  é maior que o raio do cátion  $Rb^+$ , pois, além do iodo apresentar maior número de camadas ocupadas, ao receber um elétron, sua camada de valência aumenta de tamanho para acomodá-lo, o que faz com que o seu ponto de fusão seja maior que o do rubídio.
- D) Incorreta. O rubídio e o iodo estão localizados no quinto período da tabela periódica, ou seja, possuem o mesmo número de camadas eletrônicas ocupadas. Além disso, o raio covalente (corresponde à metade da distância entre os dois núcleos de dois átomos ligados covalentemente em uma molécula diatômica) do rubídio é maior que o do iodo.
- E) Incorreta. A energia de ionização corresponde à energia mínima necessária para retirar um elétron do nível mais externo de um átomo neutro e isolado, no estado gasoso. Assim, elementos que apresentam elevada afinidade por elétrons terão alta energia de ionização. Como o iodo é um ametal e o rubídio é um metal, a energia de ionização do iodo será maior, já que esse elemento tem mais afinidade por elétrons que o rubídio. Além disso, o iodo está mais próximo do flúor que é o elemento que possui a maior energia de ionização.

### Questão 16 – Letra B

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

- A) Incorreta. A dopagem de semicondutores consiste em adicionar “impurezas químicas” a esses materiais alterando as suas propriedades de condução de corrente elétrica. Para a dopagem deve-se levar em consideração a valência do elemento e não o raio atômico, ou seja, para que um elemento possa ser utilizado nesse processo é necessário que o número de elétrons na última camada seja igual ou bem próximo.

- B) Correta. O índio é um metal representativo localizado na família IIIA e no quinto período da tabela periódica. Assim, seus três elétrons de valência estarão na quinta camada eletrônica nos subníveis  $5s^2$  e  $5p^1$ .
- C) Incorreta. A energia de ionização cresce da esquerda para a direita e de baixo para cima na tabela. Assim, os elementos mais próximos do flúor terão maiores energias de ionização. Na mesma família, o elemento que possui menos camadas eletrônicas ocupadas é o que terá maior energia de ionização. Como o índio possui 5 camadas preenchidas, enquanto o tálio possui 6 camadas ocupadas, a energia de ionização do índio é maior.
- D) Incorreta. A distribuição eletrônica no estado fundamental do átomo índio é  $[Kr] 4d^{10} 5s^2 5p^1$ . Assim, ao se formar a espécie  $In^{3+}$  sua distribuição eletrônica será  $[Kr] 4d^{10}$ .
- E) Incorreta. A tendência de crescimento do ponto de fusão na tabela periódica é de cima para baixo e para o centro, em direção ao tungstênio que é o elemento que possui o maior ponto de fusão. Como o índio e o tálio estão localizados na família IIIA, relativamente próximo ao tungstênio, eles possuem os maiores pontos de fusão se comparado com os demais elementos da mesma família.

### Questão 17

**Comentário:**

- A) Os elementos de número atômico 2, 8 e 10 são pertencentes à família dos gases nobres. Por esse motivo, apresentam o nível de valência completo, o que faz com que a energia necessária para retirar elétrons seja elevada.
- B) No intervalo entre  $Z=3$  e  $Z=10$ , ocorre o aumento da carga nuclear dos átomos, o que provoca o aumento da atração núcleo-elétron e o consequente aumento na energia de ionização.
- C) O elemento de  $Z=19$  é um metal que apresenta apenas 1 elétron de valência, assim como os de  $Z=11$ ,  $Z=3$  e  $Z=1$ . À medida que o número atômico cresce, em uma mesma família, mais fracamente será a interação núcleo-elétron e, consequentemente, menor será o potencial de ionização.
- D) Para formar um ânion, o átomo deve receber um elétron, ou seja, deve apresentar expressiva eletronegatividade. Logo, o elemento que possui maior tendência a formar um ânion é o de  $Z=9$ .

## Seção Enem

### Questão 01 – Letra C

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** Para o processo mencionado, os átomos de flúor devem atrair intensamente os elétrons do nível de valência dos átomos de xenônio. A propriedade do flúor que justifica esse processo é a eletronegatividade.

**Questão 02 – Letra C****Eixo cognitivo:** III**Competência de área:** 7**Habilidade:** 26

**Comentário:** A interferência dos íons  $\text{Cd}^{2+}$  nos processos biológicos acontece quando há a competição destes com outros íons que possuem características semelhantes. A carga do íon é um fator importante na determinação de sua toxicidade, pois as interações químicas desses íons com os sítios de enzimas que participam de processos metabólicos, por exemplo, são diretamente influenciadas pela carga. Além disso, um íon de raio grande não interfere com eficácia em processos bioquímicos que ocorrem com a presença de íons pequenos. Assim, para que a interferência dos íons  $\text{Cd}^{2+}$  nos processos biológicos seja eficaz, é necessário que estes íons apresentem carga e raio semelhantes a de outros íons que atuam em processos biológicos. Um exemplo seria a substituição dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  pelos íons  $\text{Cd}^{2+}$ , uma vez que as cargas desses dois íons são iguais e os raios iônicos têm valores muito próximos [ $r(\text{Ca}^{2+}) = 100 \text{ pm}$  e  $r(\text{Cd}^{2+}) = 103 \text{ pm}$ ], o que provocaria uma doença nos ossos.

**Questão 03 – Letra C****Eixo cognitivo:** I**Competência de área:** 7**Habilidade:** 24

**Comentário:** A eletronegatividade é uma propriedade dos átomos dos elementos químicos. A bauxita é um minério de alumínio cujo principal componente é o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e, portanto, não apresenta eletronegatividade.

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

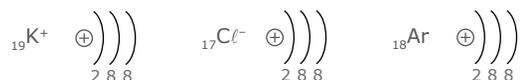
**Comentário:** O sabão, por ser um sal orgânico de sódio e potássio, interage tanto com moléculas apolares (como as gorduras), devido à sua parte orgânica, quanto com moléculas polares (como a água), devido à sua parte polar, o que justifica seu poder de limpeza e sua facilidade em se dissolver na água. Quando ele entra em contato com a água, ocorre a dissociação em cátions de metais alcalinos e ânion orgânico.

No caso da água dura, que possui elevadas concentrações de íons cálcio e magnésio, o sabão não é tão eficiente. Isso ocorre devido à sua precipitação, já que o ânion orgânico gerado na dissociação tende a se associar novamente, porém com os íons de metais alcalinos terrosos da própria água. Esses íons possuem uma maior carga e estabelecem uma ligação iônica mais intensa com o ânion orgânico se comparado com os íons sódio e potássio, que possuem uma menor carga. Isso diminui o poder de eficiência do sabão.

**MÓDULO – A 07****Ligações Iônicas****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra D**

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

A) Correta. As configurações eletrônicas das espécies  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Ar}$  são:



Logo, as espécies são isoeletrônicas.

- B) Correta. Um ânion é sempre maior que seu respectivo átomo, já que ambos possuem a mesma carga nuclear; porém, o ânion apresenta mais elétrons.
- C) Correta. Energia de ionização é a energia que deve ser absorvida por um átomo para que ele se transforme em cátion.
- D) Incorreta. A ligação iônica é definida como sendo a atração eletrostática entre íons de cargas opostas. Portanto, a formação dessa ligação não envolve, necessariamente, transferência de elétrons.

**Questão 02 – Letra A**

**Comentário:** Os compostos iônicos são formados pelo processo de atração eletrostática entre cátions e ânions. Para a formação desses íons, é necessária a transferência de elétrons entre uma espécie de baixa energia de ionização e outra com alta afinidade por elétrons. Assim, é necessário que os elementos apresentem valores de energia de ionização e eletronegatividades muito distintos entre si.

**Questão 03 – Letra B**

**Comentário:** O raio atômico está relacionado com a distância entre o núcleo de dois átomos que formam um determinado elemento químico. Dessa forma, para determinar o raio da espécie  $\text{Cl}^-$ , basta calcular a média aritmética da distância entre os dois íons cloreto.

- Cálculo do raio da espécie  $\text{Cl}^-$

$$r_{\text{Cl}^-} = \frac{3,62}{2}$$

$$r_{\text{Cl}^-} = 1,81 \text{ \AA}$$

O raio iônico corresponde ao tamanho que um átomo passa a apresentar após a perda ou o ganho de um ou mais elétrons. Assim, de posse do valor do raio espécie  $\text{Cl}^-$ , é possível calcular o raio do íon sódio.

- Cálculo do raio da espécie  $\text{Na}^+$

$$r_{\text{Na}^+} = 2,76 - 1,81$$

$$r_{\text{Na}^+} = 0,95 \text{ \AA}$$

### Questão 04 – Letra A

**Comentário:** As substâncias iônicas são formadas por um retículo cristalino, em que os íons são mantidos em posições mais ou menos fixas por forças eletrostáticas de natureza coulombiana e de caráter não direcional. Isso significa que todos os cátions atraem todos os ânions com forças que dependem de suas cargas e da distância entre eles.

### Questão 05 – Letra B

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

- I. Incorreta. Os compostos iônicos são formados por retículos cristalinos provenientes da atração eletrostática dos íons. Esse retículo não apresenta brilho metálico, pois os compostos iônicos são opacos.
- II. Correta. Os íons em um retículo cristalino estão fortemente ligados por atrações eletrostáticas que mantem o conjunto coeso. Assim, para desfazer esse conjunto é necessário elevada energia, o que faz com que as temperaturas de fusão e de ebulição desses compostos sejam elevadas.
- III. Correta. Quando os compostos iônicos são dissolvidos em água, a água separa os íons, que deixam o retículo cristalino para realizar interações com as moléculas de água formando uma solução eletrolítica. Nesse estado, os íons apresentam maior mobilidade, podendo movimentar dentro de todo o volume da solução, tornando-a boa condutora de calor e eletricidade.
- IV. Correta. Os íons estão fortemente unidos no retículo cristalino devido às ligações iônicas que são fortes, o que faz com que os compostos sejam sólidos à temperatura ambiente.
- V. Incorreta. Os íons podem interagir com as moléculas de água, já que ela promove a separação do retículo cristalino, estabilizando-os em solução.

### Questão 06 – Letra E

**Comentário:** Em uma ligação química em que há grande diferença de eletronegatividade entre os elementos constituintes, um deles apresentará maior tendência em doar elétrons e formar cátions, enquanto o outro apresentará maior tendência em receber elétrons e formar ânions. A atração entre esses cátions e ânions forma compostos iônicos que são sólidos à temperatura ambiente, apresentam altos pontos de fusão e ebulição, e conduzem eletricidade quando no estado líquido ou quando em solução aquosa.

### Questão 07 – Letra E

**Comentário:** Os dois elementos químicos a que o enunciado se refere são o bromo (*Breaking*) e o bário (*Bad*). O bromo é um ametal de alta eletronegatividade e grande tendência em formar o ânion  $\text{Br}^-$ . Por outro lado, o bário é um metal alcalino terroso do sexto período que tem propriedades diferentes do bromo:

apresenta tendência em perder seus elétrons de valência e a formar o cátion  $\text{Ba}^{2+}$  devido à baixa eletronegatividade desse elemento. Logo, a atração entre os dois íons forma o composto iônico brometo de bário, de fórmula  $\text{BaBr}_2$ .

### Questão 08 – Letra D

**Comentário:** Os elementos químicos A e B possuem números atômicos 13 e 16 e correspondem, respectivamente, aos elementos alumínio e enxofre. O alumínio é um metal que possui baixa atração pelos seus três elétrons de valência e, por isso, possui tendência em formar cátions  $\text{Al}^{3+}$ . Já o enxofre é um ametal localizado na família VIA da tabela periódica, possui seis elétrons de valência e, assim, maior afinidade eletrônica e, por isso, tem tendência a receber dois elétrons e formar ânions  $\text{S}^{2-}$ . Logo, a união desses íons resultará no composto iônico  $\text{Al}_2\text{S}_3$  ou  $\text{A}_2\text{B}_3$ .

## Exercícios Propostos

### Questão 01 – Letra C

**Comentário:** O composto químico de caráter iônico mais acentuado é aquele formado pelos elementos que apresentam a maior diferença de eletronegatividade entre eles. Sabendo que a eletronegatividade é uma tendência que aumenta da esquerda para a direita em uma família e de baixo para cima em um período, dentre os elementos apresentados, os que estão mais distantes é o K e o F. Logo, o composto é o de fórmula KF.

### Questão 02 – Letra A

**Comentário:** Os compostos iônicos são formados pela atração eletrostática entre os íons que os constituem. Esses compostos se dissociam em água formando cátions e ânions. Assim, para identificarmos esses compostos iônicos de forma simples basta verificar aquele que é constituído de um metal e um ametal. Dentre os compostos apresentados, apenas a alternativa A apresenta todas as opções que atendem a esse requisito.

### Questão 03 – Letra B

**Comentário:** Os compostos iônicos são formados, em sua grande maioria, por um metal e um ametal, pois esses elementos apresentam grandes diferenças de eletronegatividade. Os metais apresentam baixa eletronegatividade e baixa energia de ionização, o que faz com que percam seus elétrons de valência mais facilmente, formando cátions. Já os ametais têm maior tendência a ganhar elétrons e a formar ânions. Dessa forma, dentre os compostos apresentados, somente o  $\text{NaI}$  e o  $\text{Li}_2\text{O}$  apresentam essas características, visto que os demais possuem mais de um elemento não metálico que se liga por ligações covalentes.

**Questão 04 – Letra C**

**Comentário:** O sulfato ferroso é um composto iônico formado pela união do ânion  $\text{SO}_4^{2-}$  e do cátion  $\text{Fe}^{2+}$ . Esse composto, quando dissolvido em água, dissocia-se conforme a equação a seguir:



Na solução eletrolítica formada, os íons terão mobilidade e, com a aplicação de um campo elétrico, cada uma das espécies será atraída para os polos de carga oposta. No caso da solução de sulfato ferroso, o íon  $\text{Fe}^{2+}$  será atraído pelo polo negativo e o íon  $\text{SO}_4^{2-}$  será atraído pelo polo positivo.

**Questão 05 – Letra B**

**Comentário:** É possível prever as fórmulas químicas de muitos compostos iônicos binários formados pela combinação entre alguns metais representativos e ametais. Para tal, dois aspectos devem ser observados: formação de íons estáveis e obtenção de compostos eletricamente neutros. Assim, para que o composto cuja fórmula é igual a  $\text{X}_2\text{Y}_3$  seja eletricamente neutro, basta inverter os índices para descobrir a valência de cada um dos íons. Portanto, o cátion X apresenta carga 3+ e o ânion Y carga 2-, o que significa que o átomo Y possui 6 elétrons na camada de valência.

**Questão 06 – Letra B**

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

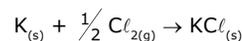
- A) Incorreta. A baixa tenacidade (baixa resistência a choque mecânico) dos compostos iônicos é uma característica intrínseca da rede cristalina formada. Um composto iônico costuma fragmentar-se em cristais menores devido ao fato de que as deformações sofridas pelo cristal, quando submetido a choque mecânico, fazem com que as forças repulsivas, que se encontravam minimizadas, se manifestem.
- B) Correta. A elevada rigidez dos compostos iônicos é consequência do forte grau de interação entre os íons formadores da rede cristalina.
- C) Incorreta. A solubilidade dos compostos iônicos em água está associada aos fatores energéticos (relacionados com a formação e ruptura de interações) e entrópicos (relacionados com a desordem do sistema) que determinam a espontaneidade desse processo. Os fosfatos são insolúveis em água, com exceção dos fosfatos de amônio e dos fosfatos alcalinos, sendo o fosfato de cálcio, portanto, insolúvel em água.
- D) Incorreta. A intensidade da carga dos íons em um composto iônico eleva o grau de interação entre eles, conferindo maior rigidez ao composto.

**Questão 07 – Letra C**

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

- A) Correta. A sublimação do potássio corresponde no diagrama ao segundo e terceiro patamares em que somente o potássio passa do estado sólido para o estado gasoso. Essa transformação ocorre com absorção de  $89 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , que é denominada entalpia de sublimação do potássio.

- B) Correta. A energia necessária para romper a ligação covalente existente entre os átomos de cloro é de  $122 \text{ kJ}$  para meio mol de gás cloro. Logo, a entalpia de ligação do cloro diatômico é  $244 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- C) Incorreta. A variação de entalpia envolvida na formação de um mol de um composto a partir de substâncias simples no estado padrão é denominada entalpia de formação. Para o cloreto de potássio, a reação a ser considerada para determinação da entalpia de formação é a seguinte:



Assim, a entalpia de formação desse composto é  $437 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , conforme mostra a diferença entre o primeiro e segundo patamares.

- D) Correta. A energia absorvida no processo de ionização do átomo de potássio no estado gasoso, ou seja, a energia para retirar o elétron de valência do potássio no estado gasoso é a energia de ionização. Para esse elemento, a energia absorvida nesse processo é de  $418 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- E) Correta. A reação do potássio metálico e do gás cloro para formação do cloreto de potássio é exotérmica, pois ocorre com liberação de  $437 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  de energia.

**Questão 08 – Letra B**

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

- A) Incorreta. O íon flúor e o íon sódio apresentam as mesmas massas que os respectivos átomos neutros, pois os elétrons são partículas que têm massa desprezível e não são capazes de alterar significativamente esses valores. Assim, as massas dos íons são diferentes, conforme representado a seguir:
- $$M(\text{F}^-) = 19 \text{ u.m.a}$$
- $$M(\text{Na}^+) = 23 \text{ u.m.a}$$
- B) Correta. O sódio, em seu estado fundamental, tem 11 elétrons e, ao formar o cátion  $\text{Na}^+$  fica com 10. Já o flúor possui 9 elétrons e com a formação do ânion  $\text{F}^-$  ganha um elétron cedido pelo sódio, ficando, também, com 10 elétrons. Assim, a distribuição eletrônica dos elétrons será a mesma para os íons, pois o número de elétrons é igual em ambas as espécies, ou seja, são isoeletrônicas.
- C) Incorreta. O número atômico é algo característico de cada elemento químico e, por isso, não varia com a formação de íons.
- D) Incorreta. Vide comentário da alternativa A.
- E) Incorreta. Isótopos são átomos que contêm o mesmo número atômico, logo, são átomos de um mesmo elemento químico. Como os íons são de flúor e de sódio, não há possibilidade de serem isótopos.

**Questão 09 – Letra E**

**Comentário:** O lítio é um metal alcalino do segundo período da tabela periódica que possui número atômico 3 e massa atômica igual a  $7 \text{ u.m.a}$ . Apresenta alta reatividade com a água e com o oxigênio do ar produzindo um composto iônico de fórmula  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Reage com os halogênios (elementos da família VIIA), formando compostos iônicos que são bons condutores de eletricidade no estado líquido e em solução aquosa e que possuem elevados pontos de fusão e ebulição. Esses compostos apresentam fórmula genérica LiX em que X representa os elementos flúor, cloro, bromo e iodo.

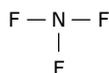
### Questão 10

**Comentário:** O elemento que apresenta maior estabilidade em relação à regra do octeto é o neônio, uma vez que este possui nível de valência completo. O símbolo do elemento cujos átomos possuem o maior número de camadas eletrônicas é o Na (sódio), uma vez que está localizado no 3º período da tabela periódica. A ligação interatômica formada entre Na e F é denominada iônica, que apresenta fórmula química NaF.

### Questão 11

**Comentário:**

- A) Sabendo que a eletronegatividade é uma tendência que aumenta da esquerda para a direita em uma família e de baixo para cima em um período, podemos organizar os elementos apresentados da seguinte maneira:  
F: 3,98; N: 3,04; Mg: 1,31 e Na:0,93.
- B) Mg: metal; grupo 2;  $Mg^{2+}$ ;  
N: não metal; grupo 15;  $N^{3-}$ .  
Composto de fórmula  $Mg_3N_2$ .  
Fórmula estrutural do composto formado com os elementos nitrogênio e flúor:



### Questão 12 – Letra C

**Comentário:** A ligação iônica é formada, geralmente, por um metal e um ametal, pois esses elementos apresentam elevada diferença de eletronegatividade. Pela análise do gráfico e das alternativas, os elementos com diferença de eletronegatividade mais acentuada são os de número atômico 17 e 57.

## Seção Enem

### Questão 01 – Letra A

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

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

- A) Correta. A luz emitida pela lâmpada é produzida quando o filamento de tungstênio, que se encontra no interior do bulbo de vidro, é percorrido por uma corrente elétrica. Este, por sua vez, torna-se incandescente quando sua temperatura atinge valores próximos aos do ponto de fusão do metal (cerca de 3 422 °C). Para que o metal não seja queimado ou entre em combustão, a cápsula de vidro é preenchida com gases inertes, impedindo que haja reação entre o gás e o metal, e evitando a deterioração da lâmpada. Caso contrário, se a cápsula fosse preenchida com ar atmosférico, cujo gás oxigênio encontra-se em sua composição, haveria a oxidação do metal, originando o óxido metálico correspondente.

Esse composto apresenta natureza iônica e, quando incorporado ao metal, reduz a sua capacidade de conduzir corrente elétrica, já que não se trata de um bom condutor quando se encontra no estado sólido. Existe a possibilidade ainda de o filamento se romper quando há a formação do composto iônico, que é quebradiço.

- B) Incorreta. Como se trata de um metal fino, a quantidade de oxigênio gasta para oxidar esse metal é muito pequena. Esse consumo não é suficiente para reduzir drasticamente a pressão dos gases dentro da cápsula. Outro fator importante a ser considerado é a alta temperatura de trabalho da lâmpada, o que ocasiona a expansão dos gases dentro da cápsula de vidro, tornando inviável a sua implosão.
- C) Incorreta. O gás criptônio é um gás inerte, que é inserido no interior da lâmpada em substituição ao ar atmosférico para evitar a reação do oxigênio com os componentes desta. Dessa forma, a reação do criptônio com o oxigênio não ocorre, pois, no interior da lâmpada, não há oxigênio. Porém, se houver oxigênio residual, a reação entre os dois gases se torna pouco favorável, e a emissão de energia térmica, se ocorresse, seria desprezível.
- D) Incorreta. A maior taxa de vaporização do tungstênio dentro da lâmpada está relacionada com o aumento da temperatura de trabalho desta. Essa temperatura em seu interior pode se aproximar da temperatura de fusão do metal, aumentando a vaporização do mesmo. A diminuição da concentração do gás oxigênio, como consequência da oxidação do metal, não interfere nesse processo físico.
- E) Incorreta. Os gases argônio e criptônio são inertes, ou seja, apresentam dificuldade em reagir com outros compostos. Sendo assim, eles não são capazes de oxidar o filamento de tungstênio.

### Questão 02 – Letra B

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** O baixo ponto de fusão do líquido iônico ocorre devido à força da ligação iônica nesse composto, que é menos intensa quando comparada aos compostos iônicos típicos, que apresentam elevada temperatura de fusão. Essa menor intensidade da ligação iônica ocorre em virtude dos grandes raios dos íons formadores, além da baixa carga elétrica, que dificultam a organização desses íons em uma rede organizada.

### Questão 03 – Letra B

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** A forte atração eletrostática entre cátions e ânions favorece a formação de uma rede coesa, o que resulta, em sua grande maioria, em compostos sólidos. Os fatores que influenciam na força da ligação iônica, como a carga dos íons e os seus volumes (influenciam a distância entre os íons), afetam a força da ligação entre os íons no retículo e, portanto, a coesão da rede cristalina. Assim, ligações mais fracas formam redes mais fáceis de serem quebradas, ou não há formação de conjuntos organizados.

Analisando os íons formadores do composto, estes apresentam grande volume e baixa carga elétrica. Esses fatores dificultam a organização desses íons em uma rede organizada, levando o composto iônico resultante a se apresentar no estado líquido à temperatura ambiente.

### Questão 04 – Letra D

**Eixo cognitivo:** IV

**Competência de área:** 5

**Habilidade:** 18

**Comentário:** As propriedades físico-químicas descritas se referem a um composto de natureza iônica. Esses compostos apresentam elevados pontos de fusão e de ebulição devido ao alto grau de interação entre os íons formadores da rede cristalina. A maioria dos compostos iônicos apresenta considerável solubilidade em água e, além disso, não conduzem corrente elétrica no estado sólido, uma vez que, nos sólidos iônicos, os íons não apresentam mobilidade na rede cristalina. A fórmula que melhor representa a substância que apresenta as características descritas é o  $KCl$ , um composto iônico que produz uma solução aquosa neutra.

- B) Correta. Os metais possuem uma rede cristalina mantida coesa por ligações de caráter não direcional, capaz de distribuir a tensão exercida sobre os metais, fazendo com que os mesmos sejam, em geral, muito resistentes à tração.
- C) Correta. A superfície polida de um metal funciona como espelho, refletindo as radiações visíveis que incidem sobre ela sob qualquer ângulo e conferindo-lhe o brilho típico.
- D) Incorreta. Os metais apresentam, em geral, os pontos de fusão relativamente elevados. No entanto, existem exceções, como o mercúrio que é líquido à temperatura ambiente.

### Questão 03 – F V V

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

1. Falso. Os sólidos metálicos são compostos de um arranjo regular de íons positivos, imerso em um mar de elétrons livres.
2. Verdadeiro. Os metais são bons condutores térmicos.
3. Verdadeiro. As ligas metálicas tendem a ser mais duras e resistentes que o metal puro.

## MÓDULO – A 08

### Ligações Metálicas

#### Exercícios de Aprendizagem

##### Questão 01 – Letra E

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

- A) Incorreta. Os metais apresentam elevada condutividade elétrica quando aplicada uma diferença de potencial que promove a ordenação dos movimentos dos elétrons; possui também elevada condutividade térmica devido à movimentação dos elétrons livres, que permite a rápida distribuição de energia pelo sólido.
- B) Incorreta. Os metais no estado elementar são insolúveis em compostos apolares e possuem elevada condutividade térmica e elétrica, conforme explicado na alternativa A.
- C) Incorreta. Os metais no estado elementar são insolúveis em água e possuem elevada condutividade elétrica.
- D) Incorreta. Os metais são excelentes condutores de corrente elétrica e são insolúveis em água quando no estado elementar.
- E) Correta. *Vide* comentário da alternativa A.

##### Questão 02 – Letra D

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

- A) Correta. A ductibilidade é característica típica dos metais, que, em geral, podem ser facilmente transformados em fios.

##### Questão 04 – Letra D

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

- A) Correta. A ductibilidade e a maleabilidade são características das substâncias metálicas. Essas propriedades podem ser explicadas pelo modelo, em que os cátions metálicos estão inseridos em um mar de elétrons livres. Tais propriedades estão relacionadas ao fato de a ligação metálica não ter caráter direcional. Os cátions metálicos de um metal podem deslizar uns pelos outros sem prejuízo das forças atrativas, pois os elétrons estão distribuídos uniformemente e podem acompanhar as mudanças nas posições catiônicas.
- B) Correta. As condutibilidades, tanto a elétrica quanto a térmica, são características dos metais e se devem à mobilidade dos elétrons. Em relação à condutividade elétrica, quando uma diferença de potencial é aplicada em um metal, os elétrons, que antes se movimentavam desordenadamente no cristal, passam a fluir ordenadamente do polo negativo para o polo positivo. Já a alta condutividade térmica dos materiais metálicos ocorre porque a mobilidade dos elétrons permite a rápida distribuição de energia cinética pelo sólido.
- C) Correta. Os metais, comparados aos elementos não metálicos dos mesmos períodos, possuem maiores raios atômicos, o que faz com que a atração do núcleo pelos elétrons de valência seja menor nos elementos metálicos. Assim, menor é a tendência dos átomos metálicos em atrair elétrons em uma ligação e, portanto, os metais possuem baixas eletronegatividades.
- D) Incorreta. O mercúrio é um metal que é líquido nas condições ambientais. Logo, não é correto afirmar que todos os metais estão no estado sólido nessas condições.

### Questão 05 – Letra D

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

- I. Correta. Os metais sólidos são formados por uma rede cristalina bem ordenada e apresentam altos pontos de fusão devido à grande estabilidade dessa rede. Como existe certa facilidade de perda de elétrons pelos metais, de acordo com o modelo do mar de elétrons, o metal se torna um conjunto de cátions mergulhados em um mar de elétrons deslocalizados.
- II. Incorreta. O metal é um bom condutor de calor devido à mobilidade dos elétrons, que permite a rápida distribuição de energia pelo sólido.
- III. Correta. O metal conduz corrente elétrica devido à ordenação de movimento dos elétrons livres quando aplicada uma diferença de potencial.

Portanto, a alternativa correta é a D.

### Questão 06 – Letra A

**Comentário:** A liga metálica formada por mercúrio e outro elemento metálico é denominada amálgama. As ligas compostas por prata-mercúrio são utilizadas principalmente em práticas odontológicas. Já o amálgama formado por ouro-mercúrio é empregado na exploração do ouro.

### Questão 07 – Letra E

**Comentário:** Pode-se imaginar um cristal metálico como um retículo formado por cátions metálicos, no qual os elétrons de valência podem movimentar-se livremente nas três direções do cristal. Dessa forma, uma maneira muito simples para descrever os metais é utilizando-se o modelo mar de elétrons, no qual os elétrons de valência são muito pouco atraídos pelos cátions metálicos. Nenhum elétron individual está confinado a um cátion específico, por isso os elétrons apresentam grande mobilidade. Podemos dizer que os elétrons encontram-se semilivres.

### Questão 08 – Letra D

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

- I. O alumínio é um dos principais metais utilizados atualmente e sofre pouca corrosão porque, quando ele reage com o oxigênio, ocorre a formação de uma substância, o óxido de alumínio, que protege a superfície do metal e evita que o processo de oxidação continue.
- II. O bronze é uma liga metálica constituída por cobre e estanho.
- III. O tungstênio é bastante utilizado em filamentos de lâmpadas incandescentes devido à sua elevada temperatura de fusão, o que lhe permite atingir elevadas temperaturas sem fundir, além de poder ser transformado em fios muito finos.

Portanto, a alternativa correta é a D.

## Exercícios Propostos

### Questão 01 – Letra B

**Comentário:** O ferro é um elemento de transição pertencente à classe dos metais na tabela periódica. Como o ferro é um metal, seus átomos são bons condutores de eletricidade, pois possuem elétrons semilivres que, quando ordenados, constituem a corrente elétrica. Também possui elevado ponto de fusão, uma vez que é necessária grande quantidade de energia para romper as ligações do retículo cristalino do metal.

### Questão 02 – Letra C

**Comentário:** O metal I deve ser o mercúrio, o único metal líquido à temperatura ambiente e que dissolve bem diversos outros metais (como o ouro), formando as amálgamas. O metal II deve ser um metal alcalino, pois apresenta temperatura de fusão relativamente baixa, é macio e reage explosivamente com a água. O metal III é o ferro, o principal constituinte do aço. O metal IV é o alumínio, bastante usado na indústria civil e de embalagens por ser pouco denso e recoberto por uma camada de óxido de alumínio insolúvel e impermeável, que protege o metal da corrosão pelo oxigênio.

### Questão 03 – Letra A

**Comentário:** O bronze é uma liga metálica formada por cobre e estanho. Tais ligas são formadas pela fusão dos metais seguida de resfriamento. Isso possibilita que o sistema resultante seja homogêneo e, portanto, uma solução.

### Questão 04 – Letra B

**Comentário:** Os componentes metálicos, quando submetidos a um campo elétrico, sofrem maior ação deste por apresentarem maior condutividade elétrica. A condutibilidade elétrica dos metais é explicada pela presença de elétrons que apresentam grande mobilidade na estrutura do cristal metálico.

### Questão 05 – Letra D

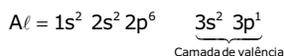
**Comentário:** O açúcar é uma substância molecular e não condutor de corrente elétrica, por não apresentar elétrons deslocalizados ou íons livres quando em solução. Já o cloreto de sódio é um sólido iônico e condutor de corrente elétrica somente quando fundido ou em solução aquosa, pois ocorre o aumento da movimentação dos íons necessária para a condução de energia elétrica. Os metais apresentam boa condutividade elétrica, quando aplicada uma diferença de potencial, pois os elétrons deslocalizados passam a fluir ordenadamente.

### Questão 06 – Letra E

**Comentário:** O aço é uma liga metálica composta principalmente por Fe e C. Logo, apresenta a propriedade de conduzir bem a corrente elétrica, devido à mobilidade dos elétrons na estrutura da liga. Dessa forma, a armação de aço é utilizada para permitir boa condução de eletricidade por toda a estrutura metálica, favorecendo que os minerais da água do mar nelas se prendam, formando uma fina camada de calcário.

**Questão 07 – Letra A**

**Comentário:** O sólido 1 é constituído por  $\text{CaF}_2$  que é um cristal iônico. Já o sólido 2 é uma liga metálica formada por  $\text{AlNiCo}$ . Sólidos iônicos apresentam menor condutividade elétrica quando comparados com um sólido metálico, porque, nesse estado físico, os átomos demonstram apenas movimentos vibracionais, não apresentando, portanto, a mobilidade de cargas elétricas necessária para a condução da corrente elétrica. O átomo de alumínio está localizado no grupo 13 da tabela periódica e possui três elétrons na camada de valência.

**Questão 08****Comentário:**

- A) A alpaca é uma mistura homogênea, uma vez que é possível identificar na liga metálica apenas uma fase. A liga metálica é condutora de eletricidade porque contém elétrons livres em sua estrutura que se movimentam sob ação de um campo elétrico. Essa é uma característica típica dos metais.
- B) Sim. O valor da densidade da alpaca, uma liga formada por cobre, zinco e níquel, é diferente do valor da densidade da prata, uma substância simples.

**Questão 09****Comentário:**

- A) Os compostos iônicos têm estrutura cristalina rígida formada por meio da atração eletrostática entre cátions e ânions, que não se modifica quando eles são submetidos a uma diferença de potencial. Nos retículos cristalinos metálicos, os elétrons de valência não são confinados a cátions específicos e, por isso, apresentam grande mobilidade. Dessa forma, os metais são bons condutores elétricos, pois possuem entidades dotadas de carga e com grande mobilidade (os elétrons), capazes de transmitir uma corrente elétrica.
- B) No estado sólido, os íons presentes na substância iônica estão em um retículo cristalino. Ao serem dissolvidos na água, esses íons são liberados do retículo. Assim, uma solução de substância iônica possui espécies dotadas de carga e com grande mobilidade, o que a torna condutora de corrente elétrica quando é submetida a uma diferença de potencial.

**Questão 10 – Letra A****Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- O metal descrito é o cobre, um dos metais mais antigos de que se tem conhecimento e que, provavelmente, foi o primeiro utilizado pelo homem para a confecção de objetos na Pré-História.
- A liga descrita é o bronze, que é constituído basicamente por cobre e estanho. Essa liga possui grande resistência mecânica e também grande resistência à oxidação. Por isso, era utilizada para a fabricação de ferramentas mais resistentes, como armas utilizadas em guerras.

- O metal e a liga descritos são o ferro e o aço, respectivamente. A extração e o uso do ferro ocorreram após os do cobre e os do bronze. Isso ocorre porque, para a extração e moldagem do ferro, há a necessidade de temperaturas mais elevadas, o que tornou mais complexa a sua produção.
- O metal descrito é o alumínio, bastante usado na indústria civil e de embalagens por ser leve e recoberto por uma camada de óxido de alumínio insolúvel e impermeável, que protege o metal da corrosão pelo oxigênio.

**Questão 11**

**Comentário:** O material que evidencia essas propriedades é um metal. As propriedades que esse material apresenta, como a elevadíssima temperatura de fusão e de ebulição, estão associadas à formação de fortes interações dentro do retículo cristalino de cátions em um mar de elétrons, espécies que compõem os metais. A condutividade térmica dos materiais metálicos pode ser explicada pela mobilidade dos elétrons, que permite a rápida distribuição de energia cinética pelo sólido. Além disso, os metais são insolúveis nos solventes moleculares comuns, tais como a água (solvente polar) ou a gasolina (solvente apolar).

**Seção Enem****Questão 01 – Letra A****Eixo cognitivo:** IV**Competência de área:** 5**Habilidade:** 18

**Comentário:** A palha de aço é um emaranhado de fios leves e finos e a ductibilidade é a facilidade com que o material se transforma em fios finos. Essa propriedade do aço está relacionada ao fato de a ligação metálica não ter caráter direcional e, assim, os cátions metálicos de um metal podem deslizar uns pelos outros sem prejuízo das forças atrativas e podem acompanhar as mudanças nas posições catiônicas.

**Questão 02 – Letra B****Eixo cognitivo:** IV**Competência de área:** 5**Habilidade:** 18

**Comentário:** O ferro é um metal que necessita de maiores temperaturas para a sua extração e moldagem, em relação ao cobre e ao estanho. A extração e o uso do ferro só foi possível a partir do segundo milênio a.C., com a introdução do fole e com o aumento da temperatura da queima.

**MÓDULO – B 05****Estudo Físico dos Gases I****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra A****Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Mantendo-se a pressão constante, com o aumento da temperatura em Kelvin, o volume ocupado pelo gás também aumenta.
- B) Correta. Os gases exercem pressão devido às colisões entre suas partículas e delas com as paredes do recipiente.
- C) Correta. De acordo com a equação geral dos gases, a um volume constante, a pressão exercida por um gás é diretamente proporcional à temperatura em Kelvin.
- D) Correta. Os gases apresentam grande difusão, ou seja, formam misturas homogêneas.

### Questão 02 – Letra D

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

- I. Correta. O estado gasoso se caracteriza por apresentar elevada energia cinética e potencial de suas partículas o que faz com que haja pouca interação entre elas devido ao movimento caótico que executam e dos espaços que há entre elas. Dessa forma, elas ocupam o volume do recipiente que as contêm. Além disso, o gás também é facilmente compressível, ou seja, o seu volume pode ser facilmente reduzido pelo aumento da pressão no sistema.
- II. Correta. A energia cinética de um gás ideal é diretamente proporcional à temperatura absoluta de acordo com a seguinte relação matemática:
 
$$E = (3K.T)/2$$
- III. Correta. A pressão é o somatório das forças em uma determinada área. Assim, a pressão de um gás corresponde a toda a força exercida pelas partículas na parede do recipiente.
- IV. Incorreta. *Vide* comentário da afirmativa III.

### Questão 03 – Letra C

**Comentário:** Como a transformação ocorre à temperatura constante, o gráfico que representa a relação entre a pressão e o volume para uma quantidade fixa de gás é o da alternativa C. Segundo a Lei de Boyle, à temperatura constante, o volume ocupado por determinada massa gasosa é inversamente proporcional à pressão a qual ele está submetido.

### Questão 04 – Letra D

**Comentário:** Em transformações isobáricas, a pressão do sistema é mantida constante. Assim, o volume ocupado por uma determinada massa gasosa varia de forma diretamente proporcional à temperatura.

À temperatura constante (transformações isotérmicas), o volume é inversamente proporcional à pressão. Já em transformações isovolumétricas, a temperatura varia de forma diretamente proporcional à pressão. Assim, para as transformações citadas no enunciado da questão, temos:

- Aumento do volume isobaricamente:
  - Pressão permanece constante
  - Volume aumenta
  - Temperatura aumenta
- Redução do volume isotermicamente:
  - Pressão aumenta
  - Volume diminui
  - Temperatura permanece constante

- Redução da temperatura isovolumetricamente:
  - Pressão diminui
  - Volume permanece constante
  - Temperatura diminui

### Questão 05 – Letra C

**Comentário:** As leis do estado gasoso podem ser manipuladas algebricamente de modo a obtermos uma expressão que é capaz de representar o comportamento de um gás ideal para variações simultâneas de pressão, volume e temperatura. Assim, para que uma expressão seja constante, deve haver uma igualdade entre os estados inicial e final do sistema, conforme representado a seguir:

$$\frac{p.V}{T} = K$$

Para que uma expressão seja constante, deve haver uma igualdade entre os estados inicial e final do sistema e, portanto, o estado inicial deve ser igual ao estado final.

$$\frac{p_1.V_1}{T_1} = \frac{p_2.V_2}{T_2}$$

A variação de pressão e volume a um volume constante pode ser representada da seguinte maneira pela equação geral dos gases:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{2p_1}{T_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{2p_1} = \frac{1}{2}$$

### Questão 06 – Letra C

**Comentário:** Transformações isocóricas são aquelas em que o volume permanece constante e a pressão exercida por determinado gás é proporcional à temperatura:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\frac{2 \text{ atm}}{303 \text{ K}} = \frac{x}{453 \text{ K}}$$

$$303 x = 906$$

$$x \cong 3 \text{ atm}$$

### Questão 07 – Letra B

**Comentário:** Considerando o volume de uma esfera como  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$  e substituindo na equação geral dos gases, temos:

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

$$P \cdot \pi r^3 = n \cdot R \cdot T$$

$$P = \frac{3n \cdot R \cdot T}{4\pi r^3}$$

Quanto maior o valor da pressão, menor deverá ser o raio do balão esférico. Logo, o balão II, de raio  $r/2$ , apresentará maior pressão.

### Questão 08 – Letra A

**Comentário:** A transformação gasosa que ocorre na autoclave ocorre a volume constante. Assim, podemos utilizar a seguinte relação para efetuar os cálculos:

$$\frac{p_i}{T_i} = \frac{p_f}{T_f}$$

$$\frac{2,5 \text{ atm}}{397 \text{ K}} = \frac{3 \text{ atm}}{T_f}$$

$$T_f = 476,4 \text{ K}$$

Logo, a temperatura do vapor no interior da autoclave, após o aumento de pressão aumenta e, conforme a equação geral dos gases, esse aumento é diretamente proporcional ao aumento da pressão.

## Exercícios Propostos

### Questão 01 – Letra D

**Comentário:** De acordo com a Teoria Cinética dos Gases, as partículas são dotadas de movimento desordenado, em todas as direções e com velocidades e energias cinéticas variadas. Por outro lado, a energia cinética média das partículas é diretamente proporcional à temperatura absoluta. Assim, as afirmações I e II estão incorretas.

Gás ideal é todo e qualquer sistema gasoso em que suas partículas constituintes comportam-se como está previsto na teoria cinética dos gases. Porém, um gás real aproxima-se do comportamento ideal a baixas pressões e altas temperaturas, pois as partículas praticamente não interagem. Logo, a afirmação III está correta.

As colisões das partículas gasosas entre si e com as paredes do recipiente que as contém são perfeitamente elásticas e de duração desprezível. Segundo a teoria cinética dos gases, são essas colisões que determinam a pressão exercida por um gás dentro de um recipiente. Dessa forma, a afirmação IV está correta.

### Questão 02 – Letra B

**Comentário:** Segundo a Lei de Charles e Gay-Lussac, enunciada na alternativa B, a pressão exercida por uma determinada massa gasosa é diretamente proporcional à temperatura absoluta (Kelvin) a volume constante. Na situação apresentada, os volumes das garrafas de champanhe utilizadas no experimento eram iguais, contudo, elas estavam submetidas a diferentes temperaturas. Assim, de acordo com a Lei de Charles e Gay-Lussac, a pressão exercida no interior da garrafa que estava submetida à temperatura de 18 °C é superior à pressão exercida no interior da garrafa submetida à 4 °C, o que justifica o maior volume de CO<sub>2</sub> disperso na nuvem gasosa ao espocar o champanhe que está a uma maior temperatura.

### Questão 03 – Letra A

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

- A) Correta. Nas transformações isobáricas, verifica-se que o volume e a temperatura são grandezas diretamente proporcionais.
- B) Incorreta. Transformações isocóricas são transformações que ocorrem sem que haja variação de volume.
- C) Incorreta. A densidade de um gás é dada por  $d = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$ , ou seja, se a temperatura do gás diminui, a densidade irá aumentar, já que são grandezas inversamente proporcionais.

- D) Incorreta. Transformação isotérmica é aquela que ocorre sem alteração da temperatura. A geladeira tem como objetivo manter os alimentos a uma baixa temperatura.
- E) Incorreta. Transformações isobáricas comprovam a primeira Lei de Charles e Gay-Lussac, em que o volume ocupado por um gás é diretamente proporcional à sua temperatura.

### Questão 04 – Letra B

**Comentário:** Usando a equação geral dos gases, temos:

$$\frac{p_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{p_f \cdot V_f}{T_f}$$

$$\frac{30 \cdot 2,5}{225} = \frac{100 \cdot V}{300}$$

$$V = 1,0 \text{ L}$$

### Questão 05 – Letra D

**Comentário:** As leis do estado gasoso podem ser manipuladas algebricamente de modo a obtermos uma expressão que é capaz de representar o comportamento de um gás ideal para variações simultâneas de pressão, volume e temperatura. Assim, para que uma expressão seja constante, deve haver uma igualdade entre os estados inicial e final do sistema, conforme representado a seguir:

$$\frac{p \cdot V}{T} = K$$

Para que uma expressão seja constante, deve haver uma igualdade entre os estados inicial e final do sistema e, portanto, o estado inicial deve ser igual ao estado final.

$$\frac{p_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{p_f \cdot V_f}{T_f}$$

A variação de pressão com o volume a uma temperatura constante pode ser representada da seguinte maneira pela equação geral dos gases:

$$p_i \cdot V_i = p_f \cdot V_f$$

Assim, se a pressão for triplicada, o volume deverá ser reduzido em 3 vezes o valor inicial para que a relação se mantenha constante. Logo, a resposta correta corresponde à letra D.

### Questão 06

**Comentário:** Para a resolução dessa questão, utilizaremos a equação geral dos gases:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

- A) Cálculo do volume de gás xenônio:

$$\frac{0,48 \text{ atm} \cdot 20 \text{ mL}}{258 \text{ K}} = \frac{1 \text{ atm} \cdot V}{298 \text{ K}}$$

$$V \cong 11,1 \text{ mL}$$

- B) Cálculo da pressão após o gás xenônio ser transferido para um recipiente cujo volume é igual a 12 mL:

$$\frac{1 \text{ atm} \cdot 11,1 \text{ mL}}{298 \text{ K}} = \frac{p \cdot 12 \text{ mL}}{293 \text{ K}}$$

$$p = 0,91 \text{ atm}$$

### Questão 07 – Letra C

**Comentário:** Admitindo que o gás hélio apresenta um comportamento de gás ideal, é possível, por meio da equação geral dos gases, calcular a temperatura final desse gás a volume constante. Assim, temos:

$$\frac{p \cdot V}{T} = K$$

Para que uma expressão seja constante, deve haver uma igualdade entre os estados inicial e final do sistema e, portanto, o estado inicial deve ser igual ao estado final. Como o volume não varia, a equação pode ser simplificada da seguinte maneira:

$$\frac{p_i}{T_i} = \frac{2p_i}{T_f} \Rightarrow \frac{p_i}{283 \text{ K}} = \frac{2p_i}{T_f} \Rightarrow T_f = 566 \text{ K}$$

Convertendo esse valor para Celsius, temos:

$$T_f = 566 - 273 = 293 \text{ }^\circ\text{C}$$

### Questão 08 – Letra D

**Comentário:** A variação de pressão com o volume pode ser prevista por meio da equação geral dos gases descrita a seguir:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Como se trata de uma transformação isotérmica, ou seja, ocorre a temperatura constante, podemos simplificar a equação anterior da seguinte maneira:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Assim, o volume ocupado pelo GNV com a redução da pressão pode ser calculado conforme a seguir:

$$250 \text{ bar} \cdot 30 \text{ L} = 1 \text{ bar} \cdot V_2$$

$$V_2 = 7500 \text{ L}$$

Transformando o valor encontrado em litros para  $\text{m}^3$ , temos:

$$1 \text{ L} \text{ --- } 0,001 \text{ m}^3$$

$$7500 \text{ L} \text{ --- } x$$

$$x = 7,5 \text{ m}^3$$

### Questão 09 – Letra C

**Comentário:** Considerando uma massa fixa de gás e a equação geral dos gases, temos:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_f \cdot V_f}{T_f}$$

Sob temperatura constante, temos:

$$P_0 \cdot V_0 = P_f \cdot V_f$$

O volume de ar, a 1 atm, necessário para encher um tanque de mergulho de volume  $1,42 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$  e pressão de 140 atm pode ser calculado da seguinte forma:

$$1 \text{ atm} \cdot V_0 = 140 \text{ atm} \cdot 1,42 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$V_0 \cong 2 \text{ m}^3$$

### Questão 10

**Comentário:** Para a resolução dessa questão, utilizaremos a equação geral dos gases duas vezes, visto que ocorrem duas transformações gasosas distintas.

1ª transformação: isovolumétrica.

$$\frac{p \cdot V}{T} = K$$

$$\frac{p_i}{T_i} = \frac{p_f}{T_f}$$

$$\frac{1 \text{ atm}}{373 \text{ K}} = \frac{p_f}{298 \text{ K}}$$

$$p_f = 0,8 \text{ atm}$$

2ª transformação: isobárica.

$$\frac{p \cdot V}{T} = K$$

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

$$\frac{0,350 \text{ L}}{373 \text{ K}} = \frac{V_f}{298 \text{ K}}$$

$$V_f = 0,28 \text{ L}$$

### Questão 11 – Letra E

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

I. Correta. As mudanças gasosas representadas no gráfico podem ser descritas segundo a equação geral dos gases representada a seguir:

$$\frac{p_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{p_B \cdot V_B}{T_B}$$

Dessa forma, podemos prever o comportamento da temperatura na transformação ocorrida entre os pontos A e B.

$$\frac{4p_i \cdot 2 \text{ m}^3}{T_A} = \frac{2p_i \cdot 6 \text{ m}^3}{T_B}$$

$$T_B = \frac{12T_A}{8}$$

$$T_B = 1,5T_A$$

Logo, a temperatura  $T_B$  é 50% maior que a temperatura  $T_A$ .

II. Correta. A transformação gasosa entre os pontos A e C ocorre à pressão constante. Logo, teremos a seguinte relação:

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_C}{T_C}$$

$$\frac{2}{T_A} = \frac{6}{T_C}$$

$$T_A = \frac{6 \cdot T_C}{2}$$

$$T_A = 3T_C$$

III. Correta. A transformação gasosa entre os pontos B para C ocorre a volume constante. Logo, teremos a seguinte relação:

$$\frac{p_B}{T_B} = \frac{p_C}{T_C}$$

$$\frac{2}{T_B} = \frac{4}{T_C}$$

$$T_C = 2T_B$$

IV. Incorreta. *Vide* cálculos da afirmativa I.

**Questão 12 – Letra D**

**Comentário:** A pressão é constante no gasômetro e, portanto, podemos utilizar a equação geral dos gases:

$$\frac{p \cdot V}{T} = K$$

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

$$\frac{V_i}{311K} = \frac{V_f}{290K}$$

$$\frac{V_f}{V_i} = \frac{290K}{311K} = 0,93$$

Para calcular a variação percentual que houve ao longo do dia, basta efetuar o seguinte cálculo:

$$0,93 \cdot 100 = 93\%$$

$$100\% - 93\% = 7\%$$

**Seção Enem****Questão 01 – Letra B**

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 3

**Habilidade:** 14

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

- A) Incorreta. Durante o processo de expiração, o diafragma sofre retração e não se expande.
- B) Correta. Durante o processo de expiração, o diafragma se retrai e o volume do pulmão diminui, aumentando a pressão interna do pulmão à temperatura constante.
- C) Incorreta. Durante o processo de inalação do ar atmosférico, o diafragma se expande e não se retrai.
- D) Incorreta. No processo de respiração, o qual ocorre isotermicamente, ao inalarmos o ar atmosférico, o diafragma se expande, deixando o volume do pulmão maior. Consequentemente, a pressão interna diminui, tornando-se menor que a pressão atmosférica.
- E) Incorreta. Na alternativa E afirma-se que as variações de pressão ocorrem devido às variações da quantidade de matéria dos gases. Entretanto, as variações da quantidade de matéria de gases nos pulmões são consequências das variações de pressão. No processo de respiração, ao inalarmos ou expirarmos, o movimento do diafragma provoca variação do volume da caixa torácica, que resulta em variação de pressão e, posteriormente, na entrada ou na saída de ar dos pulmões até que as pressões se igualem.

**Questão 02 – Letra B**

**Eixo cognitivo:** I

**Competência de área:** 5

**Habilidade:** 17

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

- A) Incorreta. As moléculas de água não sofrem variação de volume, pois, durante o resfriamento, não ocorre distorção de suas nuvens eletrônicas.

- B) Correta. O contato com a água fria faz com que a temperatura do vapor de água no interior da lata diminua bruscamente. Conforme a Lei de Charles e Gay-Lussac, para transformações gasosas isovolumétricas, a diminuição da temperatura deve ser acompanhada pela diminuição da pressão, considerando que, no instante infinitesimal após o resfriamento, o volume da lata não varia. Para aumentar a pressão interna, até que esta se iguale com a pressão atmosférica local, agora sob temperatura constante, ocorre uma diminuição do volume, conforme a Lei de Boyle para transformações gasosas isotérmicas, o que acarreta a imploração da lata.
- C) Incorreta. Antes do resfriamento, a água líquida no interior da lata foi derramada, restando somente vapor de água. No momento do contato da lata com a água fria, o resfriamento não promove a perda da quantidade de matéria de água para o meio externo.
- D) Incorreta. No processo de respiração, o qual ocorre isotermicamente, ao inalarmos o ar atmosférico, o diafragma se expande, deixando o volume do pulmão maior. Consequentemente, a pressão interna diminui, tornando-se menor que a pressão atmosférica.
- E) Incorreta. Nessa alternativa, afirma-se que as variações de pressão ocorrem devido às variações da quantidade de matéria dos gases. Entretanto, as variações da quantidade de matéria de gases nos pulmões são consequências das variações de pressão. No processo de respiração, ao inalarmos ou expirarmos, o movimento do diafragma provoca variação do volume da caixa torácica, que resulta em variação de pressão e, posteriormente, na entrada ou na saída de ar dos pulmões até que as pressões se igualem.

**MÓDULO – B 06****Estudo Físico dos Gases II****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra B**

**Comentário:** Pela Equação de Clapeyron, temos:

$$pV = nRT \Rightarrow 1 \cdot V = 2,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,082 \cdot 300 \Rightarrow$$

$$V = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ L} \Rightarrow V = 4,9 \text{ mL}$$

**Questão 02 – Letra A**

**Comentário:** O volume ocupado pelo gás na embalagem pode ser calculado conforme demonstrado a seguir. Considere a constante universal dos gases como  $0,08 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

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

$$P \cdot V = . R \cdot T$$

$$1 \text{ atm} \cdot V = \frac{0,16 \text{ g}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 0,08 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 300 \text{ K}$$

$$V = 0,096 \text{ L}$$

$$V = 96 \text{ mL}$$

### Questão 03 – Letra E

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

- A) Incorreta. De acordo com o Princípio de Avogadro, volumes iguais de gases diferentes, sob as mesmas condições de temperatura e de pressão, contêm o mesmo número de partículas. Logo, nos recipientes I e II, existe o mesmo número de moléculas, podendo-se dizer o mesmo para os recipientes III e IV. Como as moléculas de CO e CO<sub>2</sub> são formadas por, respectivamente, 1 e 2 átomos de oxigênio, conclui-se que o número de átomos de oxigênio em II é maior.
- B) Incorreta. Já as moléculas de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> e H<sub>2</sub> são formadas, nessa ordem, por 4 e 2 átomos de hidrogênio. Dessa forma, em III, o número de átomos de hidrogênio é maior.
- C) Incorreta. Entre as moléculas citadas (CO, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>), as três primeiras contêm átomos de carbono, e nas moléculas de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> a quantidade de carbono é duas vezes maior que nas outras. Porém, em III, a quantidade de moléculas presentes é duas vezes menor. Logo, nos três recipientes, o número de átomos de carbono é o mesmo.
- D) Incorreta. Em III e IV, o número de moléculas presentes é o mesmo, mas, como elas são formadas por quantidades diferentes de átomos, conclui-se que o número total de átomos nesses dois recipientes é diferente.
- E) Correta. Em II, o número de moléculas é duas vezes maior que em III. Porém, as moléculas de CO<sub>2</sub> presentes em II possuem duas vezes menos átomos que as moléculas de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> presentes em III. Assim, o número total de átomos é igual em II e III.

### Questão 04

**Comentário:**

- A) O volume do balão pode ser calculado por meio do uso da Equação de Clapeyron:

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p}$$

$$V = \frac{100 \text{ mol} \cdot 62 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (273 + 77) \text{ K}}{100 \text{ mmHg}}$$

$$V = 21\,700 \text{ L}$$

B)  $d = \frac{m}{V} \Rightarrow d = \frac{n \cdot M}{V} = \frac{100 \text{ mol} \cdot 4,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{21\,700 \text{ L}}$

$$d = 0,018 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

### Questão 05

**Comentário:**

A)  $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$

$$T(\text{K}) = 85,4 + 273$$

$$T(\text{K}) = 358,4 \text{ K}$$

$$pV = nRT$$

$$p = nRT/V$$

$$p = 7 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 358,4 \text{ K} / 11,2 \text{ L}$$

$$p = 18,4 \text{ atm}$$

- B) Pressão parcial é a pressão exercida por um componente da mistura gasosa quando ele está ocupando todo o volume que antes continha a mistura.

$$p(X_2) \cdot V = n(X_2) \cdot R \cdot T, \text{ em que:}$$

$$p(X_2) = \text{pressão parcial do componente } X_2$$

$$n(X_2) = \text{quantidade de matéria do componente } X_2$$

Assim, temos:

$$p(X_2) = 3 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 358,4 \text{ K} / 16,8 \text{ L}$$

$$p(X_2) = 5,3 \text{ atm}$$

### Questão 06 – Letra B

**Comentário:** A umidade relativa é dada pela seguinte relação:

$$UR = (\text{Pressão parcial de vapor-d'água})$$

$$(\text{Pressão máxima de vapor-d'água})$$

Pela análise da tabela, verificamos que a pressão máxima de vapor da água no ar atmosférico à temperatura de 20 °C é igual a 17,5 mmHg. Na situação descrita, temos que a pressão parcial de vapor-d'água nessa mesma temperatura é igual a 10,5 mmHg e, portanto, a umidade relativa pode ser calculada.

$$UR = \frac{10,5}{17,5}$$

$$UR = 0,6$$

$$UR\% = 60\%$$

### Questão 07 – Letra E

**Comentário:** De acordo com a figura, a bexiga que se esvaziou mais rapidamente foi a preenchida com o gás C, seguida pela bexiga que contém o gás B. Logo, a ordem decrescente das velocidades de efusão dos três gases é  $v_C > v_B > v_A$ .

Como os gases hélio (He), hidrogênio (H<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) possuem massas molares, respectivamente, iguais a 4 g.mol<sup>-1</sup>, 2 g.mol<sup>-1</sup> e 16 g.mol<sup>-1</sup>, e sabendo-se que a  $v_{\text{efusão}}$  de um gás é inversamente proporcional à raiz quadrada de sua massa molar, conclui-se que:

Gás A: metano

Gás B: hélio

Gás C: hidrogênio

### Questão 08 – Letra B

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

- A) Incorreta. A velocidade de difusão de um gás será maior quanto menor for a densidade do gás, conforme enunciado pela Lei de Graham ( $v_1/v_2 = \sqrt{d_2/d_1}$ ).
- B) Correta. A ocorrência de choques aleatórios entre as moléculas do gás emitido e o ar durante a difusão atrasa o processo de percepção dos odores.
- C) Incorreta. A velocidade de difusão será menor quanto maior for a massa molar dos gases presentes no perfume, de acordo com a Lei de Graham ( $v_1/v_2 = \sqrt{m_2/m_1}$ ).
- D) Incorreta. A ordem em que Maria sentirá os odores é igual a ordem crescente da massa molar dos gases, ou seja, Maria sentirá primeiro o odor do gás que possui menor massa molar porque esse se difunde com maior velocidade conforme discutido anteriormente.

## Exercícios Propostos

## Questão 01 – Letra C

**Comentário:** A quantidade de matéria pode ser calculada por:

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{8,2 \cdot 10^{-7} \text{ atm} \cdot 1 \text{ L}}{0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \cdot 300 \text{ K}}$$

$$n = 3,33 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$$

O número de moléculas de ar, relacionadas à quantidade de matéria determinada anteriormente, é calculado utilizando a constante de Avogadro:

$$1 \text{ mol} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$3,33 \cdot 10^8 \text{ mol} \text{ — } x$$

$$x = 2,0 \cdot 10^{16} \text{ moléculas}$$

## Questão 02 – Letra C

**Comentário:** Os cinco sistemas descritos na tabela, bem como o sistema contendo  $\text{H}_2$  descrito no enunciado, estão submetidos à mesma temperatura e apresentam iguais volumes. Dessa forma, a quantidade de matéria dos gases, em mol, será proporcional à pressão.

$$pV = nRT$$

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

Dessa forma, temos:

- Recipiente contendo  $\text{H}_2$ :  
Pressão: 2 atm  
Quantidade de matéria: 2x mol de moléculas  $\rightarrow$  4x mol de átomos
- Recipiente 1 (Gás  $\text{O}_3$ ):  
Pressão: 1 atm  
Quantidade de matéria: x mol de moléculas  $\rightarrow$  3x mol de átomos
- Recipiente 2 (Gás Ne):  
Pressão: 2 atm  
Quantidade de matéria: 2x mol de átomos
- Recipiente 3 (Gás He):  
Pressão: 4 atm  
Quantidade de matéria: 4x mol de átomos
- Recipiente 4 (Gás  $\text{N}_2$ ):  
Pressão: 1 atm  
Quantidade de matéria: x mol de moléculas  $\rightarrow$  2x mol de átomos
- Recipiente 5 (Gás Ar):  
Pressão: 1 atm  
Quantidade de matéria: x mol de átomos

O recipiente 3 é o que contém 4x mol de átomos, assim como o recipiente contendo gás  $\text{H}_2$ .

## Questão 03 – Letra A

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

- A) Correta. O princípio de Avogadro diz que, sob a mesma temperatura e pressão, um mol de um gás ideal ocupa sempre o mesmo volume. Isso significa dizer que um mesmo volume contendo dois gases distintos sempre terão a mesma quantidade de matéria.
- B) Incorreta. Para que tenhamos o mesmo número de moléculas, é necessário que a massa dos sistemas seja diferente.
- C) Incorreta. Os gases apresentam massas molares diferentes, pois sua constituição química é diferente.
- D) Incorreta. Os gases apresentam o mesmo número de mols, já que o volume de ambos é o mesmo.
- E) Incorreta. A velocidade de difusão é inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade do gás. Como a Densidade de um gás é dada por  $d = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$ , a velocidade de difusão do  $\text{C}_2\text{H}_6$  será menor, pois sua massa molar é maior.

## Questão 04 – Letra D

**Comentário:** Considerando que o gás carbônico se comporta como um gás ideal, é possível utilizar a Equação de Clapeyron para calcular o volume ocupado por ele.

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

Sabendo que 1 crédito de carbono equivale à retirada de 1 tonelada de gás carbônico, temos:

$$44 \text{ g de CO}_2 \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$106 \text{ g de CO}_2 \text{ — } x$$

$$x = 2,27 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

Substituindo os valores na Equação de Clapeyron, temos:

$$1 \text{ atm} \cdot V = (2,27 \cdot 10^4 \text{ mol}) \cdot 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \cdot 300 \text{ K}$$

$$V = 5,6 \cdot 10^5 \text{ L}$$

Sabendo que 1 m<sup>3</sup> equivale a 1 000 L, temos:

$$1 \text{ 000 L} \text{ — } 1 \text{ m}^3$$

$$5,6 \cdot 10^5 \text{ L} \text{ — } y$$

$$y = 560 \text{ m}^3 \cong 600 \text{ m}^3$$

## Questão 05 – Letra D

**Comentário:** Sabendo que foi consumida uma massa de 8,8 kg desse gás, podemos calcular a quantidade de matéria a que essa massa equivale.

- Cálculo da quantidade de matéria de gás carbônico:
 
$$1 \text{ kg de CO}_2 \text{ — } 1 \text{ 000 g}$$

$$8,8 \text{ kg de CO}_2 \text{ — } x$$

$$X = 8 \text{ 800 g}$$

$$44 \text{ g de CO}_2 \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$8 \text{ 800 de CO}_2 \text{ — } x$$

$$x = 200 \text{ mol}$$

O gás carbônico apresenta comportamento de um gás ideal e, portanto, o seu comportamento pode ser descrito pela Equação de Clapeyron.

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

$$1 \text{ atm} \cdot V = (200 \text{ mol}) \cdot 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \cdot 300 \text{ K}$$

$$V = 4 \text{ 920 L}$$

## Questão 06 – Letra D

**Comentário:** A densidade de um gás ideal é dada pela seguinte relação:

$$d = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$$

Assim, substituindo os valores na equação, podemos obter a massa molar da substância:

$$3,710 = \frac{0,888 \cdot M}{0,082 \cdot 773}$$

$$M = 264,82 \text{ g}$$

De posse desse valor e, sabendo que a substância é constituída exclusivamente de enxofre, calculamos da seguinte maneira para determinarmos a fórmula da molécula:

$$M(S) = 32 \text{ g}$$

- Cálculo da atomicidade da molécula de enxofre:

$$32 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ átomo}$$

$$264,87 \text{ g} \text{ — } x$$

$$x = 8,2 \text{ átomos}$$

Logo, a fórmula da molécula de enxofre, nessas condições, é  $S_8$ .

## Questão 07 – Letra C

**Comentário:** O comportamento ideal dos gases pode ser descrito pela Equação de Clapeyron:

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

O valor de  $n$ , correspondente ao número de mols de um gás, pode ser substituído na equação pelo quociente entre a massa e a massa molar, conforme descrito a seguir:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$M(\text{He}) = 4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$p_{(\text{hélio})} \cdot V_{(\text{hélio})} = n \cdot R \cdot T_{(\text{hélio})}$$

$$p_{(\text{hélio})} \cdot V_{(\text{hélio})} = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T_{(\text{hélio})}$$

$$p_{(\text{hélio})} \cdot V_{(\text{hélio})} = \frac{m}{4} \cdot R \cdot T_{(\text{hélio})}$$

$$M(\text{CH}_4) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$p_{(\text{metano})} \cdot V_{(\text{metano})} = n \cdot R \cdot T_{(\text{metano})}$$

$$p_{(\text{metano})} \cdot V_{(\text{metano})} = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T_{(\text{metano})}$$

$$p_{(\text{metano})} \cdot V_{(\text{metano})} = \frac{m}{16} \cdot R \cdot T_{(\text{metano})}$$

De acordo com os dados fornecidos pelo exercício, o volume, a temperatura e a massa dos gases devem ser iguais e, para isso, é necessário que as pressões exercidas por eles sejam diferentes. Logo, a razão entre a pressão no interior do balão contendo hélio e a do balão contendo metano é calculada da seguinte maneira:

$$p_{(\text{hélio})} / p_{(\text{metano})} = \frac{16}{4}$$

$$p_{(\text{hélio})} / p_{(\text{metano})} = 4$$

## Questão 08

**Comentário:**

- Cálculo da pressão parcial de  $\text{CH}_4$ :

$$p_{\text{CH}_4} = x_{\text{CH}_4} \cdot p_T$$

$$p_{\text{CH}_4} = 0,20 \cdot 1,64 \text{ atm}$$

$$p_{\text{CH}_4} = 0,328 \text{ atm}$$

- Cálculo da massa de  $\text{CH}_4$ :

$$p_{\text{H}_2} = n(\text{H}_2) \cdot \frac{RT}{V}$$

Como  $n = \frac{m}{M}$ , então:

$$p_{\text{CH}_4} = \frac{m(\text{CH}_4) \cdot R \cdot T}{M(\text{CH}_4) \cdot V}$$

$$0,328 \text{ atm} = \frac{m(\text{CH}_4) \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 300 \text{ K}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 15 \text{ L}}$$

$$m(\text{CH}_4) = 3,2 \text{ g}$$

- Cálculo da pressão parcial de  $\text{C}_2\text{H}_6$ :

$$p_{\text{C}_2\text{H}_6} = x_{\text{C}_2\text{H}_6} \cdot p_T$$

$$p_{\text{C}_2\text{H}_6} = 0,80 \cdot 1,64 \text{ atm}$$

$$p_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1,312 \text{ atm}$$

- Cálculo da massa de  $\text{C}_2\text{H}_6$ :

$$p_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot R \cdot T}{V}$$

$$p_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot R \cdot T}{M(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot V}$$

$$1,312 \text{ atm} = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 300 \text{ K}}{30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 15 \text{ L}}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 24 \text{ g}$$

## Questão 09 – Letra B

**Comentário:** Quando as duas válvulas forem abertas, haverá uma mistura entre os gases ideais A, B e C que se comportam de maneira ideal. Dessa forma, é possível utilizar a Equação de Clapeyron para calcular a quantidade de matéria de cada um deles:

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

Assim, o volume final e a quantidade de matéria dos gases da mistura serão iguais à soma dos volumes de cada um dos gases. Inicialmente, é necessário calcular a quantidade de matéria relativa de cada sistema separadamente.

- Em relação a A:

$$3V = n_A \cdot R \cdot 400$$

$$n_A = \frac{3V}{400R}$$

- Em relação a B:

$$4,5V = n_B \cdot R \cdot 600$$

$$n_B = \frac{4,5V}{600R}$$

- Em relação a C:

$$1V = n_C \cdot R \cdot 200$$

$$n_C = \frac{V}{200R}$$

Assim, a quantidade de matéria total presente no sistema será igual a:

$$n_A + n_B + n_C = n_T$$

$$\frac{3V}{400R} + \frac{4,5V}{600R} + \frac{V}{200R} = n_T$$

$$n_T = \frac{24V}{1\,200R}$$

Logo, para o cálculo da pressão final em uma temperatura equivalente a 300 K, temos:

$$p_f \cdot V_f = n_T \cdot R \cdot T$$

$$p_f \cdot 3V = \frac{24V}{1\,200R} \cdot R \cdot 300$$

$$p_f = 2 \text{ atm}$$

### Questão 10 – Letra E

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

A) Incorreta. Em um recipiente contendo uma mistura entre os gases  $H_2$  (cuja massa molar é igual a  $2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e o gás metano (cuja massa molar é igual a  $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), a quantidade de matéria de cada um deles pode ser obtida da seguinte maneira:

- Cálculo da quantidade de matéria de metano:

$$1 \text{ mol de } CH_4 \text{ — } 16 \text{ g}$$

$$x \text{ — } 64 \text{ g}$$

$$x = 4 \text{ mol}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de hidrogênio:

$$1 \text{ mol de } H_2 \text{ — } 2 \text{ g}$$

$$y \text{ — } 24 \text{ g}$$

$$y = 12 \text{ mol}$$

A fração em mol de um gás em uma mistura é determinada pela razão entre a quantidade de matéria desse gás e a quantidade de matéria total dos gases presentes na mistura. Na mistura, há 12 mol de gás hidrogênio e 4 mol de gás metano, totalizando 16 mol.

- Cálculo da fração molar de metano:

$$X_{CH_4} = \frac{4}{16} = 0,25$$

- Cálculo da fração molar de hidrogênio:

$$X_{H_2} = \frac{12}{16} = 0,75$$

B) Incorreta. O volume parcial de um gás em uma mistura gasosa é igual ao volume que esse gás ocuparia se estivesse sozinho nas mesmas condições das misturas. É uma grandeza diretamente proporcional à quantidade de matéria do componente.

C) Incorreta. O volume parcial, em porcentagem, de um gás ideal é uma grandeza igual à fração de matéria em porcentagem do componente, logo, o volume parcial do gás metano é 25%.

D) Incorreta. A pressão parcial do gás hidrogênio é três vezes maior que a pressão parcial do gás metano, pois a pressão parcial é uma grandeza diretamente proporcional à quantidade de matéria do componente da mistura, conforme calculada na alternativa A.

E) Correta. A densidade de um gás ideal é calculada por meio da seguinte relação:

$$d = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$$

$$d = \frac{1 \cdot 16}{0,082 \cdot 300}$$

$$d = 0,65 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$$

### Questão 11 – Letra A

**Comentário:** O gás hélio, cuja massa molar é igual a  $4,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  e o gás oxigênio, cuja massa molar igual a  $32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , comportam-se como uma mistura de gases ideais. Inicialmente, calcula-se a quantidade de matéria de cada um deles, que pode ser obtida da seguinte maneira:

- Cálculo da quantidade de matéria de hélio

$$1 \text{ mol de He — } 4 \text{ g}$$

$$x \text{ — } 64 \text{ g}$$

$$x = 16 \text{ mol}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de oxigênio

$$1 \text{ mol de } O_2 \text{ — } 32 \text{ g}$$

$$y \text{ — } 32 \text{ g}$$

$$y = 1 \text{ mol}$$

A fração em mol de um gás em uma mistura é determinada pela razão entre a quantidade de matéria desse gás e a quantidade de matéria total dos gases presentes na mistura. Na mistura, há 16 mol de gás hélio e 1 mol de gás oxigênio, totalizando 17 mol.

- Cálculo da fração molar de hélio:

$$X_{He} = \frac{16}{17} = 0,94$$

- Cálculo da fração molar de oxigênio:

$$X_{O_2} = \frac{1}{17} = 0,06$$

A pressão parcial do gás oxigênio dessa mistura gasosa é proporcional à quantidade de matéria desse componente na mistura. Logo:

$$5,1 \text{ atm — } 17 \text{ mol}$$

$$p_{O_2} \text{ — } 1,0 \text{ mol}$$

$$p_{O_2} = 0,3 \text{ atm}$$

### Questão 12

**Comentário:**

A) Dentro do cilindro, há uma mistura gasosa confinada a uma temperatura de 250 K e cuja pressão interna é igual a 4 atm. Inicialmente, calculamos a quantidade de matéria de cada um deles, que pode ser obtida da seguinte maneira:

- Cálculo da quantidade de matéria de nitrogênio:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de N}_2 &\text{ — } 28 \text{ g} \\ x &\text{ — } 84 \text{ g} \\ x &= 3 \text{ mol} \end{aligned}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de oxigênio:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de O}_2 &\text{ — } 32 \text{ g} \\ y &\text{ — } 64 \text{ g} \\ y &= 2 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$n_{\text{Total}} = n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} = 5 \text{ mol}$$

Como se trata de uma mistura de gases ideais, utilizamos a Equação de Clapeyron, para o cálculo do volume total:

$$\begin{aligned} p \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\ 4V &= 5 \cdot 0,082 \cdot 250 \\ V &= 25,63 \text{ L} \end{aligned}$$

Para o cálculo da pressão parcial de cada gás, consideramos que existe apenas um dos gases no cilindro ocupando o volume todo nas mesmas condições.

- Em relação ao O<sub>2</sub>:

$$\begin{aligned} p_{\text{O}_2} \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\ p_{\text{O}_2} \cdot 25,63 &= 2 \cdot 0,082 \cdot 250 \\ p_{\text{O}_2} &= 1,6 \text{ atm} \end{aligned}$$

- Em relação ao N<sub>2</sub>:

$$\begin{aligned} p_{\text{N}_2} \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\ p_{\text{N}_2} \cdot 25,64 &= 3 \cdot 0,082 \cdot 250 \\ p_{\text{N}_2} &= 2,4 \text{ atm} \end{aligned}$$

- B) Na segunda situação, há um aumento da temperatura para 298 K para o cilindro cujo volume é igual a 25,67 L. Como se trata de uma mistura de gases ideais, utilizamos a Equação de Clapeyron, para o cálculo da pressão.

$$\begin{aligned} p \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\ p \cdot 25,64 &= 5 \cdot 0,082 \cdot 298 \\ p &= 4,77 \text{ atm} \end{aligned}$$

Logo, a pressão interna será igual a 4,77 atm, valor que é superior ao valor máximo de pressão e, portanto, o cilindro não irá resistir.

### Questão 13 – Letra D

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

- A) Incorreta. A mistura gasosa está confinada em um recipiente cujo volume é igual a 5 litros e a uma temperatura de 300 K. Inicialmente, calculamos a quantidade de matéria de cada um deles, que pode ser obtida da seguinte maneira:

- Cálculo da quantidade de matéria de hidrogênio:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de H}_2 &\text{ — } 2 \text{ g} \\ x &\text{ — } 10 \text{ g} \\ x &= 5 \text{ mol} \end{aligned}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de hélio:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de He} &\text{ — } 4 \text{ g} \\ y &\text{ — } 10 \text{ g} \\ y &= 2,5 \text{ mol de He} \end{aligned}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de N<sub>2</sub>:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de N}_2 &\text{ — } 28 \text{ g} \\ z &\text{ — } 70 \text{ g} \\ z &= 2,5 \text{ mol de N}_2 \end{aligned}$$

$$n_{\text{Total}} = n_{\text{He}} + n_{\text{H}_2} + n_{\text{N}_2} = 10 \text{ mol}$$

- B) Incorreta. A pressão parcial é proporcional à quantidade de matéria presente na mistura e, sendo assim, como há maior quantidade de matéria de gás hidrogênio este apresenta a maior pressão parcial.

- C) Incorreta. Para calcular a pressão total no sistema, utilizamos a Equação de Clapeyron.

$$\begin{aligned} p \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\ p \cdot 10 &= 10 \cdot 0,082 \cdot 300 \\ p &= 24,61 \text{ atm} \end{aligned}$$

- D) Correta. A fração molar do gás hélio na mistura é dada pela relação entre a quantidade de matéria do gás e a quantidade de matéria total de matéria.

$$\begin{aligned} X_{\text{He}} &= \frac{2,5}{10} \\ X_{\text{He}} &= 0,25 \\ X_{\text{He}} &= 25\% \end{aligned}$$

- E) Incorreta. O volume parcial do gás hidrogênio é proporcional à quantidade de matéria, ou seja, equivale a 5 L.

### Questão 14

**Comentário:**

- A) A densidade de um gás é diretamente proporcional a sua massa molar ( $d = pM/RT$ ). Assim, nas mesmas condições de temperatura e pressão, a densidade do gás metano ( $M = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) é maior que a do ar ( $M = 28,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ). A menor densidade do metano perante o ar garante sua ascensão.
- B) Não seria possível obter a mistura com a composição descrita, já que o ar tem cerca de 21% em volume de oxigênio. Portanto, ao misturá-lo com o metano puro, a porcentagem de oxigênio na mistura só poderia ficar menor que 21%.

### Questão 15 – Letra A

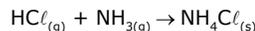
**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. A velocidade de difusão de um gás é proporcional ao inverso da raiz quadrada da densidade, que pode ser calculada por meio da seguinte relação:

$$d = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$$

Assim, a velocidade com que o HCl se movimenta será menor que a velocidade do NH<sub>3</sub>, pois a massa molar do HCl é maior que a massa molar da NH<sub>3</sub> e, por isso, o anel branco se forma mais próximo ao HCl.

- II. Correta. A reação de síntese do cloreto de amônio pode ser descrita conforme a equação química seguir:



- III. Incorreta. O HCl apresenta maior massa molar que o NH<sub>3</sub> e, por isso, movimenta-se mais lentamente.

## Seção Enem

## Questão 01 – Letra A

**Eixo cognitivo:** II**Competência de área:** 3**Habilidade:** 9

**Comentário:** Como a água apresenta alto valor de calor específico, durante o dia, ela necessita de maior quantidade de energia e de tempo para elevar sua temperatura, enquanto o solo, com calor específico baixo, rapidamente eleva sua temperatura. Próximo à superfície do solo, com altas temperaturas, o ar se aquece, tende a se expandir e a diminuir sua densidade, subindo na atmosfera e deixando uma zona de baixa pressão, fazendo com que o ar na superfície da água, a uma menor temperatura e, portanto, a uma maior pressão, seja levado para a superfície terrestre. Esse fenômeno é denominado brisa marítima.

A água, à noite, também leva mais tempo para diminuir sua temperatura (dissipar energia), enquanto o solo diminui a temperatura mais rapidamente. Dessa forma, o ar sobre a água tende a estar mais quente e sobe na atmosfera, causando uma zona de baixa pressão, que é tomada pelo ar que se desloca do continente, o qual se encontrava a uma maior pressão devido à mais baixa temperatura. Esse fenômeno é conhecido como brisa terrestre.

## Questão 02 – Letra A

**Eixo cognitivo:** II**Competência de área:** 4**Habilidade:** 14

**Comentário:** O ar atmosférico, em altitudes mais elevadas, apresenta menor pressão (devido à menor coluna de ar sob a superfície terrestre) e é mais rarefeito, ou seja, a concentração dos seus componentes é menor do que ao nível do mar. Assim, a atmosfera de La Paz, se comparada com a do Brasil, apresenta menor pressão e menor concentração de oxigênio.

## Questão 03 – Letra D

**Eixo cognitivo:** II**Competência de área:** 3**Habilidade:** 9

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

- A) Incorreta. As barragens podem causar diversos impactos ambientais na região onde são construídas, por exemplo:
- decréscimo na concentração de oxigênio devido à diminuição da agitação da água;
  - contaminação e elevação dos níveis dos lençóis freáticos devido ao alagamento de áreas não previstas;
  - retenção de material devido ao hidrot transporte;
  - produção de gases metano e sulfídrico devido à decomposição anaeróbica da matéria orgânica;
  - dificuldade da migração reprodutiva dos peixes devido à criação de obstáculos na construção das barragens, etc.

- B) Incorreta. *Vide* comentário da alternativa A.
- C) Incorreta. A vazão da represa é controlada de modo que a velocidade do rio não se altera.
- D) Correta. O grande volume de água represado na construção de barragens faz com que ocorra o aumento da taxa de evaporação. Com isso, a concentração de vapor de água na atmosfera local aumenta e, conseqüentemente, a umidade relativa do ar se eleva.
- E) Incorreta. A construção de represas aumenta a disponibilidade de água para a realização do ciclo da água, devido ao grande volume de água represado em uma determinada região.

## MÓDULO – B 07

## Cálculos de Fórmulas

## Exercícios de Aprendizagem

## Questão 01 – Letra B

**Comentário:** A fórmula mínima indica a menor proporção, em números inteiros, entre as quantidades de matéria dos elementos que constituem uma substância.

$$\text{Fórmula mínima} = \text{CH}_2$$

$$\text{Fórmula molecular} = \text{C}_x\text{H}_{2x}$$

$$M = 12 \cdot x + 1 \cdot 2x = 42$$

$$x = 3$$

$$\text{Fórmula molecular} = \text{C}_3\text{H}_6$$

Uma molécula da substância orgânica de fórmula  $\text{C}_3\text{H}_6$  é formada por 3 átomos de carbono e 6 átomos de hidrogênio.

## Questão 02 – Letra A

**Comentário:** Considerando-se que a proporção em massa entre os elementos nitrogênio (N) e oxigênio (O) no composto é de 2 : 1, somente a alternativa A corresponde à composição do gás hilariante.

$$9,8 \text{ g de N} : 4,9 \text{ g de O} \Rightarrow 2,0 \text{ g de N} : 1,0 \text{ g de O.}$$

## Questão 03 – Letra E

**Comentário:** Em 100 g de lindano, temos:

$$\begin{cases} 24,78 \text{ g de C} \\ 2,08 \text{ g de H} \\ 73,14 \text{ g de Cl} \end{cases}$$

Cálculo da quantidade de matéria de C, H e Cl:

$$n(\text{C}) = \frac{24,78 \text{ g}}{12 \text{ g.mol}^{-1}} = 2,0 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{2,08 \text{ g}}{1 \text{ g.mol}^{-1}} = 2,0 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cl}) = \frac{73,14 \text{ g}}{35,5 \text{ g.mol}^{-1}} = 2,0 \text{ mol}$$

Dividindo-se os valores encontrados por 2, temos:

$$\text{Fórmula mínima} = \text{CHCl}$$

$$\text{Fórmula molecular} = \text{C}_x\text{H}_x\text{Cl}_x$$

$$M = 12x + 1x + 35,5x = 290,85$$

$$x = 6$$

Assim, a fórmula molecular do lindano é  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$ .

### Questão 04 – Letra A

#### Comentário:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Massa molar de H}_2\text{O} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Em 1 mol de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  existem 5 mol de  $\text{H}_2\text{O}$ . Logo:

$$249,5 \text{ g CuSO}_4 \text{ — } 90 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$100,0 \text{ g CuSO}_4 \text{ — } x$$

$$x = 36 \text{ g de H}_2\text{O}$$

Assim, a porcentagem de água presente no sal hidratado é 36%.

### Questão 05 – Letra B

**Comentário:** O primeiro passo é determinar a quantidade de matéria de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  produzida:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{6,6 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,15 \text{ mol}^{-1}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{2,7 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,15 \text{ mol}^{-1}$$

Deduz-se, a partir dos valores encontrados, que foram consumidos na reação:

$$0,15 \text{ mol de C}$$

$$0,30 \text{ mol de H}$$

$$0,45 \text{ mol de O}$$

Como tanto o composto orgânico quanto o  $\text{O}_2$  apresentam átomos de oxigênio em sua constituição, é necessário determinar a quantidade de matéria desse elemento consumida na formação do composto orgânico.

Para isso, deve-se determinar a massa de oxigênio na amostra.

$$m(\text{C}) = 0,15 \text{ mol} \cdot 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,8 \text{ g}$$

$$m(\text{H}) = 0,30 \text{ mol} \cdot 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,3 \text{ g}$$

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) + m(\text{O}) = 4,5 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 2,4 \text{ g}$$

$$n(\text{O}) = \frac{2,4 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,15 \text{ mol}$$

$$\text{Composto orgânico} = \text{C}_{0,15}\text{H}_{0,30}\text{O}_{0,15}$$

Dividindo-se por 0,15, temos:

$$\text{Fórmula empírica} = \text{CH}_2\text{O}$$

### Questão 06 – Letra B

**Comentário:** Massa molar do aspartame ( $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_5$ ):  $294 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

- Cálculo do percentual de carbono no aspartame:

$$294 \text{ g — } 100\%$$

$$168 \text{ g — } x$$

$$x = 57,1\%$$

- Cálculo do percentual de hidrogênio no aspartame:

$$294 \text{ g — } 100\%$$

$$18 \text{ g — } x$$

$$x = 6,12\%$$

- Cálculo do percentual de nitrogênio no aspartame:

$$294 \text{ g — } 100\%$$

$$28 \text{ g — } x$$

$$x = 9,5\%$$

- Cálculo do percentual de oxigênio no aspartame:

$$294 \text{ g — } 100\%$$

$$80 \text{ g — } x$$

$$x = 27,2\%$$

### Questão 07 – Letra D

**Comentário:** Em 100 g do composto, temos 23,8 g de carbono, 5,9 g de hidrogênio e 70,3 g de cloro.

Cálculo da quantidade de matéria de C, H, Cl:

$$n(\text{C}) = 23,8 \text{ g} / 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,98 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = 5,9 \text{ g} / 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5,9 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cl}) = 70,3 \text{ g} / 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,98 \text{ mol}$$

Dividindo-se todos os valores encontrados por 1,98, temos:

$$\text{C} = 1,98 / 1,98 = 1$$

$$\text{H} = 5,9 / 1,98 = 2,98$$

$$\text{Cl} = 1,98 / 1,98 = 1$$

Portanto, a fórmula molecular é igual a  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .

### Questão 08 – Letra B

**Comentário:** Na amostra, temos 24,64 g de urânio e 3,36 g de oxigênio. A quantidade de matéria desses elementos é:

$$n(\text{U}) = 24,64 \text{ g} / 238 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,1035 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = 3,36 \text{ g} / 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,21 \text{ mol}$$

Dividindo-se todos os valores encontrados por 0,1035, temos:

$$\text{U} = 0,1035 / 0,1035 = 1$$

$$\text{O} = 0,21 / 0,1035 = 2,02$$

Portanto, a fórmula molecular é igual a  $\text{UO}_2$ .

## Exercícios Propostos

### Questão 01 – Letra E

**Comentário:** O exercício informou que houve uma redução de 500 mg de enxofre por kg de combustível para 50 mg de enxofre por kg de combustível. Logo, de posse dessa informação, é possível calcular o valor da redução do teor de enxofre nesse combustível utilizando, para isso, uma regra de três simples.

- Cálculo do teor de enxofre presente na gasolina:

$$500 \text{ mg — } 100\%$$

$$50 \text{ mg — } x$$

$$x = 10\%$$

Portanto, o valor correspondente à redução do teor de enxofre na gasolina é obtido da seguinte maneira:

$$100\% - 10\% = 90\%$$

### Questão 02 – Letra E

**Comentário:** A massa molar do valsartan ( $\text{C}_{33}\text{H}_{34}\text{N}_6\text{O}_6$ ) é igual a  $610 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Logo, a porcentagem de cada elemento presente nesse composto é:

- Porcentagem de C:

$$610 \text{ g — } 100\%$$

$$33 \cdot 12 \text{ g — } x$$

$$x = 64,9\%$$

- Porcentagem de H:

$$\begin{aligned} 610 \text{ g} & \text{---} 100\% \\ 34 \cdot 1 \text{ g} & \text{---} y \\ y & = 5,6\% \end{aligned}$$

- Porcentagem de N:

$$\begin{aligned} 610 \text{ g} & \text{---} 100\% \\ 6 \cdot 14 \text{ g} & \text{---} y \\ y & = 13,8\% \end{aligned}$$

- Porcentagem de O:

$$\begin{aligned} 610 \text{ g} & \text{---} 100\% \\ 6 \cdot 16 \text{ g} & \text{---} y \\ y & = 15,7\% \end{aligned}$$

### Questão 03 – Letra B

**Comentário:** Para calcular o percentual de massa de carbono e oxigênio no ácido ascórbico, é necessário, primeiro, determinar a massa molar do composto.

- Cálculo da massa molar do ácido ascórbico:

$$\begin{aligned} M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) & = (6 \cdot 12) + (8 \cdot 1) + (6 \cdot 16) \\ M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) & = 176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

Considerando que a massa de carbono corresponde a 72 g (6 · 12), calculamos o percentual desse elemento no composto.

- O cálculo do percentual de carbono no ácido ascórbico:

$$\begin{aligned} 176 \text{ g} & \text{---} 100\% \\ 72 \text{ g} & \text{---} x \\ x & = 40,9\% \end{aligned}$$

Considerando que a massa de oxigênio corresponde a 96 g (6 · 16), calculamos o percentual desse elemento no composto.

- O cálculo do percentual de oxigênio:

$$\begin{aligned} 176 \text{ g} & \text{---} 100\% \\ 96 \text{ g} & \text{---} y \\ y & = 54,54\% \end{aligned}$$

### Questão 04 – Letra A

**Comentário:** De posse dos valores referentes às porcentagens de cada um dos elementos que constituem essa substância, concluímos que em 100 gramas há 62,1 g de carbono, 10,3 g de hidrogênio e 27,5 g de oxigênio. Dessa forma, é possível calcular a proporção desses elementos dividindo a massa de cada um deles pelos respectivos valores de massa molar conforme realizado a seguir:

$$\begin{aligned} n(\text{C}) & = 62,1 / 12 = 5,17 \\ n(\text{H}) & = 10,3 / 1 = 10,3 \\ n(\text{O}) & = 27,5 / 16 = 1,72 \end{aligned}$$

Dividindo todos os índices pelo menor valor, temos:

$$\begin{array}{ccc} \text{C}_{\frac{5,17}{1,72}} & \text{H}_{\frac{10,3}{1,72}} & \text{O}_{\frac{1,72}{1,72}} \\ & & \\ & & \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_1 \end{array}$$

Sabendo a proporção dos átomos que constituem a molécula, é possível determinar a sua fórmula mínima comparando o valor obtido com a massa molar.

- Cálculo da massa molar:

$$\begin{aligned} M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) & = (3 \cdot 12) + (6 \cdot 1) + (1 \cdot 16) \\ M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) & = 58 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

Como a massa molecular do composto é 58 g·mol<sup>-1</sup>, a fórmula do composto orgânico é igual a C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O.

### Questão 05 – Letra B

**Comentário:** A massa molar da hidroxiapatita, cuja fórmula molecular é igual a Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>, pode ser calculada da seguinte maneira:

- Cálculo da massa molar da hidroxiapatita:

$$(10 \cdot 40) + (31 + 16 \cdot 4) \cdot 6 + (16 + 1) \cdot 2 = 1\,004 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

A massa de fósforo presente em 1 mol de hidroxiapatita pode ser calculada da seguinte maneira:

$$(31 \cdot 6) = 186 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Logo, o teor percentual de fósforo no composto pode ser obtido pelo seguinte cálculo:

$$\begin{aligned} 186 / 1\,004 & = 0,185 \\ 0,185 \cdot 100 & = 18,5\% \end{aligned}$$

### Questão 06 – Letra C

**Comentário:** O exercício fornece a composição percentual em peso referente a cada elemento químico presente na amostra. Portanto, em 100 g desse composto, há 88,9 g de carbono e 11,1 g de hidrogênio. O cálculo da quantidade de matéria de cada elemento deve ser feito dividindo-se a massa de cada um deles pela respectiva massa molar:

$$\begin{aligned} n(\text{C}) & = 88,9 / 12 = 7,4 \\ n(\text{H}) & = 11,1 / 1 = 11,1 \end{aligned}$$

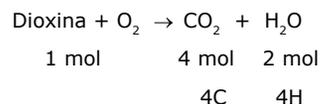
Dividindo os índices por aquele de menor valor, obtemos a proporção entre os elementos:

$$\begin{array}{cc} \text{C}_{7,4/7,4} & \text{H}_{11,1/7,4} \\ & \text{C}_1\text{H}_{1,5} \end{array}$$

Para obter a fórmula molecular do composto com índices inteiros, multiplicamos os valores encontrados por 2. Portanto, a fórmula molecular é igual a C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>.

### Questão 07 – Letra E

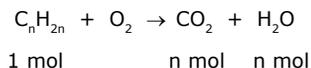
**Comentário:** a dioxina é constituída de carbono, hidrogênio e oxigênio. Na combustão de 1 mol desse composto, são formados 4 mol de CO<sub>2</sub> e 2 mol de H<sub>2</sub>O, conforme representado na equação a seguir:



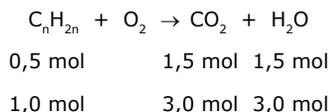
A massa de hidrogênio presente nos produtos é igual a 4 g e, como a massa de oxigênio é oito vezes maior que a massa de hidrogênio, sua massa será igual a 32 g. Esse valor corresponde a 2 mol de átomos de oxigênio por mol do composto. Logo, a fórmula molecular da dioxina será C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>. Para determinar sua fórmula mínima, basta dividir todos os índices da fórmula molecular pelo menor deles e, assim, obtêm-se a fórmula mínima: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O.

### Questão 08 – Letra B

**Comentário:** A fórmula geral de um hidrocarboneto monoinsaturado é  $C_nH_{2n}$  e a sua reação de combustão completa pode ser representada da seguinte maneira:



Como 0,5 mol de hidrocarboneto produz 1,5 mol de  $CO_2$ , 1 mol do hidrocarboneto produzirá 3 mol de  $CO_2$  e 3 mol de  $H_2O$ .



Assim, a fórmula molecular do composto será igual a  $C_3H_6$ . De posse do valor da massa molecular, é possível realizar o cálculo da massa molar desse composto:

$$M(C_3H_6) = (3 \cdot 12) + (6 \cdot 1) = 42 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

### Questão 09 – Letra B

**Comentário:** A proporção dos átomos de cada elemento na fórmula do composto é obtida dividindo-se a massa de cada um deles pela sua respectiva massa molar.

$$C_{18/12}H_{3/1}O_{16/16} = C_{1,5}H_3O_1$$

Multiplica-se cada um dos índices por 2 para obter valores que sejam números inteiros, obtendo-se a seguinte fórmula:



- Cálculo da massa molar:

$$M(C_3H_6O_2) = (3 \cdot 12) + (6 \cdot 1) + (2 \cdot 16) = 74 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Como a massa molar fornecida no exercício é igual a 148 g, ou seja, o dobro do valor obtido anteriormente, multiplica-se os índices da fórmula mínima por 2 e obtém-se a seguinte fórmula molecular:



### Questão 10 – Letra D

**Comentário:** O  $Mg(OH)_2$  e o  $Al(OH)_3$  se combinam na proporção de 1 : 2. Como a fórmula unitária do espinélio é  $AB_2O_x$ , o elemento A corresponde ao magnésio e o elemento B corresponde ao Al. Assim, teremos  $MgAl_2O_x$  como a fórmula unitária do espinélio. Como o espinélio de magnésio e alumínio é um composto iônico eletricamente neutro, a carga total dos cátions  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$  deve ser igual à carga total dos ânions  $O^{2-}$  ou seja, o somatório das cargas dos íons deve ser igual a zero.

- Cálculo do número de átomos de oxigênio no  $MgAl_2O_x$ :

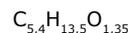
$$[(+2) \cdot 1] + [(+3) \cdot 2] + [(-2) \cdot x] = 0$$
$$+2 + 6 - 2x = 0$$
$$2x = 8$$
$$x = 4$$

Logo, o número de átomos de oxigênio no espinélio de magnésio e alumínio ( $MgAl_2O_4$ ) é igual a 4.

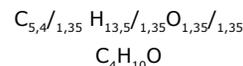
### Questão 11 – Letra A

**Comentário:** O exercício fornece a composição percentual de cada elemento químico presente na amostra. Portanto, em 100 g desse composto, há 64,9 g de carbono, 13,5 g de hidrogênio e 21,6 g de oxigênio. Logo, podemos, então, calcular a proporção de cada um dos átomos na constituição da substância, dividindo-se a massa de cada elemento pela respectiva massa molar.

$$n(C) = 64,9 / 12 = 5,4$$
$$n(H) = 13,5 / 1 = 13,5$$
$$n(O) = 21,6 / 16 = 1,35$$



Dividindo-se todos os índices pelo de menor valor, obtém-se a proporção de átomos entre os elementos:



Conhecendo-se a massa molar do composto e a proporção dos átomos que o constituem é possível determinar sua fórmula mínima.

- Cálculo da massa molar de  $C_4H_{10}O$ :

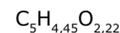
$$(4 \cdot 12) + (10 \cdot 1) + (1 \cdot 16) = 74 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Como os valores são iguais, a fórmula molecular é igual a  $C_4H_{10}O$ .

### Questão 12 – Letra A

**Comentário:** O exercício fornece a composição percentual de cada elemento químico presente na amostra. Portanto, em 100 g desse composto, há 60 g de carbono, 35,5 g de oxigênio e 4,45 g de hidrogênio. Assim, é possível calcular a proporção de cada um dos átomos na constituição da substância, dividindo-se a massa de cada elemento pela respectiva massa molar.

$$n(C) = 60 / 12 = 5,0 \text{ mol}$$
$$n(O) = 35,5 / 16 = 2,22 \text{ mol}$$
$$n(H) = 4,45 / 1 = 4,45 \text{ mol}$$



Dividindo-se todos os índices pelo de menor valor:



Multiplicando-se cada índice por 4 para obtermos valores inteiros, temos:



- Cálculo da massa molar de ( $C_9H_8O_4$ ):

$$(9 \cdot 12) + (8 \cdot 1) + (4 \cdot 16) = 180 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Como os valores são iguais, a fórmula molecular é igual a  $C_9H_8O_4$ .

### Questão 13 – Letra B

**Comentário:** A massa de água presente em 4,99 gramas do sal hidratado pode ser calculada subtraindo-se a massa de sulfato de cobre II obtida após a evaporação de toda a água, da massa do sal hidratado antes do aquecimento.

$$m(H_2O) = m(\text{sal}) - m(CuSO_4)$$
$$m(H_2O) = 4,99 \text{ g} - 3,19 \text{ g}$$
$$m(H_2O) = 1,80 \text{ g}$$

As quantidades de matéria de  $\text{CuSO}_4$  e de  $\text{H}_2\text{O}$  correspondentes às massas 3,19 g e 1,80 g podem ser calculadas da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de } \text{CuSO}_4 &\text{ — } 159,5 \text{ gramas} \\ x \text{ mol} &\text{ — } 3,19 \text{ gramas} \\ x &= 0,02 \text{ mol} \\ 1 \text{ mol de } \text{H}_2\text{O} &\text{ — } 18 \text{ gramas} \\ y \text{ mol} &\text{ — } 1,8 \text{ gramas} \\ y &= 0,1 \text{ mol} \end{aligned}$$

Para cada 0,02 mol de sulfato de cobre II, tem-se 0,1 mol de água. Dessa forma, o número de mols de água por mol de sulfato de cobre II na composição do sal hidratado pode ser calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 0,02 \text{ mol de } \text{CuSO}_4 &\text{ — } 0,1 \text{ mol de } \text{H}_2\text{O} \\ 1 \text{ mol de } \text{CuSO}_4 &\text{ — } z \\ z &= 5 \text{ mol} \end{aligned}$$

## Seção Enem

### Questão 01 – Letra B

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** Observando-se a representação da água e da amônia, conclui-se que o hidrogênio, comum às duas substâncias, está representado por  $\odot$ , o oxigênio por  $\circ$  e o nitrogênio por  $\oplus$ .

A composição da água considerada por Dalton é de 85% de oxigênio e 15% de hidrogênio em massa.

- 1ª representação:  $\odot\circ$   
 Massa da molécula:  $1 + 5,66 = 6,66$   
 Porcentagem, em massa, de oxigênio:  
 $(5,66 / 6,66) \cdot 100 = 84,98\%$
- 2ª representação:  $\odot\circ\circ$   
 Massa da molécula:  $1 + 1 + 5,66 = 7,66$   
 Porcentagem, em massa, de oxigênio:  
 $(5,66 / 7,66) \cdot 100 = 73,89\%$
- 3ª representação:  $\circ\circ\circ$   
 Massa da molécula:  $1 + 5,66 + 5,66 = 12,32$   
 Porcentagem, em massa, de oxigênio:  
 $(2 \cdot 5,66 / 12,32) \cdot 100 = 91,88\%$

A representação da molécula de água que apresenta a porcentagem de oxigênio correta considerada por Dalton é a 1ª representação.

A composição da amônia considerada por Dalton é de 80% de nitrogênio e 20% de hidrogênio, em massa.

- 1ª representação:  $\oplus\circ$   
 Massa da molécula:  $1 + 4 = 5$   
 Porcentagem, em massa, de nitrogênio:  
 $(4/5) \cdot 100 = 80\%$

- 2ª representação:  $\oplus\oplus\circ$   
 Massa da molécula:  $1 + 1 + 4 = 6$   
 Porcentagem, em massa, de nitrogênio:  
 $(4/6) \cdot 100 = 66,7\%$
- 3ª representação:  $\oplus\circ\oplus$   
 Massa da molécula:  $1 + 4 + 4 = 9$   
 Porcentagem, em massa, de nitrogênio:  
 $(2 \cdot 4/9) \cdot 100 = 88,9\%$

A representação da molécula de amônia que apresenta a porcentagem de nitrogênio correta considerada por Dalton é a 1ª representação.

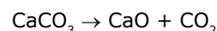
## MÓDULO – B 08

### Cálculos Estequiométricos

#### Exercícios de Aprendizagem

##### Questão 01 – Letra D

**Comentário:** De acordo com a equação balanceada a seguir, percebe-se que a relação estequiométrica, em mol, entre o carbonato de cálcio utilizado e o dióxido de carbono produzido na reação é 1:1.



A partir dos valores das massas molares dos compostos envolvidos na reação de decomposição, pode-se estabelecer uma relação entre a massa de carbonato de cálcio decomposta e a massa de dióxido de carbono emitida.

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{CaO}) = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$1 \text{ mol de } \text{CaCO}_3 \text{ — } \text{ produz } 1 \text{ mol de } \text{CO}_2$$

$$100 \text{ g de } \text{CaCO}_3 \text{ — } \text{ produzem } 44 \text{ g de } \text{CO}_2$$

$$400 \text{ kg de } \text{CaCO}_3 \text{ — } x$$

$$x = 176 \text{ kg de } \text{CO}_2$$

A quantidade de  $\text{CO}_2$  emitida será 176 kg.

##### Questão 02 – Letra A

**Comentário:** Inicialmente, havia 5 mol de X e 5 mol de Y. Após 1 minuto de reação, foram consumidos 1 mol de X e 2 mol de Y, produzindo 1 mol de Z. Como foram misturadas as mesmas quantidades dos dois reagentes e como X e Y reagem na proporção, em mol, de 1:2, conclui-se que o reagente limitante é Y. A quantidade de Z produzida quando Y é totalmente consumido é de:

$$2 \text{ mol de } Y \text{ — } 1 \text{ mol de } Z$$

$$5 \text{ mol de } Y \text{ — } x$$

$$x = 2,5 \text{ mol de } Z$$

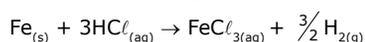
### Questão 03 – Letra E

**Comentário:** Considere a massa molar do  $C_8H_{18} = 114 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  e a da  $H_2O = 18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . De acordo com os coeficientes estequiométricos da equação de combustão do octano, a combustão de cada mol de  $C_8H_{18(g)}$  produz 9 mol de  $H_2O_{(g)}$ . Portanto, 114 g de  $C_8H_{18(g)}$  produzem 162 g de  $H_2O_{(g)}$ . O enunciado da questão diz que a massa de  $C_8H_{18}$  consumida deve ser compensada pela  $H_2O$  formada. Logo, a massa de água que deve ser retida equivale a 114 g. A porcentagem da massa de água retida é igual a:

$$\begin{aligned} 162 \text{ g } H_2O &\text{ — } 100\% \\ 114 \text{ g } H_2O &\text{ — } x \\ x &= 70,37\% \cong 70\% \end{aligned}$$

### Questão 04 – Letra B

**Comentário:** A equação balanceada que representa o processo descrito está representada a seguir:



Para cada mol de ferro que reage, é liberado 1,5 mol de gás hidrogênio. Esse volume de hidrogênio, a 1,0 atm e 25 °C, corresponde a 33,6 L (1,5 · 22,4 L). Assim, temos a seguinte relação:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de Fe (56 g)} &\text{ — } 33,6 \text{ L de } H_2 \\ x &\text{ — } 3,36 \text{ L de } H_2 \\ x &= 5,6 \text{ g de ferro} \end{aligned}$$

### Questão 05 – Letra C

**Comentário:** De acordo com a equação que representa a reação balanceada de obtenção de ferro metálico a partir de seu óxido, 1 mol de  $Fe_2O_3$  produz 2 mol de ferro metálico. Então, a quantidade de ferro obtida a partir da utilização de 106 g de óxido férrico ( $Fe_2O_3$ ), considerando 100% de rendimento, será igual a:

$$M(Fe_2O_3) = 160 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(Fe) = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de } Fe_2O_3 &\text{ — } 2 \text{ mol de Fe} \\ 160 \text{ g de } Fe_2O_3 &\text{ — } 112 \text{ g (2 x 56 g) de Fe} \\ 106 \text{ g de } Fe_2O_3 &\text{ — } x \\ x &= 700 \text{ 000 g} = 700 \text{ kg} = 0,7 \cdot 10^3 \text{ g de Fe} \end{aligned}$$

### Questão 06 – Letra B

**Comentário:** Considerando a estequiometria da reação, temos que a quantidade de mol de  $TiCl_4$  produzidos a partir de 1 000 mol de  $FeTiO_3$  é:

$$\begin{aligned} 2 \text{ mol } FeTiO_3 &\text{ — } 2 \text{ mol } TiCl_4 \\ 1 \text{ 000 mol } FeTiO_3 &\text{ — } x \\ x &= 1 \text{ 000 mol de } TiCl_4 \end{aligned}$$

A quantidade de Ti formada a partir de 1 000 mol de  $TiCl_4$  é:

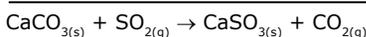
$$\begin{aligned} 1 \text{ mol } TiCl_4 &\text{ — } 48 \text{ g Ti} \\ 1 \text{ 000 mol } TiCl_4 &\text{ — } y \\ y &= 48 \text{ 000g Ti} = 48 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Questão 07 – Letra C

**Comentário:** Se em 1 hora se produzem 12,8 kg de  $SO_2$ , em 1 dia (24 horas) a quantidade produzida será:

$$24 \cdot 12,8 \text{ kg} = 307,2 \text{ kg de } SO_2$$

De acordo com a reação global do processo, a proporção estequiométrica entre as quantidades de matéria de  $SO_2$  formado e  $CaCO_3$  necessária para eliminá-lo é 1:1.



Assim, temos:

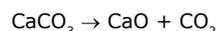
$$M(CaCO_3) = 100 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(SO_2) = 64 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned} 64 \text{ g de } SO_2 &\text{ — } 100 \text{ g de } CaCO_3 \\ 307,2 \text{ kg de } SO_2 &\text{ — } x \\ x &= 480 \text{ kg de } CaCO_3 \end{aligned}$$

### Questão 08 – Letra A

**Comentário:** A equação que representa a reação de decomposição do carbonato de cálcio, na qual a relação estequiométrica, em mol, entre o carbonato de cálcio utilizado e o dióxido de carbono produzido é 1:1, está representada a seguir:



A partir dos valores das massas molares dos compostos envolvidos na reação de decomposição, pode-se estabelecer uma relação entre a massa de carbonato de cálcio decomposta e a massa de óxido de cálcio produzida.

$$M(CaCO_3) = 100 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(CaO) = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(CO_2) = 44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Considerando que o grau de pureza do carbonato de cálcio é de 100%, temos:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de } CaCO_3 &\text{ — } \text{produz 1 mol de CaO} \\ 100 \text{ g de } CaCO_3 &\text{ — } \text{produzem 56 g de CaO} \\ 5,00 \text{ g de } CaCO_3 &\text{ — } x \\ x &= 2,8 \text{ g de CaO} \end{aligned}$$

Entretanto, a massa de CaO produzida foi de 2,24 g. Dessa forma, o grau de pureza da amostra é calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 2,8 \text{ g de CaO} &\text{ — } \text{Grau de pureza de 100\% de } CaCO_3 \\ 2,24 \text{ g de CaO} &\text{ — } y \\ y &= \text{Grau de pureza de 80\% de } CaCO_3 \end{aligned}$$

## Exercícios Propostos

## Questão 01 – Letra C

**Comentário:** A massa molar do  $\text{CO}_2$  é  $44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  e a do carbonato cíclico, produto da reação, é  $88 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Para determinar a quantidade de  $\text{CO}_2$  liberado em 100 km rodados, faz-se a seguinte relação:

$$\begin{aligned} 1 \text{ km} &\text{ — } 0,22 \text{ kg CO}_2 \\ 100 \text{ km} &\text{ — } x \\ x &= 22 \text{ kg CO}_2 \end{aligned}$$

A massa de carbonato cíclico formada com base nessa massa de  $\text{CO}_2$  emitida pode ser calculada utilizando a seguinte relação:

$$\begin{aligned} 0,044 \text{ kg CO}_2 &\text{ — } 0,088 \text{ kg carbonato} \\ 22 \text{ kg CO}_2 &\text{ — } y \\ y &= 44 \text{ kg de carbonato} \end{aligned}$$

## Questão 02 – Letra D

**Comentário:** Pela análise da relação entre os coeficientes estequiométricos da reação, verifica-se que:

$$\begin{aligned} 106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 &\text{ — } 2 \text{ mol NaHSO}_3 \\ 42,4 \cdot 10^6 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 (42,2 \text{ t}) &\text{ — } x \\ x &= 8 \cdot 10^5 \text{ mol NaHSO}_3 \end{aligned}$$

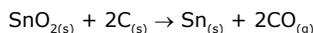
## Questão 03 – Letra D

**Comentário:** As massas molares do  $\text{H}_2\text{S}$  e do  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  são iguais a  $34 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  e  $208 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , respectivamente. De acordo com a estequiometria da reação, 3 mol de  $\text{H}_2\text{S}$  produzem 1 mol de  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ , considerando uma reação com 100% de rendimento. Logo:

$$\begin{aligned} 3 \cdot 34 \text{ g H}_2\text{S} &\text{ — } 208 \text{ g Fe}_2\text{S}_3 \\ 3 \cdot 34 \text{ g H}_2\text{S} &= 102 \text{ g H}_2\text{S} \end{aligned}$$

## Questão 04 – Letra B

**Comentário:** A equação balanceada da redução da cassiterita está representada a seguir:



As massas molares do  $\text{SnO}_2$ , C e Sn são iguais a  $151 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  e  $119 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , respectivamente. Dessa forma, temos a seguinte relação:

$$151 \text{ g SnO}_2 \text{ — } 24 \text{ g C — } 119 \text{ g Sn}$$

Segundo dados da questão, estão disponíveis para reagir 50 kg de carbono e 25 kg de  $\text{SnO}_2$ . Analisando a proporção, em massa, das espécies presentes na reação, verifica-se que há excesso de carbono e, por isso, deve-se considerar apenas a quantidade de  $\text{SnO}_2$ , reagente limitante, no meio reacional. Assim:

$$\begin{aligned} 0,151 \text{ kg SnO}_2 &\text{ — } 0,119 \text{ kg Sn} \\ 25 \text{ kg SnO}_2 &\text{ — } x \\ x &= 19,70 \text{ kg Sn} \end{aligned}$$

## Questão 05 – Letra B

**Comentário:** A quantidade de  $\text{SO}_2$  produzido na reação de 600 g de pirita é obtida por meio da relação entre os coeficientes estequiométricos da equação.

$$4 \cdot 120 \text{ g FeS}_2 \text{ — } 8 \text{ mol de SO}_2$$

Como a pirita apresenta 50% de pureza, a massa de  $\text{FeS}_2$  presente na amostra será igual a 300 g. Assim, de acordo com a proporção relacionada anteriormente, temos:

$$\begin{aligned} 4 \cdot 120 \text{ g FeS}_2 &\text{ — } 8 \text{ mol de SO}_2 \\ 300 \text{ g FeS}_2 &\text{ — } x \\ x &= 5 \text{ mol de SO}_2 \end{aligned}$$

Nas CNTP, o volume molar é igual a 22,4 L. Logo, a quantidade de  $\text{SO}_2$  produzida, em litros, é igual a:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de SO}_2 &\text{ — } 22,4 \text{ L} \\ 5 \text{ mol de SO}_2 &\text{ — } y \\ y &= 112 \text{ L} \end{aligned}$$

## Questão 06 – Letra A

**Comentário:** Considerando a estequiometria da reação da etapa I e os valores de massa molar dos compostos  $\text{NaCl} = 58,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;

$\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , temos:

$$\begin{aligned} 0,0585 \text{ kg NaCl} &\text{ — } 0,084 \text{ kg NaHCO}_3 \\ 234 \text{ kg NaCl} &\text{ — } x \\ x &= 336 \text{ kg NaHCO}_3 \end{aligned}$$

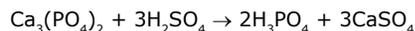
Sabendo que o rendimento dessa reação é de 75%, a quantidade de  $\text{NaHCO}_3$  produzida é  $336 \text{ kg NaHCO}_3 \cdot 0,75 = 252 \text{ kg NaHCO}_3$ .

De acordo com a estequiometria da reação da etapa II e o rendimento igual a 100%, a quantidade de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  formada é:

$$\begin{aligned} 2 \cdot 0,084 \text{ kg NaHCO}_3 &\text{ — } 0,106 \text{ kg Na}_2\text{CO}_3 \\ 252 \text{ kg NaHCO}_3 &\text{ — } y \\ y &= 159 \text{ kg Na}_2\text{CO}_3 \end{aligned}$$

## Questão 07 – Letra B

**Comentário:** A equação química balanceada de formação do ácido fosfórico e a massa molar dos compostos são:



$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 310 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4 = 98 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Pela análise da relação entre os coeficientes estequiométricos da reação, verifica-se que:

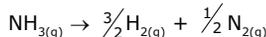
$$\begin{aligned} 1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2 &\text{ — } 2 \text{ mol H}_3\text{PO}_4 \\ 310 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2 &\text{ — } 2 \cdot 98 \text{ g H}_3\text{PO}_4 \\ x &\text{ — } 980 \text{ g H}_3\text{PO}_4 \\ x &= 1\,550 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \\ 3 \text{ mol de H}_2\text{SO}_4 &\text{ — } 2 \text{ mol H}_3\text{PO}_4 \\ 3 \cdot 98 \text{ g H}_2\text{SO}_4 &\text{ — } 2 \cdot 98 \text{ g H}_3\text{PO}_4 \\ y &\text{ — } 980 \text{ g H}_3\text{PO}_4 \\ y &= 1\,470 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \end{aligned}$$

Portanto, a massa total de reagentes utilizados para a obtenção de 980 g de ácido fosfórico é:

$$\begin{aligned} m_{\text{total}} &= m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) + m(\text{H}_2\text{SO}_4) \\ m_{\text{total}} &= 1\,550 \text{ g} + 1\,470 \text{ g} \\ m_{\text{total}} &= 3\,020 \text{ g} \end{aligned}$$

### Questão 08 – Letra B

**Comentário:** De acordo com a reação de decomposição do gás amônia devidamente balanceada:



para cada mol de amônia decomposta, 2 mol de produtos gasosos são gerados, considerando que o rendimento da reação é de 100%.

Conforme os dados contidos no enunciado, foram decompostos  $1,7 \cdot 10^5$  g de gás amônia. Essa quantidade, em mol, é igual a:

$$M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$17 \text{ g de NH}_3 \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$1,7 \cdot 10^5 \text{ g de NH}_3 \text{ — } x$$

$$x = 10\,000 \text{ mol de NH}_3$$

De acordo com a equação balanceada, a cada mol de amônia decomposta, são produzidos 2 mol de gases ( $\frac{3}{2} + \frac{1}{2}$ ).

Dessa maneira, serão produzidos 20 000 mol de gases, que correspondem, nas CNTP, a um volume de:

$$1 \text{ mol — } 22,4 \text{ L}$$

$$20\,000 \text{ mol — } y$$

$$y = 448\,000 \text{ L} = 4,48 \cdot 10^5 \text{ L}$$

### Questão 09 – Letra C

**Comentário:** Para determinar o tempo, em horas, utilizado no percurso de 110 km, tem-se que:

$$220 \text{ km — } 1 \text{ h}$$

$$110 \text{ km — } x$$

$$x = 0,5 \text{ h}$$

A quantidade, em litros, de combustível necessário para esse percurso é:

$$1 \text{ h — } 100 \text{ L de combustível}$$

$$0,5 \text{ h — } y$$

$$y = 50 \text{ L de combustível}$$

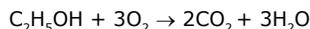
A massa, em kg, de etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) presente neste volume de combustível pode ser determinada utilizando o valor fornecido para a massa de etanol presente em um litro de combustível:

$$1 \text{ L combustível — } 0,8 \text{ kg etanol}$$

$$50 \text{ L combustível — } z$$

$$z = 40 \text{ kg de etanol}$$

A equação de combustão do etanol pode ser descrita como:



Considere a massa molar do etanol  $46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  e do  $\text{CO}_2$  igual a  $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Analisando os coeficientes estequiométricos da reação, conclui-se que:

$$0,046 \text{ kg etanol — } 2 \cdot 0,044 \text{ kg CO}_2$$

$$40 \text{ kg etanol — } w$$

$$w = 76,52 \text{ kg} \approx 77 \text{ kg de CO}_2$$

### Questão 10

**Comentário:**

A) Pela análise da relação entre os coeficientes estequiométricos da reação, verifica-se que:

$$190,5 \text{ g Cu — } 562,5 \text{ g sal}$$

$$635 \text{ g Cu — } x$$

$$x = 1\,875 \text{ g sal}$$

B) 635 g equivalem a 10 mol de Cu. Pela estequiometria da reação, temos que:

$$3 \text{ mol Cu — } 2 \text{ mol NO}$$

$$10 \text{ mol Cu — } y$$

$$y = \text{mol de NO}$$

O volume do recipiente para armazenar os mol de NO produzidos é obtido pela equação de Clapeyron:

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

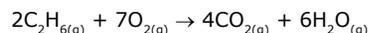
$$8,2 \cdot V = \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$V = 20 \text{ L}$$

### Questão 11 – Letra B

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

A) Incorreta. De acordo com a seguinte equação balanceada:



a relação estequiométrica, em mol, entre o etano e a água é de 1:3. Logo, a combustão completa de 1 mol de etano produz 3 mol de água.

B) Correta. Como a relação estequiométrica entre as quantidades de matéria de etano e gás carbônico é 1:2 e o volume molar dos diferentes gases é sempre o mesmo, quando se encontram nas mesmas condições de temperatura e pressão, conclui-se que a proporção estequiométrica entre seus volumes também é de 1:2. Assim, a combustão completa de 28 L de etano produz 56 L de gás carbônico.

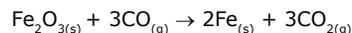
C) Incorreta. O volume molar de um gás nas CNTP é 22,4 L. Isso significa que 22,4 L é o volume ocupado por 1 mol de qualquer gás – por exemplo, etano –, ou seja, por  $6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas.

D) Incorreta. A massa molar do etano é  $30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Assim, 60 g de etano correspondem a 2 mol e, portanto, ocupam um volume de 44,8 L nas CNTP.

E) Incorreta. Quando submetidos às mesmas condições de temperatura e pressão, 1 mol de qualquer gás ocupa sempre o mesmo volume.

### Questão 12 – Letra B

**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas, sabendo que a equação química balanceada de produção do ferro metálico é:



A) Incorreta. De acordo com a estequiometria da reação e com os valores de massa molar das substâncias  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  e  $\text{CO} = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , temos que:

$$160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ — } 3 \cdot 28 \text{ g CO}$$

$$1,60 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ — } x$$

$$x = 0,84 \text{ g CO}$$

Portanto, o reagente limitante é o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

B) Correta. De acordo com a estequiometria da reação e com os valores de massa molar das substâncias  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  e  $\text{Fe} = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , temos que:

$$160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ — } 2 \cdot 56 \text{ g Fe}$$

$$1,60 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ — } x$$

$$x = 1,12 \text{ g Fe}$$

Foi utilizada a massa disponível de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , já que ele é o reagente limitante da reação.

- C) Incorreta. A massa consumida de CO, conforme calculado na alternativa A, é 0,84 g. Como foram adicionados 3,00 desse composto, após a reação se completar, haverá no sistema 2,16 g.
- D) Incorreta. A quantidade máxima de CO<sub>2</sub> que poderá ser formada com a quantidade do reagente limitante Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é de 1,32 g:

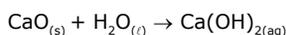
$$\begin{array}{l} 160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ — } 3 \cdot 44 \text{ g CO}_2 \\ 1,60 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ — } x \\ x = 1,32 \text{ g CO}_2 \end{array}$$

- E) Incorreta. De acordo com o cálculo realizado no item B, a quantidade de Fe produzido considerando o rendimento da reação igual a 100% é 1,12 g. Considerando o rendimento igual a 80%, temos:

$$\begin{array}{l} 100\% \text{ — } 1,12 \text{ g Fe} \\ 80\% \text{ — } x \\ x = 0,89 \text{ g Fe} \end{array}$$

### Questão 13 – Letra C

**Comentário:** A reação balanceada entre óxido de cálcio e água, produzindo hidróxido de cálcio, é representada pela seguinte equação:



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

- A) Incorreta. Os valores de X e Y para que a temperatura final seja a maior possível devem obedecer à estequiometria da reação. Uma vez que a reação é 1 : 1, a quantidade de X e Y deverá ser igual e máxima para que a quantidade de energia liberada pela reação seja também máxima.
- B) Incorreta. A estequiometria da reação é 1 mol de CaO para 1 mol de H<sub>2</sub>O. No experimento 3, a quantidade de H<sub>2</sub>O disponível é de 0,3 mol, e a quantidade de CaO é de 0,7 mol. Logo, o reagente limitante nesse experimento é a água.
- C) Correta. Pela análise da estequiometria da reação, verifica-se que a quantidade em mols de CaO que reage deve ser a mesma quantidade em mols de H<sub>2</sub>O, ou seja, 0,2 mol. A quantidade de 0,6 mol de óxido de cálcio que não participa da reação está em excesso. A quantidade de 0,2 mol de CaO equivale a 11,2 g (massa molar do CaO = 56 g.mol<sup>-1</sup>). A quantidade de 0,2 mol de H<sub>2</sub>O é igual a 3,6 g (massa molar da H<sub>2</sub>O = 18 g.mol<sup>-1</sup>). A soma das duas massas é igual a: 11,2 g + 3,6 g = 14,8 g, aproximadamente, 15 g, e corresponde à massa do produto formado.
- D) Incorreta. A estequiometria da reação, em qualquer um dos experimentos, obedece à Lei das Proporções Definidas de Proust. Portanto, a relação estequiométrica da reação será 1 mol CaO : 1 mol H<sub>2</sub>O.
- E) Incorreta. A reação descrita é um processo exotérmico, uma vez que os valores de T<sub>f</sub> aumentam com o decorrer da reação.

## Seção Enem

### Questão 01 – Letra D

**Eixo cognitivo:** III

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:**

- Cálculo da massa de gasolina:
 
$$\begin{array}{l} 0,7 \text{ g — } 1 \text{ mL} \\ x \text{ — } 40\,000 \text{ mL} \\ x = 28\,000 \text{ g} \end{array}$$
- Cálculo da energia liberada na combustão da gasolina:
 
$$\begin{array}{l} 1 \text{ g — } 10 \text{ kcal} \\ 28\,000 \text{ g — } y \\ y = 280\,000 \text{ kcal} \end{array}$$
- Cálculo da massa de etanol:
 
$$\begin{array}{l} 1 \text{ g — } 6 \text{ kcal} \\ z \text{ — } 280\,000 \text{ kcal} \\ z = 46\,666,67 \text{ g} \end{array}$$
- Cálculo do volume de etanol:
 
$$\begin{array}{l} 0,8 \text{ g — } 1 \text{ mL} \\ 46\,666,67 \text{ g — } t \\ t = 58\,333,3 \text{ mL} \end{array}$$

### Questão 02 – Letra D

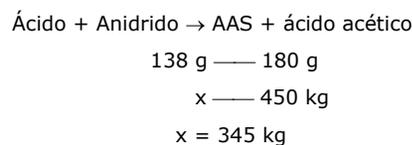
**Eixo cognitivo:** III

**Competência de área:** 3

**Habilidade:** 8

**Comentário:** 1 comprimido emprega 500 mg de AAS (ácido acetilsalicílico), e pretende-se fabricar 900 mil comprimidos. Portanto, a massa total de AAS será de: 450 000 g ou 450 kg.

Dada a reação:



Considerando que o rendimento é de 50%, são necessários 690 kg de ácido salicílico.

### Questão 03 – Letra E

**Eixo cognitivo:** III

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:**

- Cálculo da quantidade, em massa, de ácido ascórbico referente à quantidade de matéria dessa substância presente em 1 comprimido efervescente:
 
$$\begin{array}{l} 1 \text{ comprimido — } 0,006 \text{ mol ácido ascórbico} \\ 176 \text{ g ácido — } 1 \text{ mol} \\ x \text{ — } 0,006 \text{ mol} \\ x = 1,056 \text{ g ácido} \end{array}$$

- Cálculo do volume, em litros, de suco de laranja que contém 1,056 g de ácido ascórbico:

$$0,007 \text{ g ácido} \text{ --- } 0,2 \text{ L de suco}$$

$$1,056 \text{ g ácido} \text{ --- } y$$

$$y \cong 3 \text{ L de suco}$$

### Questão 04 – Letra D

**Eixo cognitivo:** I

**Competência de área:** 5

**Habilidade:** 17

**Comentário:** Cálculos das quantidades de matérias (n):

$$n_{\text{CH}_3\text{BR}} = \frac{142,5 \text{ g}}{95 \text{ g/mol}} = 1,5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{80 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 2,0 \text{ mol}$$

Como a proporção entre  $\text{CH}_3\text{BR}$  e  $\text{NaOH}$  é de 1:1, o  $\text{CH}_3\text{BR}$  é o reagente limitante, e  $\text{NaOH}$  é o reagente em excesso. Logo, são consumidos 1,5 mol de  $\text{CH}_3\text{BR}$ , 1,5 mol de  $\text{NaOH}$ , e são formados 1 mol de  $\text{CH}_3\text{OH}$  (32g):

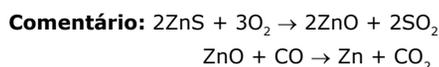
$$R = \frac{1 \text{ mol}}{1,5 \text{ mol}} \cdot 100 = 67\%$$

### Questão 05 – Letra C

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25



Como 2 mol de  $\text{ZnS}$  produzem 2 mol de  $\text{ZnO}$ , e 1 mol de  $\text{ZnO}$  produz 1 mol de  $\text{Zn}$ , temos que:

$$1 \text{ mol de ZnS produz 1 mol de Zn}$$

Assim, 97 g de  $\text{ZnS}$  produzem 65 g de  $\text{Zn}$ .

Considerando que a pureza da esfalerita ( $\text{ZnS}$ ) é de 75%, temos:

$$97 \text{ g de ZnS} \text{ --- } 65 \text{ g de Zn}$$

$$75 \text{ kg de ZnS} \text{ --- } x = 50,3 \text{ kg de Zn}$$

Como o rendimento do processo é de 80%, temos:

$$50,3 \text{ kg de Zn} \text{ --- } 100\% \text{ rendimento}$$

$$Y \text{ --- } 80\% \text{ rendimento}$$

$$Y = 40,2 \text{ kg de Zn}$$

Assim, a massa de zinco metálico produzido será de, aproximadamente, 40 kg.

### Questão 06 – Letra C

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** Para se obter a relação estequiométrica entre  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{SO}_2$ , deve-se obter a reação global do processo:

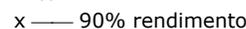
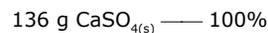


Logo:



$$\text{MM}(\text{CaSO}_4): 40 + 32 + 4(16) = 136 \text{ g/mol}$$

Portanto:



$$x = 122,4 \text{ g de CaSO}_{4(s)}$$

### Questão 07 – Letra D

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** O ferro-gusa, conforme descrito no enunciado, apresenta 3,3% de carbono. Após a eliminação do excesso de carbono pela oxidação com gás oxigênio, forma-se aço doce, que contém 0,3% de carbono, e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Assim, a quantidade de carbono eliminada corresponde a 3% da massa de ferro-gusa.

$$2,5 \cdot 10^3 \text{ kg ferro-gusa} \text{ --- } 100\%$$

$$x \text{ --- } 3\%$$

$$x = 75 \text{ kg de C}$$

Sabendo que, no aquecimento do ferro-gusa com oxigênio, ocorre a reação  $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$ . E, assim, temos:



$$y = 275 \text{ kg de CO}_2$$

### Questão 08 – Letra C

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** O sulfato de chumbo constitui 60% da massa da pasta residual de uma bateria usada. A massa de  $\text{PbSO}_4$  puro presente em 6 kg de pasta residual é igual a:

$$100\% \text{ --- } 6 \text{ kg}$$

$$60\% \text{ --- } x$$

$$x = 3,6 \text{ kg}$$

A quantidade, em mol, de  $\text{PbSO}_4$  correspondente a 3,6 kg desse composto é igual a:

$$M(\text{PbSO}_4) = 303 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$1 \text{ mol} \text{ --- } 303 \text{ g}$$

$$x \text{ --- } 3 \text{ 600 g}$$

$$x = 11,88 \text{ mol}$$

Como a estequiometria da reação de formação do  $\text{PbCO}_3$  é de 1:1, a massa de  $\text{PbCO}_3$  obtida, considerando o rendimento de 100%, é igual a:

$$M(\text{PbCO}_3) = 267 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$1 \text{ mol} \text{ --- } 267 \text{ g}$$

$$11,88 \text{ mol} \text{ --- } x$$

$$x = 3 \text{ 171,9 g ou } 3,17 \text{ kg}$$

Porém, o rendimento da reação de formação do  $\text{PbCO}_3$  é de 91%. Dessa forma, temos:

$$\begin{aligned} 3,17 \text{ kg} & \text{---} 100\% \\ x & \text{---} 91\% \\ x & = 2,88 \text{ kg de } \text{PbCO}_3 \text{ produzido} \end{aligned}$$

### Questão 09 – Letra D

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** Como 62% do cimento produzido é constituído de óxido de cálcio, pode-se calcular a quantidade de CaO presente em 1 tonelada de cimento.

$$\begin{aligned} 1 \text{ 000 kg} & \text{---} 100\% \\ x & \text{---} 62\% \\ x & = 620 \text{ kg de CaO} \end{aligned}$$

Cálculo da quantidade de matéria, em mol, de CaO em 1 tonelada de cimento:

$$\begin{aligned} 56 \text{ gramas} & \text{---} 1 \text{ mol} \\ 620 \text{ 000 gramas} & \text{---} y \\ y & = 11 \text{ 071,428 mol de CaO} \end{aligned}$$

Como a estequiometria da reação de decomposição do  $\text{CaCO}_3$  é de 1:1:1, é possível calcular a massa de  $\text{CO}_2$  produzida.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol} & \text{---} 44 \text{ gramas de } \text{CO}_2 \\ 11 \text{ 071,428 mol} & \text{---} z \\ z & = 487 \text{ 142,85 gramas ou } 487,142 \text{ kg de } \text{CO}_2 \end{aligned}$$

A "quantidade de material", citada no cálculo do fator de emissão de  $\text{CO}_2$ , corresponde à massa de cimento produzido. Dessa forma, temos:

Fator de emissão de  $\text{CO}_2$  = massa de  $\text{CO}_2$  emitida / quantidade de material;

Fator de emissão de  $\text{CO}_2$  = 487,142 kg / 1 000 kg de cimento;

Fator de emissão de  $\text{CO}_2$  =  $4,87 \cdot 10^{-1}$ .

### Questão 10 – Letra D

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** Como o ataque ácido dissolve completamente 1 mg de hidroxiapatita, a quantidade, em mols, do composto dissolvido corresponde a:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol} & \text{---} 1 \text{ 004 gramas} \\ x & \text{---} 0,001 \text{ gramas} \\ x & = 9,96 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \end{aligned}$$

Como a estequiometria da reação é de 1:10, para a formação de íons  $\text{Ca}^{2+}$ , temos:

$$\begin{aligned} 9,96 \cdot 10^{-7} \cdot 10 & = 9,96 \cdot 10^{-6} \text{ mol de } \text{Ca}^{2+} \\ 40 \text{ gramas} & \text{---} 1 \text{ mol} \\ y & \text{---} 9,96 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \\ y & = 3,984 \cdot 10^{-4} \text{ gramas ou } 0,398 \text{ mg de } \text{Ca}^{2+} \end{aligned}$$

Como a estequiometria da reação é de 1:6, para a formação de  $\text{HPO}_4^{2-}$ , temos:

$$\begin{aligned} 9,96 \cdot 10^{-7} \cdot 6 & = 5,976 \cdot 10^{-6} \text{ mol de } \text{HPO}_4^{2-} \\ 96 \text{ gramas} & \text{---} 1 \text{ mol} \\ z & \text{---} 5,976 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \\ z & = 5,73 \cdot 10^{-4} \text{ gramas ou } 0,573 \text{ mg de } \text{HPO}_4^{2-} \end{aligned}$$

Com a dissolução de 1 mg de hidroxiapatita, são produzidos 0,398 mg de  $\text{Ca}^{2+}$  e 0,573 mg de  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Com isso, a massa de íons totais produzidos é:

$$0,398 + 0,573 = 0,971 \text{ mg}$$

### Questão 11 – Letra B

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** O rendimento do tratamento de 1 tonelada de minério até chegar a 1,5 kg dióxido de urânio puro é de:

$$\text{Rendimento} (\%) = \frac{\text{massa obtida ao fim do processo}}{\text{massa original}} \cdot 100\%$$

$$\text{Rendimento} (\%) = \frac{1,5 \text{ kg}}{1 \text{ 000 kg}} \cdot 100\% = 0,15\%$$

### Questão 12 – Letra D

**Eixo cognitivo:** II

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 25

**Comentário:** Considerando que a reação do luminol ocorra com rendimento de 100%, a massa de 3-amino ftalato, produto III, formada quando se utiliza 54 g de luminol, é de:

$$\begin{aligned} 177 \text{ g de luminol} & \text{---} 164 \text{ g de 3-amino ftalato} \\ 54 \text{ g de luminol} & \text{---} x \\ x & = 50,0 \text{ g de 3-amino ftalato} \end{aligned}$$

Considerando um rendimento de 70%, a massa de 3-amino ftalato produzida é de:

$$\begin{aligned} 100\% & \text{---} 50,0 \text{ g de 3-amino ftalato} \\ 70\% & \text{---} y \\ y & = 35,0 \text{ g de 3-amino ftalato} \end{aligned}$$

## MÓDULO – C 05

### Compostos Aromáticos

#### Exercícios de Aprendizagem

##### Questão 01 – Letra B

**Comentário:** Aromaticidade é uma propriedade que confere estabilidade especial aos compostos devido à conjugação cíclica de ressonância. As condições que devem ser obedecidas para que o composto possa ser classificado como aromático são:

- a molécula deve ser cíclica e plana;
- os átomos do ciclo devem ser hibridizados  $sp^2$  (átomos com orbitais p paralelos);
- o composto deve obedecer à Regra de Hückel:  $4n + 2 = \text{número de elétrons } \pi$ . Em que  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Essas características são simultaneamente obedecidas pelos compostos: naftaleno, fenantreno, benzeno e fenol. Assim, somente o cicloexeno e o ciclobuteno não são aromáticos.

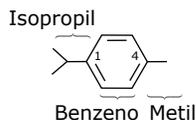
### Questão 02 – Letra A

**Comentário:** O benzeno é uma molécula plana, em que todos os carbonos estão hibridizados  $sp^2$ . Essa configuração possibilita uma sobreposição dos orbitais  $p$  paralelos dos carbonos, formando uma nuvem eletrônica anelar, em que os elétrons estão deslocalizados, fenômeno chamado de ressonância. Esse arranjo confere à molécula uma estabilidade adicional, conhecida como aromaticidade.

### Questão 03 – Letra D

**Comentário:** Nos hidrocarbonetos aromáticos derivados do benzeno, a nomenclatura pode ser atribuída da seguinte maneira: utilizamos benzeno como nome de origem e os substituintes como prefixos. Quando dois substituintes estão presentes, suas posições relativas podem ser indicadas pelos prefixos orto- (1,2), meta- (1,3) e para- (1,4) ou por meio de números conforme representado a seguir:

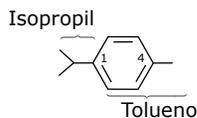
1ª.



1-isopropil-4-metilbenzeno

Porém, como o metil-benzeno é, também, chamado de tolueno, o *p*-cimeno pode ser nomeado da seguinte maneira:

2ª.



*p*-isopropiltolueno

Portanto, a alternativa correta corresponde à letra D.

### Questão 04 – Letra E

**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das substâncias a seguir:

Substância i – Benzeno. Apresenta seis átomos de carbono ligados por meio de um anel aromático.

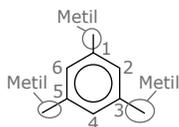
Substância ii – Tolueno. Apresenta um grupo metil ( $-CH_3$ ) ligado diretamente a um anel benzênico.

Substância iii – Xileno. Esse termo se refere ao conjunto de compostos nomeados dimetilbenzenos, no qual a única diferença existente é a posição relativa dos grupos metil ligados ao anel benzênico. Esses compostos são nomeados orto-xileno (1,2), meta-xileno (1,3) e para-xileno (1,4).

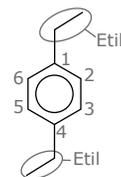
### Questão 05

**Comentário:**

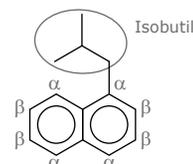
A) 1,3,5-trimetilbenzeno



B) *p*-dietilbenzeno = 1,4-dietilbenzeno



C)  $\alpha$ -isobutilnaftaleno

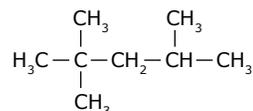


### Questão 06 – Letra A

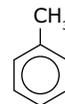
**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

A) Incorreta. A fórmula geral dos alcanos é  $C_nH_{2n+2}$ .

B) Correta. O 2,2,4-trimetilpentano, representado a seguir, apresenta cadeia carbônica aberta, saturada e ramificada.



C) Correta. O tolueno pode ser representado pela seguinte fórmula estrutural:



Sua fórmula molecular é  $C_7H_8$ . Logo, possui 8 átomos de hidrogênio.

D) Correta. Os alcanos, por serem formados por moléculas apolares, são muito solúveis em solventes orgânicos (geralmente apolares ou pouco polares) e pouco solúveis em água, um solvente polar.

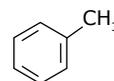
### Questão 07 – Letra E

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

I. Correta. Os hidrocarbonetos aromáticos possuem, pelo menos, um anel ou núcleo aromático, apresentando ressonância.

II. Incorreta. A ressonância confere estabilidade aos compostos aromáticos que, por isso, só reagem em condições energéticas.

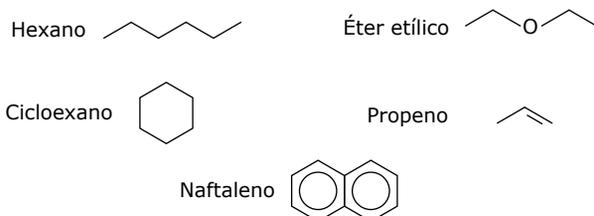
III. Incorreta. O tolueno (metilbenzeno) é um composto aromático cuja fórmula molecular é igual a  $C_7H_8$ , conforme representado pela estrutura a seguir:



IV. Correta. A ressonância dos elétrons  $\pi$  confere bastante estabilidade ao benzeno devido à conjugação cíclica de ressonância.

### Questão 08 – Letra E

**Comentário:** O alcatrão da hulha é uma importante fração obtida da destilação seca ou pirólise de um tipo de carvão mineral – hulha ou carvão de pedra. A hulha é formada por uma mistura complexa de moléculas orgânicas, constituídas, predominantemente, de estruturas aromáticas policíclicas. Veja, a seguir, a estrutura de alguns compostos orgânicos.

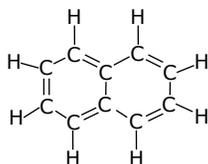


Assim, o alcatrão da hulha é constituído, principalmente, de substâncias com cadeia carbônica do mesmo tipo que a do naftaleno.

## Exercícios Propostos

### Questão 01 – Letra A

**Comentário:** A molécula de naftaleno apresenta 10 átomos de carbono e 8 átomos de hidrogênio conforme representado a seguir:



Logo, sua fórmula molecular é  $C_{10}H_8$ .

### Questão 02 – Letra D

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

- A) Correta. O composto é constituído exclusivamente por anéis aromáticos que apresentam estabilidade especial que se dá devido à conjugação cíclica de ressonância.
- B) Correta. O composto é constituído exclusivamente por átomos de carbono e hidrogênio e sua polaridade é praticamente nula. Assim, essa substância interage melhor com solventes apolares.
- C) Correta. Como mencionado na alternativa anterior, a molécula é constituída exclusivamente por anéis aromáticos o que constitui um sistema conjugado, ou seja, trata-se de um sistema insaturado.
- D) Incorreta. Todos os carbonos da estrutura realizam dupla ligação e apresentam três ligantes, portanto, todos eles possuem hibridização  $sp^2$ .

### Questão 03 – Letra D

**Comentário:** Todos os compostos apresentados são policíclicos, ou seja, apresentam cadeias fechadas com mais de um ciclo, em que há átomos de carbono. Porém, apenas os compostos representados nas alternativas C e D são aromáticos (apresentam um anel com elétrons deslocalizados). Apesar disso, o agente mutagênico deve ser, também, um hidrocarboneto (compostos orgânicos constituídos exclusivamente de carbono e hidrogênio). Portanto, a alternativa D é a única que apresenta todas essas características.

### Questão 04 – Letra C

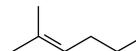
**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O composto II é aromático pelo fato de apresentar 3 ligações duplas conjugadas em ressonância formando um anel benzênico.
- B) Incorreta. O composto I, assim como o composto I, também apresenta 3 ligações duplas conjugadas em ressonância formando um anel benzênico. Portanto, trata-se de um composto aromático.
- C) Correta. No composto II todos os átomos de carbono são  $sp^2$ , ou seja, todos eles realizam dupla ligação o que faz com que a estrutura seja plana.
- D) Incorreta. No composto I existe 1 átomo de carbono cuja geometria é tetraédrica e a hibridização  $sp^3$ . Nesse tipo de arranjo, os quatro ligantes apresentam ângulos de, aproximadamente,  $109^\circ$  entre eles.
- E) Incorreta. No composto II, há 8 átomos de carbono com hibridização  $sp^2$  e nenhum com hibridização  $sp$ .

### Questão 05 – Letra B

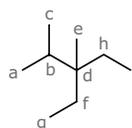
**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A fórmula estrutural do 2-metil-2-hexeno é:



Apresenta cadeia carbônica aberta, ramificada, insaturada, com uma única ligação covalente pi ( $\pi$ ).

- B) Incorreta. O 3-etil-2,3-dimetilpentano possui 5 carbonos primários, 2 carbonos secundários, 1 carbono terciário e 1 carbono quaternário.



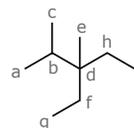
Carbonos primários: a, c, e, g e i

Carbonos secundários: f e h

Carbono terciário: b

Carbono quaternário: d

- C) Correta. Xileno é o nome dado aos compostos orgânicos chamados dimetilbenzenos.



Carbonos primários: a, c, e, g e i

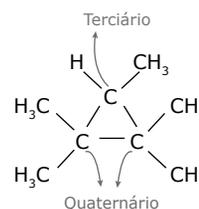
Carbonos secundários: f e h

Carbono terciário: b

Carbono quaternário: d

- D) Correta. Um hidrocarboneto é ramificado quando possui pelo menos 1 carbono terciário e / ou quaternário.

- E) Correta. O menor hidrocarboneto saturado que possui 1 carbono terciário e 2 carbonos quaternários apresenta a seguinte estrutura:



Fórmula molecular:  $C_8H_{16}$

### Questão 06 – Letra D

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

- A) Incorreta. A estrutura é bastante estável, mas não se comporta como se tivesse ligações simples ou ligações duplas, mas como se tivesse um tipo de ligação de comprimento intermediário.
- B) Incorreta. A estrutura não é caracterizada pela distância entre os carbonos das ligações simples e das ligações duplas.
- C) Incorreta. A ressonância característica do benzeno se deve à variação da posição dos elétrons pi ( $\pi$ ).
- D) Correta. A distância entre os átomos de carbono, na estrutura do benzeno, é intermediária à distância entre carbonos nas ligações simples e nas ligações duplas.

### Questão 07 – Letra A

**Comentário:** Para saber se uma cadeia homocíclica, contendo ligações  $\pi$ , é ou não aromática, usamos a Regra de Hückel. Segundo essa regra, "todos os compostos cíclicos planos ou quase planos, com  $4n + 2$  elétrons  $\pi$  alternados, sendo  $n$  um número inteiro, terão caráter aromático".

I. carbofurano

- Cálculo:

$$\begin{aligned}n. \text{ de } e^- (\pi) &= 4n + 2 \\4n + 2 &= 6 \\4n &= 4 \\n &= 1\end{aligned}$$

II. tralometrin

- Cálculo:

$$\begin{aligned}n. \text{ de } e^- (\pi) &= 4n + 2 \\4n + 2 &= 6 \\4n &= 4 \\n &= 1\end{aligned}$$

III. clordano

- Cálculo:

$$\begin{aligned}n. \text{ de } e^- (\pi) &= 4n + 2 \\4n + 2 &= 2 \\4n &= 0 \\n &= 0\end{aligned}$$

Apesar do  $n = 0$ , a molécula não apresenta um sistema conjugado de elétrons  $\pi$  deslocalizados nem é coplanar.

IV. atrazina

- Cálculo:

$$\begin{aligned}n. \text{ de } e^- (\pi) &= 4n + 2 \\4n + 2 &= 6 \\4n &= 4 \\n &= 1\end{aligned}$$

Portanto, a alternativa correta corresponde à letra A.

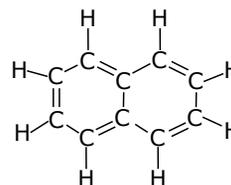
### Questão 08 – Letra B

**Comentário:** Cada átomo de carbono realiza 3 ligações entre carbonos e uma ligação com um átomo de hidrogênio. Dessas 3 ligações entre carbonos, 2 são simples e uma é dupla (cada ligação dupla corresponde a uma ligação sigma  $\sigma$  e a uma ligação pi  $\pi$ , o que leva a um total de 9 ligações ( $\pi$ ). Assim, a geometria é trigonal planar, pois cada átomo de carbono está ligado a outros três átomos, sendo os ângulos de ligação iguais a  $120^\circ$ .

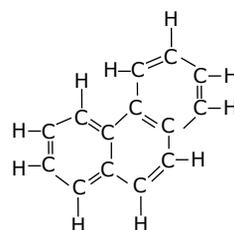
### Questão 09 – Letra C

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

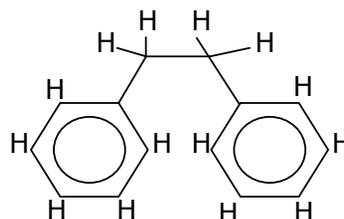
- I. Correta. O tolueno é composto exclusivamente por carbono e hidrogênio, hidrocarboneto, e por um único anel aromático.
- II. Incorreta. O naftaleno apresenta 5 ligações duplas do tipo  $\pi$  conforme mostrado na estrutura a seguir:



- III. Correta. A molécula de fenantreno é constituída por 14 átomos de carbono e 10 átomos de hidrogênio, conforme mostrado na estrutura a seguir:



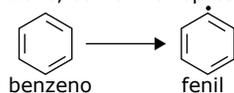
- IV. Incorreta. O 1,2-difenil-etano é um hidrocarboneto aromático que apresenta 14 átomos de hidrogênio: 5 átomos em cada anel aromático e 4 átomos que estão ligados diretamente aos átomos de carbono saturado secundário da estrutura, conforme representado a seguir:



**Questão 10 – Letra C**

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

- A) Incorreta. O benzeno é um hidrocarboneto aromático cuja massa molar é igual a  $78 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- B) Incorreta. Os seis átomos de carbono presentes na fórmula estrutural do benzeno possuem hibridação do tipo  $sp^2$ .
- C) Correta. O grupo ou radical fenil se origina da saída de um hidrogênio do benzeno, conforme representado a seguir:



- D) Incorreta. O benzeno apresenta cadeia carbônica cíclica, homogênea e insaturada.

**Questão 11 – Letra B**

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

- I. Correta. No benzeno, entre os átomos de carbono, há três ligações duplas alternadas.
- II. Correta. Como no benzeno há ressonância, a energia de ligação entre seus átomos de carbono é maior que na benzina (que apresenta somente ligações simples entre os átomos de carbono).
- III. Correta. Como a benzina é formada por hidrocarbonetos saturados, a geometria entre os seus átomos de carbono é tetraédrica.
- IV. Incorreta. Os ângulos de ligação entre os átomos de carbono no benzeno são de  $120^\circ$ , visto que se trata de um composto planar.

**Seção Enem****Questão 01 – Letra A**

**Eixo cognitivo:** IV

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** O craqueamento é uma técnica em que frações maiores de petróleo são quebradas, produzindo moléculas menores.

**MÓDULO – C 06****Álcoois, Fenóis e Éteres****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra A**

**Comentário:** O geraniol apresenta em sua estrutura duas ligações duplas características de um alceno e um grupo hidroxila ligado a carbono saturado característico de álcoois. Portanto, a resposta correta é a letra A.

**Questão 02 – Letra C**

**Comentário:** Os compostos que apresentam como grupo funcional a hidroxila ( $-\text{OH}$ ) ligada diretamente a um carbono saturado são denominados álcoois. Estes compostos podem ser considerados compostos derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de um ou mais hidrogênios por grupamentos hidroxila. Isso ocorre no composto representado em C.

**Questão 03 – Letra D**

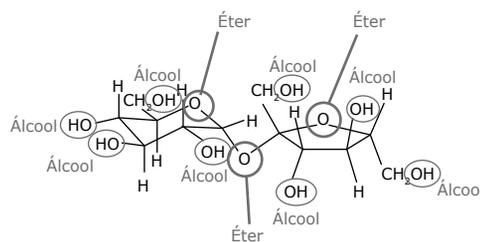
**Comentário:** O grupo funcional fenólico é caracterizado pela presença de uma hidroxila ligada ao anel aromático.

**Questão 04 – Letra C**

**Comentário:** Cresol é o nome usual de metilfenol. Os grupos substituintes estão, respectivamente, nas posições orto (1 e 2), meta (1 e 3) e para (1 e 4), sendo os nomes dos compostos, portanto, *o*-cresol, *m*-cresol e *p*-cresol.

**Questão 05 – Letra B**

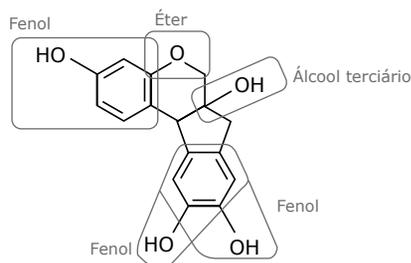
**Comentário:** A estrutura da molécula de sacarose apresenta as funções orgânicas éter e álcool, destacadas a seguir:

**Questão 06 – Letra B**

**Comentário:** Os éteres são os compostos que possuem o oxigênio ligado entre dois átomos de carbono da cadeia ( $-\text{O}-$ ; óxi) como grupamento funcional. Segundo a IUPAC, a nomenclatura de um éter se inicia a partir do nome do radical (cadeia de menor número de carbonos) com a terminação óxi, adicionando-se o nome do hidrocarboneto de origem que corresponde à cadeia de maior número de carbonos. Assim, a estrutura do etóxi-etano pode ser representada por meio de seu grupamento funcional característico, além de apresentar, também, o radical e a sua cadeia principal com o mesmo substituinte (etil). Portanto, a alternativa correta corresponde à letra B.

**Questão 07 – Letra B**

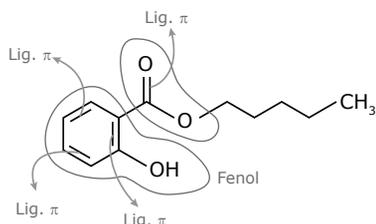
**Comentário:** A estrutura da brasilina apresenta as funções fenol, álcool terciário e éter.



## Questão 08 – Letra B

### Comentário:

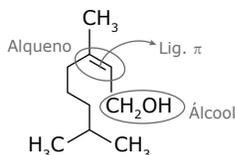
Estrutura I



Fórmula molecular:  $C_{12}H_{16}O_3$

Massa molar:  $208 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Estrutura II



Fórmula molecular:  $C_{10}H_{20}O$

Massa molar:  $156 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

As estruturas I e II representam substâncias insaturadas, devido à presença de ligações covalentes pi ( $\pi$ ).

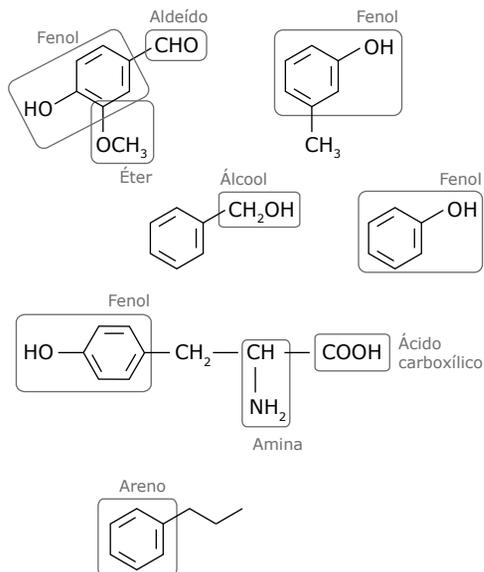
A substância representada pela estrutura I possui anel benzênico e, por isso, pode ser classificada como composto aromático.

A estrutura I apresenta a função fenol, que possui caráter ácido mais acentuado que a função álcool presente na estrutura II.

## Exercícios Propostos

### Questão 01 – Letra C

**Comentário:** Das estruturas a seguir, somente duas não apresentam a função fenol e, portanto, não podem ser utilizadas como substrato da enzima.



## Questão 02 – Soma = 03

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

01. Correta. Os compostos apresentam a mesma fórmula molecular ( $C_8H_{10}O$ ) e, portanto, a mesma massa molar ( $122 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).
02. Correta. Os três compostos apresentam núcleo benzênico e, portanto, são compostos aromáticos.
04. Incorreta. Os compostos pertencem, respectivamente, às funções álcool, fenol e éter.
08. Incorreta. Os compostos apresentam interações intermoleculares distintas e, por isso, apresentam pontos de ebulição distintos.

## Questão 03 – Soma = 03

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

01. Correta. A fórmula molecular da estrutura apresentada é  $C_9H_{18}O$  e sua massa molar pode ser calculada da seguinte maneira:

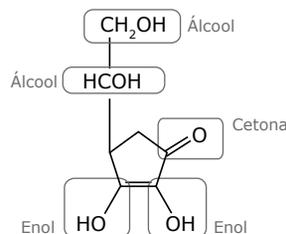
$$M(C_9H_{18}O) = (9 \cdot 12) + (18 \cdot 1) + 16$$

$$M(C_9H_{18}O) = 142 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

02. Correta. A cadeia carbônica da estrutura apresentada é classificada como aberta ou alifática e insaturada (apresenta uma dupla-ligação) e homogênea por não possuir heteroátomos.
04. Incorreta. A estrutura não possui carbono terciário (carbono ligado a três átomos de carbono), já que todos os seus átomos de carbono são primários ou secundários.
08. Incorreta. Segundo a nomenclatura dos compostos orgânicos, o grupo funcional hidroxila (OH) que caracteriza a função álcool, apresenta prioridade em relação à dupla ligação na numeração da cadeia principal. Assim, a nomenclatura do composto é non-7-en-4-ol.
16. Incorreta. Como a cadeia principal apresenta átomos de carbono que realizam quatro ligações, ou seja, átomos de carbono tetraédrico, a cadeia carbônica não é plana.

## Questão 04 – Letra B

**Comentário:** A função álcool é caracterizada pela presença do grupamento hidroxila ( $-OH$ ) ligado diretamente ao átomo de carbono saturado. Assim, a estrutura da vitamina C apresenta 2 grupos que caracterizam a função álcool.

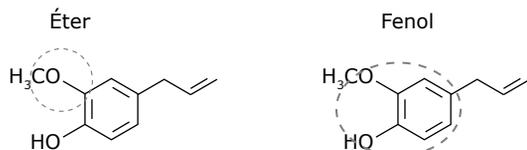


## Questão 05 – Letra B

**Comentário:**

- A) Incorreta. A fórmula molecular do eugenol é  $C_{10}H_{12}O_2$ .

B) Correta.



C) Incorreta. O eugenol apresenta 8 carbonos, ligados com ligação dupla, do tipo  $sp^2$ .

D) Incorreta. O eugenol apresenta cadeia mista.

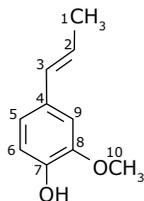
E) Incorreta. O eugenol apresenta 16 ligações do tipo sigma.

### Questão 06 – Letra C

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

I. Falsa. A estrutura é mista, apresentando cadeia aromática.

II. Verdadeira. Conforme representado na estrutura seguinte, os carbonos 1 e 10 são primários (o carbono do grupo metóxi também é primário), 4 é terciário e os demais são secundários.



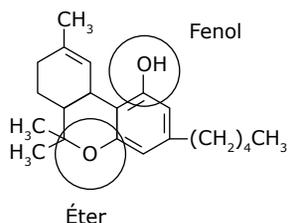
III. Verdadeira. Estão presentes grupos funcionais característicos de fenol e éter.

IV. Falsa. Como a hidroxila está ligada diretamente ao anel aromático, o grupo é um fenol.

V. Falsa. Fenóis apresentam caráter ácido pois, em meio aquoso, podem liberar  $H^+$ .

### Questão 07 – Letra D

**Comentário:** Os grupos funcionais presentes na estrutura do THC, característicos das funções fenol e éter, estão destacados a seguir:

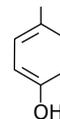


### Questão 08 – Letra A

**Comentário:** O benzopireno é um composto aromático que apresenta estabilidade especial devido à conjugação cíclica dos seus anéis de ressonância. Na reação de oxidação desse composto há a formação de um composto que apresenta como grupo funcional o oxigênio ligado a dois carbonos da cadeia ( $-O-$ ) e duas hidroxilas ( $-OH$ ) ligadas diretamente a carbono saturado como grupamento funcional. Assim, o composto formado apresenta as funções álcool e éter, cujo anel de três membros formado é conhecido como epóxido.

### Questão 09 – Letra B

**Comentário:** O radical p-hidroxifenila apresenta em sua estrutura um anel aromático ligado a um grupo OH e a um grupo  $CH_3$  na posição para. Assim, a cadeia carbônica desse composto é insaturada, visto que o anel aromático apresenta três ligações duplas conjugadas e pertencente à função fenol (hidroxila ligada a um anel aromático), conforme representado pela estrutura a seguir:



### Questão 10 – Letra D

**Comentário:** O MTBE (metil-t-butil-éter) pertence à função éter, ou seja, compostos que possuem o oxigênio ligado a dois átomos de carbono da cadeia ( $-O-$ ; óxi). Apresenta a seguinte fórmula estrutural condensada:  $CH_3OC(CH_3)_3$ , o que corresponde ao composto representado na alternativa D.

## Seção Enem

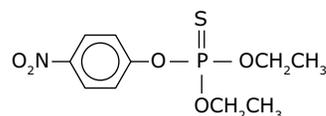
### Questão 01 – Letra E

**Eixo cognitivo:** I

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** O pesticida organofosforado Tipo B contém em sua estrutura um átomo de fósforo central ligado por uma dupla-ligação ao átomo de enxofre. Além disso, esse pesticida apresenta, em sua estrutura, grupo etoxi ( $O-CH_2-CH_3$ ) ligado ao átomo de fósforo central. Assim, verifica-se que um exemplo do pesticida organofosforado Tipo B com grupo etoxi está corretamente representado na alternativa E.



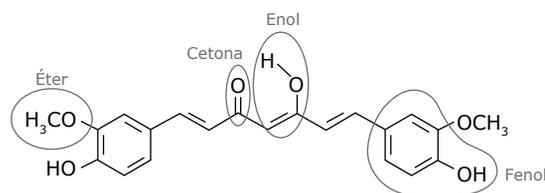
### Questão 02 – Letra B

**Eixo cognitivo:** I

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** Analisando-se a estrutura da curcumina apresentada no enunciado, além das funções alqueno e areno, é possível encontrar as funções oxigenadas fenol, éter, cetona e enol (hidroxila ligada a carbono insaturado), conforme mostrado na figura a seguir:



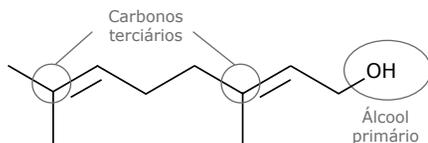
### Questão 03 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

**Comentário:** A substância que agrega maior valor comercial à essência de gerânio é o geraniol, que se trata de um álcool primário cuja cadeia carbônica apresenta dois carbonos terciários. O álcool é primário quando a hidroxila encontra-se ligada a um carbono primário, ou seja, um átomo de carbono que se liga a, no máximo, um outro átomo de carbono. Dentre as estruturas apresentadas, a única que mostra um álcool primário é a da alternativa B, que traz também os dois carbonos terciários, conforme destacado a seguir:



### Questão 04 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

**Comentário:** O conteúdo do tubo de ensaio contém um álcool terciário, uma vez que houve reação imediata com o reagente de Lucas. A única alternativa que contém a estrutura de um álcool terciário é a D, na qual a hidroxila está ligada a um carbono terciário.

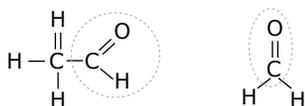
## MÓDULO – C 07

### Aldeídos e Cetonas

#### Exercícios de Aprendizagem

##### Questão 01 – Letra C

**Comentário:** Os aldeídos são compostos que possuem como grupo funcional a carbonila (C=O) em um carbono primário, ou seja, ligada a pelo menos um átomo de hidrogênio. Assim ambos os compostos apresentam em sua estrutura o grupo orgânico —CHO característico de aldeídos, conforme representado a seguir:



##### Questão 02 – Letra A

**Comentário:** A função aldeído é caracterizada pela presença do grupo carbonila (C=O) ao fim da cadeia carbônica, conforme representado a seguir:

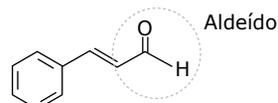


Logo, na estrutura do ácido norstictico o grupo I corresponde a um aldeído.

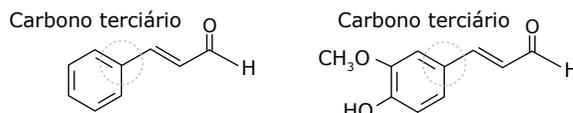
### Questão 03 – Soma = 16

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

01. Incorreta. Somente a molécula de eugenol apresenta o grupamento hidroxila (OH) ligado a um anel benzênico, ou seja, somente esse composto pertence à função fenol.
02. Incorreta. O grupo funcional característico de compostos pertencentes à função aldeído está presente somente na estrutura do cinamaldeído, conforme destacado em sua estrutura a seguir:



04. Incorreta. Somente o eugenol apresenta hidroxila (OH) em sua composição. Porém, como esse grupo encontra-se ligado a um anel benzênico este composto trata-se de um fenol.
08. Incorreta. Ambas as estruturas apresentam átomos de carbono terciário conforme destacado nas estruturas a seguir:

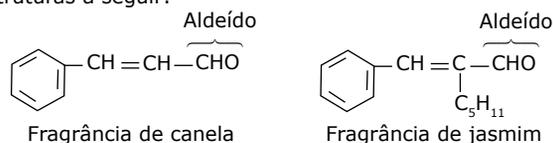


16. Correta. Somente o eugenol apresenta o grupo característico da função éter ligado ao anel aromático em sua estrutura, conforme representado a seguir:



##### Questão 04 – Letra D

**Comentário:** A função comum às três substâncias é aldeído, ou seja, compostos que possuem como grupo funcional a carbonila (C=O) em um carbono primário, conforme representado nas estruturas a seguir:

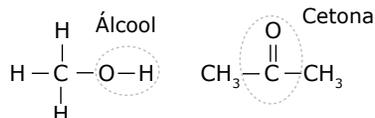


—CHO é uma representação de  $\begin{matrix} \text{H} \\ | \\ \text{—C—} \\ || \\ \text{O} \end{matrix}$  (Aldeído)

##### Questão 05 – Letra C

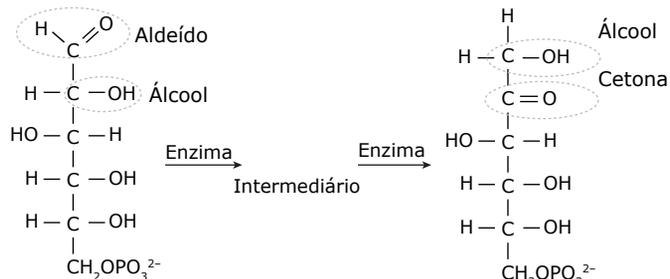
**Comentário:** Os compostos pertencentes à função álcool apresentam o grupo hidroxila (OH) ligado a um carbono saturado. Já os compostos pertencentes à função cetona apresentam o grupo carbonila (CO) entre átomos de carbonos.

Portanto, as estruturas a seguir representam os respectivos compostos:



### Questão 06 – Letra B

**Comentário:** A conversão da glicose em frutose envolve mudanças no arranjo dos átomos na cadeia carbônica. Assim, na glicose, há a conversão de um grupo carbonila (C=O) em um carbono primário, ou seja, ligada a pelo menos um átomo de hidrogênio, em um grupo hidroxila ligada a átomo de carbono saturado, característico de álcoois. Nesse processo, ocorre também a conversão de hidroxila ligada a átomo de carbono saturado, característico de álcoois em um grupo carbonila (C=O) característico de cetonas. Essas conversões estão destacadas nas estruturas a seguir:



Glicose-6-fosfato

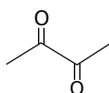
Frutose-8-fosfato

### Questão 07 – Letra B

**Comentário:** Para identificar a estrutura da 2,3-butanodiona é necessário analisar a sua nomenclatura para depois elucidarmos a sua fórmula estrutural.

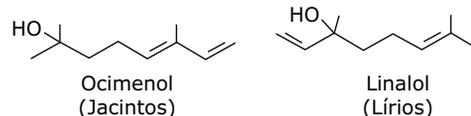
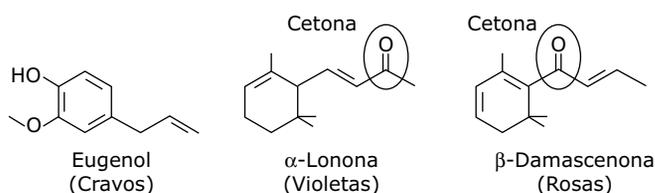
O prefixo "but" refere-se ao número de carbonos da cadeia carbônica principal, ou seja, essa estrutura é composta por uma cadeia constituída de quatro átomos de carbono; o infixo "an" refere-se ao fato de a cadeia principal não apresentar insaturações entre os átomos de carbono; o sufixo "diona" refere-se à presença de dois grupos funcionais carbonilas de cetona presentes no composto nos carbonos 2 e 3 da cadeia principal identificados no início do nome do composto com essa numeração.

Portanto, a estrutura química do composto pode ser representada da seguinte maneira:



### Questão 08 – Letra C

**Comentário:** O grupo carbonila da cetona está destacado nas estruturas a seguir:

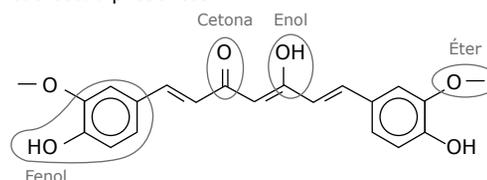


Logo, a função cetona está presente apenas nos aromas das violetas e das rosas.

## Exercícios Propostos

### Questão 01 – Letra B

**Comentário:** Na estrutura da curcumina, as seguintes funções orgânicas estão presentes:



### Questão 02 – Letra E

**Comentário:** Uma cetona se caracteriza pela presença do grupo funcional carbonila (C=O), em que o carbono carbonílico seja secundário. Uma cetona é macrocíclica quando apresenta um anel grande, com vários carbonos. Dessa forma, a estrutura II é a única que identifica, corretamente, uma substância com cheiro de almíscar, pois apresenta o grupo funcional carbonila ligado a carbonos e é macrocíclica (anel composto de 15 membros).

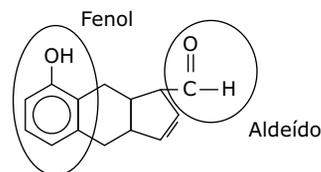
As estruturas I e IV representam ésteres, e a V representa um aldeído, já que a carbonila se encontra na extremidade da cadeia.

Já a estrutura III representa uma cetona, porém acíclica (cadeia aberta).

### Questão 03 – Letra C

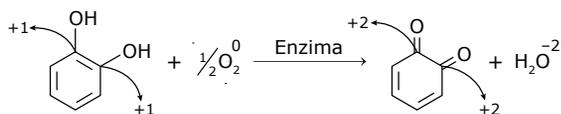
**Comentário:** Analisando cada uma das alternativas, temos:

- Correta. A estrutura apresenta cinco insaturações, sendo três no anel aromático, uma no anel com cinco membros e uma no grupo cetônico do aldeído.
- Correta. A fórmula molecular da substância orgânica é  $C_{14}H_{14}O_2$ ; logo, a fórmula mínima é  $C_7H_7O$ . A letra n é utilizada para indicar quantas vezes a fórmula mínima se repete.
- Incorreta. Os três anéis da estrutura apresentam insaturações.
- Correta. Os grupos orgânicos da estrutura são fenol e aldeído.



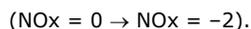
## Questão 04 – Letra C

**Comentário:** A equação a seguir representa a conversão da *orto*-hidroquinona em *orto*-benzoquinona.



Nesse processo, o carbono sofre oxidação  
( $\text{NO}_x = +1 \rightarrow \text{NO}_x = +2$ ),

e o oxigênio sofre redução:



Logo, a alternativa D está correta.

A molécula de *orto*-hidroquinona apresenta duas hidroxilas fenólicas ( $\text{Ar}-\text{OH}$ ), e a molécula de *orto*-benzoquinona possui duas carbonilas ( $\text{C}=\text{O}$ ). Assim, as alternativas A e B estão corretas.

Tanto a *orto*-hidroquinona quanto a *orto*-benzoquinona apresentam moléculas insaturadas, ou seja, apresentam ligações  $\pi$ . Portanto, a alternativa incorreta é a C.

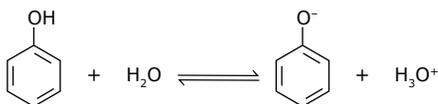
## Questão 05 – Letra A

**Comentário:** Acetona é o nome usual da substância mais simples pertencente à função cetona. Segundo a nomenclatura IUPAC, esse composto é nomeado da seguinte maneira: prefixo prop (3 carbonos), infixo an (apresenta somente ligações simples entre os átomos de carbono) e sufixo ona (identifica a função cetona, carbonila ligada a um carbono secundário). Logo, o nome desse composto é propanona.

## Questão 06 – Letra D

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

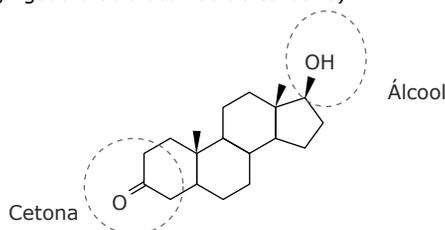
- A) Correta. A hidroquinona possui um grupo hidroxila ligado na posição 1 e um grupo hidroxila ligado na posição 4 do anel aromático. Dessa forma, ela também pode ser denominada como 1,4-di-hidroxibenzeno.
- B) Correta. A equação química representada mostra a *p*-quinona sofrendo redução, ou seja, recebendo elétrons, e sendo convertida na hidroquinona.
- C) Correta. A hidroquinona tem, em sua estrutura, dois grupos hidroxila (hidrogênio ligado a um átomo de elevada eletronegatividade) no anel aromático. Esses grupos podem estabelecer com hidroxilas de outra molécula de hidroquinona interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio.
- D) Incorreta. A presença de hidroxilas ligadas ao anel aromático na hidroquinona caracterizam a função fenol.
- E) Correta. Os fenóis são ácidos fracos e se ionizam em solução aquosa conforme a seguinte equação:



## Questão 07 – Letra E

**Comentário:** A fórmula estrutural a seguir mostra a distribuição espacial dos átomos que formam a molécula, exceto os átomos de hidrogênio da cadeia carbônica ligados aos carbonos, pois eles estão ocultados. Nesse tipo de representação, cada extremidade de um traço corresponde a um átomo de carbono.

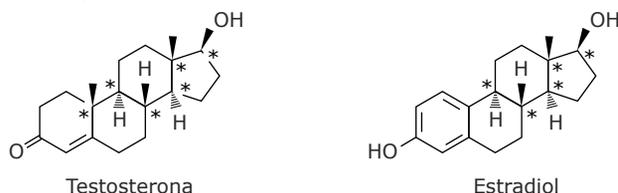
Assim, para se determinar o número de hidrogênios ligados a cada carbono, basta verificar quantas ligações cada um desses átomos está fazendo e subtrair de quatro unidades já que o carbono é tetravalente. Portanto, o composto apresenta fórmula molecular  $\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{O}_2$ . Além disso, apresenta as funções álcool (característica de compostos que possuem como grupo funcional a hidroxila ( $-\text{OH}$ ) ligada diretamente a um carbono saturado) e cetona (compostos que possuem como grupo funcional a carbonila ( $\text{C}=\text{O}$ ) em um carbono secundário, ou seja, ligada a dois átomos de carbono).



## Questão 08 – Letra D

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

- A) Incorreta. Tanto o estradiol quanto a testosterona possuem carbonos assimétricos, destacados com um \* na imagem a seguir:



- B) Incorreta. A testosterona não apresenta anel aromático em sua estrutura e, portanto, não é uma substância aromática.
- C) Incorreta. Os carbonos presentes nas estruturas apresentam hibridização do tipo  $\text{sp}^2$  e  $\text{sp}^3$ .
- D) Correta. Duplas ligações conjugadas são sistemas que apresentam ligações simples e múltiplas alternadas, como no anel aromático presente no estradiol e na conjugação que ocorre devido à ligação dupla presente no ciclo e na dupla-ligação presente na carbonila, que é observada na testosterona.
- E) Incorreta. Apenas a testosterona apresenta carbonila em sua estrutura.

## Questão 09 – Letra B

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

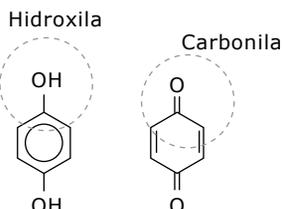
- I. Incorreta. No composto I, a carbonila está ligada a um carbono secundário e, portanto, o composto é uma cetona. No composto II, não há carbonila e, portanto, não se trata de um aldeído.
- II. Correta. Seguindo os passos para nomear o composto, observamos que a cadeia principal apresentará oito carbonos, duas ligações duplas nas posições 2 e 6, duas ramificações (grupos metil) nas posições 3 e 7 e uma hidroxila alcoólica. Assim, o nome oficial do composto é 3,7-dimetil-oct-2,6-dien-1-ol e sua fórmula molecular é  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$ .

III. Incorreta. A cadeia principal do composto III apresenta 11 carbonos e, além do grupo funcional característico da função aldeído (carbonila ligada a um carbono primário), possui, ainda, uma ligação dupla. Logo, o nome oficial do composto é 10-undecenal.

### Questão 10

#### Comentário:

A) Os grupos funcionais das substâncias orgânicas participantes do processo estão identificados a seguir:



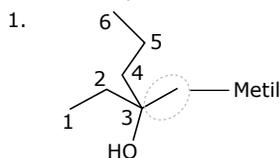
A hidroxila é característica da função fenol e a carbonila é característica da função cetona.

B) O agente oxidante é a  $Ag^+$ , pois ela está sofrendo redução no processo de revelação. Já o agente redutor

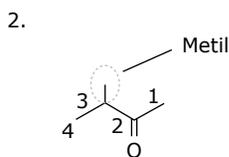
é a hidroquinona, , que está sofrendo oxidação no processo de revelação fotográfica.

### Questão 11 – Letra B

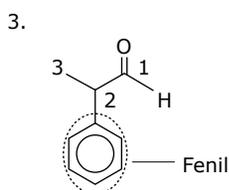
**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada um dos compostos.



3-metilexan-3-ol



3-metilbutan-2-ona



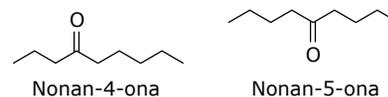
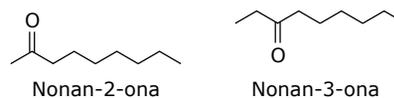
2-fenilpropanal

### Questão 12

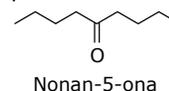
#### Comentário:

A) As nonanonas são substâncias pertencentes à função cetona (sufixo -ona). Sua fórmula molecular é igual a  $C_9H_{18}O$ .

As possíveis estruturas com essa fórmula são:



B) A estrutura a seguir pode ser considerada um palíndromo.



C) Os dois nomes possíveis para o composto do item B são nonan-5-ona e dibutilcetona.

### Questão 13

#### Comentário:

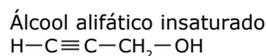
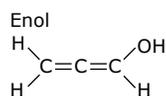
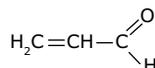
A e B) O peso molecular é igual a 56 u, sendo que 64,28% da massa é de carbono é 7,14% de hidrogênio. Assim, em relação ao peso molecular, as massas de carbono e de hidrogênio serão as seguintes:

$$64,28\% \text{ de } 56 \text{ u} = 36 \text{ u} = 3 \text{ átomos de C na molécula}$$

$$7,14\% \text{ de } 56 \text{ u} = 4 \text{ u} = 4 \text{ átomos de H na molécula}$$

Para completar o peso de 56 u, estão faltando 16 u, o que corresponderá a 1 átomo de oxigênio. Assim, a fórmula mínima e molecular desse composto é  $C_3H_4O$ .

C) Aldeído insaturado



Cetona cíclica



Álcool alicíclico insaturado



## Seção Enem

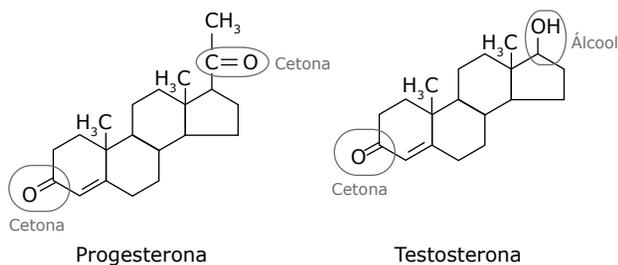
### Questão 01 – Letra C

**Eixo cognitivo:** I

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** As funções químicas oxigenadas presentes nas estruturas da progesterona, hormônio feminino, e na testosterona, hormônio masculino, estão identificadas a seguir:



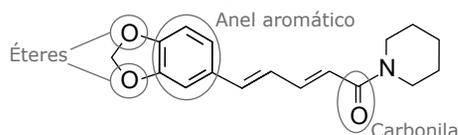
### Questão 02 – Letra A

**Eixo cognitivo:** I

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** A estrutura que representa a molécula de piperina deve possuir a função éter, um anel aromático e uma carbonila. Assim, a molécula de piperina é a que está representada na alternativa A, destacada a seguir:



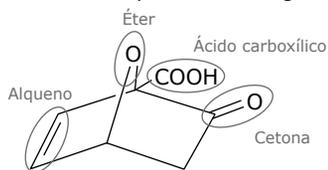
## MÓDULO – C 08

### Ácidos e Sais Carboxílicos

#### Exercícios de Aprendizagem

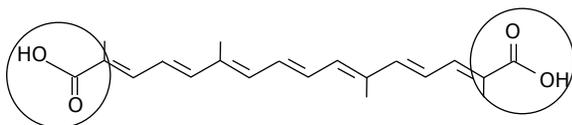
##### Questão 01 – Letra A

**Comentário:** A estrutura apresenta as seguintes funções:



##### Questão 02 – Letra E

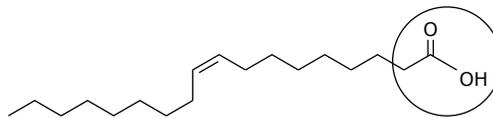
**Comentário:** Os ácidos carboxílicos são compostos que possuem como grupo funcional a carbonila (C=O), ligada a uma hidroxila (—OH), e que se denomina grupo carboxila. A seguir os grupos funcionais carboxila destacados na estrutura da molécula de crocetina:



##### Questão 03 – Letra A

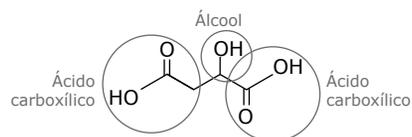
**Comentário:** O composto apresenta o grupo hidroxila (ligada diretamente a um carbono de um grupo carbonila).

Esse grupo é característico de compostos pertencentes à função ácido carboxílico e, assim, na estrutura da oleína, encontramos a função orgânica ácido carboxílico conforme representado a seguir:



##### Questão 04 – Letra E

**Comentário:** Na estrutura do ácido málico, encontramos os grupos funcionais carboxila e hidroxila, pertencentes às funções orgânicas ácido carboxílico e álcool, respectivamente.



##### Questão 05 – Letra B

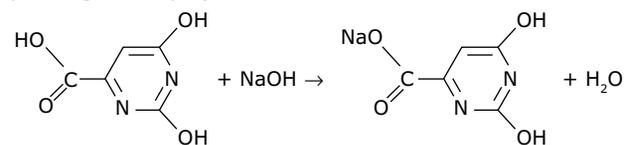
**Comentário:** Os ácidos carboxílicos são compostos que apresentam como grupo funcional a carbonila (C=O), ligada a uma hidroxila (—OH), e que se denomina grupo carboxila. A carboxila pode ser representada por —COOH e os ácidos carboxílicos podem ser representados, genericamente, por RCOOH.

##### Questão 06 – Letra C

**Comentário:** Os ácidos carboxílicos são compostos que possuem como grupo funcional a carbonila (C=O), ligada a uma hidroxila (—OH), e que se denomina grupo carboxila. Logo, a estrutura representada por CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH é um composto desse tipo.

##### Questão 07

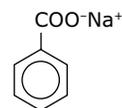
**Comentário:** A reação entre a vitamina B<sub>13</sub> e o hidróxido de sódio é uma reação de neutralização e pode ser representada pela seguinte equação:



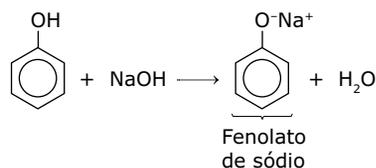
##### Questão 08 – Letra D

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

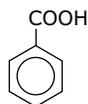
A) Incorreta. O benzoato de sódio, representado a seguir, pertence à função sal de ácido carboxílico.



- B) Incorreta. O benzoato de sódio possui fórmula molecular  $C_7H_5O_2Na$ .
- C) Incorreta. A reação entre o fenol e o hidróxido de sódio produz o fenolato de sódio, conforme a seguinte reação:



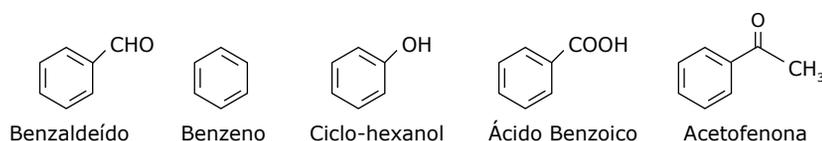
- D) Correta. O benzoato de sódio é um sal proveniente de uma base forte (NaOH) e um ácido fraco (ácido benzoico) e, portanto, um sal de caráter básico.
- E) Incorreta. O ácido benzoico, representado a seguir, possui fórmula molecular  $C_7H_6O_2$ .



## Exercícios Propostos

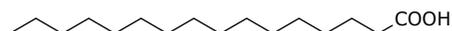
### Questão 01 – Letra D

**Comentário:** O composto representado é o ácido benzoico, o ácido carboxílico aromático mais simples. Os demais compostos pertencem às seguintes funções orgânicas: belzaldeído – aldeído; benzeno – hidrocarboneto aromático; ciclo-hexanol – álcool; aceto-fenona – cetona. A estrutura referente a cada um desses compostos está representada a seguir:



### Questão 02 – Letra D

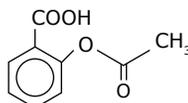
**Comentário:** Ao analisar a nomenclatura do composto é possível determinar a qual função orgânica ele pertence devido ao sufixo “-oico” e à palavra ácido seguida do nome da sua cadeia principal. Dessa forma, esse composto é um ácido carboxílico que apresenta dezesseis átomos de carbono e, por isso, apresenta em sua nomenclatura o prefixo hexadeca. Já o infixado utilizado é an, visto que ele apresenta somente ligações simples entre os átomos de carbono da cadeia principal. A estrutura de linhas desse composto está representada a seguir:



Essa fórmula mostra a distribuição espacial dos átomos que formam a molécula, exceto os átomos de hidrogênio da cadeia carbônica ligados aos carbonos, pois eles estão ocultos. Nesse tipo de representação, cada extremidade de um traço corresponde a um átomo de carbono e, para se determinar o número de hidrogênios ligados a cada carbono, basta verificar quantas ligações cada um desses átomos está fazendo e subtrair de quatro unidades já que o carbono é tetravalente. Portanto, a sua fórmula molecular é igual a  $C_{16}H_{32}O_2$ .

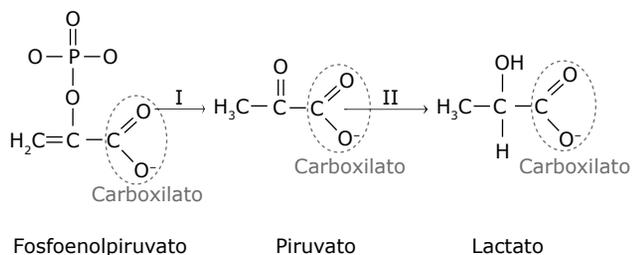
### Questão 03 – Letra B

**Comentário:** Os ácidos carboxílicos são compostos que possuem como grupo funcional a carbonila ( $C=O$ ) ligada a uma hidroxila ( $-OH$ ), e que se denomina grupo carboxila, ou seja, é uma função oxigenada. A sua nomenclatura é idêntica à de um hidrocarboneto, porém, deve-se iniciar o nome do composto com a palavra ácido seguida do nome da cadeia principal e substituir a terminação “-o” do hidrocarboneto pela terminação “-oico”. No ácido 2-acetoxibenzoico, verifica-se a presença de uma cadeia aromática, conforme representado na estrutura a seguir:



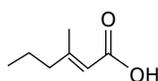
### Questão 04 – Letra D

**Comentário:** Todas as substâncias envolvidas nas etapas de fermentação citadas possuem o grupo  $-\text{COO}^-$  denominado grupo funcional carboxilato, característica da função orgânica sais de ácidos carboxílicos. Veja as estruturas a seguir:



### Questão 05 – Letra B

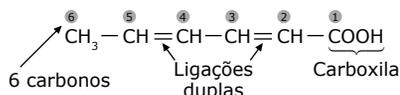
**Comentário:** O ácido 3-metil-2-hexenoico apresenta a seguinte estrutura:



A cadeia carbônica é acíclica, ramificada, insaturada e homogênea.

### Questão 06 – Letra D

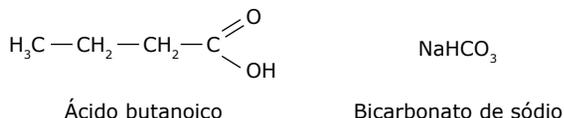
**Comentário:** A cadeia principal apresenta seis átomos de carbono e duas ligações duplas entre carbonos nas posições 2 e 4. Além disso, a função orgânica presente é ácido carboxílico, ou seja, compostos que possuem como grupo funcional a carbonila ( $\text{C}=\text{O}$ ) ligada a uma hidroxila ( $-\text{OH}$ ), que se denomina grupo carboxila.



Portanto, trata-se do ácido 2,4-hexadienoico, composto cuja cadeia é homogênea (não apresenta heteroátomo entre os carbonos), alifática (não apresenta anel aromático) e insaturada (apresenta ligações duplas entre carbonos).

### Questão 07 – Letra B

**Comentário:** As fórmulas das substâncias citadas são:



Assim, a afirmativa II é correta.

Como as duas substâncias são formadas por átomos de mais de um elemento químico, são classificadas como substâncias compostas. Logo, a afirmativa I é correta.

O bicarbonato de sódio é um sal de caráter básico que neutraliza o ácido butanoico presente na manteiga rançosa. Neutralização é o nome da reação entre o bicarbonato de sódio e o ácido butanoico. Dessa forma, a afirmativa III está correta e a IV está incorreta.

### Questão 08 – Letra A

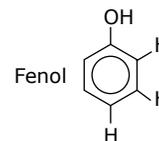
**Comentário:** Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Verdadeira. Os desodorantes contêm antissépticos (como o triclosan e sais quaternários de amônio) que eliminam as bactérias e inibem o seu crescimento.
- II. Verdadeira. Os desodorantes apresentam substâncias básicas que reagem com os ácidos (geralmente responsáveis pelo mau cheiro) formando sais inodoros.
- III. Verdadeira. Os desodorantes possuem substâncias cujo perfume ajuda a neutralizar os odores desagradáveis.
- IV. Verdadeira. O bicarbonato de sódio pode ser usado como desodorante, pois reage com ácido carboxílico formando sais inodoros e ácido carbônico, que é instável e se decompõe em água e gás carbônico.

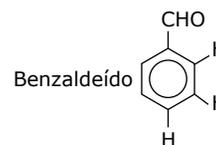
### Questão 09 – Soma = 14

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

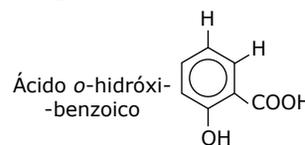
01. Incorreta. Se  $A = \text{OH}$ ,  $B = \text{H}$ ,  $C = \text{H}$ ,  $D = \text{H}$ , tem-se um composto denominado fenol, cuja estrutura está representada a seguir:



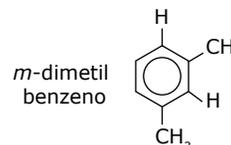
02. Correta. A estrutura do benzaldeído está representada a seguir:



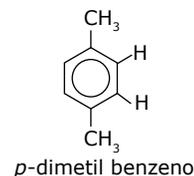
04. Correta. A estrutura do ácido o-hidroxibenzoico está representada a seguir:



08. Correta. A estrutura do m-dimetilbenzeno está representada a seguir:

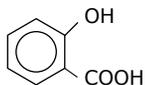


16. Incorreta. Se  $A = \text{CH}_3$ ,  $B = \text{H}$ ,  $C = \text{H}$ ,  $D = \text{CH}_3$ , tem-se um composto chamado p-dimetilbenzeno, cuja estrutura está representada a seguir:

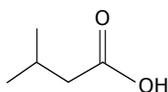


**Questão 10 – Letra B**

**Comentário:** O ácido 2-hidroxibenzoico é formado pela estrutura do ácido benzoico com um grupo hidroxila na posição 2 em relação ao grupo -COOH. Portanto, a estrutura do ácido é:

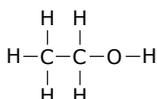
**Questão 11 – Letra D**

**Comentário:** O ácido 3-metilbutanoico é formado por uma cadeia carbônica contendo quatro átomos de carbono e um grupo metila ligado ao carbono 3 em relação ao grupo -COOH. Logo, a estrutura do ácido é:

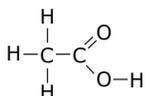
**Questão 12**

**Comentário:**

A) Álcool etílico:



Ácido acético:



B) O vinagre deve ter, no máximo, 1,0% (v/v) de álcool etílico. A quantidade máxima de álcool em 1 L de vinagre será de:

$$\begin{aligned} 1,0 \text{ mL} &— 100 \text{ mL} \\ y &— 1\,000 \text{ mL} \\ y &= 10 \text{ mL} \end{aligned}$$

De acordo com a especificação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o vinagre deve ter, no mínimo, 4,00 g de ácido acético/100 mL. Em 1 L de vinagre, a quantidade de ácido acético será:

$$\begin{aligned} 4,00 \text{ g H}_3\text{COOH} &— 100 \text{ mL} \\ x &— 1\,000 \text{ mL} \\ x &= 40 \text{ g H}_3\text{COOH} \end{aligned}$$

A massa molar do ácido acético é 60 g/mol. Logo, a quantidade mínima de ácido acético, em mol, presente em 1 L de vinagre é:

$$n = \frac{n}{M} = \frac{40 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0,66 \text{ mol}$$

**Seção Enem****Questão 01 – Letra A**

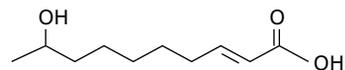
**Eixo cognitivo:** IV

**Competência de área:** 7

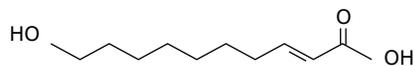
**Habilidade:** 24

**Comentário:** Considerando as fórmulas estruturais dos sinalizadores químicos:

- Ácido 9-hidroxidec-2-noico



- Ácido 10-hidroxidec-2-noico



Percebe-se que tais substâncias possuem diferentes fórmulas estruturais.

**Questão 02 – Letra D**

**Eixo cognitivo:** I

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** O monofluoracetato de sódio é um sal orgânico obtido através da reação de neutralização de um ácido carboxílico com uma base inorgânica. Nesse caso, o ácido carboxílico de origem é o ácido monofluoroacético, que reagirá com o hidróxido de sódio, originando sal e água. A equação que representa essa reação está esquematizada a seguir:

**Questão 03 – Letra C**

**Eixo cognitivo:** I

**Competência de área:** 7

**Habilidade:** 24

**Comentário:** De acordo com as instruções do professor, a estrutura do princípio ativo utilizado no tratamento da dengue deve ter caráter ácido, pois apresenta pH menor que 7 em solução aquosa, deve conter anel benzênico, grupo metila e uma carbonila.

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

- Incorreta. A substância apresentada é um sal orgânico de caráter básico.
- Incorreta. O princípio ativo do Voltaren não possui grupo metila.
- Correta. O princípio ativo do medicamento Paracetamol apresenta todas as atribuições destacadas pelo professor.
- Incorreta. A substância em questão possui duas carbonilas.
- Incorreta. O A. A. S., princípio ativo da aspirina, apresenta duas carbonilas.



Rua Diorita, 43 - Prado

Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3029-4949

[www.bernoulli.com.br/sistema](http://www.bernoulli.com.br/sistema)