

Bernoulli Resolve

6V | Volume 1 | Química

SUMÁRIO

Frente

A

Módulo 01:	Leis das Reações Químicas e Teoria Atômica Clássica	3
Módulo 02:	Natureza Elétrica da Matéria e Núcleo Atômico	5
Módulo 03:	Teoria Quântica Antiga	8
Módulo 04:	Teoria Quântica Moderna	11

Frente

B

Módulo 01:	Os Sistemas Químicos e suas Transformações	13
Módulo 02:	Mudanças de Estado Físico	16
Módulo 03:	Curvas de Aquecimento, Diagramas de Fases e Densidade	19
Módulo 04:	Cálculos Químicos	24

Frente

C

Módulo 01:	Reações Nucleares I	30
Módulo 02:	Reações Nucleares II	34
Módulo 03:	Introdução à Química Orgânica	39
Módulo 04:	Hidrocarbonetos Alifáticos	43

COMENTÁRIO E RESOLUÇÃO DE QUESTÕES

MÓDULO – A 01

Leis das Reações Químicas e Teoria Atômica Clássica

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: A Lei da Conservação das Massas (Lei de Lavoisier) é válida para todas as reações químicas, independentemente do estado físico dos reagentes e dos produtos e das condições de temperatura e pressão. Entretanto, para que ela possa ser verificada, é necessário que o sistema esteja fechado, ou seja, que não haja troca com o ambiente. Essas condições são consideradas somente na alternativa D.

Questão 02 – Letra E

Comentário: A Lei de Lavoisier enuncia que, em uma reação química, a soma das massas dos reagentes é sempre igual à soma das massas dos produtos após a reação. Verificando os experimentos, temos:

- I. Correto. Massa dos reagentes = $12 + 32 = 44$ g; Massa dos produtos = 44 g
- II. Correto. Massa dos reagentes = $18 + 48 = 66$ g; Massa dos produtos = 66 g
- III. Correto. Massa dos reagentes = $24 + 70 = 94$ g; Massa dos produtos = $88 + 6 = 94$ g
- IV. Correto. Massa dos reagentes = $40 + 96 = 136$ g; Massa dos produtos = $132 + 4 = 136$ g

Logo, todos os experimentos seguem a Lei de Lavoisier.

Questão 03 – Letra C

Comentário: A Lei de Lavoisier enuncia que, em uma reação química, a soma das massas dos reagentes é sempre igual à soma das massas dos produtos. Essa lei ficou conhecida como Lei da Conservação das Massas.

Questão 04 – Letra E

Comentário: A Lei de Proust enuncia que uma mesma substância composta possui sempre a mesma composição qualitativa e quantitativa. Em uma dada reação química, há uma relação fixa entre as massas das substâncias participantes e essa lei é a base do cálculo estequiométrico e da utilização de fórmulas e equações químicas tão comuns na Ciência Moderna.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Segundo a Lei da Conservação da Matéria (Lei de Lavoisier), a soma das massas dos reagentes é sempre igual à soma das massas dos produtos em uma reação química. Logo, a alternativa E está correta.

De acordo com a Lei das Proporções Definidas (Lei de Proust), uma mesma substância composta possui sempre a mesma composição qualitativa e quantitativa, independentemente de seu histórico. Além disso, em uma dada reação química, há uma relação fixa entre as massas das substâncias participantes. Assim, as alternativas B e C estão corretas.

Já a Lei das Proporções Múltiplas (Lei de Dalton) diz que, quando dois elementos distintos formam duas ou mais substâncias compostas diferentes, se a massa de um deles permanecer fixa, a do outro vai variar em uma relação de números inteiros e pequenos. Logo, a alternativa A está correta e a D está incorreta.

Questão 06 – Letra A

Comentário: O modelo de Dalton é baseado na ideia de que o átomo é uma minúscula esfera maciça, indestrutível, indivisível e sem carga, e que também todos os átomos de um elemento químico têm propriedades iguais e peso invariável.

Questão 07 – Letra A

Comentário: De acordo com o modelo proposto por Dalton, durante as reações químicas, os átomos não são criados nem destruídos, mas apenas rearranjados, formando novas substâncias. Isso significa que, para ele, átomos de certo elemento químico não podem se converter em átomos de outro elemento. Logo, a hipótese atômica apresentada na alternativa A contraria o modelo proposto por Dalton.

Questão 08 – Letra C

Comentário: Atualmente, sabe-se que átomos de um mesmo elemento devem ser idênticos apenas no que diz respeito ao número atômico e às propriedades químicas. Porém, eles podem ser diferentes quanto ao número de massa (isótopos). Logo, a alternativa A está incorreta.

Dalton relacionou a existência de substâncias simples que não podiam ser decompostas às ideias de indivisibilidade e indestrutibilidade dos átomos. Hoje em dia, apesar de a crença atomística persistir, essas ideias não fazem parte do modelo atômico atual, já que se sabe da existência de partículas subatômicas, como elétrons, prótons e nêutrons, anteriormente desconhecidas. Logo, as alternativas B e D estão incorretas.

Átomos de elementos diferentes se combinam em uma proporção fixa para originar determinado composto químico. Tal postulado é, ainda hoje, aceito para a maioria dos compostos conhecidos. Portanto, a alternativa C está correta.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra A

Comentário: Em sua teoria, Dalton propõe que a matéria é formada por corpúsculos indivisíveis e indestrutíveis, denominados átomos. Assim, em uma reação química, não ocorreria criação nem destruição dos átomos, o que implicaria a conservação da massa. Tais átomos se rearranjarão para originar novos compostos.

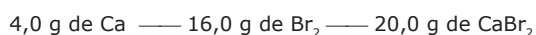
Questão 02 – Letra B

Comentário: Reações envolvendo gases só permitem a verificação da Lei de Lavoisier caso sejam realizadas em recipientes fechados para evitar ganho ou perda de gás. Nesse caso, com o recipiente aberto, o oxigênio atmosférico, ao reagir com a palha de aço, forma um óxido, o que leva a um aumento da massa pesada, já que o oxigênio que se fixou não estava sendo pesado na balança.

Questão 03

Comentário:

A) Como sobraram 6,0 g de bromo, conclui-se que somente 16,0 g reagiram com 4,0 g de cálcio. Logo, a proporção entre cálcio (Ca), bromo (Br₂) e brometo de cálcio (CaBr₂) é:



Em outra experiência, foram misturados 1,6 g de Ca e 4,8 g de Br₂. Nesse caso, o reagente em excesso é o cálcio, já que, para reagir completamente com 4,8 g de Br₂, pela estequiometria da reação, é necessário somente 1,2 g de Ca.

Dessa forma, pela Lei da Conservação das Massas, ao reagir 4,8 g de Br₂ com 1,2 g de Ca, serão formados 6,0 g de CaBr₂.

B) O reagente em excesso, como já mencionado, é o metal cálcio. A massa desse reagente que não reagiu é calculada da seguinte forma:

$$\underbrace{1,6 \text{ g}}_{\text{Mistura}} - \underbrace{1,2 \text{ g}}_{\text{Reagiu}} = \underbrace{0,4 \text{ g}}_{\text{Excesso}} \text{ de Ca}$$

Questão 04 – Letra C

Comentário: Nessa reação, há diferença entre a massa inicial e final, pois há liberação de gás e o sistema se encontra aberto. Isso inviabiliza que a Lei de Lavoisier seja verificada, visto que o gás escapa e, por isso, sua massa não é contabilizada na balança, provocando diferença entre o valor final e o inicial.

Questão 05 – Letra C

Comentário: Dalton, depois de ter esclarecido que duas ou mais substâncias simples podem se combinar em proporções diferentes, originando compostos diferentes, notou que, se fosse fixada a massa de uma das substâncias, as massas das outras guardariam entre si uma relação de números inteiros e pequenos. Em 1803, esse cientista formulou a seguinte hipótese, que é conhecida como Lei das Proporções Múltiplas de Dalton: "Quando dois elementos distintos formam duas ou mais substâncias compostas diferentes, se a massa de um deles permanecer fixa, a do outro vai variar em uma relação de números inteiros e pequenos".

Questão 06 – Letra D

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

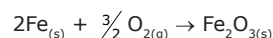
- A) Incorreta. No óxido II, a porcentagem de nitrogênio é igual a $28/92 \cdot 100 = 30,4\%$ e, no óxido I, a porcentagem é igual a $28/76 \cdot 100 = 36,8\%$.
- B) Incorreta. No óxido III, temos 28 g de nitrogênio para 80 g de oxigênio. Logo, para 4 g de oxigênio, será necessário combinar 1,4 g de nitrogênio.

- C) Incorreta. De acordo com a Lei das Proporções Definidas, não há variação na composição de um mesmo produto.
- D) Correta. Todos os óxidos apresentam em sua composição 28 g de nitrogênio. O óxido I apresenta 48 g de oxigênio, o óxido II apresenta 64 g de oxigênio e o óxido III apresenta 80 g. Logo, a proporção de oxigênio em massa é igual a $48 : 64 : 80$, podendo ser simplificada dividindo por 16 e levando aos seguintes valores: $3 : 4 : 5$.
- E) Incorreta. Reações envolvendo gases só permitem a verificação da Lei de Lavoisier caso sejam realizadas em recipientes fechados, já que, nesses casos, pode haver perda ou ganho de gás.

Questão 07 – Letra D

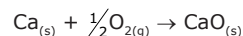
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

I. Incorreta. A reação de oxidação do ferro a óxido férrico pode ser representada pela equação:



Segundo a Lei de Lavoisier, "em uma reação química, a soma das massas dos reagentes é sempre igual à soma das massas dos produtos". Dessa forma, a massa de óxido férrico obtida deve ser igual à soma da massa de ferro e da massa de oxigênio utilizadas. Logo, deve ser maior que 1,0 g.

II. Correta. A reação descrita pode ser representada pela equação:



De acordo com a Lei de Lavoisier, a massa de óxido de cálcio deve ser igual à soma das massas de oxigênio e de cálcio.

$$m(\text{CaO}) = m(\text{O}) + m(\text{Ca})$$

$$m(\text{CaO}) = 16,0 \text{ g} + 40,0 \text{ g}$$

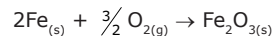
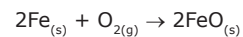
$$m(\text{CaO}) = 56,0 \text{ g}$$

III. Incorreta. Utilizando os preceitos da Lei das Proporções Definidas (Lei de Proust), podemos escrever:

$$\frac{1,0 \text{ g de Fe}}{0,29 \text{ g de O}_2} = \frac{2,0 \text{ g de Fe}}{m(\text{O}_2)} \Rightarrow m(\text{O}_2) = 0,58 \text{ g de O}$$

Assim, a massa de oxigênio que irá reagir com 2,0 gramas de Fe é 0,58 gramas.

IV. Correta. As reações de formação do óxido ferroso e do óxido férrico podem ser representadas, respectivamente, pelas seguintes equações:



As reações estão de acordo com a Lei das Proporções Múltiplas: "Quando dois elementos distintos formam duas ou mais substâncias compostas diferentes, se a massa de um deles permanecer fixa, a do outro vai variar em uma relação de números inteiros e pequenos".

Questão 08 – Letra D

Comentário: Nas reações descritas em I, II e IV, há formação de produtos gasosos e o sistema é aberto. Logo, a massa final desses sistemas será menor do que a massa inicial. A reação descrita em II ocorre com a incorporação de oxigênio, presente no ar atmosférico, pelo ferro existente no prego para a formação da ferrugem (Fe₂O_{3(s)}) aumentando a massa final do sistema.

Seção Enem

Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 3

Habilidade: 25

Comentário: Na transformação de carbono-14 em nitrogênio-14, identifica-se um fenômeno que não pode ser explicado pelo modelo atômico proposto por Dalton. Segundo esse cientista, os átomos eram indivisíveis e indestrutíveis e, portanto, não poderiam se fragmentar nem se converter em átomos de outro elemento químico. Na técnica de datação com carbono-14, observa-se que houve fragmentação do átomo de carbono e que este se converteu em nitrogênio e, dessa forma, a identidade dos átomos não foi preservada.

Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

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

- A) Correta. Newton, assim como Dalton, atribuiu à matéria as características corpusculares “maciça” e “impenetrável”.
- B) Incorreta. Newton atribuiu diferentes características às partículas que formam os diversos materiais, porém, ele não associa as partículas de mesma natureza com sua massa.
- C) Incorreta. A concepção newtoniana da matéria consistia apenas em uma abordagem qualitativa. Essa concepção não apresentava detalhes de como as partículas se combinam para formar um material.
- D) Incorreta. Esse postulado foi resultado de uma série de determinações de massas atômicas relativas dos elementos feita por Dalton, o que o levou a postular a Lei das Proporções Múltiplas. As hipóteses de Newton não discutiam regras quantitativas de combinações.
- E) Incorreta. A regra da máxima simplicidade também foi resultado das medidas de massas atômicas relativas feitas por Dalton e dizia que, quando somente uma combinação entre dois corpos fosse possível, dever-se-ia assumir que essa combinação ocorreria na proporção de um para um.

Assim, as alternativas B e D estão incorretas, pois ânions e cátions não são espécies universais. Se os raios catódicos fossem íons, seria de se esperar que tais íons variassem conforme a natureza dos átomos constituintes do cátodo ou do gás existente dentro da ampola de vidro.

Por outro lado, a observação II – quanto ao desvio do feixe de raios catódicos na direção de uma placa carregada positivamente – sugere que os raios catódicos têm cargas negativas. Portanto, a alternativa C também está incorreta, pois indica partículas com carga positiva.

Dessa forma, como os raios catódicos têm carga negativa e a mesma natureza, independentemente dos materiais escolhidos para a construção do aparelho, conclui-se que eles são constituídos de elétrons.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Thomson, a partir de seus experimentos com os tubos de raios catódicos, criou um modelo em que o átomo era formado por cargas positivas e negativas. Para Thomson, o átomo era uma esfera positiva com cargas negativas espalhadas por toda a sua extensão. Com esse modelo, começava-se a admitir a divisibilidade do átomo e a reconhecer a natureza elétrica da matéria. Assim, a alternativa B, que cita a existência de partículas subatômicas, está correta.

Na alternativa A, foi apresentada uma característica do modelo de Dalton.

Na alternativa C, tem-se o modelo de Bohr.

Nas alternativas D e E, há características do modelo de Rutherford.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Segundo o modelo de Thomson, o átomo é composto de elétrons, uniformemente distribuídos e incrustados em uma esfera de carga positiva.

Questão 04 – Letra C

Comentário: Na experiência de Rutherford, a maior parte das partículas alfa, de carga positiva, atravessou a lâmina de ouro, como era esperado. No entanto, um pequeno número de partículas sofreu desvios muito grandes. Rutherford interpretou esse resultado, propondo que o átomo deveria apresentar uma região muito densa e carregada positivamente. Ela seria responsável pelos grandes desvios das partículas alfa que passassem próximas, ou que se aproximassem frontalmente. Ele chamou essa região de núcleo atômico. Assim, a alternativa A está correta.

Como a maior parte das partículas alfa atravessou a lâmina sem sofrer desvios, Rutherford concluiu que o tamanho do núcleo era muito menor que o tamanho do átomo e que a matéria teria, em sua constituição, grandes espaços vazios. Portanto, as alternativas B e D também estão corretas.

Como os átomos da lâmina de ouro são eletricamente neutros e o núcleo atômico é eletricamente positivo, Rutherford concluiu que a eletrosfera deveria ter a mesma carga nuclear, porém, com sinal contrário. Assim, a alternativa E também está correta.

MÓDULO – A 02

Natureza Elétrica da Matéria e Núcleo Atômico

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra A

Comentário: O fato de a razão entre a carga e a massa dos raios catódicos ser a mesma, independentemente da natureza do metal escolhido para fazer o cátodo do aparelho ou da natureza do gás residual dentro da ampola de vidro, sugere que os raios catódicos são constituintes de todos os átomos.

Finalmente, Rutherford imaginou que os elétrons poderiam descrever órbitas em torno do núcleo. No entanto, seu modelo foi criado com uma contradição, pois uma partícula carregada, como o elétron, em movimento circular uniforme, deveria emitir energia e cair sobre o núcleo.

Posteriormente, Bohr resolveria essa contradição, postulando a existência de níveis de energia na eletrosfera. Mas essa conclusão não pôde ser tirada da experiência de bombardeamento de uma lâmina de ouro com partículas alfa. Logo, a alternativa C está incorreta.

Questão 05 – Letra B

Comentário: O cientista que trabalhou com raios catódicos e que elucidou as propriedades elétricas da matéria foi Thomson.

Questão 06 – Letra C

Comentário: Thomson, por meio de seus experimentos com os tubos de raios catódicos, criou um modelo em que o átomo era formado por cargas positivas e negativas. Para Thomson, o átomo era uma esfera positiva com cargas negativas espalhadas por toda a sua extensão. No modelo de Rutherford, a carga positiva encontra-se concentrada no núcleo do átomo, de volume muito reduzido em relação ao volume do átomo. Os elétrons giram em órbitas em torno desse núcleo em uma região denominada eletrosfera.

Questão 07 – Letra B

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

- A) Incorreta. A representação de um elemento químico considera o número atômico Z e o número de massa A do elemento. A disposição dessas informações é feita da seguinte maneira: A_ZX . Portanto, os elementos descritos na questão são representados por ${}^{286}_{113}\text{Nh}$, ${}^{288}_{115}\text{Mc}$, ${}^{294}_{117}\text{Ts}$ e ${}^{294}_{118}\text{Og}$.
- B) Correta. Isóbaros são átomos de elementos que possuem diferentes números atômicos e o mesmo número de massa. Os elementos ${}^{294}_{117}\text{Ts}$ e ${}^{294}_{118}\text{Og}$ são isóbaros.
- C) Incorreta. Esses elementos foram produzidos artificialmente em laboratório.
- D) Incorreta. Isótopos são átomos com o mesmo número atômico e diferentes números de massa. Nenhum dos elementos descritos são isótopos entre si.
- E) Incorreta. Isótonos são elementos químicos que possuem diferentes números atômicos e o mesmo número de nêutrons. Considerando que $A = Z + n$, a quantidade de nêutrons em cada espécie é Nh ($n = 173$), Mc ($n = 173$), Ts ($n = 177$) e Og ($n = 176$). Logo, são isótonos os elementos Nh e Mc.

Questão 08 – Letra B

Comentário: O número atômico de A é igual a 20. Logo, os átomos desses elementos possuem 20 prótons e 20 elétrons. O cátion A^+ apresenta 19 elétrons e é isoeletrônico de B. Assim, os átomos do elemento B possuem 19 elétrons, 19 prótons e, portanto, seu número atômico é 19.

Como a massa atômica de B é igual a 39 e seu número atômico é 19, seu número de nêutrons é dado por:

$$A_B = Z + n \Rightarrow n = 39 - 19 \Rightarrow n = 20$$

Os elementos A e B são isótonos. Então, tanto os átomos de A quanto os de B apresentam 20 nêutrons.

Como o número atômico de A é igual a 20 e seus átomos têm 20 nêutrons, conclui-se que seu número de massa é igual a 40 e A não é isóbaro de B ($A_B = 39$).

$$A_A = Z + n = 20 + 20 \Rightarrow A_A = 40$$

O cátion B^+ possui 18 elétrons, não sendo, portanto, isoeletrônico de A, com 20 elétrons.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra D

Comentário: O átomo representado em I é indivisível e não apresenta cargas, o que indica que essa seja uma representação do modelo de Dalton. Já o átomo representado em II é constituído de elétrons, uniformemente distribuídos e incrustados em uma esfera de carga positiva, características do modelo atômico de Thomson. Já o átomo III apresenta um núcleo positivo e pequeno com elétrons ao seu redor em órbita representando o modelo planetário de Rutherford-Bohr.

Questão 02 – Letra C

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

- A) Incorreta. No átomo de Rutherford o núcleo corresponde a praticamente toda a massa de um átomo.
- B) Incorreta. *Vide* comentário da alternativa anterior.
- C) Correta. A eletrosfera é cerca de 10 000 vezes maior que o núcleo. Logo, na representação presente na figura, o núcleo está representado em um tamanho muito grande em relação à eletrosfera e, portanto, desproporcional.
- D) Incorreta. A massa do próton é cerca de 2 000 vezes maior que a massa do elétron sendo que no núcleo, além de prótons, podem haver nêutrons (o nêutron tem aproximadamente mesma massa do próton), resultando em uma relação muito maior que 100 entre essas massas.

Questão 03 – Letra A

Comentário: De acordo com o modelo de Thomson, a carga positiva estaria uniformemente distribuída pelo átomo. Uma das consequências desse modelo era que a interação coulombiana entre as partículas alfa e o átomo não seria muito forte; afinal, estando a carga positiva distribuída por todo o átomo, seu valor, em qualquer região do átomo com a qual a partícula alfa interagisse, era muito pequeno. O fato de a interação ser fraca significava que as partículas alfa não sofreriam desvios significativos ou seriam desviadas em ângulos muito pequenos.

Questão 04 – Letra A

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

- A) Correta. De acordo com o modelo proposto por Thomson, o átomo tem consistência gelatinosa e, além disso, a massa e as cargas elétricas positivas e negativas estão espalhadas uniformemente em cada átomo da lâmina de ouro. Essa distribuição homogênea de massa e de cargas e a consistência gelatinosa indicariam que a trajetória das partículas alfa não seria alterada e, assim, as partículas alfa atravessariam a lâmina de ouro, sofrendo, no máximo, pequenos desvios.
- B) Incorreta. Conforme explicado na alternativa anterior, como as partículas alfa sofreriam, no máximo, pequenos desvios, as manchas luminosas estariam concentradas em uma pequena região do anteparo, localizadas aproximadamente na mesma direção em que as partículas alfa foram inicialmente emitidas.
- C) Incorreta. *Ver* comentário da alternativa A.
- D) Incorreta. O modelo atômico de Thomson não propôs a presença de núcleo. Em seu modelo, foi proposta a distribuição homogênea das cargas positivas e negativas em cada átomo. Além disso, conforme explicado na alternativa A, as partículas alfa atravessariam a lâmina de ouro, não sendo observados desvios, ou no máximo, pequenos desvios.

Questão 05 – Letra C

Comentário: De acordo com a seguinte representação para os átomos: A_ZC , em que "C" representa o elemento, "A" representa o número de massa (soma entre o número de prótons e o número de nêutrons) e "Z" o número atômico (número de prótons), para se obter o número de nêutrons em um núcleo, basta fazer a subtração entre o número de massa e o número atômico. Assim é possível determinar esse valor nos átomos seguintes:

- Cálculo do número de nêutrons nas espécies:
Hidrogênio: $1 - 1 = 0$
Deutério: $2 - 1 = 1$
Isótopo de hélio: $3 - 2 = 1$
Hélio: $4 - 2 = 2$

Portanto, a resposta correta corresponde à letra C.

Questão 06 – Letra E

Comentário: Cada elemento químico é definido pelo seu número atômico e, assim, para determinar o número atômico do elemento X, basta verificar seu número de prótons, que é 16 (corresponde ao enxofre). Para a espécie A^{2+} verificamos que essa espécie perdeu dois elétrons em relação ao seu estado neutro, que é quando o elemento apresenta o mesmo número de prótons e elétrons. Logo, como A^{2+} apresenta 18 elétrons, a espécie A apresentará 20 elétrons e, portanto, 20 prótons.

Questão 07 – Letra C

Comentário: Para se obter o número de nêutrons em um núcleo, basta fazer a subtração entre o número de massa e o número atômico. O ferro ${}^{56}_{26}Fe$ apresenta $Z = 26$, (26 prótons) e $A = 56$ (30 nêutrons). No estado neutro o ferro tem o mesmo número de prótons e elétrons e, portanto, o íon ferroso apresenta dois elétrons a menos que o seu estado fundamental, ou seja, 24 elétrons.

Questão 08 – Letra E

Comentário: Considerando a seguinte representação para os átomos: A_ZC , podemos considerar que "C" representa o elemento, "A" representa o número de massa (soma entre o número de prótons e nêutrons) e "Z" o número atômico (número de prótons). Portanto, para se obter o número de nêutrons em um núcleo basta fazer a subtração entre o número de massa (A) e o número atômico (Z) em cada uma das espécies.

Assim, analisando as opções, temos:

- A) Incorreta. $(A-Z) = 17 - 9 = 8$ nêutrons
B) Incorreta. $(A-Z) = 24 - 12 = 12$ nêutrons
C) Incorreta. $(A-Z) = 197 - 79 = 118$ nêutrons
D) Incorreta. $(A-Z) = 75 - 33 = 42$ nêutrons
E) Correta. $(A-Z) = 238 - 92 = 146$ nêutrons

Questão 09 – Letra A

Comentário: No experimento realizado por Rutherford, a maioria das partículas alfa atravessou a lâmina metálica, conforme o esperado. Contudo, poucas delas desviaram ou retrocederam. Rutherford propôs como explicação para esse fato que o átomo deveria apresentar uma região muito densa e carregada positivamente – o núcleo. Essa região seria responsável pelos grandes desvios observados devido à existência de repulsão eletrostática.

Questão 10 – Letra C

Comentário: O número atômico (Z) corresponde ao número de prótons existentes no núcleo de uma espécie química. Esse número caracteriza um elemento químico, ou seja, átomos do mesmo elemento químico apresentam o mesmo número atômico. Os átomos ${}^{16}O$, ${}^{17}O$ e ${}^{18}O$ são isótopos do elemento oxigênio, dessa forma, o número atômico (Z) desses átomos é o mesmo. No estado fundamental de um átomo, o número de prótons é igual ao número de elétrons, assim, esses átomos apresentam, também, o mesmo número de elétrons.

Os isótopos do oxigênio diferem quanto ao número de massa (A), como se verifica na representação de cada átomo de oxigênio. Como o número de massa dos isótopos é diferente e o número atômico é o mesmo ($Z = 8$), o número de nêutrons também é diferente, conforme indicado a seguir:

$${}^{16}O \Rightarrow N = 16 - 8 \Rightarrow N = 8$$

$${}^{17}O \Rightarrow N = 17 - 8 \Rightarrow N = 9$$

$${}^{18}O \Rightarrow N = 18 - 8 \Rightarrow N = 10$$

Questão 11 – Letra C

Comentário: O lítio é o primeiro metal representado na tabela periódica e apresenta número atômico igual a três. No gráfico, verificamos que há isótopos estáveis para elementos cujo número de prótons é igual a três e cujo número de nêutrons é igual a três e quatro respectivamente. Logo, como se deseja obter o isótopo de menor número de massa, basta escolher aquele que apresenta o menor número de nêutrons, ou seja, de número de massa igual a seis.

Questão 12 – Letra C

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

- I. Correta. Isótonos são átomos de elementos químicos diferentes (números atômicos diferentes) e mesmo número de nêutrons. Como K^+ e Ca^{2+} têm 22 nêutrons cada, eles são isótonos.
- II. Incorreta. Isóbaros são átomos de elementos diferentes (com diferentes números atômicos) que apresentam o mesmo número de massa. K tem número de massa igual a $(19 + 21) = 41$ e Ca^{2+} tem número de massa igual $(20 + 22) = 42$. Logo, eles não são isóbaros.
- III. Incorreta. As espécies K e K^+ apresentam a mesma quantidade de prótons, porém, K^+ tem 1 elétron a menos que K.
- IV. Correta. Ambas as espécies apresentam 18 elétrons, visto que K^+ perdeu um elétron e S^{2-} ganhou dois elétrons. Portanto, são espécies isoeletrônicas, ou seja, que apresentam o mesmo número de elétrons.

Questão 13 – Letra A

Comentário: Os isótopos apresentam mesmo número atômico e número de massa diferente. Por se tratar de elementos iguais quase todas as propriedades dos isótopos são iguais, variando apenas o número de massa, ou seja, a quantidade de nêutrons.

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 1

Habilidade: 3

Comentário: Os fenômenos mencionados no texto são a natureza dos raios catódicos e o desvio das partículas alfa, quando incididas em uma lâmina metálica. Thomson, por meio de seus experimentos com os tubos de raios catódicos, criou um modelo em que o átomo era formado por cargas positivas e negativas. Rutherford, por meio de um experimento que consistia no bombardeamento de partículas alfa sobre uma fina lâmina de ouro, propôs um modelo para o átomo no qual o núcleo pequeno, positivo e central é circundado pelos elétrons na eletrosfera.

Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: Segundo o modelo atômico de Dalton, durante as reações químicas, os átomos não são criados nem destruídos, são apenas rearranjados, formando novas substâncias. Esse modelo confirma a Lei de Conservação das Massas de Lavoisier, que ainda é aceita atualmente. O modelo atômico proposto por Thomson também permite explicar essa Lei, na medida em que a contestação feita por esse cientista sobre do modelo de Dalton diz respeito à divisibilidade do átomo e à presença de carga elétrica, e não à conservação das massas em uma reação química.

Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: Segundo Thomson, o átomo era uma esfera com distribuição uniforme de carga positiva, na qual estariam incrustadas cargas negativas também distribuídas uniformemente por toda a sua extensão. Dessa forma, Rutherford e seus colaboradores esperavam que as partículas alfa bombardeadas sobre a lâmina de ouro não se desviassem, ou sofressem, no máximo, leves desvios.

MÓDULO – A 03

Teoria Quântica Antiga

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: Os espectros atômicos são descontínuos porque a energia dos elétrons é quantizada, isto é, os elétrons só podem assumir determinados valores energéticos e, ao realizarem transições, absorvem ou emitem energia em algumas frequências características.

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

- I. Verdadeira. Cada linha do espectro de emissão representa uma transição eletrônica, ou seja, a energia emitida por um elétron quando ele retorna para níveis mais próximos do núcleo.
- II. Verdadeira. A linha M corresponde à radiação eletromagnética de menor comprimento de onda e, conseqüentemente, de maior energia.
- III. Falsa. A análise qualitativa desse e de outros espectros semelhantes tem como base o modelo atômico de Bohr.
- IV. Falsa. *Vide* comentário da afirmativa I.

Questão 02 – Letra B

Comentário: As linhas de emissão correspondem à transição entre níveis de maior energia, correspondentes a um maior valor de n , e níveis de menor energia, correspondentes a um menor valor de n , sendo que cada linha corresponde a uma transição entre níveis. Como o elétron pode ser excitado para qualquer um dos níveis, para se calcular o número máximo de linhas correspondentes a esses seis níveis, é preciso considerar todas as transições possíveis.

Se o elétron for excitado para o nível 2, é possível uma única transição ($2 \rightarrow 1$).

Se o elétron for para o nível 3, são possíveis as transições $3 \rightarrow 2$ e $3 \rightarrow 1$, em um total de duas.

Se o elétron for para o nível 4, são possíveis as transições $4 \rightarrow 3$, $4 \rightarrow 2$ e $4 \rightarrow 1$, em um total de três.

Se o elétron for para o nível 5, são possíveis as transições $5 \rightarrow 4$, $5 \rightarrow 3$, $5 \rightarrow 2$ e $5 \rightarrow 1$, em um total de quatro.

Finalmente, se for para o nível 6, são possíveis as transições $6 \rightarrow 5$, $6 \rightarrow 4$, $6 \rightarrow 3$, $6 \rightarrow 2$ e $6 \rightarrow 1$, em um total de cinco.

É bom lembrar que um elétron que cai num nível intermediário de energia poderá sofrer uma nova transição. Porém, essa transição corresponderá a uma das assinaladas, não gerando uma nova linha.

Assim, o número total de linhas é igual ao número total de transições possíveis, sendo dado pela soma das transições indicadas:

$$5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 15$$

Questão 03 – Letra B

Comentário: O modelo de Bohr complementou o modelo de Rutherford, ao conferir às órbitas dos elétrons o caráter de conservação de energia: um elétron, girando ao redor do núcleo, ao receber energia, é promovido a um nível mais energético (mais afastado do núcleo) e, logo em seguida, retorna ao nível de origem, liberando toda a energia recebida sob a forma de luz (fóton).

Esse modelo mantém a ideia de núcleo positivo, proposta por Rutherford. No entanto, a indivisibilidade do átomo proposta por Dalton não é característica do modelo de Bohr.

Questão 04 – Letra D

Comentário: O modelo de Bohr inova ao propor energia quantizada para as órbitas dos elétrons, permitindo que apenas algumas órbitas concêntricas de raios e energias definidas sejam permitidas ao movimento circular do elétron ao redor do núcleo. Assim, os elétrons se movem em órbitas circulares em torno do núcleo atômico central sem perder ou ganhar energia (órbitas estacionárias) e grande parte das transições eletrônicas entre níveis geram fótons com comprimento de onda no visível, o que explica a fluorescência.

Questão 05 – Letra D

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

I. Incorreta. No modelo atômico Rutherford-Bohr, a carga positiva encontra-se concentrada no núcleo do átomo, de volume muito reduzido em relação ao volume do átomo.

II. Correta. No modelo de Bohr, os elétrons movem-se em órbitas circulares em torno do núcleo sem perder ou ganhar energia, ou seja, em órbitas estacionárias.

III. Correta. No modelo de Bohr, quando os elétrons passam de uma órbita mais externa para outra mais interna, uma quantidade de energia (fóton) é emitida.

Questão 06 – Letra D

Comentário: O fenômeno pode ser explicado com base no modelo de Bohr. De acordo com esse modelo, quando um elétron recebe determinada quantidade de energia, ele passa para um nível de maior energia (mais distante do núcleo) e, ao retornar ao nível de origem, emite toda a energia absorvida na forma de luz (fóton), com frequência e comprimento de onda característicos.

Questão 07 – Letra E

Comentário: O modelo de Bohr inova ao propor energia quantizada para as órbitas dos elétrons, permitindo que apenas algumas órbitas concêntricas de raios e energias definidas sejam permitidas ao movimento circular do elétron ao redor do núcleo. Assim, os elétrons se movem em órbitas circulares em torno do núcleo atômico central sem perder ou ganhar energia (órbitas estacionárias) e grande parte das transições eletrônicas entre níveis geram fótons com comprimento de onda no visível o que explica a luminescência.

Questão 08 – Letra A

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

A) Correta. A luminescência é o fenômeno em que uma substância apresenta a capacidade de emitir luz devido por meio de reações químicas ou exposição à radiação eletromagnética.

B) Incorreta. Deliquescência é a propriedade que certas substâncias higroscópicas apresentam de absorver umidade do ar.

C) Incorreta. Fluorescência é a propriedade que certas substâncias apresentam de emitir luz quando expostas a fontes de radiação.

D) Incorreta. Incandescência é o processo no qual materiais sob altas temperaturas emitem radiações eletromagnéticas.

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra C**

Comentário: O modelo de Bohr propõe a quantização de energia para as órbitas dos elétrons, de modo que apenas algumas órbitas concêntricas de raios e energias definidas sejam permitidas ao movimento circular do elétron ao redor do núcleo. Porém, quando um elétron ganha energia, ele é promovido a um nível mais energético (mais distante do núcleo) e, logo em seguida, retorna ao nível de origem, liberando toda a energia recebida sob a forma de luz: é o chamado salto de Bohr.

Questão 02 – Letra A

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

I. Correta. O fóton é gerado quando o elétron sai de uma camada mais energética e vai para uma menos energética.

II. Incorreta. As transições de maior energia se encontram no ultravioleta e não no infravermelho, pois energia e comprimento de onda são inversamente proporcionais, logo, as transições mais energéticas geram fótons de menor comprimento de onda.

III. Incorreta. Dos três tipos de emissões mencionadas a violeta é a mais energética, seguida da verde e por último da vermelha, já que o comprimento de onda cresce nessa ordem. Logo se a transição $3 \rightarrow 2$ for uma emissão de cor vermelha, $4 \rightarrow 2$ deve estar relacionada à cor verde e $5 \rightarrow 2$ associada à cor violeta.

Questão 03

Comentário:

A) A cor observada no teste da chama é devida ao cátion do sal.

Vermelho-tijolo (ou alaranjado)	Vermelho	Verde-amarelado
Cálcio	Estrôncio	Bário

B) Segundo o modelo atômico em questão, os elétrons descrevem órbitas ao redor do núcleo que são quantizadas e estacionárias em relação à energia. Ao absorver calor, os elétrons são promovidos a níveis de energia potencial mais elevados e, portanto, mais afastados do núcleo. Todavia, esses elétrons retornam a um nível de menor energia, mais próximos do núcleo, emitindo a diferença de energia entre eles na forma de luz. Como essa variação de energia entre os níveis é diferente para átomos de elementos químicos distintos, obtemos diferentes cores no espectro de emissão.

Questão 04 – Letra C

Comentário: Quando os elétrons transitam de uma órbita para outra, um quantum de energia é absorvido ou emitido sendo essa energia característica de cada espécie. No caso em que o elétron vai para uma órbita mais energética, ele retorna e com isso emite um fóton. Grande parte das transições eletrônicas entre níveis gera fótons com comprimento de onda no visível, o que explica a emissão avermelhada do Sr^{2+} .

Questão 05 – Letra A

Comentário: O modelo de Bohr inova ao propor energia quantizada para as órbitas dos elétrons, permitindo que apenas algumas órbitas concêntricas de raios e energias definidas sejam permitidas ao movimento circular do elétron ao redor do núcleo. Assim, os elétrons se movem em órbitas circulares em torno do núcleo atômico central sem perder ou ganhar energia (órbitas estacionárias).

Questão 06 – Letra E

Comentário: O modelo de Bohr inova ao propor energia quantizada para as órbitas dos elétrons, permitindo que apenas algumas órbitas concêntricas de raios e energias definidas sejam permitidas ao movimento circular do elétron ao redor do núcleo. Porém, quando um elétron ganha energia, ele é promovido a um nível mais energético (mais distante do núcleo) e, logo em seguida, retorna ao nível de origem, liberando toda a energia recebida sob a forma de luz.

Questão 07 – Letra C

Comentário: De acordo com o modelo atômico de Bohr, quando um elétron ganha energia, ele é promovido a um nível mais energético (mais distante do núcleo) e, logo em seguida, retorna ao nível de origem, liberando toda a energia recebida sob a forma de luz. Nos glow sticks ocorre uma reação química que libera energia que excita átomos que compõem o corante que, ao voltar para o estado fundamental (não excitado), emitem a luz. Em uma temperatura mais baixa, a quantidade de energia capaz de excitar os átomos que compõem o corante é menor, pois a reação que libera essa energia ocorre mais lentamente. Dessa forma, a intensidade de luz emitida também será menor e a duração total das transformações ocorridas será maior, já que a reação ocorrerá mais lentamente.

Questão 08 – Letra D

Comentário: A energia da órbita aumenta à medida que ela se afasta do núcleo, ou seja, níveis mais externos são mais energéticos que níveis mais internos. A diferença de energia entre dois níveis consecutivos diminui quanto mais afastados eles estiverem do núcleo atômico. Logo, o fóton menos energético é originado na transição de $n = 6$ para $n = 5$.

Seção Enem

Questão 01 – Letra B

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 1

Habilidade: 3

Comentário: De acordo com o modelo atômico de Bohr, os elétrons encontram-se em níveis de energia quantizados. Assim, a chama fornece energia igual à diferença energética entre as órbitas em questão, e ocorre a excitação de elétrons para níveis mais externos. Ao retornar para os níveis menos energéticos, a energia é emitida na forma de fótons, alterando a coloração da chama. Dessa forma, a alteração da cor da chama ocorre devido à emissão de fótons pelo sódio, excitado por causa da chama.

Questão 02 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: A quimioluminescência é um fenômeno em que uma reação química produz uma molécula intermediária no estado excitado que, ao retornar ao seu estado fundamental (relaxação), emite radiação com frequência na região do visível. A reação do luminol é um fenômeno de quimioluminescência em que os estados intermediário e fundamental da molécula que sofre relaxação estão representados pelas estruturas III (marcada com asterisco) e IV, respectivamente.

MÓDULO – A 04

Teoria Quântica Moderna

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: O modelo atômico atual apresenta uma descrição probabilística para os elétrons em razão de associar ao elétron uma função de onda, cuja solução fornece uma grandeza sem significado físico, uma vez que uma partícula – entidade material – é tratada como uma onda – entidade não material – associada ao transporte de energia. Essa dificuldade na descrição do elétron, associada à sua natureza dual – de onda e partícula –, impede que ele, como partícula, seja visualizado descrevendo órbitas em torno do núcleo. O quadrado da função de onda é chamado densidade de probabilidade e fornece a probabilidade de se encontrar o elétron por unidade de volume. Dessa maneira, o modelo atômico atual não inclui o conceito de órbita eletrônica.

Quanto aos outros conceitos, mesmo aqueles que foram propostos em modelos anteriores, permanecem válidos no modelo atual. Assim, o conceito de núcleo atômico, introduzido por Rutherford em 1911, continua válido para o modelo atual, que descreve o núcleo como constituído de prótons e nêutrons.

De maneira semelhante, a ideia de energia quantizada, introduzida por Bohr, em 1913, continua presente no modelo atômico atual.

Questão 02 – Letra B

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

- A) Incorreta. Atualmente, as menores partículas da natureza são as partículas subatômicas (prótons, nêutrons e elétrons). Os prótons e os nêutrons são constituídos de partículas ainda menores, os quarks.
- B) Correta. O modelo atômico atual descreve os orbitais como as regiões ao redor do núcleo em que é máxima a probabilidade de se encontrar um elétron.
- C) Incorreta. Cada orbital tem uma forma diferente, definida pela densidade de probabilidade de se encontrar o elétron nessa região. Um orbital s, por exemplo, apresenta no espaço uma distribuição esférica de densidade de probabilidade de localizar um elétron. Por outro lado, um orbital p apresenta uma distribuição em forma de halter.
- D) Incorreta. A corrente elétrica é decorrente do movimento dos elétrons.
- E) Incorreta. Thomson, por meio de seus experimentos com os tubos de raios catódicos, observou o surgimento de partículas de cargas negativas que foram denominadas elétrons.

Questão 03 – Letra C

Comentário: Segundo o modelo atual, o elétron é uma partícula-onda (Princípio de De Broglie) que se desloca (ou vibra) no espaço, mas estará, com maior probabilidade, dentro de uma região (orbital) ao redor do núcleo. Além disso, não é possível determinar a posição e a velocidade de um elétron em um dado instante (Princípio da Incerteza).

No modelo atual, em qualquer átomo, cada elétron, em vez de ser caracterizado apenas por um número quântico correspondente ao nível de energia, como acontecia no modelo de Bohr, passa a ser caracterizado por quatro números quânticos. Cada elétron, e não cada orbital, possui um conjunto distinto de quatro números quânticos, o que significa que dois elétrons em um mesmo átomo nunca terão os mesmos valores para os quatro números quânticos. Eles devem diferir em pelo menos um dos números quânticos. Essa é uma forma simples de enunciar o Princípio da Exclusão de Pauli, que governa a distribuição dos elétrons na estrutura atômica.

Questão 04 – Letra B

Comentário: O escândio é o primeiro metal de transição da tabela periódica, apresenta 21 prótons e a seguinte distribuição eletrônica energética: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$. Com base nessa configuração, o elétron mais energético apresenta o número quântico principal (n) = 3 e o número quântico secundário (ℓ) = 2.

Questão 05 – Letra D

Comentário: O chumbo (Pb), em seu estado neutro, apresenta 82 elétrons. Já o íon plumboso (Pb^{2+}) apresenta 80 elétrons e, de acordo com a regra de Hund, sua configuração eletrônica é a seguinte:



Portanto, seus elétrons mais energéticos se encontram no subnível $5d^{10}$, que é o mais energético.

Questão 06 – Letra B

Comentário: De acordo com o Princípio da Exclusão de Pauli, em um orbital existem, no máximo, 2 elétrons com *spins* opostos. Como o subnível s é formado por um único orbital e o subnível p é formado por três orbitais, cada um deles comporta, no máximo, 2 e 6 elétrons, respectivamente. Logo, as três configurações seguintes não são possíveis.

- $1s^2 2s^3 2p^0$
- $1s^3 2s^1$
- $1s^2 2s^2 2p^7$

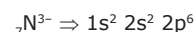
Questão 07

Comentário: Como os íons são formados a partir de átomos por ganho ou perda de elétrons, inicialmente, deve-se fazer a distribuição eletrônica do átomo e, a seguir, retirar ou acrescentar elétrons no subnível de valência.

Para o ânion ${}_7N^{3-}$ temos:

$$N(Z = 7) \Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^3$$

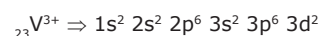
O subnível 2p é o mais distante do núcleo (subnível de valência). Logo, deve-se acrescentar 3 elétrons ao subnível 2p.



Para o cátion ${}_{23}V^{3+}$ temos:

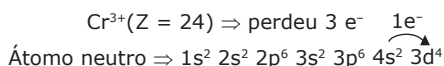
$$V(Z = 23) \Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$$

Deve-se retirar 3 elétrons do subnível de valência, porém, o subnível 4s possui apenas 2 elétrons. Ao retirar seus dois elétrons, o novo subnível de valência passa a ser o subnível 3d, de onde deve-se retirar o terceiro elétron.

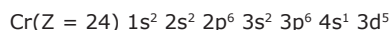


Questão 08 – Letra C

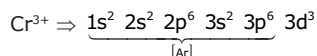
Comentário: Inicialmente, deve-se fazer a distribuição eletrônica do átomo neutro e, em seguida, retirar três elétrons do subnível de valência.



As distribuições eletrônicas terminadas em $ns^2 (n - 1)d^4$ não devem permanecer assim. Um elétron do orbital s deverá ser transferido para o orbital d, transformando-se em $ns^1 (n - 1)d^5$, logo,



Retira-se, agora, 1 elétron do subnível 4s (subnível de valência) e 2 elétrons do subnível 3d. Assim, temos:



Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra D

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

- Incorreta. O número de nêutrons é sempre igual ao número de prótons apenas quando se trata de espécies isóbaras, ou seja, átomos de elementos diferentes que apresentam diferentes números atômicos e que apresentam o mesmo número de massa.
- Incorreta. No modelo atual o elétron é encontrado em orbitais e não em orbitas definidas.
- Incorreta. A descrição de um elétron em um orbital s gera uma forma esférica e, em um orbital p, gera uma forma similar a um halter.
- Correta. O orbital é a descrição dos locais onde se tem maior probabilidade de encontrar o elétron.
- Incorreta. A massa dos prótons e dos nêutrons é semelhante entre si e é cerca de 2 000 vezes maior que a dos elétrons.

Questão 02 – Letra D

Comentário: O número quântico principal é o número inteiro positivo que representa o nível energético principal do elétron. O valor de n representa o raio relativo da nuvem eletrônica e o aumento dos valores de n corresponde ao aumento da energia para o elétron. O número quântico secundário é o número que indica a forma da nuvem eletrônica sendo que formas particulares de nuvens eletrônicas se encontram associadas a cada valor de ℓ . O número quântico magnético é um número associado às orientações permitidas, no espaço, para uma nuvem eletrônica. Os valores numéricos de m_ℓ são inteiros e estão associados aos valores de ℓ podendo variar de $-\ell$ até $+\ell$. Já o número quântico de spin possui apenas dois valores permitidos, $+1/2$ e $-1/2$, indicando que um elétron pode girar em torno de seu próprio eixo no sentido horário ou anti-horário, respectivamente.

Questão 03 – Letra B

Comentário: O último elétron do átomo neutro em questão se encontra no subnível 3p e a sua configuração eletrônica é $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$. Logo, esse átomo apresenta 14 elétrons no estado neutro e, conseqüentemente, 14 prótons.

Questão 04 – Letra D

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

- Incorreta. O número de massa corresponde à soma entre o número de prótons e o número de nêutrons.
- Incorreta. O número quântico magnético varia de $-\ell$ a ℓ .
- Incorreta. O número quântico secundário varia de 0 a $(n-1)$.
- Correta. Os prótons e os nêutrons ficam localizados no núcleo, e os elétrons, na eletrosfera.
- Incorreta. O valor do número quântico magnético (m_ℓ) não limita o valor do número quântico principal.

Questão 05 – Soma = 19

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

- Correta. Os orbitais s têm forma esférica e quanto maior seu nível de energia maior seu volume.
- Correta. Os orbitais p têm o formato de halteres diferindo apenas na orientação espacial nos eixos cartesianos.
- Incorreta. Os valores possíveis para ℓ podem variar de 0 até $n-1$, logo o número quântico secundário pode ser no máximo 1 nesse caso.
- Incorreta. Um átomo de ferro tem número atômico igual a 26 e, portanto, o íon ferroso (Fe^{2+}) apresenta 24 elétrons e a seguinte configuração eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$. Logo, o subnível d tem quatro elétrons desemparelhados.
- Correta. Um átomo de escândio cujo número atômico é igual a 21 apresenta a seguinte configuração eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$. Supondo que o 1º elétron de um orbital tem $m_s = -1/2$, o elétron mais energético será descrito pelos seguintes números quânticos: $n = 3$, $\ell = 2$, $m_\ell = -2$ e $m_s = -1/2$.

Questão 06 – Letra C

Comentário: Cada elétron de um átomo é representado por quatro números quânticos: principal (n), secundário (ℓ), magnético (m_ℓ) e spin (s). O número quântico principal indica o nível energético ocupado pelo elétron; o número quântico secundário indica o subnível que o elétron ocupa; o número quântico magnético indica a orientação dos orbitais no espaço; e o número quântico de spin indica o sentido de rotação do elétron.

Para determinar os números quânticos par o 17º par eletrônico do átomo de Sr, devemos realizar a distribuição eletrônica para o átomo: $1s^2 2s^2 2p^6 2s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$.

O 17º par de elétrons situa-se no subnível 4p. Logo, temos que: Número quântico principal n: 4, pois situa-se no 4º nível energético.

Número quântico secundário ℓ : 1, pois situa-se no orbital p.

Número quântico magnético m_ℓ : 0, pois o orbital p possui três orientações espaciais e o 17º par de elétrons situa-se na orientação 0.

Número quântico de spin s: $-1/2$ e $+1/2$, pois trata-se de um par de elétrons.

Questão 07 – Letra B

Comentário: A regra de Hund parte do princípio de que os elétrons em um mesmo subnível tendem a permanecer desemparelhados (em orbitais separados), com spins paralelos para que haja menor repulsão intereletrônica. Apesar de os três orbitais do tipo p serem degenerados, ou seja, apresentarem a mesma energia, por questão de convenção, se preenche primeiro o orbital p_x . Dessa forma, a distribuição eletrônica do átomo de enxofre ($Z = 16$), em seu estado fundamental, é a seguinte: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$.

Questão 08

Comentário:

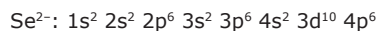
- A) O número de prótons equivale ao número atômico (Z) da espécie, o que, nesse caso, corresponde a **64**. Por outro lado, para obtermos o número de nêutrons (N), basta subtrairmos o número de massa ($A = 157$) do número atômico ($Z = 64$), o que resultaria em um total de **93** nêutrons.
- B) O íon Gd^{3+} é o cátion trivalente do gadolínio e, como tal, forma-se do átomo original por meio da remoção de três elétrons, os quais são retirados dos níveis mais externos. Dessa forma, sua configuração eletrônica simplificada ficaria $[Xe] 4f^7$.

Questão 09 – Letra A

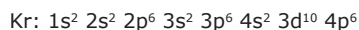
Comentário: A distribuição eletrônica para o átomo neutro de selênio, que possui 34 elétrons, está representada a seguir:



Para o ânion bivalente Se^{2-} , que possui 2 elétrons a mais do que o átomo neutro, a distribuição eletrônica está representada a seguir:



Dessa forma, fazendo-se a distribuição eletrônica dos átomos relacionados nas alternativas, verifica-se que o átomo neutro de criptônio possui a mesma distribuição eletrônica que o ânion Se^{2-} . Veja:

**Questão 10 – Letra C**

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

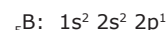
- A) Correta. A configuração I infringe a regra de Hund, já que o orbital 2s deve ser totalmente preenchido antes de se preencher o orbital 2p.
- B) Incorreta. Para que uma configuração eletrônica obedeça ao princípio da exclusão de Pauli, dois elétrons não podem apresentar nenhum dos números quânticos iguais o que não ocorre em III.
- C) Correta. Os elétrons só devem ser emparelhados nos orbitais p quando todos eles estiverem semipreenchidos.
- D) Incorreta. A configuração IV pode corresponder à camada de valência do silício ou à da espécie S^{2+} .
- E) Incorreta. A configuração V pode corresponder à camada de valência de outras espécies como a do potássio, por exemplo.

Questão 11 – Letra E

Comentário: Átomos de um mesmo elemento químico apresentam o mesmo número de prótons, independentemente se ele se encontra na forma neutra ou na forma de íons. Como o número atômico do zircônio é 40, o número de prótons do íon zircônio também é igual a 40.

O íon Zr^{4+} é um cátion tetravalente, o que significa que a espécie tem 4 elétrons a menos que um átomo neutro desse elemento. Assim, o número de elétrons do Zr^{4+} é 36.

A quantidade de elétrons na camada de valência do boro no estado fundamental pode ser determinada a partir da distribuição eletrônica para o átomo neutro:



Dessa forma, no nível 2, que corresponde à camada de valência dos átomos neutros de Boro, há três elétrons.

MÓDULO – B 01**Os Sistemas Químicos e suas Transformações****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra B**

Comentário: Em um equilíbrio, todas as espécies envolvidas estão presentes, logo, o sistema apresenta 3 fases: sólida, líquida e gasosa. Porém, as três fases apresentam o mesmo componente: P (fósforo). Dessa forma, o sistema apresenta 1 componente e 3 fases.

Questão 02 – Letra D

Comentário: A amostra de água com partículas em suspensão apresenta mais de um componente, logo, é uma mistura. Além disso, apresenta mais de uma fase, o que a caracteriza como uma mistura heterogênea.

Após o tratamento, é obtida uma solução, que continua sendo uma mistura, já que possui mais de um componente. Como a solução é límpida e cristalina, apresenta somente uma fase. Assim, é uma mistura homogênea.



Questão 03 – Letra D

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

- I. A água e o etanol são completamente miscíveis, ou seja, formam uma só fase que apresenta as mesmas propriedades em toda sua extensão o que caracteriza a mistura como homogênea.
- II. A água é uma substância composta, pois é constituída de dois elementos químicos: hidrogênio e oxigênio.
- III. A água e a gasolina são imiscíveis, pois, quando misturadas, formam uma mistura heterogênea constituída de duas fases e, conseqüentemente, um sistema não uniforme.

Questão 04

Comentário:

A) O sistema que apresenta uma substância pura é aquele que possui uma única representação de molécula. Logo, os sistemas I e II são os que apresentam substâncias puras, pois o sistema I apresenta apenas a substância do tipo , enquanto o II apresenta apenas a substância do tipo .

B) O sistema que apresenta uma mistura é o que possui duas ou mais representações de moléculas, como os sistemas III, IV e V.

Sistema III: Substância 

Substância 

Substância 

Sistema IV: Substância 

Substância 

Substância 

Sistema V: Substância 

Substância 

C) Uma substância simples é aquela formada por átomos de um único elemento químico, como representado no sistema II.

D) Uma substância composta é formada por átomos de elementos químicos diferentes, como representado no sistema I.

E) O número de componentes de um sistema é dado pelo número de substâncias diferentes presentes nele. Assim,

I. 1 componente IV. 3 componentes

II. 1 componente V. 2 componentes

III. 3 componentes

F) Cada átomo diferente representa um elemento diferente, logo,

I. 2 elementos

II. 1 elemento

III. 2 elementos

IV. 2 elementos

V. 3 elementos

Questão 05 – Letra C

Comentário: Uma transformação química é aquela que envolve a formação de nova substância, o que não ocorre na evaporação do álcool, que apenas muda de estado físico.

Já na oxidação da ferramenta, o ferro metálico é transformado nos seus óxidos, sendo o processo uma transformação química.

Na queimada da floresta, a celulose se transforma em $\text{CO}_{2(g)}$, $\text{CO}_{(g)}$ e $\text{C}_{(s)}$, representando também uma transformação química, assim como na digestão de sanduíche, que leva à transformação de substâncias mais simples, como glicose.

Questão 06 – Letra B

Comentário: A queima da gasolina é um fenômeno químico em que há alteração na composição dessa substância formando gás carbônico e água. O amassado sofrido pela lataria do carro caracteriza um fenômeno físico, pois trata-se de um choque mecânico. Já a formação de ferrugem é um processo químico que ocorre devido à reação do ferro da lataria com o oxigênio do ar resultando em uma substância diferente das substâncias iniciais. Por fim, a ebulição da água presente no radiador é um processo físico em que ocorre a passagem da água no estado líquido para o estado de vapor.

Questão 07 – Letra E

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

I. Processo químico. A transformação do vinho em vinagre consiste na conversão do álcool em ácido acético, que consiste em um rearranjo atômico.

II. Processo químico. A partir de substâncias iniciais (H_2O e CO_2) são produzidas novas substâncias (entre elas O_2).

III. Processo químico. Durante o processo de digestão, os nutrientes dos alimentos são absorvidos e transformados em outras substâncias em vários processos metabólicos.

IV. Processo físico. Ao ser atraída por um ímã, a limalha de ferro não sofre qualquer alteração em sua composição.

V. Processo físico. A transformação de cobre em fios e em lâminas não altera a sua composição.

Apenas as assertivas I, II e III apresentam fenômenos químicos. Logo, a alternativa correta é a alternativa E.

Questão 08

Comentário:

A) As propriedades gerais da matéria são aquelas que nos permitem classificar um sistema como material ou não material. Das propriedades citadas no enunciado da questão são gerais (comuns a todo e qualquer material): massa e volume.

B) Algumas propriedades específicas e intensivas da matéria devem, necessariamente, ser levadas em consideração para a escolha de um material a ser utilizado na confecção de painéis, entre outras: temperatura de fusão, permeabilidade e dureza.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das substâncias e misturas apresentadas nas alternativas.

• Alumínio: O alumínio é uma substância formada por apenas um elemento químico, o alumínio (Al). Assim, é classificada como substância simples.

• Água: A água (H_2O) é uma substância formada por dois elementos químicos diferentes, o hidrogênio (H) e o oxigênio (O).

Assim, é classificada como substância composta.

- Aço: O aço é uma liga metálica formada, principalmente, por ferro e carbono, duas substâncias diferentes. Dessa forma, o aço pode ser considerado uma mistura. Além disso, o aço apresenta aspecto uniforme, ou seja, apresenta uma única fase e, assim, é classificado como mistura homogênea.
- Granito: O granito é uma rocha constituída essencialmente por quartzo, feldspato e mica, dessa forma, é considerado uma mistura. Esses três componentes formam 3 fases diferentes e, assim, é classificado como uma mistura heterogênea.

Questão 02 – Letra D

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

– Ouro 18 quilates: trata-se de uma liga formada entre a prata e o ouro e o resultado é uma mistura homogênea com aspecto uniforme.

– Água gaseificada com gelo: esse sistema apresenta aspecto visual não uniforme, o que nos permite identificar três fases distintas: a fase sólida constituída de gelo; a fase líquida constituída de água; e a fase gasosa que corresponde ao gás dissolvido. Assim, esse sistema corresponde a uma mistura heterogênea.

– Ar atmosférico: o ar é uma mistura composta predominantemente de oxigênio, nitrogênio e outros gases em menores concentrações. Esses compostos misturam-se completamente e, conseqüentemente, apresentam uma única fase com as mesmas propriedades caracterizando uma mistura homogênea.

Questão 03 – Letra A

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

- A) Correta. Apenas as misturas podem ser separadas por processos físicos, tais como a mistura de água e areia que pode ser facilmente filtrada.
- B) Incorreta. As propriedades de uma mistura devem-se às propriedades das substâncias que a compõem.
- C) Incorreta. Sistemas heterogêneos podem ser formados por misturas (água + gasolina) ou substâncias puras (água líquida + gelo). A mesma observação é válida para sistemas homogêneos em que água destilada constitui um exemplo de substância pura, ao passo que água com sal, um exemplo de mistura.
- D) Incorreta. A composição de uma substância é fixa e definida.

Questão 04 – Letra B

Comentário: O ouro branco é uma mistura homogênea (proveniente da mistura entre ouro e paládio) cujas propriedades diferem das propriedades dos metais na forma isolada. Esses metais podem ser utilizados em várias proporções diferentes resultando em uma liga metálica de aspecto uniforme e propriedades constantes em toda a sua extensão, características típicas de uma mistura homogênea. Sendo assim, o ouro branco também pode ser classificado como uma solução sólida.

Questão 05 – Letra C

Comentário: Analisando cada uma das substâncias apresentadas, temos:

1. substância composta (2 elementos).
2. Substância simples molecular.
3. Mistura de duas substâncias.
4. Substância composta (2 elementos).
5. Mistura de gases nobres (não há interação entre os elementos).
6. Substância simples molecular.

Questão 06

Comentário:

- A) Os átomos foram representados no desenho por meio de esferas, de tal forma que esferas diferentes representam átomos diferentes. No balão I existe somente um tipo de esfera, o que significa que ele contém um único elemento químico e somente um tipo de substância simples monoatômica. Já no balão II, há quatro esferas diferentes que representam quatro elementos químicos distintos. Ao analisar as quatro configurações existentes entre elas, verifica-se que há somente duas configurações em que as esferas são iguais, ou seja, nesse balão existem duas substâncias simples diatômicas. Portanto, nos dois balões há um total de cinco elementos químicos distintos e três substâncias simples.
- B) Como nos dois balões existem misturas gasosas pode-se afirmar que ambas as misturas são homogêneas.

Questão 07 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das sequências apresentadas, associando-as a fenômenos químicos ou físicos.

- “acendeu a chama de um forno”: Fenômeno químico. Nessa transformação está envolvida a queima do gás de cozinha, que envolve a reação do gás com o oxigênio, levando à formação de gás carbônico e água.
- “o volume do bolo expandiu devido ao fermento adicionado”: Fenômeno químico. A expansão da massa de bolos e pães ao se adicionarem fermentos químicos ou biológicos se deve à ocorrência de reações que originam produtos gasosos.
- “estava derretendo”: Fenômeno físico. O derretimento do sorvete é uma transformação em que não há a formação de uma nova substância, pois ocorre apenas a mudança da fase sólida para a fase líquida.
- “em processo de escurecimento”: Fenômeno químico. O processo de escurecimento de frutas consiste na reação das frutas com o oxigênio do ar, originando substâncias diferentes das inicialmente presentes.

Questão 08 – Letra A

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

- A) Correta. Fenômenos químicos são aqueles que mudam a identidade química das substâncias, mas a identidade dos átomos se conserva. Assim, todos os fenômenos apresentados são químicos: a transformação do ferro em ferrugem (ocorre reação do oxigênio do ar com o ferro resultando em um produto com propriedades diferentes dos reagentes); o apodrecimento de uma fruta (ocorre com a transformação das substâncias presentes no fruto em produtos com odores desagradáveis e em toxinas que o tornam impróprio para o consumo); a queima da palha de aço (apresenta como produto final o óxido de ferro, proveniente da reação entre o ferro e o oxigênio do ar) e, por fim, a fotossíntese que consiste na transformação do gás carbônico e da água em glicose e oxigênio em presença de luz solar.
- B) Incorreta. A queima da pólvora e a combustão da gasolina são transformações que mudam a identidade química das substâncias reagentes e que ocorrem com grande liberação de energia. Por outro lado, a evaporação da água e a formação do gelo são processos físicos, ou seja, que não alteram a estrutura interna da matéria, isto é, não mudam a identidade química das substâncias nem dos átomos.
- C) Incorreta. A combustão do etanol e a explosão de fogos de artifício são transformações químicas em que os reagentes são transformados em outras substâncias com grande liberação de energia. Por outro lado, a destilação é um processo físico utilizado para separar os componentes de uma mistura: o petróleo. A fusão do sal de cozinha, também é um processo físico em que o sal muda do estado sólido para o estado líquido, sem que haja alteração em sua constituição química.
- D) Incorreta. Todos os fenômenos citados são provenientes de mudanças de estado físico da água, ou seja, não há alteração em sua constituição química.

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 3

Habilidade: 8

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

- A) Não há nenhuma transformação envolvida, pois trata-se apenas de uma etapa de armazenamento do combustível. O etanol não reage com o aço inoxidável, do qual é feito o tanque.
- B) Há transformação física, pois o processo de secagem envolve a evaporação das moléculas de água.
- C) Há transformação química, pois a queima da palha de aço e do etanol envolvem reações de combustão, com a formação de novos compostos químicos, entre eles o CO_2 .
- D) Não há transformação envolvida quando os gases poluentes são mantidos intactos e dispersos na atmosfera. Há transformação química quando eles interagem, por exemplo, com moléculas de água da chuva, formando a chuva ácida.
- E) Não há transformação envolvida quando os materiais particulados são espalhados no ar e sofrem sedimentação por falta de chuva.

Questão 02 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: O nitrato de potássio (KNO_3), isto é, o salitre, é uma substância química composta (composto químico), pois é formada por três elementos: potássio (K), nitrogênio (N) e oxigênio (O).

MÓDULO – B 02

Mudanças de Estado Físico

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: A transformação física que ocorre durante a aplicação da referida tinta é a sublimação, que consiste na mudança do estado físico sólido diretamente para o estado físico gasoso. No estado físico sólido, as partículas estão distribuídas formando uma estrutura com alto grau de organização e estão bem próximas umas das outras, o que confere a esse estado forma e volume definidos. Os gases assumem a forma e o volume do recipiente que os contém e as partículas estão muito afastadas umas das outras. Dessa forma, a figura que esquematiza a sublimação é a representada pela alternativa D.

Questão 02 – F F F F F F

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

- Falso. O processo I envolve a transformação de $\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ em $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ e de $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ em $\text{H}_2\text{O}_{(s)}$. Essas transformações são denominadas sublimação.
- Falso. O processo II é a mudança de $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ para a $\text{H}_2\text{O}_{(s)}$, denominada solidificação. Como a solidificação envolve diminuição do conteúdo energético, é um processo que libera energia.
- Falso. No processo III, a condensação envolve a passagem de $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ para $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$. Como na fase gasosa existem mais espaços vazios e a densidade é menor, nesse processo, ocorre aumento da densidade.
- Falso. O processo IV, que envolve a mudança de $\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ para $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$, é denominado fusão.
- Falso. Um aumento de pressão sob temperatura constante provoca um decréscimo maior de volume na água gasosa do que na água líquida. Isso ocorre devido à maior compressibilidade da água gasosa, que possui muitos espaços vazios.
- Falso. O estado gasoso é mais energético que o líquido e o sólido, já que, na fase gasosa, as moléculas de H_2O possuem mais energia, devido ao fato de elas estarem totalmente afastadas e apresentarem grande movimentação.

Questão 03 – Letra A

Comentário: No ciclo hidrológico ocorrem os processos de evaporação, precipitação e escoamento. Durante a precipitação em elevadas altitudes, o vapor de água transforma-se em neve que precipita na superfície do planeta. A mudança de estado físico gasoso para o sólido é denominado sublimação.

Questão 04 – Letra D

Comentário: As mudanças de estado físico observada no trecho são: quando a solução é congelada, passa do estado líquido para o sólido – solidificação; quando a água congelada passa direta e rapidamente para o gasoso – sublimação.

Questão 05 – Letra C

Comentário: O gelo-seco, quando exposto às condições ambientais, sofre mudança de estado físico, passando do estado sólido diretamente para o estado gasoso em um processo denominado sublimação. Nesse processo há aumento da energia das moléculas dessa substância.

Questão 06 – Letra B

Comentário: A primeira passagem de estados físicos descrita corresponde à solidificação, que ocorreu quando as roupas expostas a baixas temperaturas congelaram, ou seja, houve a transformação do estado físico líquido para o estado sólido. A segunda passagem de estados físicos descrita corresponde à fusão, que ocorreu quando as roupas, que estavam congeladas, começaram a pingar água, ou seja, houve a transformação do estado físico sólido para o líquido. A última passagem de estado físico corresponde à evaporação, visto que as roupas que inicialmente estavam úmidas logo ficaram secas, indicando que houve a passagem do estado físico líquido para o estado gasoso.

Questão 07

Comentário:

A) O gelo ($\text{H}_2\text{O}_{(s)}$) sofre uma transformação chamada fusão, em que o sólido se transforma em líquido.

O gelo-seco ($\text{CO}_{2(s)}$) sofre uma transformação chamada sublimação, em que o sólido se transforma em gás, sem passar pelo estado líquido.

Ambas as transformações são endotérmicas, ou seja, absorvem calor do ambiente e, por isso, fazem com que o líquido perca calor, resfriando-se.

B) O gelo flutua na água porque esta possui menor densidade na fase sólida do que na fase líquida. Portanto, o copo com gelo na situação inicial corresponde ao copo y. Logo, o gelo-seco corresponde ao copo x, no qual o sólido afundou. Como o gelo funde, formando água líquida, que vai compor a mistura líquida, e o gelo-seco sublima, formando gás, que é liberado para o meio externo, o copo que contém gelo deverá ter um volume maior e o que contém gelo-seco deverá ter um volume menor na situação final. Portanto:

- O copo x corresponde ao copo d
- O copo y corresponde ao copo c

Como o volume da solução aquosa aumenta com a fusão do gelo, a concentração de álcool diminui nesse caso e, portanto, no copo c a concentração de álcool é maior que na situação final.

Questão 08 – Letra E

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

- A) Incorreta. A temperatura de ebulição da substância III é $-183\text{ }^\circ\text{C}$, logo, em um ambiente a $-80\text{ }^\circ\text{C}$, essa substância estará na sua forma gasosa.
- B) Incorreta. As temperaturas de fusão e de ebulição do composto I são, respectivamente, $42\text{ }^\circ\text{C}$ e $185\text{ }^\circ\text{C}$. Portanto, para que esse composto seja encontrado na forma líquida, é necessário que a temperatura esteja compreendida entre os valores citados. Em uma temperatura de $550\text{ }^\circ\text{C}$, que é muito superior à temperatura de ebulição, o composto I estará na forma gasosa.
- C) Incorreta. As temperaturas de fusão e de ebulição da substância I são, respectivamente, $42\text{ }^\circ\text{C}$ e $185\text{ }^\circ\text{C}$. Dessa forma, a $100\text{ }^\circ\text{C}$ o composto I estará na forma líquida. A temperatura de ebulição do composto III é igual a $-183\text{ }^\circ\text{C}$. Dessa forma, a $100\text{ }^\circ\text{C}$ o composto III estará na forma gasosa.
- D) Incorreta. As temperaturas de fusão dos compostos III e IV são menores que $0\text{ }^\circ\text{C}$, o que invalida a afirmação de que existe um valor de temperatura acima de $0\text{ }^\circ\text{C}$, em que as quatro substâncias estão na forma sólida. A temperatura de ebulição do composto III é $-183\text{ }^\circ\text{C}$, logo, em qualquer temperatura acima de $0\text{ }^\circ\text{C}$ o composto estará na forma gasosa. O composto IV pode ser encontrado tanto no estado líquido quanto no estado gasoso em temperaturas maiores que $0\text{ }^\circ\text{C}$, já que seu ponto de fusão é igual a $-63\text{ }^\circ\text{C}$ e seu ponto de ebulição é igual a $91\text{ }^\circ\text{C}$.
- E) Correta. As temperaturas de fusão dos compostos I e II são, respectivamente, $42\text{ }^\circ\text{C}$ e $1530\text{ }^\circ\text{C}$, enquanto as temperaturas de fusão dos compostos III e IV são negativas. Logo, em uma temperatura de $25\text{ }^\circ\text{C}$ apenas os compostos I e II estarão na forma sólida.

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra B**

Comentário: O estado sólido é o que apresenta maior organização das partículas que o constituem, uma vez que elas estão bem próximas umas das outras e apresentam menor energia cinética. No estado líquido, as partículas estão um pouco mais afastadas do que no estado sólido e, como a energia cinética e as forças de atração entre essas partículas são medianas, o estado líquido apresenta energia interna intermediária entre os estados sólido e gasoso. Já as partículas que formam o estado gasoso estão totalmente afastadas e apresentam grande movimentação, visto que as forças de atração entre suas partículas são baixas, conferindo a esse estado um alto grau de desordem.

Dessa forma, sublimação (transformação do sólido para o gasoso), fusão (transformação do sólido para o líquido) e vaporização (transformação do líquido para o gasoso) ocorrem com absorção de energia, enquanto condensação (passagem do gasoso para o líquido) e solidificação (passagem do líquido para o sólido) ocorrem com liberação de energia. Portanto, a única alternativa que descreve processos que ocorrem com absorção e liberação de calor, respectivamente, corresponde à letra B.

Questão 02 – Letra A

Comentário: Na sublimação, há mudança do estado sólido para o gasoso. Isso ocorre, pois as interações intermoleculares da substância são rompidas e, com isso, a energia das moléculas aumenta fazendo-as ficarem mais afastadas umas das outras. É importante ressaltar que essa mudança no estado de agregação não altera a estrutura interna do gelo-seco, isto é, não muda a identidade química dessa substância nem dos átomos que a constituem. Portanto, a representação mais adequada para essa transformação corresponde à letra A.

Questão 03 – Letra D

Comentário: A mudança de estado físico que ocorre com a passagem do estado sólido para o estado líquido é denominada fusão e, como nessa transformação ocorre aumento da energia potencial das moléculas no líquido, esse processo ocorre com absorção de energia e, portanto, é classificado como endotérmico.

Questão 04 – Letra D

Comentário: A mudança de estado físico em que o oxigênio passa do estado líquido para o estado gasoso à temperatura ambiente é denominada evaporação. Nesse processo, a transformação ocorre em uma temperatura inferior à temperatura de ebulição e com absorção de energia, pois há mudança de um estado de menor energia para outro de maior energia caracterizando um processo endotérmico.

Questão 05 – Letra E

Comentário: O fenômeno do copo "suar" pode ser explicado da seguinte maneira: quando o ar atmosférico, que apresenta em sua constituição vapor-d'água, entra em contato com uma superfície cuja temperatura é mais baixa, há mudança de estado físico em que a água passa do estado gasoso para o estado líquido (condensação).

Questão 06 – Letra A

Comentário: Um líquido entra em ebulição quando sua pressão de vapor se iguala à pressão atmosférica. Como no interior da panela, a pressão é maior que a pressão atmosférica, a temperatura na qual a água de cozimento é maior que 100 °C e, portanto, a alternativa correta corresponde à letra A.

Questão 07 – Letra D

Comentário: No teste, ocorreu dissolução do corante, e o aquecimento com o ferro favoreceu esse processo.

Questão 08 – Soma = 06

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

01. Incorreta. Somente a água e o ácido sulfúrico se encontram no estado líquido a 25 °C. Isso ocorre uma vez que, a 1 atm, a temperatura de fusão da água é igual a 0 °C e a temperatura de ebulição é igual a 100 °C. A temperatura de fusão do ácido sulfúrico, nesse mesmo valor de pressão, é igual a 10 °C e a sua temperatura de ebulição é igual a 338 °C, o que, também, justifica o fato de essa substância se encontrar no estado líquido. Já o cloro e o oxigênio estão no estado gasoso a 25 °C, visto que os valores de suas temperaturas de ebulição são menores que o valor da temperatura ambiente.
02. Correta. A água, o cloro e o oxigênio se encontram no estado gasoso a 150 °C, pois essa temperatura é maior que os pontos de ebulição dessas substâncias. Assim, o ácido sulfúrico é a única substância que permanecerá no estado líquido, já que seu ponto de ebulição é igual a 338 °C.
04. Correta. O ponto de solidificação da água é igual a 0 °C e, para encontrar água no estado sólido, a temperatura ambiente deve ser menor que esse valor de temperatura. Logo, se considerarmos um valor de temperatura igual a -10 °C, por exemplo, a água e o ácido sulfúrico estariam no estado sólido e o cloro e o oxigênio estariam no estado gasoso devido aos seus baixos valores de ponto de ebulição.
08. Incorreta. As temperaturas de ebulição de uma substância tendem a diminuir com o aumento de altitude de tal forma que, para um líquido entrar em ebulição, sua pressão de vapor deve se igualar à pressão atmosférica. Portanto, em elevadas altitudes a pressão atmosférica é menor e, conseqüentemente a temperatura de ebulição de um líquido também se torna menor.

Questão 09 – Letra B

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

- A) Incorreta. O valor de temperatura que corresponde a 15 °C se encontra entre o valor de temperatura de fusão e o valor de temperatura de ebulição dessa substância. Portanto, a substância I é líquida.
- B) Correta. O valor de temperatura que corresponde a 70 °C é maior que o valor de temperatura de fusão e menor que o valor de temperatura de ebulição dessa substância. Dessa forma, a substância II está no estado líquido a essa temperatura.
- C) Incorreta. O valor de temperatura que corresponde a 10 °C é menor que o valor de temperatura de fusão da substância III, o que implica que ela está no estado sólido.
- D) Incorreta. A substância IV, a 3 200 °C, se encontra no estado gasoso já que a sua temperatura de ebulição é igual a 3 000 °C.
- E) Incorreta. O valor de temperatura igual a 25 °C é maior que o valor de temperatura de fusão e menor que a temperatura de ebulição da substância V. Logo, essa substância, a essa temperatura, está no estado líquido.

Questão 10 – Letra C

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

– Etanol: apresenta ponto de fusão igual a $-117\text{ }^{\circ}\text{C}$ e ponto de ebulição igual a $78\text{ }^{\circ}\text{C}$. Logo, a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, essa substância estará no estado líquido.

– Clorofórmio: apresenta ponto de fusão igual a $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$ e ponto de ebulição igual a $61\text{ }^{\circ}\text{C}$. Logo, a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, essa substância estará no estado líquido.

– Iodo: apresenta ponto de fusão igual a $113,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Logo, a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, essa substância estará no estado sólido.

– Éter etílico: apresenta ponto de fusão igual a $-116\text{ }^{\circ}\text{C}$ e ponto de ebulição igual a $34\text{ }^{\circ}\text{C}$. Logo, a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, essa substância estará no estado líquido.

Portanto, a alternativa correta corresponde à letra C.

Seção Enem**Questão 01 – Letra C**

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: A evaporação é um processo que ocorre com absorção de energia. Em um sistema constituído por água em um recipiente de barro, as moléculas de água no estado líquido retiram energia do sistema e mudam de estado físico.

Questão 02 – Letra D

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: As mudanças de estado físico são transformações que não alteram as estruturas dos átomos – núcleos e eletrosfera –, tampouco a composição da matéria como a troca de átomos, mas apenas alteram a disposição espacial de suas partículas estruturais.

MÓDULO – B 03**Curvas de Aquecimento,
Diagramas de Fases e Densidade****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra C**

Comentário: A curva de aquecimento se refere a uma substância, visto que apresenta dois patamares bem definidos que representam as mudanças de estado físico. Nessa curva, a região I corresponde à faixa em que se encontra a substância somente no estado sólido. Na região II, ocorre fusão da substância (as fases sólida e líquida coexistem em equilíbrio).

Na região III, há somente fase líquida e na região IV é onde ocorre a ebulição (as fases líquida e gasosa coexistem em equilíbrio). Por fim, a região V corresponde à faixa em que a substância está totalmente na fase gasosa. Logo, é possível encontrar fase líquida dessa substância nas regiões II, III e IV.

Questão 02 – Letra A

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

- A) Correta. A curva de aquecimento da substância apresenta três regiões que correspondem aos três diferentes estados físicos da matéria e a duas regiões que representam as mudanças de estado físico. Assim, a região compreendida entre $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $41\text{ }^{\circ}\text{C}$, cuja temperatura é menor, corresponde à região em que a substância está no estado sólido.
- B) Incorreta. A curva de aquecimento apresenta dois patamares que correspondem às mudanças de estado físico, característica típica de substância pura.
- C) Incorreta. A temperatura de ebulição pode ser identificada pelo patamar intermediário entre os estados líquido e gasoso, ou seja, correspondente à temperatura de $182\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- D) Incorreta. A região em que é possível encontrar a substância no estado líquido é a compreendida entre as temperaturas de $41\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura em que inicia a fusão) e $182\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura em que inicia a ebulição).
- E) Incorreta. *Vide* comentário alternativa A.

Questão 03 – Letra A

Comentário: A sucata em questão é uma mistura, pois apresenta mais de um componente, composta por 63% de estanho e 37% de chumbo. Na curva de aquecimento apresentada da mistura, nota-se que a temperatura de fusão é constante, enquanto a temperatura de ebulição varia, o que caracteriza essa mistura como eutética.

Questão 04 – Letra C

Comentário: Quando uma substância pura está mudando de estado físico, a temperatura permanece constante, pois, durante esse processo, toda a energia fornecida pela fonte de calor é usada no enfraquecimento e / ou na ruptura de interações. A energia cinética média das partículas permanece constante, o que justifica o fato de a temperatura não variar.

O segmento T1–T1' no gráfico B representa a variação da temperatura durante a fusão. Logo, a alternativa A é incorreta.

O gráfico A representa a mudança de estado físico de uma substância pura, já que, durante a fusão e a ebulição, a temperatura permanece constante, como pode ser comprovado pelos patamares em T1 e T2. Logo, as alternativas B e D são incorretas, sendo que, para uma mistura eutética, deveria existir patamar apenas na fusão.

O gráfico B representa a mudança de estado físico de uma mistura azeotrópica, que apresenta patamar apenas na ebulição. Logo, a alternativa C é correta.

Como o gráfico B representa a mudança de estado físico de uma mistura azeotrópica, a temperatura de ebulição, T2, é definida. Logo, a alternativa E é incorreta.

Questão 05 – Letra C

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

- A) Incorreta. Em valores de pressão inferiores a 0,006 atm, é possível encontrar vapor-d'água em equilíbrio com a fase sólida.
- B) Incorreta. Sublimação é a mudança de estado físico em que há passagem do estado sólido para o gasoso. Assim, conforme análise da alternativa anterior é possível que essa transformação ocorra em ambientes em que a água apresente valores de pressão inferiores a 0,006 atm.
- C) Correta. Ponto triplo é o ponto que indica as condições de pressão e temperatura para que, no sistema, coexistam em equilíbrio as fases sólida, líquida e gasosa. Assim, verifica-se que o ponto triplo da água ocorre em um valor cuja pressão é igual a 0,006 atm e a temperatura igual a 0,01 °C.
- D) Incorreta. De acordo com o diagrama de fases, a 0,01 °C e 1 atm apenas a fase sólida é estável.
- E) Incorreta. De acordo com o diagrama de fases, a 0,01 °C e 1 atm apenas a fase líquida é estável.

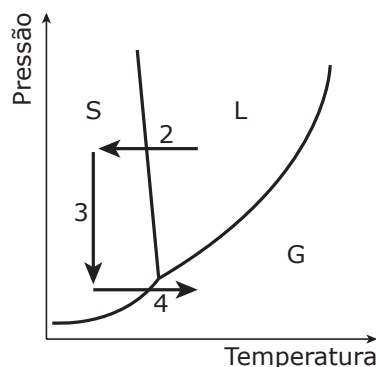
Questão 06 – Letra B

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

- I. Correta. No diagrama de fases, o ponto triplo é a pressão e a temperatura nas quais as fases sólida, líquida e gasosa coexistem em equilíbrio.
- II. Incorreta. Na região supercrítica, a densidade da fase gasosa é igual à da fase líquida, não existindo, então, um equilíbrio entre fases.
- III. Correta. Em temperaturas acima de 31 °C, não é possível liquefazer o CO₂ supercrítico por aumento de pressão, pois não existe um equilíbrio entre as fases gasosa e líquida.
- IV. Incorreta. De acordo com o diagrama de fases, o CO₂ poderá ser encontrado nas fases sólida ou líquida em pressões acima de 73 atm e temperaturas abaixo de 31 °C.

Questão 07 – Letra B

Comentário: O processo de liofilização descrito envolve, inicialmente, uma etapa em que a água presente no alimento congela. Nessa etapa, representada pela seta de número 2 do diagrama de fases, ocorre a mudança de estado físico solidificação, na qual água líquida se transforma em água no estado sólido. Na etapa seguinte ocorre a redução da pressão até um valor abaixo do ponto triplo, que é representada pela seta de número 3 do diagrama de fases. Por último, ocorre uma etapa em que a água sofre a mudança de estado físico denominada sublimação, representada pela seta de número 4 do diagrama de fases, em que esse composto passa do estado sólido diretamente para o estado gasoso.



Questão 08 – Letra B

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

- A) Correta. A mistura eugenol-glicerina pode ser separada por adição de água, já que a glicerina é solúvel em água e o eugenol não. Dessa forma, após a adição de água, existirão duas fases: uma contendo glicerina e água, e a outra contendo eugenol. As duas fases podem ser separadas por decantação, e a mistura glicerina-água pode ser separada por destilação.
- B) Incorreta. Como a glicerina é solúvel em água, uma mistura de água e glicerina é homogênea, portanto, não existe sobrenadante.
- C) Correta. Considerando a densidade da água (1 g.mL⁻¹) e da glicerina (1,26 g.mL⁻¹), e a fórmula $d = m/V$, 1,26 litros de água tem a mesma massa que 1 litro de glicerina, 1,26 kg.
$$m(\text{H}_2\text{O}) = d \cdot V = 1 \cdot 1\,260 = 1\,260 \text{ g} = 1,26 \text{ kg}$$
$$m_{(\text{glicerina})} = d \cdot V = 1,26 \cdot 1\,000 = 1\,260 \text{ g} = 1,26 \text{ kg}$$
- D) Correta. Como a temperatura de ebulição do etanol é menor do que a da água, o etanol é mais volátil.
- E) Correta. Em um dia muito frio, com temperatura abaixo de 20 °C, a glicerina é um sólido, pois sua temperatura de fusão é 20 °C.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

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

- I. Correta. Os gráficos representam o aquecimento de dois líquidos A e B quando submetidos à mesma fonte de calor até que se atinja a ebulição. Verifica-se por meio desses gráficos que, se as temperaturas que correspondem à mudança de estado físico forem as mesmas, os líquidos A e B serão a mesma substância química.
- II. Correta. Supondo que as amostras A e B são a mesma substância química, conclui-se que o volume da amostra B é obrigatoriamente menor que o da amostra A, pois o tempo gasto para B entrar em ebulição é maior em relação à amostra A.
- III. Incorreta. A amostra A não é uma mistura, pois apresenta patamar definido, que corresponde à mudança de estado físico de uma substância, ou seja, não há variação de temperatura durante a ebulição.

Questão 02 – Letra D

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

- A) Incorreta. O gráfico representa uma curva de resfriamento em que a etapa I corresponde à condensação (mudança do estado gasoso para líquido) enquanto a etapa II corresponde à solidificação (mudança do estado líquido para o estado sólido).
- B) Incorreta. O processo de resfriamento se dá com a mudança de um estado físico mais energético para outro menos energético. Para isso, ocorre redução de energia no sistema de tal forma que há liberação de energia para a vizinhança o que faz com que esse processo seja classificado como exotérmico.
- C) Incorreta. Os patamares que correspondem às mudanças de estado físico são constantes, o que é característico de uma substância. Porém, os calores latentes de fusão e de ebulição não são iguais, pois a energia necessária para que ocorra a mudança do estado sólido para líquido não é a mesma necessária para a mudança do estado líquido para o gasoso, visto que a quantidade de interações rompidas é diferente.
- D) Correta. Nas condições normais de temperatura e pressão, a temperatura de ebulição da água é igual a 100 °C, ou seja, nessa temperatura, o líquido se transforma em vapor e é possível encontrar as duas fases coexistindo em equilíbrio.
- E) Incorreta. O processo de resfriamento do vapor-d'água até 0 °C ocorre com duas mudanças de estado físico: condensação (vapor para líquido) e solidificação (líquido para sólido). Assim, o resfriamento provoca a mudança de estados físicos mais energético para estados físicos menos energéticos, diminuindo as energias potencial e cinética do sistema.

Questão 03 – Letra C

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

- A) Incorreta. A região compreendida entre as temperaturas T_1 e T_2 corresponde ao estado sólido. Como a temperatura aumenta com o aquecimento, nessa região, não ocorre mudança de estado físico.
- B) Incorreta. A mudança de estado representada pelo patamar existente entre T_2 e T_3 é onde ocorre a fusão.
- C) Correta. O patamar que se forma na temperatura T_2 corresponde à fusão do material conforme mencionado na análise da alternativa anterior.
- D) Incorreta. A curva de aquecimento apresenta dois patamares o que indica que as mudanças de estado físico – fusão e ebulição – ocorrem à temperatura constante. Essa característica é típica de substâncias, já que as mudanças de estado físico em misturas ocorrem com pequena variação de temperatura.

Questão 04 – Letra D

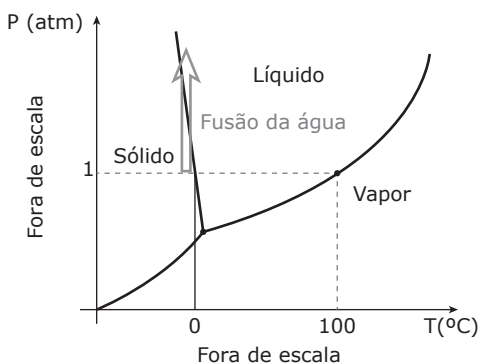
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A solução de fenol, por se tratar de uma mistura, não apresenta temperatura de ebulição bem definida e constante, ao contrário do hexano que é uma substância. Porém, com os dados fornecidos pela questão não é possível inferir qual das amostras apresentadas entra em ebulição a uma temperatura menor.
- B) Incorreta. A região localizada entre os estados líquido e vapor na curva de aquecimento é onde ocorre a ebulição. Dessa forma, verifica-se na curva II que essa região não apresenta a formação de um patamar, já que o processo não ocorre a temperatura constante. Logo, a curva II corresponde à solução de fenol.
- C) Incorreta. Uma mistura azeotrópica é aquela que apresenta temperatura de fusão variável e temperatura de ebulição constante e bem definida. Assim, para definir se a curva que corresponde à solução de fenol é característica de uma mistura azeotrópica, a região em que ocorre a fusão / solidificação deveria estar evidente.
- D) Correta. Conforme discutido na alternativa C, a curva I pode ser proveniente de uma substância, por apresentar temperatura constante durante a ebulição e por apresentar a formação de patamar bem definido. Assim, entre as curvas apresentadas, a única que pode representar o hexano puro é a curva I, já que a curva II não apresenta temperatura de ebulição constante e nem um patamar bem definido.
- E) Incorreta. A determinação da temperatura de ebulição não depende da quantidade de amostra utilizada na análise, pois essa é uma característica intrínseca da matéria.

Questão 05 – Letra E

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

- I. Correta. Para que a água seja encontrada no estado sólido à pressão atmosférica de 1 atm, a temperatura deve ser igual ou inferior a 0 °C. Na patinação no gelo, quando a lâmina dos patins exerce pressão sobre o gelo, ocorre a mudança de estado físico denominada fusão, em que a água sólida se transforma em água líquida, facilitando o deslizamento. Observe no diagrama de fases da água a seguir, como é possível que ocorra a fusão da água apenas com o aumento de pressão.



- II. Correta. No interior da panela de pressão, a água líquida fica submetida a uma pressão superior à pressão atmosférica e, dessa forma, a água ebule a uma temperatura superior a 100 °C, o que acelera o processo de cozimento.

III. Correta. Um líquido entra em ebulição quando seus vapores conseguem vencer a pressão da massa gasosa sobre a sua superfície. Em maiores altitudes, o ar é mais rarefeito e, assim, a pressão atmosférica é menor do que a pressão atmosférica no nível do mar. Logo, a pressão de vapor e a pressão atmosférica se igualam em temperaturas mais baixas em maiores altitudes quando comparado à temperatura em que a pressão de vapor e a pressão atmosférica se igualam no nível do mar, o que resulta em menores temperaturas de ebulição. Assim, como a cidade de Caxias do Sul (RS) está localizada em maior altitude que uma cidade localizada no nível do mar, a água apresentará maior temperatura de ebulição na cidade localizada no nível do mar.

Questão 06 – Letra A

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

- A) Incorreta. Temperatura de fusão normal ocorre quando há passagem do estado sólido para o líquido à pressão de 1 atm. No diagrama de fases, a passagem do gás carbônico do estado sólido para o gasoso (sublimação) ocorre à temperatura de $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- B) Correta. O gás carbônico aumenta de volume com o aumento da pressão. Logo, observando a inclinação da curva de equilíbrio entre os estados sólido e líquido, verifica-se que, quanto maior a pressão, maior será a temperatura de fusão da substância.
- C) Correta. De acordo com o diagrama de fases da água, o ponto triplo dessa substância se encontra em um valor de pressão igual a 4,56 torr ($1\text{ atm} = 760\text{ torr}$) e a uma temperatura de $0,0098\text{ }^{\circ}\text{C}$. Já no diagrama de fases do gás carbônico, o ponto triplo está em um valor de pressão igual a 5,11 atm e a uma temperatura de $-56,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para comparar esses valores de pressão, é necessário realizar a conversão de unidades conforme realizado no cálculo a seguir:

$$\begin{aligned} 1\text{ atm} & \text{---} 760\text{ torr} \\ x & \text{---} 4,58\text{ torr} \\ x & = 6,02 \cdot 10^{-3}\text{ atm} \end{aligned}$$

Portanto, a pressão no ponto triplo da água é menor que o valor de pressão correspondente ao ponto triplo do gás carbônico.

- D) Correta. Sublimação corresponde à mudança de estado físico em que há passagem do estado sólido para o gasoso e, segundo análise do gráfico, a curva de equilíbrio entre essas duas fases está abaixo de 4,58 torr.

Questão 07 – Letra B

Comentário: O processo físico descrito no enunciado da questão é a fusão do gelo, e essa mudança de estado físico, por se tratar de uma substância pura, ocorre em temperatura constante de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Considerando o comportamento anômalo da água, durante a mudança de fase, ocorre a variação da densidade do sistema, pois, quando a água se funde, ocorre a aproximação das suas moléculas, resultando em redução do volume do sistema.

Questão 08 – Letra C

Comentário: Para fazer a separação dos materiais, é necessário diluir a solução de NaCl, cuja densidade é igual a $1,25\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$. Desse modo, é possível se obter um valor de densidade intermediário ao valor dos dois tipos de plásticos, para que o mais denso afunde, enquanto o menos denso flutue na solução.

Se considerarmos um valor de densidade intermediário aos dois plásticos igual a $1,12\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$, poderemos estimar os volumes necessários de cada um dos componentes da solução para que a diluição seja feita corretamente. Para preparar 1 000 L de uma solução salina de densidade igual a $1,12\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$, os volumes de água e de solução concentrada necessários podem ser calculados da seguinte forma:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = d_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}$$

A densidade da água é igual a $1,0\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$, logo:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{solução de NaCl}} = d_{\text{solução de NaCl}} \cdot V_{\text{solução de NaCl}}$$

A densidade da solução de NaCl é igual a $1,25\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$, logo:

$$m_{\text{solução de NaCl}} = 1,25\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} \cdot V_{\text{solução de NaCl}}$$

Sabe-se ainda que $V_{\text{solução de NaCl}} + V_{\text{H}_2\text{O}} = 1\text{ 000 L}$

Dessa forma, temos:

$$1,12\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{solução de NaCl}}}{V_{\text{solução de NaCl}} + V_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$1,12\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} = \frac{1,0\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} + 1,25\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} \cdot V_{\text{solução de NaCl}}}{1\text{ 000 L}}$$

Considerando que $V_{\text{solução de NaCl}} = 1\text{ 000 L} - V_{\text{H}_2\text{O}}$:

$$1,12\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} = \frac{1,0\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} + 1,25\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} \cdot (1\text{ 000 L} - V_{\text{H}_2\text{O}})}{1\text{ 000 L}}$$

$$1\text{ 120} = 1,0 \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} + 1,25 \cdot (1\text{ 000} - V_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$1\text{ 120} = V_{\text{H}_2\text{O}} + 1\text{ 250} - 1,25(V_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$0,25(V_{\text{H}_2\text{O}}) = 130$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 520\text{ L}$$

O cálculo forneceu uma aproximação do volume de água que deve ser utilizado para diluir a solução. Nesse caso, o volume da solução concentrada de NaCl utilizado seria de 480 mL.

Questão 09 – Letra C

Comentário: As propriedades que identificam uma substância são denominadas propriedades específicas da matéria. Tais propriedades não dependem da quantidade da substância e, sim, de sua natureza. Dentre elas podemos citar: temperatura de fusão, temperatura de ebulição e densidade. Porém, existem propriedades que são comuns a toda e qualquer porção de matéria denominadas propriedades gerais da matéria, ou seja, que não podem ser utilizadas para diferenciar uma substância, por exemplo, massa, volume e cor. Portanto, a resposta correta é a letra C.

Questão 10 – Letra E

Comentário: A densidade de um objeto é determinada pela relação entre a sua massa e o seu volume, conforme representado a seguir:

$$d = m/V$$

Para se obter o valor da densidade do objeto, é necessário, primeiro, calcular o volume do cubo cuja aresta é igual a 2,5 cm.

$$V_{\text{cubo}} = (2,5 \text{ cm})^3$$

$$V_{\text{cubo}} = 15,625 \text{ cm}^3$$

Assim, de posse do valor da massa e do valor do volume do objeto, é possível calcular a densidade do material, conforme realizado a seguir:

$$d = \frac{112,5 \text{ g}}{15,625 \text{ cm}^3}$$

$$d = 7,2 \text{ g.cm}^{-3}$$

Portanto, comparando-se o valor obtido com o da tabela, o metal que apresenta valor de densidade igual a $7,2 \text{ g.cm}^{-3}$ é o cromo (Cr).

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: I

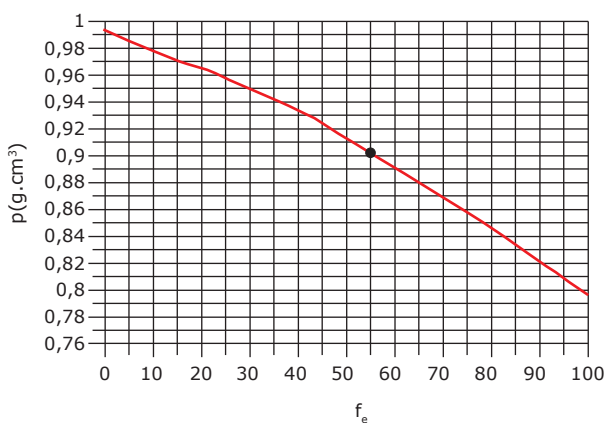
Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A densidade é uma propriedade definida como a razão entre a massa e o volume de um material. Em relação ao álcool combustível referido, ele apresenta volume de $50,00 \text{ cm}^3$ e massa igual a $45,0 \text{ g}$. Assim, a densidade desse material é calculada da seguinte forma:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{45,0 \text{ g}}{50,00 \text{ cm}^3} = 0,9 \text{ g.cm}^{-3}$$

Analisando o gráfico, verifica-se que a f_e referente à densidade de $0,9 \text{ g.cm}^{-3}$ é igual a 55%, conforme destacado no gráfico a seguir:



Questão 02 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Resolução: Ao colocar o legume no recipiente, ocorre o deslocamento de volume de $0,5 \text{ L}$. Esse volume corresponde a $2/3$ do volume do legume, uma vez que $1/3$ do legume fica fora da água. Logo, seu volume total é igual a

$$\frac{2}{3}x = 500 \text{ mL}$$

$$x = 750 \text{ mL} = 700 \text{ cm}^3$$

A densidade do legume equivale à metade da densidade da água, ou seja, é igual a $0,5 \text{ g.cm}^{-3}$. A massa do legume é igual a

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$$

$$m = 0,5 \text{ g.cm}^{-3} \cdot 750 \text{ cm}^3$$

$$m = 375 \text{ g} = 0,375 \text{ kg}$$

Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos a densidade de cada amostra do lote. Como as amostras são compostas por porcentagens diferentes de estanho e chumbo, a densidade da liga metálica resultante é a média ponderada das densidades de cada metal. Assim, temos:

$$\rho = \frac{\% \text{ m/m}(\text{Sn}) \cdot \rho_{\text{Sn}} + \% \text{ m/m}(\text{Pb}) \cdot \rho_{\text{Pb}}}{100}$$

Cálculo das densidades das amostras:

• Amostra I:

$$\rho = \frac{60 \cdot 7,3 + 40 \cdot 11,3}{100} \Rightarrow \rho = 8,90 \text{ g.mL}^{-1}$$

A densidade da amostra I é maior que o valor máximo permitido.

• Amostra II:

$$\rho = \frac{62 \cdot 7,3 + 38 \cdot 11,3}{100} \Rightarrow \rho = 8,82 \text{ g.mL}^{-1}$$

A densidade da amostra II é igual ao valor máximo permitido.

• Amostra III:

$$\rho = \frac{65 \cdot 7,3 + 35 \cdot 11,3}{100} \Rightarrow \rho = 8,70 \text{ g.mL}^{-1}$$

A densidade da amostra III é menor que o valor mínimo permitido.

• Amostra IV:

$$\rho = \frac{63 \cdot 7,3 + 37 \cdot 11,3}{100} \Rightarrow \rho = 8,78 \text{ g.mL}^{-1}$$

A densidade da amostra IV encontra-se dentro do intervalo permitido.

- Amostra V:

$$\rho = \frac{59,7,3 + 41,11,3}{100} \Rightarrow \rho = 8,94 \text{ g.mL}^{-1}$$

A densidade da amostra V é maior que valor máximo permitido.

Portanto, as amostras que atendem às normas internacionais são a II e a IV.

Questão 04 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 4

Habilidade: 17

Comentário: De acordo com a figura do exercício, o densímetro consiste em um tubo de vidro, que fica imerso no combustível devido ao peso das bolinhas de chumbo que estão contidas em seu interior. Como o valor da densidade das substâncias varia com a temperatura, as densidades do combustível e do vidro mudarão com a variação da temperatura. No entanto, como o volume do líquido varia mais com a temperatura do que o volume do vidro, mudanças de temperatura farão com que a densidade do vidro varie muito pouco se comparada com a do combustível. Tal fato fará com que a altura do combustível no densímetro varie em diferentes temperaturas. Por esse motivo, utiliza-se, dentro do tubo de vidro, uma coluna de vidro central que contém mercúrio. A altura do mercúrio é utilizada como referência para estimar, por meio da comparação das alturas, a densidade do combustível. Com isso, quando aquecido, o mercúrio sofre expansão, corrigindo a altura da referência, tornando-a de acordo com a densidade do líquido.

MÓDULO – B 04

Cálculos Químicos

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: A unidade de massa atômica (u) é uma unidade de massa utilizada para expressar a massa de entidades químicas (átomos, íons, moléculas, partículas subatômicas, etc.). Uma unidade de massa atômica (1 u) corresponde à massa de 1/12 da massa de um átomo de carbono-12 no estado fundamental. A massa atômica de um átomo é a sua massa determinada em u, ou seja, é a massa comparada com 1/12 da massa do ^{12}C . Assim, a massa atômica indica quantas vezes a massa de um átomo é maior que 1/12 da massa do ^{12}C .

Como a massa atômica da prata é 108 u, conclui-se que:

$$1 \text{ átomo de prata} = 108 \text{ u} = 108 \cdot 1/12 \text{ massa } ^{12}\text{C} = 9 \cdot \text{massa } ^{12}\text{C}.$$

Questão 02 – Letra C

Comentário: A massa atômica de um elemento é determinada calculando-se a média ponderada das massas de seus isótopos. Para isso, deve-se conhecer a abundância relativa de todos os isótopos.

Consultando-se a tabela de classificação periódica dos elementos, verifica-se que a massa atômica do elemento cloro é 35,5 e considerando-se que a abundância relativa do isótopo 37 do cloro é x e a do isótopo 35 é (100% - x), temos que:

$$\frac{x \cdot 37 + (100\% - x) \cdot 35}{100\%} = 35,5$$

$$x = 25\%$$

Assim, as abundâncias relativas dos isótopos 35 e 37 do cloro são, respectivamente, 75% e 25%.

Questão 03 – Letra B

Comentário: O valor de massa atômica encontrado na tabela periódica para um certo elemento químico é determinado pela média ponderada dos valores de massa atômica de todos os isótopos desse elemento. Considerando a abundância relativa de cada isótopo do Br, temos que:

$$79,9 = 79 \cdot x + 81 \cdot (1 - x)$$

$$79,9 = 79x + 81 - 81x$$

$$79,9 - 81 = 79x - 81x$$

$$-1,1 = -2x \cdot (-1)$$

$$x = \frac{1,1}{2} = 0,55$$

$$p\%^{79}\text{Br} = 0,55 = 55\%$$

$$p\%^{81}\text{Br} = 1 - 0,55 = 0,45 = 45\%$$

Questão 04 – Letra B

Comentário: O exercício determinou que 1 átomo de ouro equivale a $3,27 \cdot 10^{-25}$ kg. Assim, é possível calcular o número de átomos que constituem uma amostra equivalente a 0,01 kg de pó de ouro.

- Cálculo do número de átomos de ouro

$$1 \text{ átomo de ouro} \text{ — } 3,27 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

$$x \text{ — } 0,01 \text{ kg}$$

$$x = 3,06 \cdot 10^{22} \text{ átomos de ouro}$$

Questão 05 – Letra D

Comentário: O número de íons sódio ingeridos por uma pessoa que consome a quantidade máxima diária de sal recomendada pode ser calculada da seguinte maneira:

$$1 \text{ mol de íons de sódio} \text{ — } 23 \text{ g} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ íons de sódio}$$

$$1,7 \text{ g} \text{ — } x$$

$$x = 4,44 \cdot 10^{22} \text{ íons de sódio}$$

Questão 06 – Letra D

Comentário: Inicialmente, é necessário calcular a massa molar do 1-metilciclopentano.

- Cálculo da massa molar de C_6H_{10}

$$(12 \text{ g} \cdot 6) + (1 \text{ g} \cdot 10) = 82 \text{ g.mol}^{-1}$$

De posse desse valor, é possível calcular a quantidade de matéria de C_6H_{10} partindo de uma amostra contendo 82 kg (8 200 g).

$$1 \text{ mol de } \text{C}_6\text{H}_{10} \text{ — } 82 \text{ g}$$

$$x \text{ — } 8 \text{ 200 g}$$

$$x = 100 \text{ mol de } \text{C}_6\text{H}_{10}$$

Questão 07 – Letra D

Comentário: A massa molar é a massa que contém $6,02 \cdot 10^{23}$ entidades químicas. Sua unidade é $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Massa molar do $\text{CO}_2 = 44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

44 g de dióxido de carbono correspondem a:

- 1 mol de CO_2
- $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas de CO_2
- $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos de carbono
- $12,04 \cdot 10^{23}$ átomos de oxigênio
- 22,4 L nas CNTP

Logo, em $22,0 \cdot 10^{-3} \text{ g}$, temos:

- $5 \cdot 10^{-4}$ mol de CO_2
- $3,01 \cdot 10^{20}$ moléculas de CO_2
- $3,01 \cdot 10^{20}$ átomos de carbono
- $6,02 \cdot 10^{20}$ átomos de oxigênio
- $11,2 \cdot 10^{-3}$ L nas CNTP

Questão 08 – Letra C

Comentário: Considerando que o volume ocupado por 0,5 mol de hidrogênio gasoso é igual a 24,6 L, um mol desse gás ocupará um volume duas vezes maior, ou seja, 49,2 L.

$$0,5 \text{ mol H}_2 \text{ ——— } 24,6 \text{ L}$$

$$1,0 \text{ mol H}_2 \text{ ——— } x$$

$$x = 49,2 \text{ L}$$

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra D**

Comentário: Cálculo da quantidade de matéria, em mol, dos elementos constituintes do ouro 18 quilates:

$$M(\text{Au}) = 197 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Ag}) = 107,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$n(\text{Au}) = \frac{19,700 \text{ g}}{197 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,1 \text{ mol}$$

$$n(\text{Ag}) = \frac{4,316 \text{ g}}{107,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,04 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cu}) = \frac{2,540 \text{ g}}{63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,04 \text{ mol}$$

$$\text{Au:Ag:Cu} = 0,1:0,04:0,04$$

Multiplicando-se por 100, temos: 10:4:4.

Questão 02 – Letra A

Comentário: Os elementos químicos existem na natureza sob a forma de isótopos em que a massa atômica encontrada na tabela periódica corresponde à média ponderada desses valores. Assim, a massa média para esse elemento pode ser obtida da seguinte maneira:

$$m = \frac{(20\text{u} \cdot 97\%) + (21\text{u} \cdot 1\%) + (22\text{u} \cdot 2\%)}{97\% + 1\% + 2\%} = 20,05 \text{ u}$$

Questão 03 – Letra C

Comentário: Em uma restauração dentária há 40% em massa de mercúrio. Considerando que foi utilizada uma amostra de 1 g da amálgama no tratamento, é possível calcular o número de átomos desse elemento que serão colocados na cavidade dentária.

- Cálculo da massa de mercúrio

$$1 \text{ g ——— } 100\%$$

$$x \text{ ——— } 40\%$$

$$x = 0,4 \text{ g de mercúrio}$$

De posse desse valor, calcula-se o número de átomos de mercúrio.

- Cálculo do número de átomos de mercúrio

$$6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos de mercúrio ——— } 200,59 \text{ g}$$

$$y \text{ ——— } 0,4 \text{ g}$$

$$y = 1,2 \cdot 10^{21} \text{ átomos de mercúrio}$$

Questão 04 – Letra A

Comentário: A massa, em gramas, que corresponde a um átomo de vanádio (V) pode ser obtida da seguinte maneira:

$$1 \text{ mol de átomos de V ——— } 51 \text{ g ——— } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos de V}$$

$$x \text{ ——— } 1 \text{ átomo de V}$$

$$x = 8,47 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

Questão 05 – Letra C

Comentário: Os elementos químicos existem na natureza sob a forma de isótopos em que a massa atômica encontrada na tabela periódica corresponde à média ponderada desses valores. Logo, a massa atômica do oxigênio, levando em conta a ocorrência natural dos seus isótopos, é igual a:

$$m = \frac{(16\text{u} \cdot 99\%) + (17\text{u} \cdot 0,60\%) + (18\text{u} \cdot 0,40\%)}{99\% + 0,60\% + 0,40\%} = 16,014 \text{ u}$$

Questão 06 – Letra C

Comentário: Inicialmente, é necessário calcular o valor da massa molecular do SO_2 .

- Cálculo da massa molecular do SO_2

$$(32 \text{ u} \cdot 1) + (16 \text{ u} \cdot 2) = 64 \text{ u}$$

Foi determinado, experimentalmente, que uma unidade de massa atômica corresponde a um valor de, aproximadamente, $1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$. Logo, a massa molecular do SO_2 pode ser calculada da seguinte maneira:

$$1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g ——— } 1 \text{ u}$$

$$x \text{ ——— } 64 \text{ u}$$

$$x = 1,06 \cdot 10^{-22} \text{ g de SO}_2$$

Questão 07 – Letra E

Comentário: Analisando a fórmula molecular da ureia, verifica-se que 60 g correspondem a 1 mol dessa substância, como mostrado nos cálculos a seguir:

- Cálculo da massa molar de $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

$$(12 \text{ g} \cdot 1) + (16 \text{ g} \cdot 1) + (14 \text{ g} \cdot 2) + (1 \text{ g} \cdot 4)$$

$$12 \text{ g} + 16 \text{ g} + 28 \text{ g} + 4 \text{ g} = 60 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Em 60 g dessa substância, há 28 g de nitrogênio.

Analisando a fórmula molecular do sulfato de amônio, verifica-se que em 1 mol dessa substância também há 28 g de nitrogênio como mostrado nos cálculos a seguir:

- Cálculo da massa molar de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

$$(14 \text{ g} \cdot 2) + (1 \text{ g} \cdot 8) + (32 \text{ g} \cdot 1) + (16 \text{ g} \cdot 4) \\ 28 \text{ g} + 8 \text{ g} + 32 \text{ g} + 64 \text{ g} = 132 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Logo, a massa de sulfato de amônio, em gramas, que contém a mesma massa de nitrogênio existente em 60 g de ureia corresponde a 132 g.

Questão 08 – Letra E

Comentário: A massa molar do gás propano é igual a 44 g. Assim, em 1 mol de moléculas de C_3H_8 , existem $3 \cdot (6,0 \cdot 10^{23})$, ou seja, $1,806 \cdot 10^{24}$ átomos de carbono.

- Cálculo do número de átomos de carbono

$$44 \text{ g} \text{ — } 1,806 \cdot 10^{24} \text{ átomos de carbono}$$

$$80 \text{ g} \text{ — } x$$

$$x = 3,27 \cdot 10^{24} \text{ átomos de carbono}$$

Para o cálculo da massa, em gramas, de uma molécula de C_3H_8 é necessário saber que a sua massa molecular é igual a 44 u e que uma unidade de massa atômica corresponde a, aproximadamente, $1,66 \cdot 10^{-24}$ g. Assim, a massa molecular do C_3H_8 pode ser determinada da seguinte maneira:

$$1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g} \text{ — } 1 \text{ u}$$

$$y \text{ — } 44 \text{ u}$$

$$y = 7,30 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

Questão 09 – Letra E

Comentário: Cálculo da quantidade de matéria de nitrogênio presente em:

- 22 g de N_2O

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

$$n(\text{N}_2\text{O}) = \frac{22 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,5 \text{ mol de } \text{N}_2\text{O}$$

$$0,5 \text{ mol de } \text{N}_2\text{O} = 1,0 \text{ mol de átomos de N}$$

- 3,0 mol de $\text{N}_2\text{O}_4 = 6,0 \text{ mol de átomos de N}$
- $2,4 \cdot 10^{24}$ moléculas de NO_2

$$1 \text{ mol de } \text{NO}_2 \xrightarrow{\text{contém}} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$x \text{ — } 2,4 \cdot 10^{24} \text{ moléculas}$$

$$x = 4,0 \text{ mol de } \text{NO}_2$$

$$4,0 \text{ mol de } \text{NO}_2 = 4,0 \text{ mol de átomos de N}$$

Assim, a quantidade de matéria de nitrogênio na mistura é:

$$1,0 + 6,0 + 4,0 = 11,0 \text{ mol de átomos de N}$$

Questão 10 – Letra A

Comentário: Inicialmente, é necessário converter o valor da massa de cada um dos elementos que constituem o sal considerando que 1 g corresponde a 1 000 mg.

$$\text{Potássio} = 0,039 \text{ g}$$

$$\text{Magnésio} = 0,036 \text{ g}$$

$$\text{Cálcio} = 0,048 \text{ g}$$

Considerando esses valores, é possível obter o número de mols relativo a cada um desses elementos na amostra.

- Cálculo do número de mols de potássio

$$1 \text{ mol de átomos de potássio} \text{ — } 39,10 \text{ g}$$

$$x \text{ — } 0,039 \text{ g}$$

$$x = 9,97 \cdot 10^{-4} \text{ mols de potássio}$$

- Cálculo do número de mols de magnésio

$$1 \text{ mol de átomos de magnésio} \text{ — } 24,31 \text{ g}$$

$$y \text{ — } 0,036 \text{ g}$$

$$y = 1,48 \cdot 10^{-3} \text{ mols de magnésio}$$

- Cálculo do número de mols de cálcio

$$1 \text{ mol de átomos de cálcio} \text{ — } 40,08 \text{ g}$$

$$z \text{ — } 0,048 \text{ g}$$

$$z = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ mols de cálcio}$$

Ordenando os valores, de maneira crescente, temos:

$$9,97 \cdot 10^{-4} \text{ mol} < 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ mol} < 1,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Logo, os elementos, colocados na ordem crescente de número de mols presentes na amostra, são:

$$\text{K} < \text{Ca} < \text{Mg}$$

Questão 11 – Letra A

Comentário: Considerando uma amostra de 100 g de bronze campanil, teremos 78 g de cobre e 22 g de estanho. Para relacionar a proporção em massa de cobre e de estanho presentes na liga, basta dividir a quantidade de massa referente a cada um dos elementos pelos respectivos valores de massa atômica.

- Cálculo da proporção em massa de cobre:

$$\frac{78 \text{ g}}{63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,23 \text{ mol}$$

- Cálculo da proporção em massa de estanho:

$$\frac{22 \text{ g}}{118,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,19 \text{ mol}$$

Obedecendo a essa relação, podemos fixar um dos valores encontrados e dividir, para, assim, obter a proporção entre cada um desses metais na liga, conforme realizado a seguir:

$$\frac{1,23}{1,23} = 1 \text{ mol de Cu}$$

$$\frac{0,19}{1,23} = 0,15 \text{ mol de Sn}$$

Logo, a proporção em mol entre esses metais, nessa liga, é, respectivamente, de 1,0 mol de cobre para 0,15 mol de estanho.

Questão 12 – Letra C

Comentário: A massa molecular do SiO_2 é igual a $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ conforme o cálculo a seguir:

$$(28 \text{ g} \cdot 1) + (16 \text{ g} \cdot 2) = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

A porcentagem de dióxido de silício presente no vidro é igual a 80%, ou seja, em 525 g de vidro há 420 g de silício.

- Cálculo da massa de SiO_2 presente no vidro

$$525 \text{ g} \text{ — } 100\%$$

$$x \text{ — } 80\%$$

$$x = 420 \text{ g}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de SiO_2 presente no vidro

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de } \text{SiO}_2 \text{ — } 60 \text{ g} \\ y \text{ — } 420 \text{ g} \\ y = 7 \text{ mol de } \text{SiO}_2 \end{array}$$

Logo, a quantidade de matéria de SiO_2 presente no vidro corresponde a 7 mol.

Questão 13 – Letra E

Comentário: Para determinar o número de moléculas de água presentes no cubo de gelo, é necessário, antes, determinar o volume que pode ser calculado por meio da seguinte relação:

- Cálculo do volume do cubo

$$V_{\text{cubo}} = (\text{aresta})^3.$$

$$V_{\text{cubo}} = (3 \text{ cm})^3$$

$$V_{\text{cubo}} = 27 \text{ cm}^3$$

Sabendo que densidade é a relação entre a massa e o volume ocupado por um determinado composto, é possível determinar a massa do cubo de gelo por meio da seguinte relação:

$$d = m/V$$

$$1,0 \text{ g.cm}^{-3} = \frac{m}{27 \text{ cm}^3}$$

$$m = 27 \text{ g}$$

De posse desse valor, é possível determinar o número de moléculas de água presentes no cubo de gelo.

- Cálculo do número de moléculas de água

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de água — } 18 \text{ g — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de água} \\ 27 \text{ g — } x \\ x = 9,03 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de água} \end{array}$$

Questão 14 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, calcularemos as quantidades de matéria referentes a cada uma das massas fornecidas dos elementos cálcio, potássio e sódio.

- Cálculo da quantidade de matéria presente em 320 mg de potássio:

$$M(\text{K}) = 39 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$39 \text{ g de K — } 1 \text{ mol}$$

$$320 \cdot 10^{-3} \text{ g de K — } x$$

$$x = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol de K}$$

- Cálculo da quantidade de matéria presente em 40 mg de cálcio:

$$M(\text{Ca}) = 40 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$40 \text{ g de Ca — } 1 \text{ mol}$$

$$40 \cdot 10^{-3} \text{ g de Ca — } y$$

$$y = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol de Ca}$$

- Cálculo da quantidade de matéria presente em 40 mg de sódio:

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$23 \text{ g de Na — } 1 \text{ mol}$$

$$40 \cdot 10^{-3} \text{ g de Na — } z$$

$$z = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol de Na}$$

As quantidades de potássio, cálcio e sódio expressas em quantidade de matéria se relacionam da seguinte forma:

$$n(\text{potássio}) > n(\text{sódio}) > n(\text{cálcio})$$

Questão 15 – Letra A

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

- Correta. O número de mols de uma substância é determinado pela relação entre a massa presente na amostra e a massa molar referente a cada uma dessas substâncias. Como a massa de cada uma das amostras é a mesma, apresentará o maior número de mols aquela que tiver a menor massa molar.

- Cálculo da quantidade de matéria de ácido acetilsalicílico

$$1 \text{ mol — } 180 \text{ g}$$

$$x \text{ — } 10 \text{ g}$$

$$x = 0,055 \text{ mol de ácido acetilsalicílico}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de paracetamol

$$1 \text{ mol — } 151 \text{ g}$$

$$y \text{ — } 10 \text{ g}$$

$$y = 0,066 \text{ mol de paracetamol}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de dipirona sódica

$$1 \text{ mol — } 333 \text{ g}$$

$$z \text{ — } 10 \text{ g}$$

$$z = 0,03 \text{ mol de dipirona sódica}$$

Logo, a amostra de paracetamol é a que apresenta o maior número de mols de substância.

II e III. Incorretas. A massa molar do ácido acetilsalicílico é igual a 180 g. Sabendo que em 1 mol dessa substância há 64 g de oxigênio, é possível calcular a massa e a quantidade de matéria de oxigênio presente no fármaco.

- Cálculo da massa de oxigênio

$$180 \text{ g — } 64 \text{ g}$$

$$10 \text{ g — } x$$

$$x = 3,56 \text{ g de oxigênio}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de oxigênio

$$1 \text{ mol — } 16 \text{ g}$$

$$y \text{ — } 3,56 \text{ g}$$

$$y = 0,22 \text{ mol de oxigênio}$$

A massa molar da dipirona sódica é igual a 333 g. Sabendo que em 1 mol há 64 g de oxigênio, é possível calcular a massa e a quantidade de matéria de oxigênio presente no fármaco.

- Cálculo da massa de oxigênio

$$333 \text{ g — } 64 \text{ g}$$

$$10 \text{ g — } z$$

$$z = 1,92 \text{ g de oxigênio}$$

- Cálculo da quantidade de matéria de oxigênio

$$1 \text{ mol — } 16 \text{ g}$$

$$w \text{ — } 1,92 \text{ g}$$

$$w = 0,12 \text{ mol de oxigênio}$$

Assim, as amostras de ácido acetilsalicílico e de dipirona não apresentarão o mesmo número de mols de átomos de oxigênio.

Questão 16 – Letra E

Comentário: O átomo de hidrogênio é constituído de 1 próton. Assim, para obter 100 bilhões de prótons, é necessário 100 bilhões de átomos de hidrogênio.

$$\begin{aligned} 1 \text{ átomo de hidrogênio} &\text{ ——— } 1 \text{ próton} \\ x &\text{ ——— } 1,0 \cdot 10^{11} \text{ prótons} \\ x &= 1,0 \cdot 10^{11} \text{ átomos de hidrogênio} \end{aligned}$$

Para determinar esse valor em mol, basta realizar os cálculos a seguir:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de átomos de H} &\text{ ——— } 1 \text{ g ——— } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos de H} \\ y &\text{ ——— } 1,0 \cdot 10^{11} \text{ átomos de H} \\ y &= 1,66 \cdot 10^{-13} \text{ mols de átomos de H} \end{aligned}$$

Questão 17 – Letra C

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

I. Correta. Em 650 g de fósforo há, aproximadamente, 21 mol de átomos de fósforo, conforme mostrado no cálculo a seguir:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de átomos de fósforo} &\text{ ——— } 30,97 \text{ g} \\ x &\text{ ——— } 650 \text{ g} \\ x &= 20,98 \text{ mol de fósforo} \end{aligned}$$

II. Incorreta. A porcentagem de fósforo nas substâncias pode ser determinada a partir da relação entre a massa total e a massa de fósforo presente em cada uma delas.

- Cálculo do percentual de fósforo na fosforita

$$\begin{aligned} 310 \text{ g} &\text{ ——— } 100\% \\ 62 \text{ g} &\text{ ——— } x \\ x &= 20\% \end{aligned}$$

- Cálculo do percentual de fósforo na fluorapatita

$$\begin{aligned} 504 \text{ g} &\text{ ——— } 100\% \\ 93 \text{ g} &\text{ ——— } x \\ x &= 18,45\% \end{aligned}$$

- Cálculo do percentual de fósforo na hidroxiapatita

$$\begin{aligned} 502 \text{ g} &\text{ ——— } 100\% \\ 93 \text{ g} &\text{ ——— } x \\ x &= 18,53\% \end{aligned}$$

III. Correta. *Vide* análise da afirmativa anterior.

IV. Correta. Uma pessoa necessita de uma massa de 1 g de fósforo por dia. Sabendo-se que a extração de rocha fosfática remove 22,6 kg por ano e, considerando que um ano tem 365 dias, é possível determinar a necessidade diária de uma pessoa, conforme os cálculos a seguir:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kg} &\text{ ——— } 1 \text{ 000 g} \\ 22,6 \text{ kg} &\text{ ——— } x \\ x &= 22 \text{ 600 g} \\ 22 \text{ 600 g} &\text{ ——— } 365 \text{ dias} \\ y &\text{ ——— } 1 \text{ dia} \\ y &= 61,92 \text{ g} \end{aligned}$$

Questão 18 – Letra B

Comentário: Inicialmente, é necessário calcular a massa molar de isopreno:

- Cálculo da massa molar de C_5H_8
 $(12 \text{ g} \times 5) + (1 \text{ g} \times 8) = 68 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

De posse do valor da massa molar do isopreno, é possível determinar a massa de isopreno presente em 31 mol desse composto (corresponde ao desgaste médio do pneu).

- Cálculo da massa de C_5H_8 presente em 31 mol desse composto

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de } C_5H_8 &\text{ ——— } 68 \text{ g} \\ 31 \text{ mol de } C_5H_8 &\text{ ——— } x \\ x &= 2 \text{ 108 g} \end{aligned}$$

Como o valor da densidade do isopreno é conhecida ($0,92 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$), podemos calcular o volume gasto do pneu.

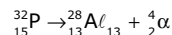
$$\begin{aligned} d &= \frac{m}{V} \\ 0,92 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} &= \frac{2 \text{ 108 g}}{V} \\ V &= 2 \text{ 291,3 cm}^3 \end{aligned}$$

Por fim, a espessura do pneu gasto pode ser obtida pela seguinte relação:

$$\begin{aligned} V_{(\text{gasto do pneu})} &= \text{área do retângulo} \times \text{espessura} \\ 2 \text{ 291,3 cm}^{-3} &= (20 \text{ cm} \times 190 \text{ cm}) \times \text{espessura} \\ \text{Espessura} &= 0,60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Questão 19 – Letra D

Comentário: A equação nuclear que representa a emissão de partículas alfa pela espécie radioativa (^{32}P) pode ser representada da seguinte maneira:



Verifica-se por meio dessa equação que, quando um elemento radioativo emite uma partícula alfa, ele origina um novo elemento com número atômico duas unidades menor e número de massa quatro unidades menor. Logo, nessa reação é formada a espécie $^{28}\text{Al}_{13}$ e uma partícula alfa.

A massa de produtos formada pode ser obtida por meio da seguinte regra de três:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de átomos de Al} &\text{ ——— } 28 \text{ g ——— } 6,0 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Al} \\ 10 \cdot 10^{-6} \text{ g} &\text{ ——— } x \\ x &= 2,1 \cdot 10^{17} \text{ átomos de alumínio} \end{aligned}$$

Questão 20

Comentário:

A) Para determinar se o produto está dentro das especificações, realizaremos o cálculo a seguir:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de citrato de sildenafil} &\text{ ——— } 666,7 \text{ g} \\ 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol} &\text{ ——— } x \\ x &= 0,035 \text{ g} = 35 \text{ mg} \end{aligned}$$

Após os cálculos realizados, verifica-se que o produto está fora da especificação, pois há apenas 35 mg do citrato de sildenafil em cada comprimido e a sua embalagem indica que deveria haver 50 mg.

B) A massa molecular do citrato de sildenafil é igual a $666,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, sendo que apenas 84 g corresponde à massa do nitrogênio.

- Cálculo do teor de nitrogênio no citrato de sildenafil

$$\begin{aligned} 666,7 \text{ g} & \text{ — } 100 \% \\ 84 \text{ g} & \text{ — } x \\ x & = 12,6\% \end{aligned}$$

A massa molecular da tadalafila é $389,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, sendo que apenas 42 g corresponde à massa do nitrogênio, o que equivale a 10,8% da massa total.

- Cálculo do teor de nitrogênio na tadalafila

$$\begin{aligned} 389,4 \text{ g} & \text{ — } 100\% \\ 42 \text{ g} & \text{ — } x \\ x & = 10,8\% \end{aligned}$$

Portanto, é possível diferenciar as duas substâncias, já que elas apresentam teores de nitrogênio diferentes em sua constituição.

Seção Enem

Questão 01 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: A massa de cálcio recomendada diariamente é $2 \cdot 500 \text{ mg} = 1\,000 \text{ mg}$.

Conhecendo a massa molar do cálcio e a constante de Avogadro, temos:

$$\begin{aligned} 40 \text{ g Ca}^{2+} & \text{ — } 6,0 \cdot 10^{23} \text{ átomos} \\ 1 \text{ g Ca}^{2+} & \text{ — } x \\ x & = 1,5 \cdot 10^{22} \text{ átomos} \end{aligned}$$

Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: O índice diário aceitável (IDA) de aspartame é 40 mg/kg de massa corpórea. Assim, a quantidade aceitável de aspartame que uma pessoa de 70 kg pode consumir é:

$$\begin{aligned} 40 \text{ mg} & \text{ — } 1 \text{ kg} \\ x & \text{ — } 70 \text{ kg} \\ x & = 2\,800 \text{ mg ou } 2,8 \text{ g} \end{aligned}$$

A massa molar do aspartame é $294 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Logo, a quantidade de aspartame, em mol, é:

$$\begin{aligned} 294 \text{ g} & \text{ — } 1 \text{ mol} \\ 2,8 \text{ g} & \text{ — } y \\ x & = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol de aspartame} \end{aligned}$$

Questão 03 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: O nutriente limitrofe é o elemento cuja disponibilidade é a menor em relação à quantidade necessária à sobrevivência dos organismos vivos. Para determiná-lo, podemos comparar as razões atômicas de assimilação fornecidas (106:16:1) para os elementos C, N e P com as concentrações destes nas águas residuais descarregadas no lago.

Para simplificar o raciocínio, vamos considerar uma amostra de 1 L da água do lago.

- Proporção entre C e N:

As quantidades de carbono e nitrogênio encontradas no lago foram 21,2 mol e 1,2 mol, respectivamente.

$$\begin{aligned} 106 \text{ mol de C} & \text{ — } 16 \text{ mol de N} \\ 21,5 \text{ mol de C} & \text{ — } x \\ x & = 3,2 \text{ mol de N} \end{aligned}$$

Isso significa que, para assimilar 21,5 mol de C, os produtores primários precisam assimilar juntamente 3,2 mol de N. Como a quantidade de N encontrada no lago é menor que 3,2 mol, pode-se concluir que o carbono está em excesso.

- Proporção entre P e N:

As quantidades de fósforo e nitrogênio encontradas no lago foram 0,2 mol e 1,2 mol, respectivamente.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de P} & \text{ — } 16 \text{ mol de N} \\ 0,2 \text{ mol de P} & \text{ — } y \\ y & = 3,2 \text{ mol de N} \end{aligned}$$

Isso significa que, para assimilar 0,2 mol de P, os produtores primários também precisam assimilar juntamente 3,2 mol de N. Como a quantidade de N encontrada no lago é menor que 3,2 mol, pode-se concluir que o fósforo está em excesso.

O nitrogênio é o nutriente que limita o crescimento dos consumidores primários no lago, pois a quantidade desse elemento encontrada no lago é insuficiente para atender à proporção de assimilação entre os outros elementos. Logo, o nitrogênio é o nutriente limitrofe.

Questão 04 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário:

- Cálculo da massa molecular da lactose:

$$\begin{aligned} \text{C} & \rightarrow 12 \cdot 12 = 144 \text{ u} \\ \text{H} & \rightarrow 22 \cdot 1 = 22 \text{ u} \\ \text{O} & \rightarrow 11 \cdot 16 = 176 \text{ u} \\ M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) & = 342 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

- Cálculo da massa de leite instantâneo:
1 copo de 200 mL — 30 g de leite
2 copos de 200 mL — x
x = 60 g de leite
- Cálculo da massa de lactose no leite instantâneo:
60 g de leite — 100%
y — 35%
y = 21 g de lactose
- Cálculo da quantidade de matéria de lactose no leite instantâneo:
1 mol de lactose — 342 g
z — 21 g
z = 0,0614 mol de lactose

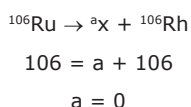
MÓDULO – C 01

Reações Nucleares I

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra A

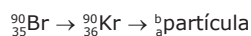
Comentário: As equações das reações nucleares são balanceadas de tal forma que a soma dos números de massa e dos números atômicos dos elementos reagentes seja igual à dos produtos. O rutênio-106 sofre decaimento e origina o ródio-106, conforme a equação:



Como o número de massa de x é igual a zero, podemos afirmar que a partícula emitida é β . Quando um elemento radioativo emite uma partícula, seu número de massa não se altera e seu número atômico aumenta uma unidade.

Questão 02 – Letra E

Comentário: Na série radioativa apresentada, observa-se que, no processo de desintegração, está ocorrendo a formação de um novo elemento químico com o número atômico uma unidade maior do que o elemento gerado, porém, com o mesmo número de massa. Esse fenômeno ocorre quando há a emissão de uma partícula beta, como se pode perceber no cálculo feito para uma das etapas da série apresentada:



Igualando-se a soma dos índices inferiores do primeiro membro à do segundo membro da equação anterior, tem-se:

$$90 = 90 + b$$

$$b = 0$$

$$35 = 36 + a$$

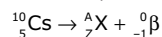
$$a = -1$$

Dessa forma, como a partícula X possui número de massa igual a zero e carga -1 , trata-se de uma partícula beta.

Questão 03 – Letra B

Comentário: As equações das reações nucleares são balanceadas de tal forma que a soma dos índices inferiores (números atômicos ou carga das partículas) e dos índices superiores (número de massa) dos elementos reagentes seja igual à dos produtos.

Para o decaimento do cézio-137, temos:



Índices superiores:

$$137 = A + 0$$

$$A = 137$$

Índices inferiores:

$$55 = Z - 1$$

$$Z = 56$$

Logo, X é o bário-137, pois apresenta número atômico 56 e número de massa 137.

Questão 04 – Letra C

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

- Correta. A radiação gama consiste em fótons de alta energia, ou seja, radiação eletromagnética de comprimento de onda muito curto, característica que implica alto poder de penetração dessa radiação. Assim, seus efeitos fisiológicos são gravíssimos, pois os raios gama atravessam completamente o organismo, podendo provocar vários tipos de câncer e até mutações gênicas.
- Incorreta. As partículas alfa são constituídas por um conjunto igual ao núcleo do átomo de hélio, o qual possui 2 prótons e 2 nêutrons. Assim, pode-se afirmar que as partículas alfa têm carga positiva e não possuem massa desprezível.
- Correta. Tanto as radiações γ quanto os raios X são radiações eletromagnéticas e não possuem carga elétrica nem massa. Os comprimentos de onda das radiações gama variam de 0,5 a 0,005 Å e são produzidas por elementos radioativos ao se desintegrarem, garantindo maior estabilidade ao núcleo dos átomos. Os raios X, por sua vez, não têm origem nuclear. Eles podem ser produzidos devido a transições eletrônicas em regiões próximas ao núcleo dos átomos, ou resultantes da colisão de elétrons produzidos em um cátodo aquecido contra elétrons de ânodo metálico.
- Incorreta. O poder de penetração das partículas alfa é pequeno. Na maioria das vezes, são detidas pelas camadas de células mortas da pele e podem causar, no máximo, pequenas queimaduras.
- Correta. As partículas beta são mais penetrantes que as partículas alfa, já que estas possuem maior massa e menor velocidade. Enquanto a velocidade média das partículas α é de 5 a 10% da velocidade da luz, a velocidade média das partículas β é cerca de 90% da velocidade da luz. Além disso, as partículas beta, por possuírem menor massa, são menos energéticas que as partículas alfa, uma vez que podemos associar a massa a uma energia equivalente.

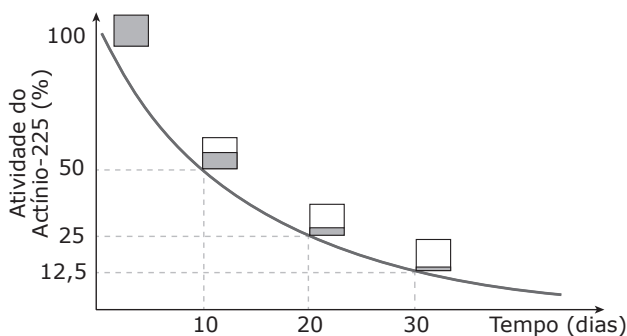
Questão 05 – Letra D

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

- I. Incorreta. Partículas β são elétrons com alta velocidade, portanto, apresentam carga elétrica negativa.
- II. Correta. Plutônio e urânio são elementos de transição interna da série Actinídeos, que estão localizados no sétimo período da Tabela Periódica.
- III. Correta. A radioatividade é a atividade apresentada por alguns núclídeos instáveis, em que há emissão de partículas (prótons, nêutrons, partículas alfa, partículas beta, pósitrons, elétrons, neutrinos e antineutrinos) espontaneamente, com emissão de energia eletromagnética (radiação) de alta frequência, buscando a sua estabilização.
- IV. Incorreta. A radiação gama consiste em fótons de alta energia, ou seja, radiação eletromagnética de comprimento de onda muito curto. Por esse motivo, tal radiação tem um altíssimo poder de penetração nos materiais. As radiações gama são detidas por chapas de chumbo com 5 cm de espessura e por placas de aço com 20 cm de espessura.
- V. Correta. As partículas alfa possuem carga duplamente positiva, o que as torna capazes de remover elétrons de átomos ou de moléculas, promovendo a ionização. Por ter maior carga elétrica do que as radiações beta e gama, as partículas alfa apresentam maior poder de ionização do que elas.

Questão 06 – Letra E

Comentário: Graficamente, a meia-vida é obtida identificando o tempo necessário para que metade da quantidade inicial se desintegre. No gráfico a seguir, a meia-vida do radioisótopo em questão é de 10 dias, ou seja, tempo necessário para que a atividade do radioisótopo seja reduzida à metade.



Portanto, o gráfico que representa a variação da atividade radioativa do actínio-225 é o presente na alternativa E.

Questão 07 – Letra B

Comentário: O tempo de meia-vida do céσιο-137 é de 30 anos, assim, pode-se calcular o número de meias-vidas decorridos após 90 anos.

$$\begin{aligned}
 t &= x \cdot P \\
 90 &= x \cdot 30 \\
 x &= 3
 \end{aligned}$$

Após 3 períodos de meia-vida, restará ainda $1/8$ (12,5%) de céσιο-137 em uma amostra dessa substância, como esquematizado a seguir:

$$x \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{x}{2} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{x}{4} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{x}{8}$$

Considerando uma amostra inicial de 1,2 gramas de céσιο-137 na atmosfera, após 3 períodos de meia-vida teremos:

$$\begin{aligned}
 100\% &\text{ — } 1,2 \text{ gramas} \\
 12,5\% &\text{ — } x \\
 x &= 0,15 \text{ gramas}
 \end{aligned}$$

Questão 08 – Letra C

Comentário: O tempo de meia-vida do carbono-14 é de 5 730 anos. Para uma amostra que continha 0,012% de carbono-14, o número de meias-vidas decorrido pode ser determinado utilizando a seguinte equação:

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

em que

m = massa final de átomos em uma amostra radioativa.

m_0 = massa inicial de átomos em uma amostra radioativa.

x = número de meias-vidas.

Assim, substituindo-se os dados na equação, temos:

$$\begin{aligned}
 0,012\% &= \frac{100\%}{2^x} \\
 2^x &= \frac{100\%}{0,012} \\
 2^x &\cong 8\,333 \cong 2^{13}
 \end{aligned}$$

Logo, $x = 13$ meias-vidas. O tempo correspondente a 13 meias-vidas é igual a 74 490 anos.

Também é possível determinar o tempo decorrido para que a amostra contivesse 0,012% de carbono-14 da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 100\% &\xrightarrow{t_{1/2}} 50\% \xrightarrow{t_{1/2}} 25\% \xrightarrow{t_{1/2}} 12,5\% \xrightarrow{t_{1/2}} \\
 6,25\% &\xrightarrow{t_{1/2}} 3,125\% \xrightarrow{t_{1/2}} 1,5625\% \xrightarrow{t_{1/2}} 0,7812\% \\
 &\xrightarrow{t_{1/2}} 0,3906\% \xrightarrow{t_{1/2}} 0,1953\% \xrightarrow{t_{1/2}} 0,0976\% \xrightarrow{t_{1/2}} \\
 0,048\% &\xrightarrow{t_{1/2}} 0,024\% \xrightarrow{t_{1/2}} 0,012\%
 \end{aligned}$$

Verifica-se que, para que ocorra tal redução, são necessários 13 períodos de meia-vida, que correspondem a, aproximadamente, 74 500 anos.

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra A**

Comentário: Para a resolução dessa questão, é necessário realizar o balanço do número de massa e das cargas nucleares envolvidas no processo ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + x {}_2^4\alpha + y {}_{-1}^0\beta$.

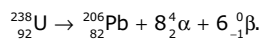
Pelo balanço do número de massa, temos:

$$\begin{aligned}
 238 &= 206 + 4 \cdot x \\
 x &= 8
 \end{aligned}$$

Pelo balanço do número atômico, temos:

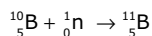
$$\begin{aligned}
 92 &= 82 + x \cdot 2 + y \cdot (-1) \\
 y &= 6
 \end{aligned}$$

A equação balanceado do decaimento radioativo do urânio é:

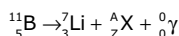


Questão 02 – Letra A

Comentário: O isótopo instável X é formado a partir da captura de um nêutron pelo isótopo de boro-10. Os nêutrons possuem número de massa igual a 1 e carga nula. Portanto, a espécie instável será o boro-11, conforme representado pela seguinte equação nuclear:



No esquema representado, a espécie instável X se fissiona em duas espécies menores e emite radiação gama (${}^0_0\gamma$). Uma das espécies produzidas na fissão é o ${}^7_3\text{Li}$ e a radiação gama não apresenta carga nem massa. A equação nuclear está representada a seguir:



As equações das reações nucleares são balanceadas de tal forma que a soma dos índices inferiores (números atômicos ou carga das partículas) e dos índices superiores (número de massa) dos elementos reagentes seja igual à dos produtos.

Para equação apresentada, temos nos índices superiores:

$$11 = 7 + A + 0 \\ A = 4$$

Índices inferiores:

$$5 = 3 + Z + 0 \\ Z = 2$$

Logo, X é o hélio-4, pois apresenta número atômico 2 e número de massa 4.

Questão 03

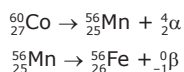
Comentário: Os raios gama, ${}^0_0\gamma$, por não possuírem massa, nem carga elétrica, diferente das radiações alfa, ${}^4_2\alpha$, e beta, ${}^0_{-1}\beta$, conseguem atravessar os materiais com maior facilidade e velocidade.

A equação nuclear que representa o decaimento radioativo do cobalto 60 é:



Questão 04 – Letra B

Comentário: Quando um elemento radioativo emite uma partícula α , seu número atômico diminui duas unidades e seu número de massa diminui quatro unidades. Quando emite uma partícula β , seu número atômico aumenta uma unidade, e o seu número de massa não se altera. Assim, tem-se:



Questão 05 – Letra C

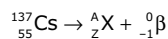
Comentário: As equações que representam as transmutações são:

- I. ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{p}$
- II. ${}^{209}_{83}\text{Bi} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{213}_{85}\text{At}$
- III. ${}^{231}_{91}\text{Pa} + {}^0_{-1}\beta \rightarrow {}^{231}_{90}\text{Th}$

Questão 06 – Letra D

Comentário: As equações das reações nucleares são balanceadas de tal forma que a soma dos índices inferiores (números atômicos ou carga das partículas) e dos índices superiores (número de massa) dos elementos reagentes seja igual à dos produtos.

O céσιο-137 é um emissor beta, assim, para o decaimento do céσιο-137, em que X é o isótopo gerado, temos:



Índices superiores:

$$137 = A + 0 \\ A = 137$$

Índices inferiores:

$$55 = Z - 1 \\ Z = 56$$

Logo, X é o bário-137, pois apresenta número atômico 56 e número de massa 137.

Com base no gráfico, conclui-se que o período de meia-vida do céσιο-137 é 30 anos, uma vez que esse é o tempo necessário para a amostra perder metade da sua radioatividade natural, conforme representado no gráfico. No tempo zero, a massa desse radioisótopo é de 8 mg e, após 30 anos, a massa desse radioisótopo é 4 mg, metade da quantidade presente no tempo inicial.

Questão 07 – Letra A

Comentário: O tempo de meia-vida do iodo-133 é de 20 horas. Após 100 horas o número de meias-vidas decorrido será, portanto, igual a 5. A massa da amostra de iodo-133, inicialmente igual a 2 g, depois dessas 5 meias-vidas pode ser obtido da seguinte forma:

$$2 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 1 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,5 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} \dots$$

$$0,25 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,125 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,0625 \text{ g}$$

Após 100 horas, a massa da amostra será igual a 62,5 mg.

Para determinar a massa final da amostra, também é possível utilizar a equação a seguir:

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

em que

m = massa final de átomos em uma amostra radioativa;

$m_0 = 2 \text{ g}$ = massa inicial de átomos em uma amostra radioativa;

$x = 5$ = número de meias-vidas.

Assim, substituindo-se os dados na equação, temos:

$$m = \frac{2 \text{ g}}{2^5} \\ m = \frac{2 \text{ g}}{32} \\ m = 0,0625 \text{ g} = 62,5 \text{ mg}$$

Questão 08 – Letra B

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

- A) Incorreta. Como o tempo de meia-vida do cézio-137 é de 30 anos, pode-se calcular o número de meias-vidas decorridas após 744 anos.

$$t = x \cdot P$$

$$744 \text{ anos} = x \cdot 30 \text{ anos}$$

$$x = 24,8 \text{ meias-vidas}$$

Após 24,8 períodos de meia-vida, a quantidade de material radioativo na amostra será $2,92 \cdot 10^7$ vezes menor que a quantidade original:

$$N = \frac{N_0}{2^{24,8}}$$

$$N = \frac{N_0}{2,92 \cdot 10^7}$$

Para determinar, aproximadamente, após quanto tempo a atividade devida ao cézio-137 retornará ao nível normal, podemos efetuar os seguintes cálculos:

$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

$$N_0 = \frac{24,8 N_0}{2^x}$$

$$2^x = 24,8$$

Em que x , que representa o número de meias-vidas, é um valor compreendido entre 4 e 5. Assim, a atividade devida ao cézio retornará ao nível normal entre 120 e 150 anos, uma vez que o tempo de meia-vida desse isótopo é de 30 anos.

- B) Correta. O número de meias-vidas necessário para que o índice detectado tanto de cézio-137 quanto de iodo fiquem próximos de 1% do valor inicial pode ser calculado da seguinte forma:

$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

$$0,01 N_0 = \frac{N_0}{2^x}$$

$$2^x = 100$$

em que x , que representa o número de meias-vidas, é um valor compreendido entre 6 e 7. Como cada isótopo apresenta um tempo de meia-vida específico, enquanto o cézio vai demorar entre 180 e 210 anos para atingir esse índice, o iodo vai alcançar esse valor entre 48 e 56 dias.

- C) Incorreta. Para determinar aproximadamente após quanto tempo a atividade devida ao iodo-131 retornará ao nível normal, podemos efetuar os seguintes cálculos:

$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

$$N_0 = \frac{126,7 N_0}{2^x}$$

$$2^x = 126,7$$

em que x , que representa o número de meias-vidas, é aproximadamente 7. Assim, como o tempo de meia-vida desse isótopo é de 8 dias, a atividade devida ao iodo retornará ao nível normal em cerca de 56 dias.

- D) Incorreta. A meia-vida depende apenas da identidade do radioisótopo. Fatores como pressão, temperatura, superfície de contato e concentração inicial não interferem na meia-vida, que é uma constante para um determinado radioisótopo.
- E) Incorreta. Por se tratar de materiais radioativos, ambos os radioisótopos promovem contaminação radioativa. O tempo de meia-vida de cada radioisótopo influencia apenas no intervalo de tempo necessário para que as suas concentrações retornem aos níveis normais.

Questão 09 – Letra E

Comentário: O tempo de meia-vida do cézio-137 é de 30 anos. O tempo necessário para que 20 g desse elemento se reduza a 0,15 g pode ser calculado utilizando a seguinte equação:

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

em que

m = massa final de átomos em uma amostra radioativa.

m_0 = massa inicial de átomos em uma amostra radioativa.

x = n. de meias-vidas.

Assim, substituindo-se os dados na equação, temos:

$$0,15 \text{ g} = \frac{20 \text{ g}}{2^x}$$

$$2^x = \frac{20 \text{ g}}{0,15 \text{ g}}$$

$$2^x \cong 132 \cong 2^7$$

Logo, $x = 7$ meias-vidas, tempo correspondente a 210 anos.

Também é possível determinar o tempo para que a massa de cézio-137 passe de 20 g para 0,15 g da seguinte forma:

$$20 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 10 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 5 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 2,5 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} \dots$$

$$1,25 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,625 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,3125 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,15625 \text{ g}$$

Verifica-se que, para que ocorra tal redução, são necessários 7 períodos de meia-vida, que correspondem a 210 anos.

Questão 10 – Letra D

Comentário: O número de meias-vidas necessárias para que a massa inicial do flúor-18 reduza a 1,25 g é de

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

$$1,25 \text{ g} = \frac{20 \text{ g}}{2^x}$$

$$2^x = 16 \text{ g}$$

$$2^x = 2^4$$

$$n = 4$$

Considerando que cada meia-vida equivale a 1 h 30 min, o tempo total decorrido é de $4 \cdot 1 \text{ h } 30 \text{ min} = 6 \text{ horas}$.

Questão 11 – Letra B

Comentário: A massa m em função de m_0 é dada por $m = \frac{m_0}{2^n}$, em que n é a quantidade de meia-vida. Para 120 anos, tem-se que:

$$\begin{aligned}\Delta t &= n \cdot t \\ 120 &= n \cdot 3 \\ n &= 4 \text{ meia-vida}\end{aligned}$$

Então,

$$\begin{aligned}m &= \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^4} \\ \frac{m}{m_0} &= \frac{1}{16} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = 0,0625 \\ \text{Logo, } \frac{m}{m_0} &= 6,25\%.\end{aligned}$$

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A atividade radioativa de 30 g do fóssil encontrado é de 6 750 emissões beta/hora. Assim, temos:

$$\begin{aligned}6\,750 \text{ emissões} &\text{ — } 60 \text{ min (1 hora)} \\ x &\text{ — } 1 \text{ min} \\ x &= 112,5 \text{ emissões beta/min} \\ 112,5 \text{ emissões beta/min} &\text{ — } 30 \text{ g} \\ y &\text{ — } 1 \text{ g} \\ y &= 3,75 \text{ emissões beta/min.g}\end{aligned}$$

Considerando que o ser vivo apresenta atividade radioativa de 15 emissões beta/min.g e que o tempo de meia-vida do ^{14}C é de 5 730 anos, temos:

$$\begin{aligned}15 \text{ emissões beta/min.g} &\xrightarrow{1t \frac{1}{2}} 7,5 \text{ emissões beta/min.g} \\ &\xrightarrow{2t \frac{1}{2}} 3,75 \text{ emissões beta/min.g}\end{aligned}$$

Logo, passaram-se 2 meias-vidas. Assim, temos:

$$2 \cdot 5\,730 = 11\,460 \text{ anos (idade do fóssil).}$$

Questão 02 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Como o tempo de aquisição da imagem de tomografia é de 5 meias-vidas, após esse tempo, temos:

$$\begin{aligned}1\text{g } ^{11}\text{C} &\xrightarrow{t_{1/2}} 0,5\text{g } ^{11}\text{C} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,25\text{g } ^{11}\text{C} \xrightarrow{t_{1/2}} \\ &0,125\text{g } ^{11}\text{C} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,0625\text{g } ^{11}\text{C} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,03125\text{g} \\ &\text{ou} \\ &31,25 \text{ mg}\end{aligned}$$

Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

Habilidade: 26

Comentário: A esterilização por radiação não torna o material esterilizado radioativo, ela apenas atinge os micro-organismos presentes, destruindo-os e impedindo que se reproduzam. Portanto, a alternativa A está correta; todas as outras alternativas estão erradas ao afirmarem que existe radiação no material.

Questão 04 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

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

- A) Incorreta. O tempo de meia-vida é o tempo necessário para que metade dos átomos radioativos de uma amostra se desintegre. Dessa forma, quanto maior for a meia-vida de uma substância, maior será o tempo necessário para ela se desintegrar.
- B) Incorreta. O gráfico apresentado na questão informa a massa restante, em quilos, de uma amostra de rádio-226 em função do tempo, em anos. Após 4 860 anos, a amostra restante é 1/8 da inicial. Logo, 7/8 da amostra inicial terá decaído após esse período.
- C) Incorreta. De acordo com o gráfico, após 3 240 anos, a quantidade restante é 1/4 da amostra inicial. Dessa forma, 1/4 da quantidade de rádio-226 ainda estará por decair.
- D) Incorreta. Após 3 períodos de meia-vida, restará ainda 1/8 (12,5%) de rádio-226 em qualquer amostra dessa substância, como esquematizado a seguir:

$$x \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{x}{2} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{x}{4} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{x}{8}$$

- E) Correta. Com base no gráfico, conclui-se que o período de meia-vida do rádio-226 é 1 620 anos, uma vez que esse é o tempo necessário para a amostra perder metade da sua radioatividade natural.

MÓDULO – C 02

Reações Nucleares II

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra C

Comentário: O processo de fissão nuclear consiste na fragmentação de um núcleo atômico, a partir de sua colisão com uma partícula, como nêutrons, formando dois núcleos menores.

Questão 02 – Soma = 31

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

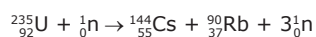
01. Correta. O processo de fusão consiste na formação de um núcleo a partir da reunião de dois núcleos menores, formando núcleos maiores e liberando grande quantidade de energia.
02. Correta. A fissão nuclear consiste na fragmentação de um núcleo atômico, a partir de sua colisão com uma partícula, como nêutrons, formando dois núcleos menores. Nesse processo é liberada grande quantidade de energia, porém menor do que a energia liberada no processo de fusão nuclear.
04. Correta. Para que ocorra a fusão, são necessárias altas temperaturas, a fim de que a repulsão entre as cargas positivas dos núcleos a serem fundidos seja vencida.
08. Correta. Em uma usina termonuclear, a energia elétrica é obtida a partir de reações de fissão nuclear em cadeia. Nessas usinas, a fissão dos núcleos dos átomos combustíveis libera energia térmica que aquece uma amostra de água, transformando-a em vapor. O vapor produzido movimenta as pás de um conjunto de turbinas, o qual transforma energia térmica em energia mecânica. O movimento das turbinas está acoplado ao movimento do eixo de um gerador elétrico, que é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica.
16. Correta. No Sol a temperatura é suficientemente alta para que a repulsão entre as cargas positivas dos núcleos seja vencida e ocorra a fusão nuclear, que leva à formação de átomos mais pesados.

Questão 03 – Letra D

Comentário: Em uma reação de fissão nuclear, como nas demais reações nucleares, as equações são balanceadas de tal forma que a soma dos índices inferiores (números atômicos ou carga das partículas) e dos índices superiores (número de massa) dos elementos reagentes seja igual à dos produtos. Além disso, para ser considerada uma reação de fissão nuclear, deve ocorrer a divisão de um núcleo atômico pesado em núcleos menores.

Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das equações apresentadas.

- A) Incorreta. Nessa equação, a soma dos números de massa dos reagentes não é igual à soma dos números de massa dos produtos, como verificado a seguir:



Números de massa:

$$235 + 1 = 144 + 90 + 3 \cdot 1$$

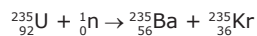
$$236 \neq 237$$

Números atômicos:

$$92 + 0 = 55 + 37 + 3 \cdot 0$$

$$92 = 92$$

- B) Incorreta. Nessa equação, a soma dos números de massa dos reagentes não é igual à soma dos números de massa dos produtos, como verificado a seguir:



Números de massa:

$$235 + 1 = 235 + 235$$

$$236 \neq 470$$

Números atômicos:

$$92 + 0 = 56 + 36$$

$$92 = 92$$

- C) Incorreta. A equação apresentada não corresponde a uma reação de fissão nuclear, uma vez que não está ocorrendo uma divisão nuclear.
- D) Correta. Nessa equação, a soma dos números de massa e de cargas das partículas dos reagentes são iguais à soma dos números de massa e de cargas dos produtos, como verificado a seguir:



Números de massa:

$$235 + 1 = 140 + 93 + 3 \cdot 1$$

$$236 = 236$$

Números atômicos:

$$92 + 0 = 56 + 36 + 3 \cdot 0$$

$$92 = 92$$

Questão 04 – Letra C

Comentário: A reação que ocorre entre o deutério e o trício, formando o hélio, pode ser classificada como uma reação nuclear. Essa reação é classificada dessa forma, porque ocorreu mediante a alteração da constituição dos núcleos, modificando o número de prótons e de nêutrons de um núcleo atômico.

Questão 05 – Letra A

Comentário: A bomba A funciona por meio de um processo de fissão nuclear, e a bomba H, por meio de um processo de fusão nuclear. Logo, a alternativa A está incorreta.

Em uma bomba de hidrogênio, a quantidade de energia liberada é grande o suficiente para elevar a temperatura e fundir os núcleos atômicos. Logo, a alternativa B está correta.

O processo de fusão nuclear libera uma quantidade de energia muito maior do que o processo de fissão nuclear, além de produzir resíduos mais limpos (menos radioativos). Assim, as alternativas C e D estão corretas.

A energia necessária para vencer a repulsão entre os núcleos dos reagentes e realizar a fusão é da ordem de cem milhões de graus Celsius para a fusão de quatro átomos de hidrogênio, e de um milhão de graus Celsius para a fusão de deutérios (${}^2_1\text{H}$) e trítios (${}^3_1\text{H}$), isótopos mais pesados do hidrogênio. Logo, a alternativa E está correta.

Questão 06 – Letra B

Comentário: Isótonos são espécies que diferem no número de massa e número atômico, mas possuem o mesmo número de nêutrons. Na fissão do urânio-235, são formados o bário-140, que apresenta 84 nêutrons ($140 - 56$) e o criptônio-93, que apresenta 57 nêutrons. Portanto, as espécies formadas não são isótonos. Além disso, também não são gerados isótopos nem isóbaros, pois as espécies formadas apresentam, respectivamente, diferentes números atômicos e de massa. Portanto, na fissão nuclear do urânio-235, são formados dois átomos que não apresentam semelhanças atômicas, três nêutrons, representados por ${}_0^1n$, e energia.

Questão 07 – Letra D

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

- A) Incorreta. O processo de fusão consiste na formação de um núcleo mais estável a partir da reunião de dois núcleos que apresentam baixos valores de massa atômica, liberando grande quantidade de energia.
- B) Incorreta. A fissão nuclear é o processo utilizado na produção de energia nuclear. Algumas das desvantagens desse tipo de energia são o grande risco de acidentes e os impactos ambientais causados pelo aquecimento dos ecossistemas aquáticos pela água de resfriamento utilizada nos reatores.
- C) Incorreta. No Sol, ocorre a combinação de isótopos do hidrogênio para formar hélio, com subsequente liberação de grande quantidade de energia.
- D) Correta. O processo de fissão nuclear consiste na fragmentação de um núcleo atômico, por meio de sua colisão com uma partícula, formando dois núcleos menores. A fissão do urânio-235 é um exemplo de reação nuclear, que ocorre conforme a equação:
- $${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{140}\text{Ba} + {}_{36}^{93}\text{Kr} + 3{}_0^1n + \text{energia.}$$
- E) Incorreta. As primeiras armas nucleares de fissão foram construídas pelos Estados Unidos e utilizadas em guerra, ao serem lançadas sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, encerrando a Segunda Guerra Mundial. Esse tipo de artefato bélico utiliza como combustível físsil o urânio (U-235) ou o plutônio (Pu-239).

Questão 08 – Letra B

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

- A) Incorreta. Na reação de fissão nuclear do urânio, os combustíveis nucleares são os núcleos de átomos radioativos de urânio-235, que são bombardeados com nêutrons e se partem originando dois outros núcleos menores, geralmente dois nêutrons e muita energia térmica. Portanto, o elemento instável é o urânio-235.

- B) Correta. O processo de fissão nuclear consiste na fragmentação de um núcleo atômico, a partir de sua colisão com uma partícula, formando dois núcleos menores. No processo descrito, quando o urânio-235 é bombardeado, este se fragmenta em dois núcleos distintos, liberando novos nêutrons e muita energia térmica, o que corresponde ao processo de fissão nuclear.
- C) Incorreta. No processo de fissão nuclear acontece a liberação de radiação gama no momento em que o núcleo instável se fragmenta em dois núcleos distintos, de forma a aumentar a estabilidade das partículas formadas.
- D) Incorreta. Veja o comentário da alternativa B.
- E) Incorreta. As reações nucleares são fenômenos em que ocorre a alteração da constituição dos núcleos dos átomos. Tais reações acontecem quando há uma alteração no número de prótons e / ou no número de nêutrons de um núcleo atômico.

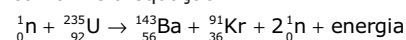
Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra D

Comentário: Isótopos apresentam o mesmo número atômico ou seja, o mesmo número de prótons. Representam isótopos, na reação de fusão nuclear apresentada, apenas ${}^2\text{H}_1$ e ${}^3\text{H}_1$.

Questão 02 – Letra A

Comentário: O processo de fissão nuclear consiste na fragmentação de um núcleo atômico, por meio de sua colisão com uma partícula, formando dois núcleos menores. A fissão do urânio-235 é um exemplo de reação nuclear, que ocorre conforme a equação:



Questão 03 – Letra C

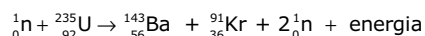
Comentário: No esquema apresentado, é possível identificar que dois núcleos atômicos de ${}_2\text{He}^3$ se juntam para formar um novo núcleo atômico de ${}_2\text{He}^4$ e a liberação de duas partículas. Esse processo ocorre na fusão nuclear, em que núcleos pequenos se fundem para a formação de núcleos maiores. O ${}_2\text{He}^3$ é formado por dois prótons ($Z = 2$) representados pela esfera escura e um nêutron ($A = 2 + 1 = 3$) representado pela esfera mais clara. Portanto, o processo de fusão do ${}_2\text{He}^3$ leva à formação de um núcleo de ${}_2\text{He}^4$ e são liberados dois prótons.

Questão 04 – Letra E

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

- A) Incorreta. As emissões do tipo gama apresentam número de massa e número atômico igual a zero e, portanto, a emissão desse tipo de radiação não altera o número atômico nem o número de massa dos elementos. Na desintegração do átomo de ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ em ${}_{84}^{210}\text{Po}$ envolve a emissão de uma partícula beta, a qual promove o aumento de uma unidade do número atômico e não provoca a alteração do número de massa.

- B) Incorreta. Na desintegração do átomo de ${}^{235}_{92}\text{U}$ em ${}^{231}_{90}\text{Th}$, nota-se que o seu número atômico diminui duas unidades e seu número de massa diminui quatro unidades, o que significa que houve a emissão de uma partícula alfa (${}^4_2\alpha$).
- C e D) Incorretas. A reação de fusão nuclear corresponde à junção de núcleos atômicos, originando núcleos maiores. Já na reação de fissão nuclear, há a ruptura de núcleos atômicos, originando núcleos menores. Nesses dois processos, está envolvida uma grande quantidade de energia, uma vez que uma reação nuclear afeta os núcleos atômicos. Em reações químicas, apenas os elétrons de valência são afetados, implicando menor liberação de energia.
- E) Correta. O processo de fissão nuclear consiste na fragmentação de um núcleo atômico, por meio de sua colisão com uma partícula, formando dois núcleos menores, dois ou três outros nêutrons e muita energia térmica. Os novos nêutrons gerados fissionarão novos núcleos, e o processo se desenvolverá novamente, o que denominamos reação em cadeia. Quando o ${}^{235}_{92}\text{U}$ é bombardeado por nêutrons, ele sofre fissão, conforme demonstrado pela equação a seguir, que representa uma possibilidade de produtos obtidos na reação nuclear.



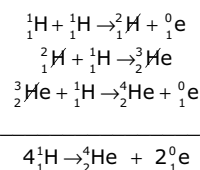
Questão 05 – Letra C

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

- A) Incorreta. Em uma reação de fissão nuclear, são gerados, por meio da ruptura de núcleos, átomos de elementos de menores números atômicos e nêutrons que apresentam muita energia.
- B) Incorreta. O processo de fusão consiste na formação de um núcleo mais estável a partir da reunião de dois núcleos que apresentam baixos valores de massa atômica (A).
- C) Correta. As partículas alfa são constituídas de 2 prótons e 2 nêutrons (conjunto igual ao núcleo do átomo de hélio), emitidas pelo núcleo radioativo. Quando um elemento radioativo emite uma partícula α , ele origina um novo elemento com número atômico 2 unidades menor e número de massa 4 unidades menor.
- D) Incorreta. Cada partícula beta é um elétron emitido em alta velocidade pelo núcleo radioativo, ao passo que um núcleo de um átomo de hidrogênio corresponde a um próton. Admite-se que a partícula beta (elétron) deve ser formada pela desintegração de um nêutron e quando um elemento radioativo emite essa partícula, seu número atômico aumenta uma unidade, e o seu número de massa não se altera.

Questão 06 – Letra D

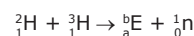
Comentário: A equação nuclear que representa o processo global de fusão nuclear pode ser obtida ao somar as etapas consecutivas desse processo, da seguinte forma:



Analisando a equação global, verifica-se que 4 átomos de hidrogênio-1 sofreram fusão nuclear, dando origem ao hélio-4 e a duas partículas ${}^0_1\text{e}$. Essas partículas apresentam número de massa igual a zero e número atômico igual a 1 e correspondem, portanto, a pósitrons, o que torna correta a alternativa D. Nas outras alternativas, são citadas partículas que não são formadas nesse processo de fusão, como a molécula de hidrogênio (H_2), o nêutron (${}_0^1\text{n}$) e o próton (${}_1^1\text{p}$).

Questão 07 – Letra A

Comentário: Em uma reação nuclear, a soma dos índices inferiores (números atômicos ou carga das partículas) e dos índices superiores (número de massa) dos elementos reagentes deve ser igual à dos produtos. Para a reação de fusão nuclear apresentada no enunciado, temos:



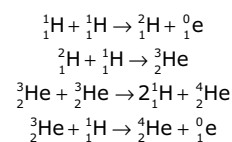
Índices superiores:	Índices inferiores:
$2 + 3 = b + 1$	$1 + 1 = a + 0$
$5 = b + 1$	$2 = a + 0$
$b = 4$	$a = 2$

O elemento E formado apresenta carga 2 e número de massa 4, o que corresponde ao elemento hélio-4. Logo, como o número de massa é a soma do número de nêutrons e de prótons, o elemento formado apresenta 2 prótons e nêutrons.

Questão 08 – Letra D

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

- A) Incorreta. A reação nuclear que ocorre no núcleo do Sol é denominada fusão nuclear, na qual os núcleos de hidrogênio são fundidos. Para tanto, altas pressões são necessárias, porque os núcleos a serem fundidos devem estar a uma distância da ordem de 1.10^{-15} metros um do outro.
- B) Incorreta. Os estudos espectroscópicos indicam que o Sol é composto majoritariamente por hidrogênio, da seguinte forma: 73% de hidrogênio, 26% de hélio e 1% de outros elementos em massa.
- C) Incorreta. O processo de fusão nuclear ocorre no núcleo do Sol predominantemente entre átomos de hidrogênio. Dentre os vários possíveis processos de fusão que podem ocorrer no núcleo do Sol, os principais são os seguintes:



D) Correta. As reações de fusão nuclear liberam uma quantidade de energia muito maior do que os processos de fissão. Dessa forma, é possível afirmar que as reações nucleares que ocorrem no Sol, que são do tipo fusão nuclear, liberam uma enorme quantidade de energia.

Seção Enem

Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário:

- A) Incorreta. Micro-organismos termófilos são aqueles que se adaptam bem a elevadas temperaturas. Contudo, não sobrevivem em faixas de temperaturas tão elevadas quanto as verificadas no processo de fissão do urânio-235.
- B) Incorreta. Os nêutrons, por serem espécies de carga nula, não são capazes de ionizar o ar, tornando-o condutor.
- C) Incorreta. A reação envolvida na produção do lixo nuclear descrito no enunciado da questão não emite substâncias gasosas que interferem na composição da atmosfera terrestre.
- D) Incorreta. A reação envolvida na produção do lixo nuclear descrito no enunciado da questão não emite substâncias gasosas que contribuem para o agravamento do efeito estufa.
- E) Correta. O lixo atômico é prejudicial por conter espécies químicas que possuem elevado tempo de meia-vida e que emitem radiação capaz de interagir com os organismos vivos, provocando danos severos.

Questão 02 – Letra C

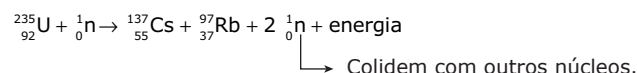
Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A reação de fissão nuclear que ocorre na bomba atômica é uma reação em cadeia, pois ocorre a liberação de nêutrons que poderão fissionar outros núcleos.

Exemplo:



Questão 03 – Letra B

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 3

Habilidade: 10

Comentário: Nas usinas termonucleares, a fissão do urânio ${}_{92}^{235}\text{U}$ libera grande quantidade de energia na forma de calor. Um líquido refrigerante passa no núcleo do reator e sofre um aumento significativo de temperatura, e, em seguida, esse líquido transforma a água líquida em vapor.

Esse vapor é utilizado para mover a turbina, e, em seguida, ocorre a produção de energia elétrica. Entretanto, o vapor que sai da turbina é condensado e retorna para a fase líquida. Dessa forma, uma fonte externa de água (lagos, rios e mares) é utilizada para a condensação e retorna ao ambiente com temperatura mais elevada. Então, a parte do ciclo de geração de energia das usinas nucleares que está associada à poluição térmica é a condensação do vapor-d'água no final do processo.

Questão 04 – Letra C

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

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

- A) Incorreta. A quantidade de armas nucleares utilizada é pequena, requerendo, assim, uma reduzida quantidade de urânio natural.
- B) Incorreta. Atualmente, a energia elétrica gerada por meio de reatores nucleares representa 14% de toda a energia elétrica gerada no mundo, o que coloca essa fonte de energia como a terceira maior matriz energética do planeta. A proibição da instalação de novas usinas nucleoeletricas afetaria diretamente a oferta mundial de energia, visto que o desenvolvimento econômico das nações requer uma demanda por energia elétrica cada dia maior.
- C) Correta. O plutônio, material físsil produzido por reações nucleares nos reatores, pode ser utilizado na construção de bombas nucleares como combustível nuclear.
- D) Incorreta. Em usinas nucleoeletricas, a energia elétrica é produzida utilizando uma mistura de átomos de urânio, constituída, apenas, de 4% de material físsil. A obtenção de grandes concentrações de urânio físsil, processo conhecido como enriquecimento de urânio, é viabilizada por ultracentrifugação ou por efusão, que separa o urânio físsil do não físsil, atingindo concentrações acima de 20% de material físsil.
- E) Incorreta. Uma mistura de átomos de urânio com, aproximadamente, 4% de urânio físsil já é o suficiente para o funcionamento, com eficiência, das usinas nucleoeletricas e para a produção de energia.

Questão 05 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 3

Habilidade: 10

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

- A) Correta. Durante o processo de geração de energia em uma usina nuclear, a água do mar é utilizada para condensar o vapor de água, necessário para movimentar a turbina e gerar energia elétrica. A sua eliminação a uma temperatura acima da temperatura natural pode causar o aquecimento das águas próximas à usina.

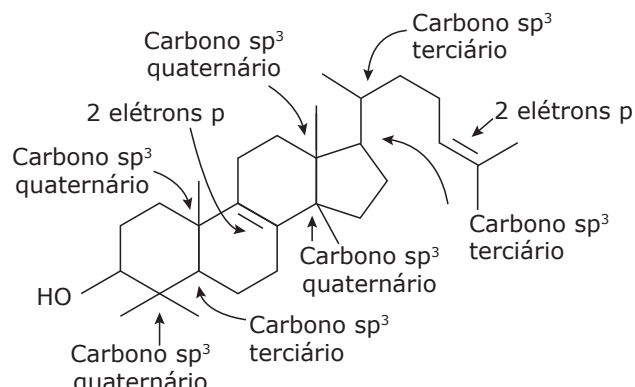
- B) Incorreta. O processo de fissão nuclear que ocorre nas usinas nucleares se desenvolve por meio de reações em cadeia controladas, o que não gera explosões nem ruídos que poderiam espantar os peixes. Entretanto, há a possibilidade de oxidação de metais, mas a manutenção da usina é bastante rigorosa, e a probabilidade de haver um vazamento de material radioativo, promovendo a mortandade de peixes, é mínima.
- C) Incorreta. Os rejeitos radioativos produzidos por uma usina nuclear são vitrificados e armazenados, por várias décadas, em tonéis de chumbo e concreto e, portanto, não são lançados continuamente no mar.
- D) Incorreta. O principal processo de enriquecimento de urânio utilizado no Brasil é feito por ultracentrifugação. Esse processo ocorre em recipientes de aço com alta resistência, de modo que não se observa a poluição de metais pesados durante o enriquecimento do urânio.
- E) Incorreta. Os tonéis de chumbo e concreto, nos quais estão confinados os rejeitos nucleares, não são lançados ao mar. Eles são armazenados em galpões, não contaminando o ambiente.
- B) Incorreta. A maioria dos compostos orgânicos é insolúvel em água, já que são pouco polares.
- C) Correta. A maioria dos compostos orgânicos é formada por ligações covalentes, caracterizando-os como compostos moleculares.
- D) Incorreta. Pelo fato de a maioria dos compostos orgânicos ser molecular, as estruturas desses compostos são mantidas por interações intermoleculares, relativamente fracas, que podem ser enfraquecidas e / ou rompidas com aquecimento. Dessa forma, os compostos orgânicos não são altamente resistentes ao aquecimento.

Questão 03 – Letra E

Comentário: Carbono terciário é aquele ligado a três outros átomos de carbono, e o carbono quaternário é aquele ligado a quatro outros carbonos.

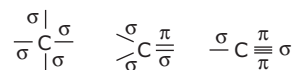
Para apresentar hibridização sp^3 , o carbono deve estabelecer quatro ligações simples. Dessa forma, o lanosterol apresenta 3 carbonos terciários sp^3 e 4 carbonos quaternários sp^3 .

Cada ligação dupla apresenta uma ligação π , que envolve dois elétrons; logo, a molécula do lanosterol possui 2 ligações π com 4 elétrons π .



Questão 04 – Letra A

Comentário: Cada ligação simples realizada pelo carbono é do tipo sigma (σ). Cada ligação dupla apresenta uma ligação do tipo sigma (σ) e uma ligação do tipo pi (π). Já uma ligação tripla possui uma ligação σ e duas ligações π .



Sendo assim, o hidrocarboneto representado possui três ligações π , o que justifica a alternativa I ser correta.

O átomo de carbono 2 forma duas ligações π e duas ligações σ , dessa forma a afirmativa II é incorreta.

O átomo de carbono 5 forma três ligações σ e uma ligação π , sendo assim, a afirmativa III é correta.

O átomo de carbono 1 forma quatro ligações σ e a afirmativa IV é correta.

MÓDULO – C 03

Introdução à Química Orgânica

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra C

Comentário: Substâncias orgânicas são todas constituídas de carbono, mas nem todas as substâncias que contêm carbono são orgânicas, como $CaCO_3$ (carbonato de cálcio), $C_{(grafite)}$, NH_4CNO (cianato de amônio), que são exemplos de substâncias inorgânicas.

A nossa alimentação contém substâncias orgânicas como carboidratos, proteínas, lipídeos, etc., e também substâncias inorgânicas, como cloreto de sódio ($NaCl$), presente no sal de cozinha.

O organismo humano é constituído por substâncias orgânicas, como DNA (ácido desoxirribonucleico), RNA (ácido ribonucleico) e substâncias inorgânicas, como H_2O , $CaCO_3$, etc.

Questão 02 – Letra C

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

- A) Incorreta. Os compostos orgânicos que podem sofrer ionização em água, na sua maioria, não são facilmente ionizáveis, pois trata-se de ácidos e bases fracos.

Questão 05 – Letra B

Comentário: A letra a representa o ângulo de ligação de um carbono sp^3 , ou seja, que realiza quatro ligações simples. A letra B representa o ângulo de ligação de um carbono sp^2 , que realiza uma ligação dupla. Por fim, a letra c representa o ângulo de ligação de um carbono sp , que realiza uma ligação tripla. Logo, os valores dos ângulos correspondentes às letras a, b e c são, respectivamente $109,5^\circ$, 120° e 180° .

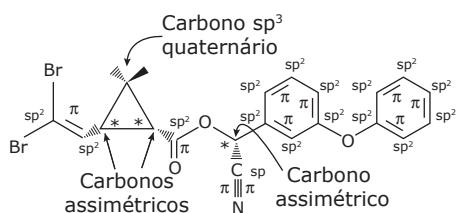
Questão 06 – Letra A

Comentário: Carbono quaternário é aquele ligado a quatro outros átomos de carbono, logo, o composto representado apresenta um carbono quaternário. Dessa forma, a alternativa A é incorreta, e a alternativa B é correta.

Cada ligação dupla possui uma ligação π e uma ligação σ . Já uma ligação tripla possui uma ligação σ e duas ligações π . Como o composto representado possui 8 ligações duplas e uma ligação tripla, ele apresenta 10 ligações π , e a alternativa C é correta.

Carbono assimétrico é aquele hibridizado em sp^3 que apresenta 4 ligantes diferentes, logo, o composto representado possui 3 carbonos assimétricos, e a alternativa D é correta.

Carbono com hibridização sp^2 é aquele que realiza uma ligação dupla e duas ligações simples. Já o carbono hibridizado em sp realiza uma ligação tripla e uma ligação simples ou duas ligações duplas. Sendo assim, o composto representado apresenta 15 carbonos com hibridização sp^2 e um com hibridização sp , sendo a alternativa E correta.



Questão 07 – Letra C

Comentário: A cadeia carbônica presente na substância é insaturada (apresenta pelo menos uma ligação dupla ou tripla entre dois átomos de carbono); ramificada (existe mais de um eixo contendo carbonos, ou seja, a cadeia carbônica apresenta átomos de carbono terciário e quaternário) e homogênea (entre dois átomos de carbono, só há a presença de carbono).

Questão 08 – Letra A

Comentário: A cadeia carbônica presente na substância é aromática (cadeia fechada em que se verifica a presença de ressonância, ou seja, deslocização de pares de elétrons π), ramificada (existe mais de um eixo contendo carbonos, ou seja, a cadeia carbônica apresenta átomos de carbono terciário e quaternário) e heterogênea (entre dois átomos de carbono, há a presença de um átomo diferente de carbono, denominado heteroátomo).

Exercícios Propostos

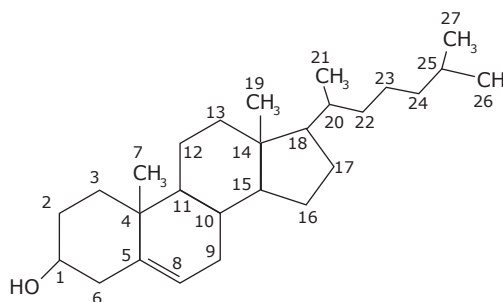
Questão 01 – Letra E

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

- A) Correta. O átomo de carbono pode fazer quatro ligações, ou seja, é tetravalente e caso ele se ligue a átomos monovalentes pode fazer ligação com esses quatro átomos.
- B) Correta. O átomo de carbono pode se ligar tanto a elementos eletropositivos como o hidrogênio, como a elementos eletronegativos como o oxigênio, formando cadeias carbônicas muito estáveis. Essas características explicam o motivo de o carbono ser capaz de formar um enorme número de compostos.
- C) Correta. As ligações entre os átomos de carbono podem ser simples (ligações sigma (σ)), duplas (1 ligação sigma (σ) e 1 ligação pi (π)) ou triplas (ligação sigma (σ) e 2 ligações pi (π)). Os átomos de carbono unidos por ligação simples sofrem hibridização sp^3 , por uma dupla-ligação sofrem hibridização sp^2 e por tripla ligação ou duas duplas-ligações sofrem hibridização sp .
- D) Correta. Quando o átomo de carbono se liga a quatro outros átomos distintos, a sua hibridização é sp^3 e a sua geometria, conseqüentemente, é tetraédrica.
- E) Incorreta. O átomo de carbono apresenta seis elétrons que estão distribuídos em 2 camadas, seguindo a regra de Hund.

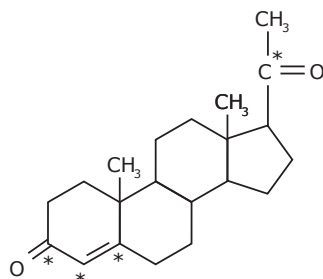
Questão 02 – Letra A

Comentário: A Fórmula estrutural do tipo "traço" mostra a distribuição espacial dos átomos que formam a molécula, exceto os átomos de hidrogênio da cadeia carbônica ligados aos carbonos, pois eles são ocultados. O átomo de carbono é tetravalente e, assim, é possível determinar a quantidade de átomos de hidrogênio ligados a cada átomo de carbono verificando o número de ligações que faltam para que o octeto esteja completo, ou seja, basta verificar quantas ligações cada um desses átomos está fazendo e subtrair de quatro unidades. Na figura a seguir, verifica-se a existência de 27 átomos de carbono e, conseqüentemente, 46 átomos de hidrogênio somando aqueles que se encontram representados implicitamente na molécula.



Questão 03 – Letra D

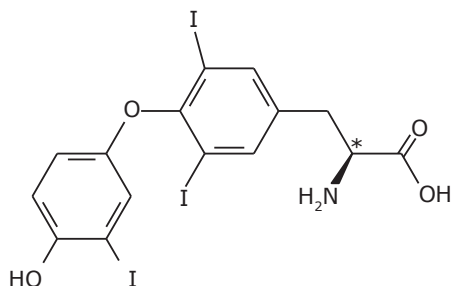
Comentário: Carbonos sp^2 apresentam ligação dupla (π) entre carbonos enquanto os carbonos sp^3 apresentam somente ligações simples (σ). Verifica-se na molécula de progesterona representada a seguir, a existência de carbonos sp^2 (4), destacados com (*) e os demais carbonos presentes na molécula (17) hibridizados em sp^3 .



Questão 04 – Letra A

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

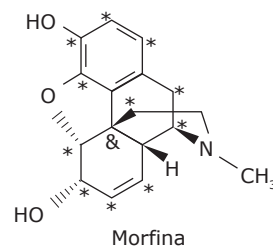
- A) Correta. Um átomo de carbono assimétrico é aquele que se liga a quatro grupos distintos. Na figura seguinte, o carbono assimétrico (*) se liga a um grupo NH_2 , a um átomo de hidrogênio, a um grupo carboxila e a uma cadeia carbônica conforme mostrado na figura a seguir:



- B) Incorreta. A cadeia carbônica é homogênea quando, entre dois átomos de carbono, há apenas a presença de átomos de carbono. Verifica-se na liotironina que a cadeia apresenta um átomo de oxigênio como heteroátomo conectando os 2 anéis. Logo, trata-se de uma cadeia heterogênea.
- C) Incorreta. A cadeia apresentada é mista, pois possui uma parte cíclica, envolvendo os anéis, e outra parte acíclica.
- D) Incorreta. Entre dois átomos de carbono há a presença de um átomo diferente de carbono, denominado heteroátomo. Apesar disso, há a presença de dois heterociclos nessa molécula.
- E) Incorreta. A molécula de liotironina apresenta fórmula molecular igual a $C_{15}H_{12}NI_3O_4$. Os hidrogênios ligados diretamente a carbonos estão implícitos e, portanto, a molécula apresenta 12 átomos de hidrogênio.

Questão 05 – Letra C

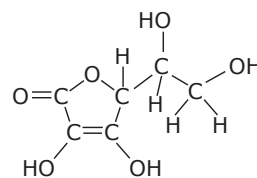
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas e a figura a seguir:



- A) Incorreta. Carbono secundário é aquele que se liga a dois átomos de carbono. A molécula de morfina apresenta 11 átomos de carbonos secundários que, na figura, estão representados com (*).
- B) Incorreta. Carbono quaternário é aquele que se liga a quatro átomos de carbono. A molécula de morfina apresenta 1 átomo de carbono quaternário que, na figura, está representado com (&).
- C) Correta. A molécula de morfina apresenta a seguinte fórmula molecular: $C_{17}H_{19}NO_3$ que pode ser obtida contando a quantidade de átomos na molécula, lembrando que, nesse tipo de representação, cada extremidade de um traço corresponde a um átomo de carbono. 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 os átomos de hidrogênio dos carbonos das cadeias estão implícitos.
- D) Incorreta. Uma ligação dupla é representada por dois traços entre os átomos de carbono da molécula que realiza quatro ligações duplas e, portanto, apresenta oito carbonos com hibridização sp^2 , já que cada ligação envolve dois átomos de carbono.

Questão 06 – Letra D

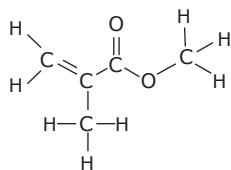
Comentário: A fórmula molecular é a fórmula que indica apenas os elementos químicos que formam os compostos orgânicos, bem como o número de átomos de cada elemento existente em uma molécula. Assim, a estrutura da vitamina C, explicitando todos os átomos presentes, é a seguinte:



Logo, contando os átomos presentes nessa estrutura, temos: 6 carbonos, 8 hidrogênios e 6 oxigênios.

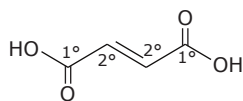
Questão 07 – Letra E

Comentário: A fórmula molecular é a fórmula que indica apenas os elementos químicos que formam os compostos orgânicos, bem como o número de átomos de cada elemento existente em uma molécula. Logo, a estrutura do metacrilato de metila, explicitando todos os átomos presentes, é igual a $C_5H_8O_2$. Contando as ligações σ , chega-se a um total de 14 ligações, e as ligações π (cada ligação dupla apresenta 1 ligação desse tipo), chega-se a um total de 2 ligações, conforme representado na estrutura a seguir:



Questão 08 – Letra C

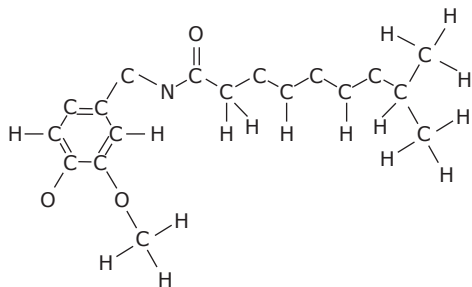
Comentário: O ácido fumárico possui cadeia carbônica insaturada, ou seja, apresenta pelo menos uma ligação dupla ou tripla entre dois átomos de carbono. Já os carbonos de uma molécula podem ser definidos como primários, secundários, terciários e quaternários dependendo do número de átomos de carbono a que estejam ligados. Na figura a seguir, está representada em cada átomo de carbono a sua classificação:



Logo, a molécula de ácido fumárico apresenta somente carbonos primários e secundários e sua cadeia é normal e insaturada.

Questão 09 – Letra B

Comentário: A molécula de oleína apresenta fórmula molecular igual à que pode ser obtida contando o número de átomos na molécula, lembrando que, nesse tipo de representação, cada extremidade de um traço corresponde a um átomo de carbono. 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 os átomos de hidrogênio dos carbonos das cadeias estão implícitos. Portanto, há dezoito carbonos nessa molécula. Conforme representado a seguir:



Seção Enem

Questão 01 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: O grupo responsável pela bioatividade, de acordo com o texto, é um grupo não planar.

A estrutura:



apresenta todos os seus carbonos com geometria tetraédrica:



Portanto, não planar, ou seja, espacial.

Quanto às demais estruturas, todas apresentam carbono com geometria trigonal plana devido à presença de dupla ligação.



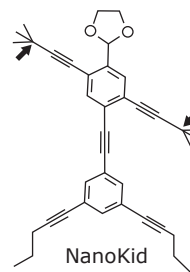
Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Um carbono quaternário é aquele que se liga a outros quatro átomos de carbono. Sendo assim, existe carbono quaternário apenas nas mãos do NanoKid, como mostram as setas.



Questão 03 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Os ácidos graxos que proporcionam melhor qualidade para os óleos de cozinha são aqueles em que o grau de insaturação das moléculas é maior. O grau de insaturação está relacionado à presença de ligações duplas e / ou triplas entre dois átomos de carbono. Portanto, o ácido linoleico e o linolênico são os que proporcionam maior qualidade para os óleos de cozinha, pois são os que possuem a maior quantidade de ligações duplas entre carbonos.

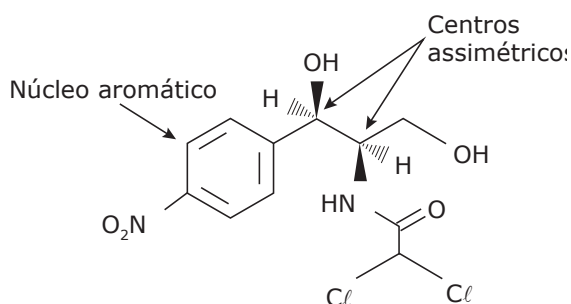
Questão 04 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: Conforme o texto, a estrutura do cloranfenicol possui centros assimétricos, ou seja, possui átomos de carbono que se ligam a quatro ligantes diferentes. Além disso, o cloranfenicol é classificado como substância aromática. A aromaticidade é a estabilidade adicional de uma substância, devido à ressonância de elétrons π de ligações duplas conjugadas em um sistema cíclico. O anel benzênico (6 carbonos) é o grupo cíclico aromático mais comum nas substâncias orgânicas. A substância que apresenta todas essas atribuições é a substância da alternativa D.



Questão 05 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

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

- A) Correta. A estrutura apresentada é aromática, devido à presença do anel benzênico; é mista, por possuir uma cadeia cíclica associada a uma cadeia acíclica; apresenta nove carbonos, e apenas o carbono CH_2 não é trigonal plano; apenas o carbono do ciclo que está ligado ao carbono CH_2 é terciário.
- B) Incorreta. A estrutura apresenta nove carbonos com uma ligação dupla e duas ligações simples, ou seja, carbonos trigonais planos.
- C) Incorreta. A estrutura apresenta sete carbonos trigonais planos.
- D) Incorreta. A estrutura apresenta sete carbonos trigonais planos e dois carbonos terciários do ciclo, os carbonos que estão ligados ao carbono CH_2 e ao carbono CH_3 .
- E) Incorreta. A estrutura não apresenta aromaticidade, pois não há alternância de ligações duplas conjugadas.

MÓDULO – C 04

Hidrocarbonetos Alifáticos

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: Alcenos e alcinos são hidrocarbonetos insaturados por ligações duplas e triplas, respectivamente. Suas fórmulas gerais são:

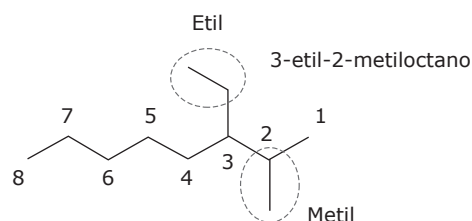
Alceno: C_nH_{2n}

Alcino: $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

Assim, um alceno contendo 10 carbonos deve apresentar 20 hidrogênios. Já um alcino com 9 carbonos apresenta 16 hidrogênios.

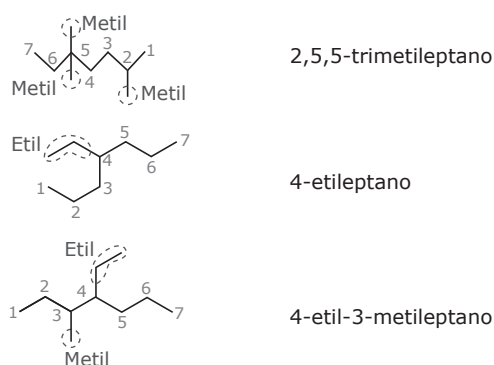
Questão 02 – Letra A

Comentário: Seguindo as regras de nomenclatura da IUPAC para os compostos orgânicos, temos:



Questão 03 – Letra B

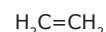
Comentário: Seguindo as regras de nomenclatura da IUPAC para os compostos orgânicos, temos:



Questão 04 – Letra D

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

- A) Correta. O nome usual do eteno, cuja fórmula estrutural está representada a seguir, é etileno.



- B) Correta. O etino, de fórmula estrutural $\text{HC}\equiv\text{CH}$, é usualmente chamado de acetileno.

C) Correta. Propileno é o nome usual do propeno, de fórmula:



D) Incorreta. A estrutura do 2,2,4-trimetilpentano é:



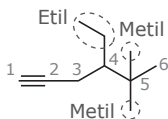
Já o isopentano pode ser representado por:



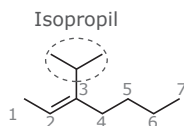
Questão 05

Comentário:

A) 4-etil-5,5-dimetilex-1-ino

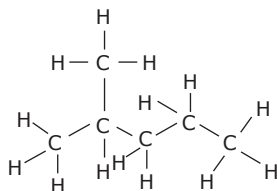


B) 3-isopropilept-2-eno



Questão 06 – Letra E

Comentário: O 2-metilpentano apresenta fórmula molecular igual a C_6H_{14} e cadeia carbônica ramificada, ou seja, na molécula há mais de um eixo contendo carbonos. Sua cadeia carbônica apresenta pelo menos um átomo de carbono terciário e, conforme a estrutura a seguir, não apresenta ligações duplas nem triplas entre dois átomos de carbono.

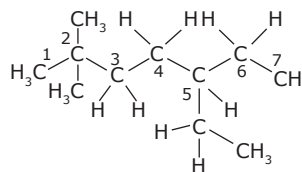


Questão 07 – Letra A

Comentário: A figura representa um hidrocarboneto de fórmula CH_4 cujo nome é metano. O grupo de hidrocarbonetos saturados que apresentam somente ligações C—C e C—H recebe o nome de alcanos e o metano, por apresentar apenas um carbono, forma uma cadeia aberta, ou seja, não forma um ciclo.

Questão 08 – Letra C

Comentário: Para nomear hidrocarbonetos, é necessário escolher a cadeia principal de acordo com o seguinte critério: a maior cadeia carbônica possível contendo as insaturações. Como a substância está representada por meio de sua fórmula condensada, inicialmente, vamos explicitar sua estrutura:



Como o composto não apresenta insaturações, nesse caso, devemos levar em conta as ramificações presentes na cadeia principal ao construir a nomenclatura desse composto. Havendo mais de uma possibilidade de cadeia principal, consideramos a que possui o maior número de ramificações. Logo, o nome IUPAC do composto, considerando a numeração da cadeia principal é 5-etil-2,2-dimetilpentano.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

Comentário: Para nomear hidrocarbonetos, é necessário escolher a cadeia principal de acordo com o seguinte critério: a maior cadeia carbônica possível contendo as insaturações. Como o isoctano não apresenta insaturações, nesse caso, devemos levar em conta as ramificações ao construir a nomenclatura desse composto. Assim, devemos citar primeiramente os grupos orgânicos em ordem alfabética. Havendo mais de um grupo do mesmo tipo, colocamos os prefixos di, tri, tetra, penta e seus derivados. Havendo mais de uma possibilidade de cadeia principal, consideramos a que possui o maior número de ramificações. Logo, o nome IUPAC do isoctano, considerando que a cadeia principal apresenta cinco átomos de carbono, é 2,2,4-trimetilpentano.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Para nomear hidrocarbonetos, é necessário escolher a cadeia principal de acordo com o seguinte critério: a maior cadeia carbônica possível contendo as insaturações. Como os compostos não apresentam insaturações, nesse caso, devemos levar em conta as ramificações ao construir a nomenclatura desse composto. Assim, devemos citar primeiramente os grupos orgânicos em ordem alfabética. Havendo mais de um grupo do mesmo tipo, colocamos os prefixos di, tri, tetra, penta e seus derivados. Havendo mais de uma possibilidade de cadeia principal, consideramos a que possui o maior número de ramificações. Logo, os nomes IUPAC dos compostos, considerando que a cadeia principal apresenta, respectivamente, sete e cinco átomos de carbono, são heptano e 2,2,4-trimetilpentano.

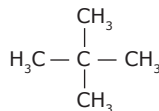
Questão 03 – Letra B

Comentário: O gás natural é uma mistura constituída, principalmente, de hidrocarbonetos gasosos, em que o metano é o principal componente. Logo, a alternativa correta corresponde à letra B.

Questão 04 – Soma = 15

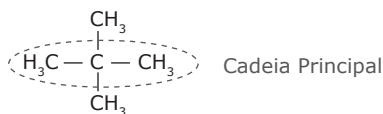
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

01. Correta. A estrutura do composto 2,2-dimetilpropano está representada a seguir:

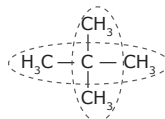


O composto apresenta 5 átomos de carbono e 12 átomos de hidrogênio, dessa forma, sua fórmula molecular é C_5H_{12} .

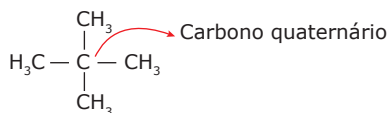
02. Correta. A cadeia principal é a maior sequência de átomos de carbono, com o maior número de ramificações e contendo as insaturações. No composto 2,2-dimetilpropano, ela possui três átomos de carbono e é saturada, pois há apenas ligações simples entre os átomos de carbono, conforme destacado a seguir:



04. Correta. A cadeia carbônica do composto é alifática, pois não forma um ciclo, é homogênea, uma vez que entre dois átomos de carbono só existe átomo de carbono, e é ramificada, pois há mais de um eixo contendo carbonos, conforme mostrado a seguir:

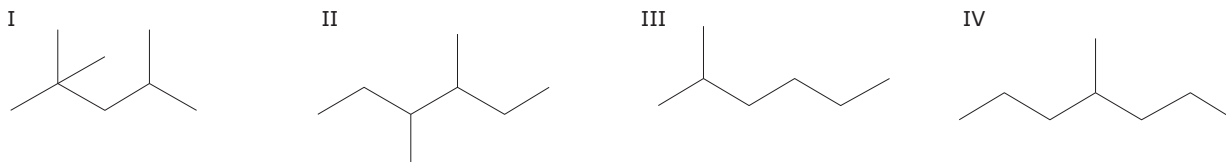


08. Correta. O átomo de carbono é classificado como quaternário quando ele está ligado a outros quatro carbonos. O carbono quaternário do composto 2,2-dimetilpropano está destacado a seguir:



Questão 05 – Letra D

Comentário: As estruturas dos hidrocarbonetos estão representadas a seguir por meio da fórmula de traços, que mostra a distribuição espacial dos átomos que formam a molécula, exceto os átomos de hidrogênio da cadeia carbônica ligados aos carbonos, pois eles são ocultados.

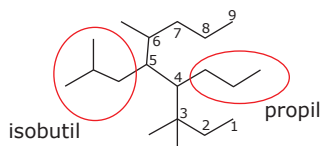


Diante disso, verificamos que I apresenta três ramificações, II apresenta duas ramificações e III e IV apresentam apenas uma. Logo, a estrutura I é a mais ramificada.

Questão 06 – Letra A

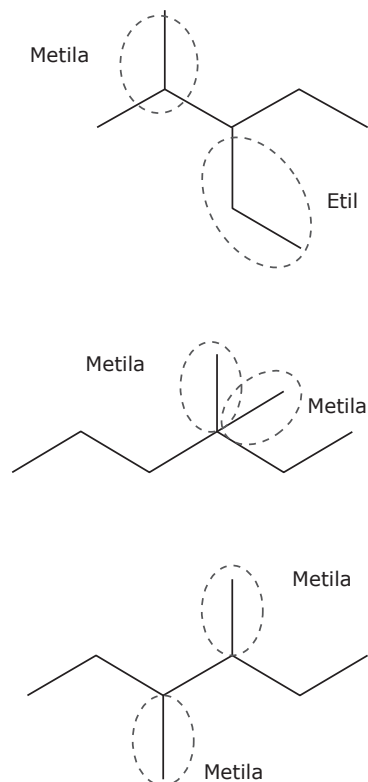
Comentário: Para nomear hidrocarbonetos, é necessário escolher a cadeia principal de acordo com o seguinte critério: a maior cadeia carbônica possível contendo as insaturações. Como o composto não apresenta insaturações, nesse caso, devemos levar em conta as ramificações presentes na cadeia principal ao construir a nomenclatura desse composto. Havendo mais de uma possibilidade de cadeia principal, consideramos a que possui o maior número de ramificações.

Em um hidrocarboneto, as partes hidrocarbônicas que ficam fora da cadeia principal são chamadas de ramificações ou grupos orgânicos. Esses grupos são nomeados de modo idêntico aos radicais livres originados a partir de hidrocarbonetos, e utilizamos a terminação -il para indicar um radical monovalente. Logo, os nomes dos compostos, considerando que a cadeia principal está numerada na representação a seguir, são: propil e isobutil.



Questão 07 – Letra D

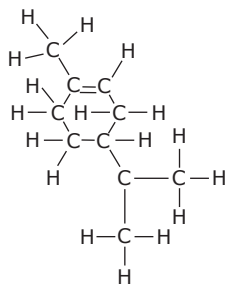
Comentário: As estruturas dos hidrocarbonetos estão representadas a seguir por meio da fórmula de traços, que mostra a distribuição espacial dos átomos que formam a molécula, exceto os átomos de hidrogênio da cadeia carbônica ligados aos carbonos, pois eles são ocultados.



Assim, verifica-se que, na 1ª molécula, há a presença de um radical metila e um radical etila; e que, nas demais moléculas, há dois radicais metila (dois em cada estrutura).

Questão 08 – Letra E

Comentário: A fórmula molecular é a fórmula que indica apenas os elementos químicos que formam os compostos, bem como o número de átomos de cada elemento existente em uma molécula. Inicialmente, representaremos a fórmula estrutural do menteno para, em seguida, determinarmos a sua fórmula molecular.

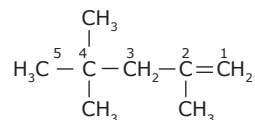


Essa fórmula apresenta todos os átomos desse composto de forma explícita, o que nos permite chegar à sua fórmula molecular que é a seguinte: $C_{10}H_{18}$.

Questão 09 – Letra A

Comentário: Para responder a essa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A cadeia principal do composto representado possui 5 carbonos, pois contempla a maior cadeia carbônica e as insaturações. Em relação à numeração dos carbonos da cadeia principal, a contagem deve ser iniciada, nesse caso, pela extremidade mais próxima da ligação dupla. Assim, o nome do composto é 2,4,4-trimetilpenteno. Veja representação a seguir:



- B) Correta. Os átomos de carbono unidos por uma dupla ligação e duas ligações simples, como os carbonos 1 e 2, têm hibridização sp^2 .
- C) Correta. O composto é um alceno, porque é um hidrocarboneto que possui ligação dupla entre carbonos; ramificado, pois existe carbono terciário; e possui cadeia aberta, pois os átomos de carbono não formam um ciclo.
- D) Correta. O composto é um hidrocarboneto, porque é constituído exclusivamente de átomos de carbono e de hidrogênio.
- E) Correta. Os átomos de carbono que fazem apenas ligação simples têm hibridização sp^3 . Dessa forma, no composto, existem 6 carbonos com essa hibridização.

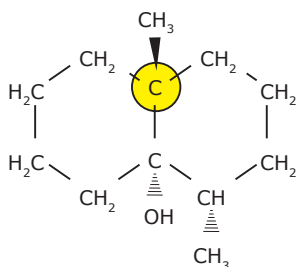
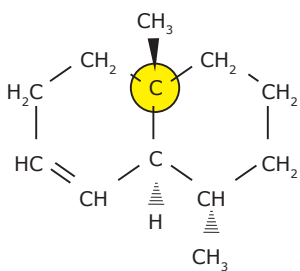
Questão 10 – Letra A

Comentário: A molécula de acetileno, cuja fórmula molecular é igual a C_2H_2 , sofre hibridização sp , visto que seus átomos de carbono estão unidos por tripla ligação, o que faz com que a sua geometria seja linear. Além disso, trata-se de uma molécula apolar que realiza ligações $C-C$ apolares e ligações $C-H$ com pouca polaridade e, assim, forma interações intermoleculares do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido.

Questão 11 – Letra A

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

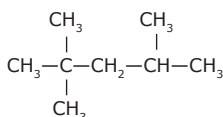
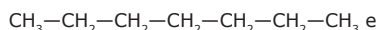
- I. Correta. A 8,10-dimetil-1-octalina é um hidrocarboneto alifático insaturado, pois não apresenta anel aromático e possui uma insaturação.
- II. Incorreta. A geosmina apresenta dois homociclos formados apenas por carbonos saturados.
- III. Incorreta. A 8,10-dimetil-1-octalina apresenta um carbono quaternário e a geosmina apresenta um carbono quaternário, conforme indicado nas estruturas a seguir.



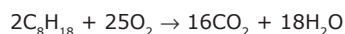
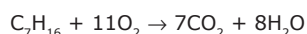
Questão 12 – Letra A

Comentário:

- A) As fórmulas estruturais do heptano e do 2,2,4-trimetilpentano são:



- B) As equações químicas balanceadas da reação de combustão completa dos dois hidrocarbonetos mencionados são:



Seção Enem

Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: O octano mais resistente à compressão deve possuir uma cadeia carbônica menor, com maior número de ramificações e com ramificações mais afastadas das extremidades da cadeia. Dentre os compostos apresentados, o isômero mais resistente à compressão seria o 2,2,4-trimetilpentano, pois apresenta cadeia carbônica com 5 carbonos e 3 ramificações, enquanto os demais compostos apresentados possuem cadeias carbônicas com 6, 7 ou 8 carbonos e com menor número de ramificações.

Questão 02 – Letra E

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

Habilidade: 26

Comentário: Conforme exposto no texto da questão, a facilidade de degradação dos hidrocarbonetos segue a seguinte ordem:

alcanos lineares (C_{10} a C_{19}) > gases (C_2 a C_4) > alcanos (C_5 a C_9) > alcanos ramificados com até 12 carbonos > alcenos (C_3 a C_{11}) > alcenos ramificados > aromáticos e cicloalcanos

Os alcanos se degradam mais rapidamente que os hidrocarbonetos insaturados, que os aromáticos e que os cíclicos. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos com constituição variando de 5 a 10 carbonos. Das substâncias representadas, são possíveis constituintes da gasolina o C_7H_{16} e o C_{10}H_8 . Entre esses dois compostos, o mais degradável é o C_7H_{16} , pois trata-se de um alcano ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$).

Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: O limoneno possui como cadeia carbônica principal o cicloexeno com duas ramificações nas posições 1 e 4. Assim, somente as estruturas das alternativas A e B podem representá-lo. Uma ramificação é o metil que está posicionado na ponta superior do ciclo. A outra ramificação é um isopropenil, uma ramificação insaturada de três carbonos (um isopropil com uma ligação dupla). Dessa forma, a estrutura da alternativa A é a que representa corretamente o limoneno.

Questão 04 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 7

Habilidade: 24

Comentário: A rotação em torno da ligação sigma entre os carbonos 2 e 3 faz com que haja a formação de cinco disposições diferentes para os grupos ligados a esses átomos. A cada configuração está associado um valor de energia potencial que depende da aproximação / afastamento de grupos mais volumosos. Assim, a configuração que possui menor valor de energia potencial, sendo a mais estável, é a conformação I, pois, nesse estado, os grupos volumosos (nesse caso, os dois grupos CH_3) estarão mais afastados, diminuindo a repulsão das nuvens eletrônicas na molécula.



Rua Diorita, 43 - Prado

Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3029-4949

www.bernoulli.com.br/sistema