

FUVEST 2024 – Primeira fase e Segunda fase

CONHECIMENTOS GERAIS

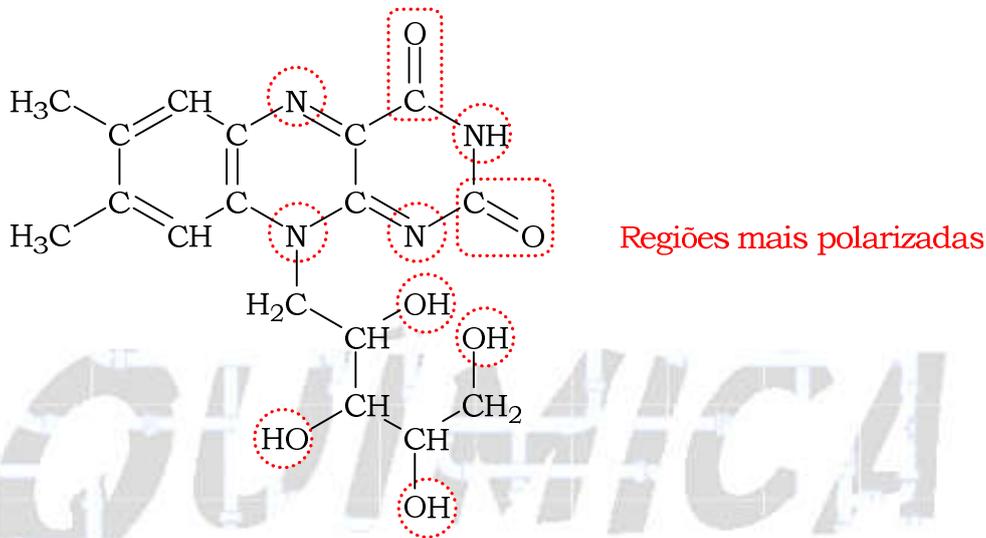
1. Olestra é uma gordura artificial com sabor parecido ao do óleo vegetal. Essa substância não é metabolizada pelo organismo humano e, portanto, pode ser usada em dietas de emagrecimento. Seu uso, no entanto, é controverso. Por ser uma molécula semelhante à gordura, ela interage com vitaminas lipossolúveis, transportando-as para fora do organismo, o que pode levar à deficiência destas. Dentre as vitaminas apresentadas, assinale qual delas teria a sua absorção menos prejudicada com a ingestão exagerada de alimentos à base de olestra.

| | |
|-----|--|
| (A) | |
| (B) | |
| (C) | |
| (D) | |
| (E) | |

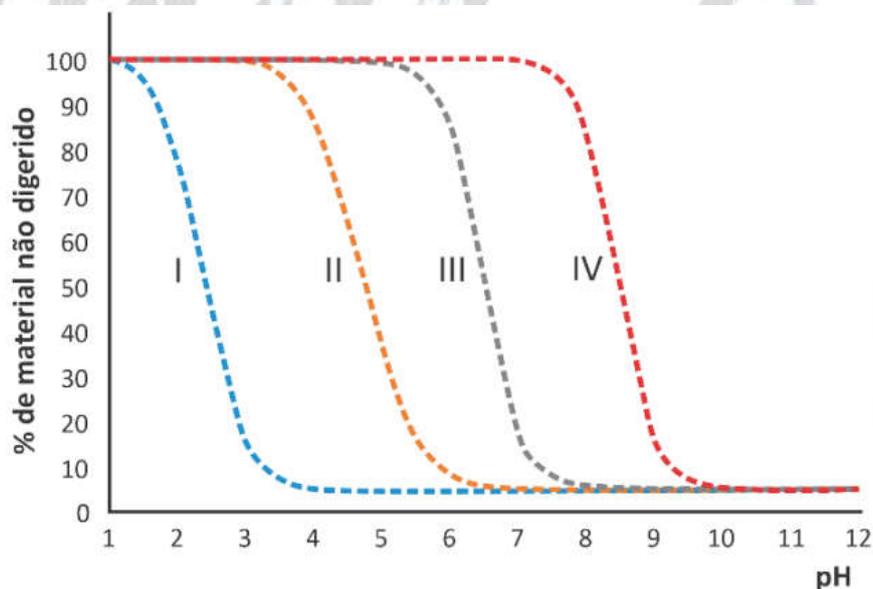
Resolução: alternativa B.

De acordo com o enunciado da questão, a Olestra tem uma molécula semelhante à gordura (predominantemente apolar) e interage com vitaminas lipossolúveis (predominantemente apolares). Logo, quanto mais polarizada for a estrutura, menor será a interação com a Olestra.

Então:



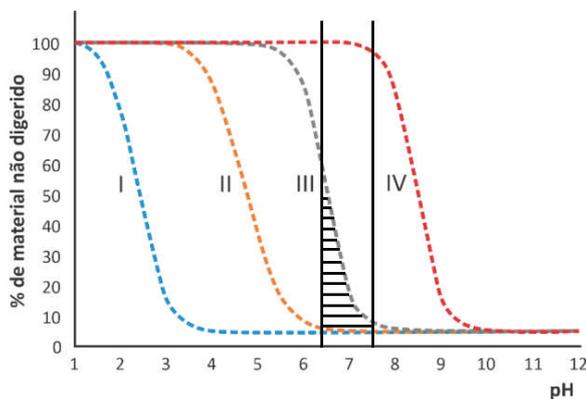
2. (interdisciplinar) O gráfico a seguir ilustra o perfil de digestão de quatro substâncias no organismo humano, de acordo com a variação do pH.



A análise dos dados permite concluir que a(s)

- (A) digestão da substância I é feita por amilases presentes no duodeno.
- (B) digestão da substância II é feita por lipases presentes da boca.
- (C) substância III é um amido digerido por amilases presentes boca.
- (D) substância IV é uma proteína digerida pela bile no estômago.
- (E) substâncias I, II e III são digeridas, respectivamente, na boca, no estômago e no duodeno.

Resolução: alternativa C.



O pH da boca (saliva) fica num intervalo aproximado de 6,4 a 7,5. Logo, a substância III é um amido, digerido por amilase salivar (ptialina) presente na boca, que é transformado em maltose.

3. Um estudante (FV), intrigado com a escala de pH entre 0 e 14, perguntou a um sistema de inteligência artificial (IA) sobre a possibilidade de existirem valores negativos de pH, conforme descrito na figura:

FV Existe pH negativo?

IA Sim, é possível existir pH negativo em soluções altamente básicas, onde a concentração de íons hidrogênio é extremamente baixa e a concentração de íons hidroxila é muito alta. Nesses casos, o pH é calculado como logaritmo negativo da concentração de íons hidrogênio em relação ao ponto neutro de pH 7.

A resposta fornecida pelo sistema de inteligência artificial está

- (A) errada, pois pH negativo refere-se à concentração de H^+ maior que 1 mol/L, resultando em um valor de pH menor que zero.
- (B) correta, pois pH negativo refere-se à concentração de OH^- maior que 1 mol/L, resultando em um valor de pH menor que zero.
- (C) correta, assim como é possível existir pH maior que 14 em soluções com concentração de H^+ maior que 14 mol/L.
- (D) errada, pois a escala de pH é fixa entre 0 e 14, independentemente da concentração de H^+ .
- (E) correta, pois o pH tende a diminuir e tornar-se negativo em soluções com concentração de íons H^+ extremamente baixa.

Resolução: alternativa A.

$$[H^+] > 1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$pH = -\log \underbrace{[H^+]_{>1}} \Rightarrow pH < 0 \text{ (pH negativo)} \Rightarrow \text{soluções ácidas}$$

Conclusão: o pH negativo refere-se à concentração de H^+ maior que 1 mol/L, resultando em um valor de pH menor que zero para soluções ácidas.

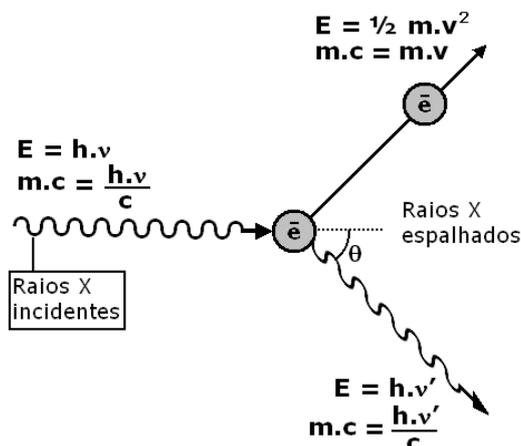
4. (interdisciplinar) “Os experimentos de difração e interferência da luz realizados no período de 1800 a 1803, em analogia com os processos de interferência das ondas acústicas, corroboraram a natureza ondulatória da luz. Por outro lado, Einstein introduziu, em 1905, o conceito de fóton, em que cada componente monocromática de frequência f da radiação seria equivalente a um sistema de partículas idênticas sem massa, cada qual com energia hf , sendo $h \approx 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ a constante de Planck. A hipótese da existência de fótons só teve ampla aceitação após os experimentos de Compton, em 1922, sobre o espalhamento da radiação eletromagnética na faixa dos raios X por alvos de elementos leves, como o grafite.”

Adaptado de F. Caruso e V. Oguri, Sobre a necessidade do conceito de fóton, RBEF 43, e20210011 (2021).

- (A) A radiação eletromagnética apresenta somente comportamento ondulatório.
 (B) Os experimentos de Compton mostraram que feixes de raios X exibem comportamento corpuscular.
 (C) A energia de um fóton independe de seu comprimento de onda.
 (D) A hipótese da natureza corpuscular da radiação está em desacordo com os resultados experimentais.
 (E) Einstein demonstrou que os experimentos de difração e interferência da luz deveriam estar incorretos.

Resolução: alternativa B.

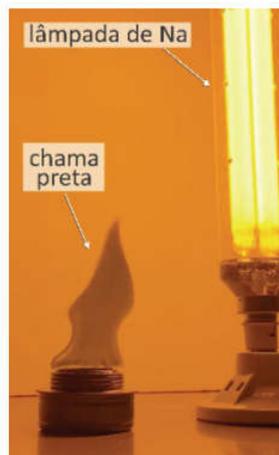
O efeito Compton consiste na dispersão de raios X, ou seja, na mudança do comprimento de onda dos elétrons de átomos enfraquecidos. Como a massa de um fóton de raios X é pequena quando comparada com a massa de um átomo de um metal, o físico Arthur Holly Compton verificou que poucas mudanças podem ser observadas no comprimento de onda e no momento dos raios X que sofrem dispersão (espalhamento). Porém, se o fóton de raios X encontrar um elétron, que tem massa muito pequena, pode ocorrer uma colisão inelástica acompanhada do espalhamento dos raios X e variação nos comprimentos de onda mais longos. Ou seja, os experimentos de Compton mostraram que feixes de raios X exibem comportamento corpuscular.



5. Quando uma solução de NaCl é colocada em contato com uma chama, observa-se uma luz amarela (figura I). Quando esse mesmo experimento é realizado na presença de uma lâmpada de Na, a chama aparenta estar preta (figura II).



(I) Chama na presença de solução de NaCl .



(II) Chama na presença de solução de NaCl , irradiada com lâmpada de Na.

Considerando que um material emite e absorve radiação em um mesmo comprimento de onda, assinale a afirmação correta sobre o experimento.

- (A) Na figura (I), a chama é amarela devido à absorção de luz pelos átomos de Na; enquanto, em (II), a chama está preta porque o Na deixa de absorver quando a chama é irradiada pela lâmpada de sódio.
- (B) Na figura (I), a chama é amarela porque esta é a cor de qualquer chama; enquanto, em (II), a chama está preta porque o Na absorve a energia da chama.
- (C) Na figura (I), a chama é amarela porque esta é a cor de qualquer chama; enquanto, em (II), a chama está preta devido à combustão incompleta.
- (D) Na figura (I), a chama é amarela devido à emissão de luz pelos átomos de Na; enquanto, em (II), a chama está preta devido à combustão incompleta.
- (E) Na figura (I), a chama é amarela devido à emissão de luz pelos átomos de Na; enquanto, em (II), a chama está preta porque os átomos de Na da chama absorvem a luz proveniente da lâmpada de Na.

Resolução: alternativa E.

Na figura (I) percebe-se que o sódio ao ser queimado emite radiação eletromagnética na frequência do amarelo (530-510 Hz).

Na figura (II) a chama preta indica absorção de onda eletromagnética (luz) proveniente da lâmpada de sódio, ou seja, um material emite e absorve radiação em um mesmo comprimento de onda (“amarelo absorve amarelo”).

6. (interdisciplinar) Nas embalagens de lâmpadas de LED atuais, está indicada uma “temperatura de cor” (expressa na escala Kelvin), que corresponde à tonalidade da luz emitida pela lâmpada. A “temperatura de cor” não indica a temperatura de operação da lâmpada, servindo apenas como uma referência da cor predominante da radiação eletromagnética termicamente emitida por um corpo a essa dada temperatura.

A densidade $\rho(\lambda)$ de energia eletromagnética irradiada é função do comprimento de onda λ da luz emitida. As curvas presentes nos gráficos das alternativas mostram $\rho(\lambda)$ dividida pelo seu valor máximo $\rho(\lambda_{\text{máx.}})$. O máximo de cada curva corresponde ao comprimento de onda $\lambda_{\text{máx.}}$ predominante da luz irradiada.

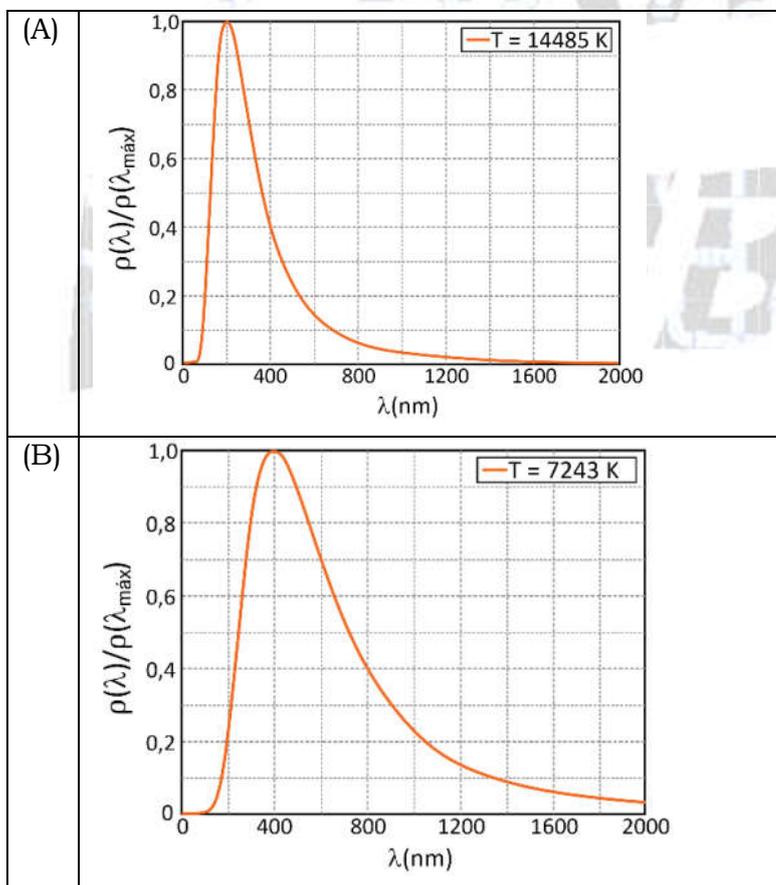
Com base nessas informações, assinale a alternativa que apresenta o gráfico que melhor corresponde à situação em que a cor predominante da luz irradiada seja **amarela**.

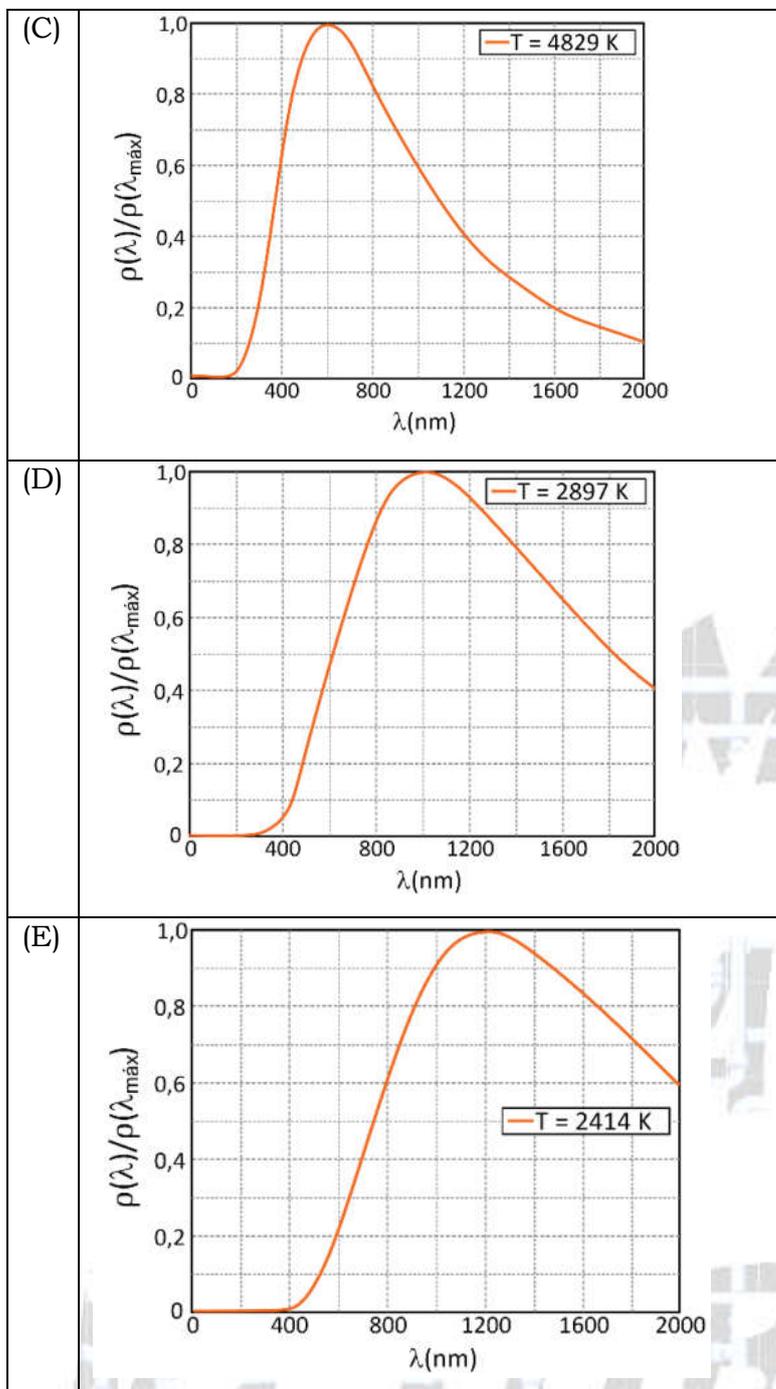
Note e adote:

Velocidade da luz no vácuo: 3×10^8 m/s.

Cores associadas a frequências de luz visível:

| Cor | Frequência aproximada (Hz) |
|----------|----------------------------|
| Vermelha | $4,4 \times 10^{14}$ |
| Amarela | $5,0 \times 10^{14}$ |
| Verde | $6,0 \times 10^{14}$ |
| Azul | $6,3 \times 10^{14}$ |
| Violeta | $7,5 \times 10^{14}$ |





Resolução: alternativa C.

velocidade da luz (c) = $3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

frequência; amarelo (f) = $5,0 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$

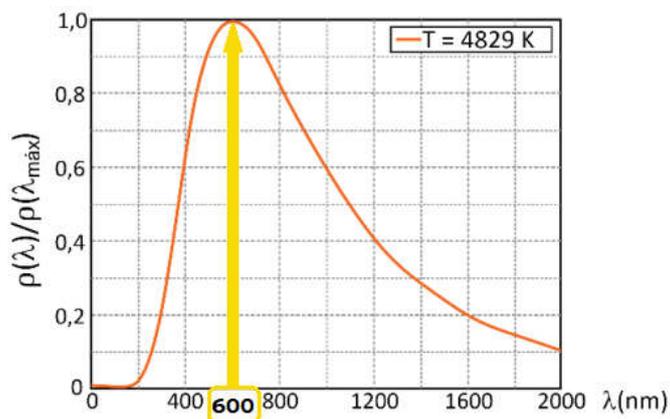
comprimento de onda (λ) = ?

$$c = \lambda \times f$$

$$3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = \lambda \times 5,0 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{5,0 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 0,6 \times 10^{-6} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 600 \times 10^{-9} \text{ m} = 600 \text{ nm}$$

600 nm corresponde ao $\lambda_{\text{máx}}$ do gráfico da alternativa (C). Observe:



7. A temperatura ideal para uso de um forno a lenha para preparo de pizzas pode ser inferida pela observação da coloração das paredes internas do forno. Abaixo da temperatura ideal, um material particulado preto proveniente da queima da lenha pode ser visto recobrendo as paredes internas. Quando a temperatura ideal é atingida, esse material particulado não é mais observado e a superfície mais clara do interior do forno pode ser vista, como apresentado nas fotos.



Forno abaixo da temperatura ideal.



Forno na temperatura ideal.

A coloração da superfície interior do forno permite inferir a temperatura ideal, pois

(A) a fuligem advinda do processo de combustão incompleta da lenha deposita-se nas paredes e, com o aumento da temperatura, reage com o oxigênio do ar e produz gás carbônico, permitindo ver a cor mais clara da parede interna do forno.

(B) a coloração preta é originada pela fuligem da combustão completa da lenha, o que causa o aumento da temperatura até que a parede do forno se torne incandescente, revelando sua cor mais clara.

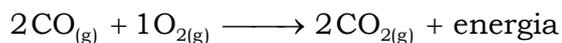
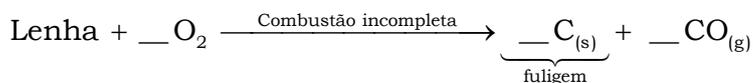
(C) a coloração preta é observada por conta da baixa quantidade de luz gerada pelas chamas da lenha em combustão a baixas temperaturas e essa quantidade de luz aumenta à medida que a temperatura se torna elevada.

(D) o material particulado se funde, escorrendo pelas paredes do forno quando a temperatura ideal é atingida, revelando a coloração mais clara do interior do forno.

(E) a alta quantidade de gás carbônico produzida em baixas temperaturas forma uma névoa que não permite a passagem de luz, o que torna o interior escuro.

Resolução: alternativa A.

A fuligem ($C_{(s)}$) advinda do processo de combustão incompleta da lenha (abaixo da temperatura ideal) deposita-se nas paredes do forno e, com o aumento da temperatura, reage com o oxigênio do ar (O_2) produzindo gás carbônico (CO_2). Consequentemente, permite-nos ver a cor mais clara da parede interna do forno.



8. Fogareiros abastecidos com pequenos botijões de gás são equipamentos corriqueiros em trilhas e escaladas de duração prolongada para possibilitar o cozimento de alimentos. Em geral, esses botijões são abastecidos com propano, isobutano ou n-butano. A tabela mostra a temperatura de ebulição e o calor liberado na combustão desses três gases, à pressão atmosférica.

| | Temperatura de ebulição (°C) | Calor liberado na combustão (kcal/m ³ de substância na fase gasosa) |
|-----------|------------------------------|--|
| Propano | - 42 | 5065 |
| Isobutano | - 12 | 8211 |
| n-Butano | - 1 | 8411 |

Com base nessas informações, qual seria o gás mais indicado para a utilização em um ambiente com temperatura típica de - 6 °C, considerando a viabilidade e o consumo de gás necessário para o preparo de alimentos?

- (A) Propano, por estar líquido em - 6 °C e, dentre as substâncias líquidas nessa temperatura, sua combustão fornecer mais calor por volume de gás.
- (B) Isobutano, por estar gasoso em - 6 °C e, dentre as substâncias gasosas nessa temperatura, sua combustão fornecer mais calor por volume de gás.
- (C) n-Butano, por estar gasoso em - 6 °C e, dentre as substâncias gasosas nessa temperatura, sua combustão fornecer mais calor por volume de gás.
- (D) n-Butano, por estar líquido em - 6 °C e, dentre as substâncias gasosas nessa temperatura, sua combustão fornecer menos calor por volume de gás.
- (E) Isobutano, por estar gasoso em - 6 °C e, dentre as substâncias gasosas nessa temperatura, sua combustão fornecer menos calor por volume de gás.

Resolução: alternativa B.

Analisando a tabela fornecida no enunciado da questão, em relação a - 6 °C, vem:

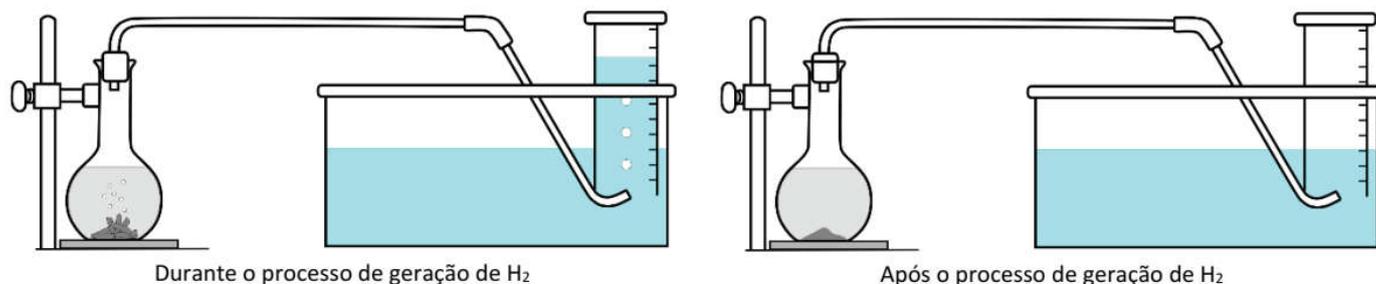
| | L | Temperatura de ebulição (°C) L → G | G | Calor liberado na combustão (kcal/m ³ de substância na fase gasosa) |
|-----------|--------|---------------------------------------|--------|---|
| Propano | | - 42 | - 6 °C | 5065 |
| Isobutano | | - 12 | - 6 °C | 8211 |
| n-Butano | - 6 °C | - 1 | | 8411 |

Estado gasoso de agregação a -6 °C: Propano e Isobutano.

Maior quantidade de calor liberada: 8211 kcal/m³ ⇒ Isobutano.

Conclusão: O Isobutano seria o gás mais indicado para a utilização em um ambiente com temperatura típica de - 6 °C, por estar gasoso nesta temperatura e, dentre as substâncias gasosas nessa temperatura, sua combustão fornecer mais calor por volume de gás.

9. Para gerar hidrogênio, foi utilizado o aparato ilustrado na figura.



Ao frasco à esquerda adicionou-se uma quantidade pré-determinada de raspas de zinco metálico e ácido clorídrico. Em seguida, o frasco foi fechado com uma rolha conectada a uma tubulação. À medida que o hidrogênio é produzido pela reação $Zn^0(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$, o gás se acumula em uma proveta previamente cheia de água. Dado que a solubilidade do hidrogênio na água é desprezível, o volume ocupado pelo gás na proveta corresponde ao volume de hidrogênio produzido durante a reação.

Considerando que, nas condições do experimento, foram gerados 49,8 mL de hidrogênio, qual a quantidade de Zn metálico, em gramas, que de fato reagiu?

- (A) 0,07
- (B) 0,13
- (C) 0,26
- (D) 0,29
- (E) 0,48

Note e adote:

Volume molar do gás ideal nas condições do experimento = 24,9 L.

Massa molar do Zn = 65,4 g/mol.

Resolução: alternativa B.

$$49,8 \text{ mL} = 49,8 \times 10^{-3} \text{ L}$$



$$65,4 \text{ g} \text{ ————— } 24,9 \text{ L}$$

$$m_{\text{Zn}} \text{ ————— } 49,8 \times 10^{-3} \text{ L}$$

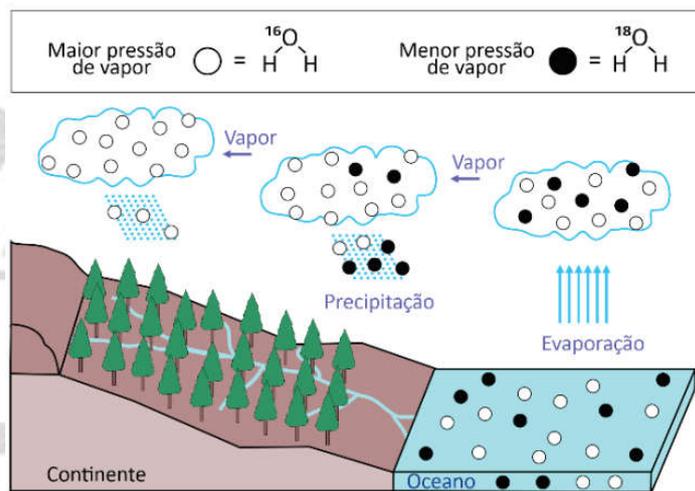
$$m_{\text{Zn}} = \frac{65,4 \text{ g} \times 49,8 \times 10^{-3} \text{ L}}{24,9 \text{ L}} = 0,1308 \text{ g}$$

$$m_{\text{Zn}} = 0,13 \text{ g}$$

10. As moléculas de água podem conter o isótopo estável mais abundante de oxigênio, ^{16}O , ou o isótopo estável menos abundante, ^{18}O .

Essa pequena diferença de massa entre as moléculas de água é suficiente para alterar a sua pressão de vapor. Por esse motivo, a análise de isótopos de oxigênio na água da chuva possibilita a identificação de períodos secos e de períodos chuvosos.

A figura ilustra a mudança na constituição isotópica da água da chuva ao longo do tempo como resultado da diferença na pressão de vapor.

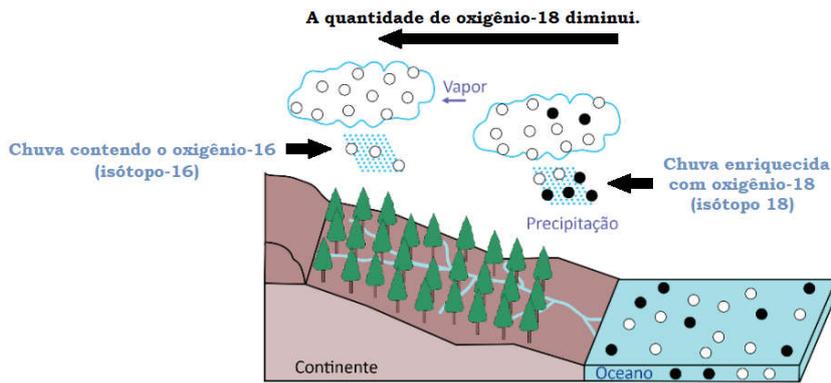


Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.

- (A) Em períodos de alta pluviosidade, as primeiras precipitações da nuvem são isotopicamente mais leves e a nuvem de chuva se enriquece, relativamente, em ^{18}O .
- (B) Em períodos de baixa pluviosidade, a constituição isotópica das nuvens pouco se altera ao longo do tempo, e a pouca chuva dessas nuvens é relativamente enriquecida em ^{18}O .
- (C) No período atual, em função do aquecimento global, as temperaturas elevadas fazem com que o fracionamento isotópico de ^{16}O e ^{18}O resultante da evaporação e da precipitação da água não ocorra.
- (D) Em períodos glaciais, em função da maior temperatura do planeta, as chuvas são enriquecidas em ^{18}O , enquanto, nos oceanos, a água é enriquecida em ^{16}O .
- (E) Em períodos interglaciais, em função da menor temperatura do planeta, as chuvas são enriquecidas em ^{16}O , enquanto, nos oceanos, a água é enriquecida em ^{18}O .

Resolução: alternativa B.

Análise da figura:



A pressão de vapor da água contendo o isótopo-16 (menor massa) é maior do que a da água contendo o isótopo-18 (menor massa).

(A) Incorreta. Em períodos de alta pluviosidade, as primeiras precipitações da nuvem são isotopicamente mais pesadas e a nuvem de chuva se empobrece, relativamente, em ^{18}O .

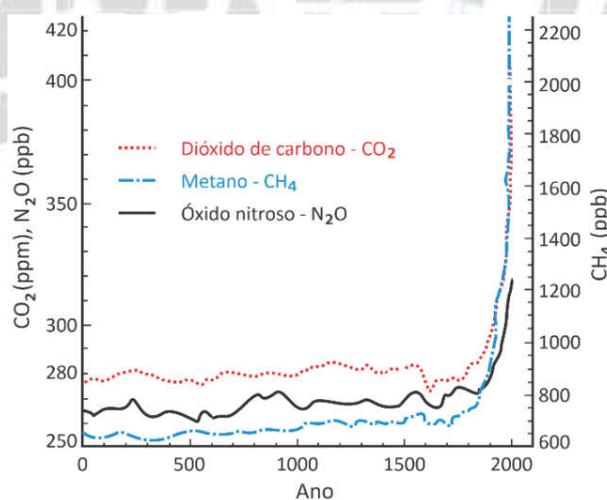
(B) Correta. Em períodos de baixa pluviosidade, a constituição isotópica das nuvens pouco se altera ao longo do tempo, e a pouca chuva dessas nuvens é relativamente enriquecida em ^{18}O .

(C) Incorreta. Atualmente, o fracionamento isotópico de ^{16}O e ^{18}O resultante da evaporação e da precipitação da água ocorre devido ao processo de evaporação independentemente do aquecimento da atmosfera.

(D) Incorreta. Em períodos glaciais, em função da menor temperatura do planeta, as chuvas são enriquecidas em ^{16}O (água com maior pressão de vapor), enquanto, nos oceanos, a água é enriquecida em ^{18}O (água com menor pressão de vapor).

(E) Incorreta. Nos períodos interglaciais a temperatura é maior do que nos períodos glaciais.

11.



IPCC 4th Report Main Findings. Disponível em: <https://www.inforse.org/>. Adaptado.

O gráfico apresentado mostra as concentrações atmosféricas dos principais gases de efeito estufa até o ano 2000, sendo eles: CO_2 , quantificado em partes por milhão (ppm), N_2O e CH_4 , ambos quantificados em partes por bilhão (ppb). Em junho de 2022, a Administração Nacional

Oceânica e Atmosférica (NOAA) reportou que, naquela data, os níveis de CO_2 na atmosfera encontravam-se em torno de 420 ppm. Esse valor é muito superior à concentração média de aproximadamente 280 ppm, existente antes da Revolução Industrial. Com base nessas informações e em seus conhecimentos, é correto afirmar:

- A) Apesar do grande aumento nas quantidades dos três principais gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, seus níveis passaram a estabilizar por volta do ano 2000.
- B) A mecanização resultante da Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, causou grandes mudanças nos meios de produção, com a utilização de energias renováveis.
- C) O plantio de árvores em grande escala acentua o aquecimento global, devido à liberação de gases do efeito estufa na atmosfera.
- D) O aquecimento global é um fenômeno recente, já que a Terra teve um clima com temperaturas constantes durante sua existência.
- E) O efeito estufa é um fenômeno intensificado a partir da Revolução Industrial, devido às atividades humanas emissoras de CO_2 , que contribuem para o aquecimento global.

Resolução: alternativa E.

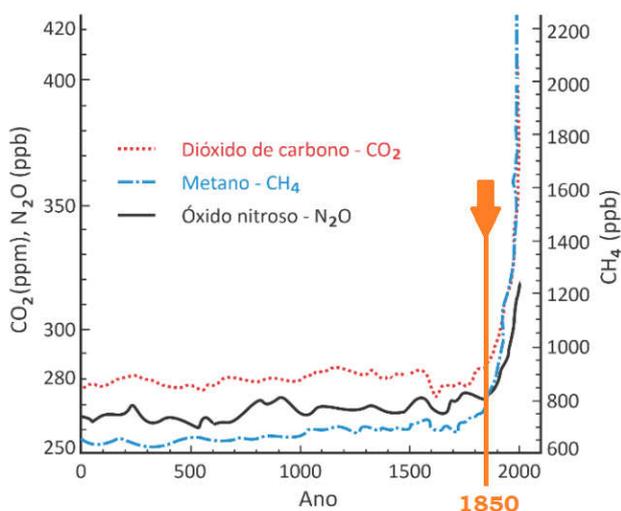
(A) Incorreta. O gráfico vai até 2000, por isso, não permite inferir o que ocorre depois desta data para fazer a comparação e saber se estabilizou.

(B) Incorreta. A mecanização resultante da Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, causou grandes mudanças nos meios de produção, com a utilização de energias não renováveis, como o carvão utilizado na siderurgia.

(C) Incorreta. O plantio de árvores em grande escala colabora para o processo de fotossíntese.

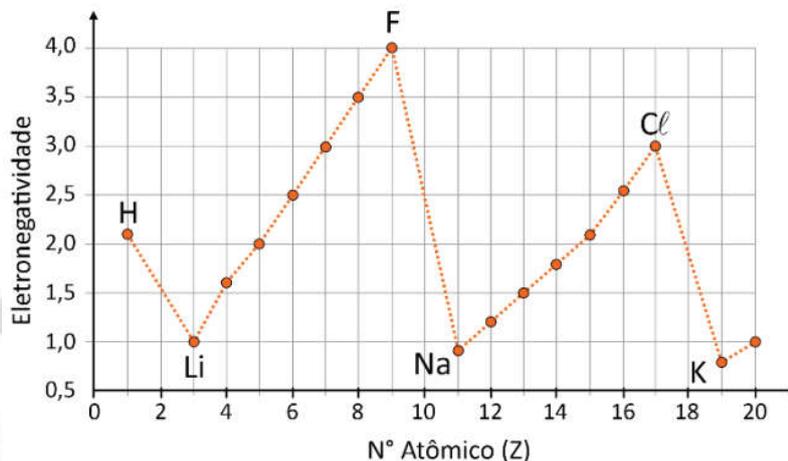
(D) Incorreta. O aquecimento global ocorre há bilhões de anos. A atmosfera é retida pela gravidade do planeta e os gases presentes absorvem radiação solar sofrendo elevação de temperatura.

(E) Correta. De acordo com o gráfico, o efeito estufa seria um fenômeno intensificado a partir da ascensão na representação das “curvas”. Isto ocorre a partir de 1850.



12. Um tema de grande interesse na química é a ativação seletiva de ligações C-H. Essa ativação permite a substituição de H nessas ligações por outros átomos, como O ou N. A relevância desse tema pode ser verificada em um estudo recentemente publicado no prestigioso periódico *Science*, que conta com uma egressa da USP dentre seus autores.

A baixa diferença de eletronegatividade entre C e H é um dos motivos que dificulta a ativação da ligação C-H, pois torna a ligação pouco polar e diminui sua reatividade.



Considerando apenas a eletronegatividade, representada no gráfico, qual das alternativas apresenta uma ligação ainda menos reativa do que a ligação C-H?

- (A) C-N (B) C-F (C) S-O (D) P-H (E) P-Cl

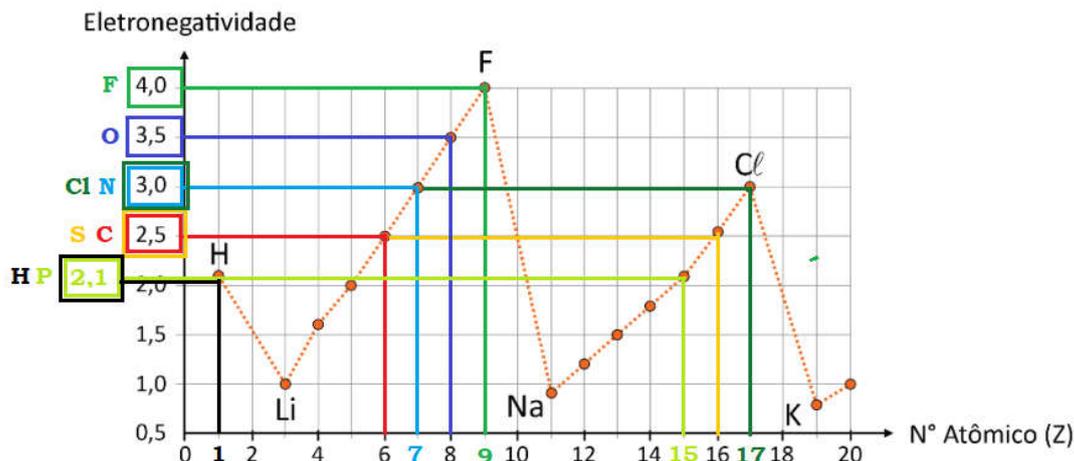
Note e adote:

Número atômico (Z) dos elementos: H = 1, C = 6, N = 7, O = 8, F = 9, P = 15, S = 16, Cl = 17.

Resolução: alternativa D.

De acordo com o texto, a baixa diferença de eletronegatividade entre C e H é um dos motivos que dificulta a ativação da ligação C-H, pois torna a ligação pouco polar e diminui sua reatividade. Logo, deve-se procurar uma ligação entre átomos que apresentem uma diferença de eletronegatividade menor do que C-H.

Utilizando os valores de eletronegatividade fornecidos no gráfico, vem:



$$\Delta(C - H) = 2,5 - 2,1 = 0,4$$

$$(A) \Delta(C - N) = |2,5 - 3,0| = 0,5$$

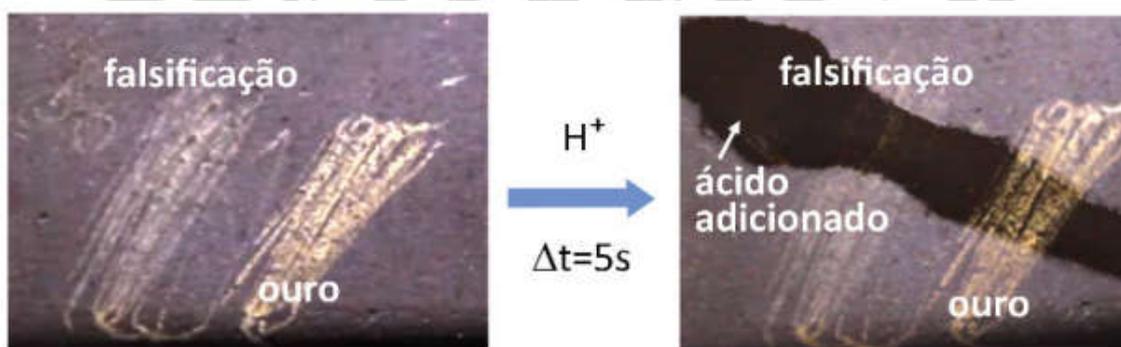
$$(B) \Delta(C - F) = |2,5 - 4,0| = 1,5$$

$$(C) \Delta(S - O) = |2,5 - 3,0| = 0,5$$

$$(D) \Delta(P - H) = 2,1 - 2,1 = 0,0 \Rightarrow \Delta(P - H) < \Delta(C - H)$$

$$(E) \Delta(P - C) = |2,1 - 2,5| = 0,4$$

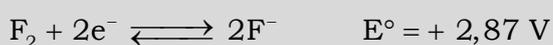
13. No processo de compra e venda de artigos de ouro, é comum testar os objetos para verificar se eles realmente são feitos de ouro ou se são alguma falsificação feita com metais menos nobres. Esse teste pode ser feito adicionando um pequeno volume de ácido forte concentrado às raspas do objeto a ser testado, conforme figura a seguir. Caso o objeto seja feito com ouro, as raspas permanecem visíveis, enquanto as raspas de falsificações são dissolvidas.



Considerando apenas o potencial de redução padrão, qual das alternativas apresenta um material que poderia gerar um falso positivo para o objeto de ouro no teste descrito?

- (A) Mg
- (B) Al
- (C) Fe
- (D) Pt
- (E) F₂

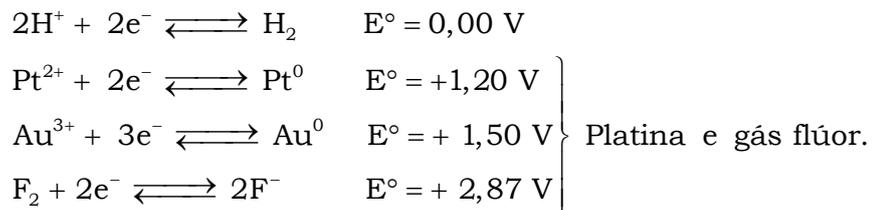
Note e adote :



Resolução: alternativa D.

Para um material gerar um falso positivo ele deve ter potencial de redução maior do que o hidrogênio, assim como o ouro. Ou seja, deve sofrer redução na presença do ácido forte.

De acordo com a tabela, vem:

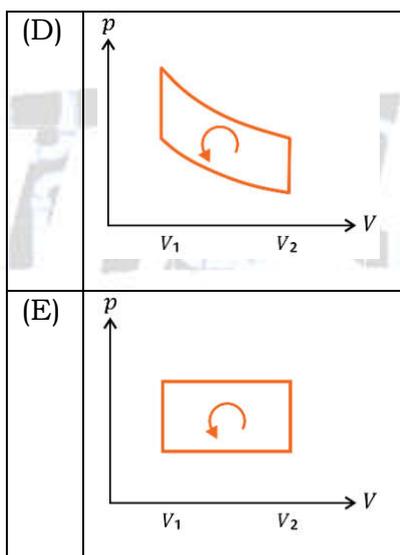
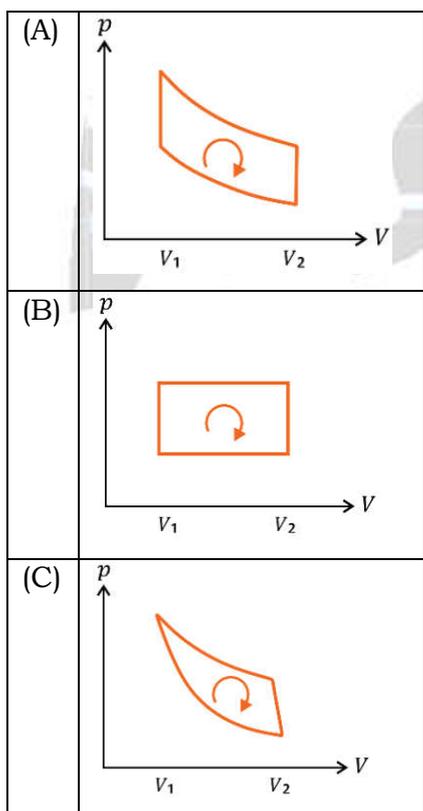


Como o gás flúor não pode formar o objeto metálico a ser analisado, que é sólido, resta a platina como opção.

14. Um protótipo de máquina térmica caseira baseia-se num motor de quatro etapas e pode ser construído com o auxílio de uma bomba de bicicleta, uma pequena câmara de pneu e um aquecedor térmico. Na primeira etapa, o gás da câmara de pneu é comprimido adiabaticamente. Na segunda etapa, o gás é aquecido isovolumetricamente. Na terceira etapa, o gás sofre uma expansão adiabática e, finalmente, na quarta etapa, um resfriamento isovolumétrico.

Assinale a alternativa que melhor representa o diagrama correspondente a essa máquina térmica no plano pressão (P) × volume (V).

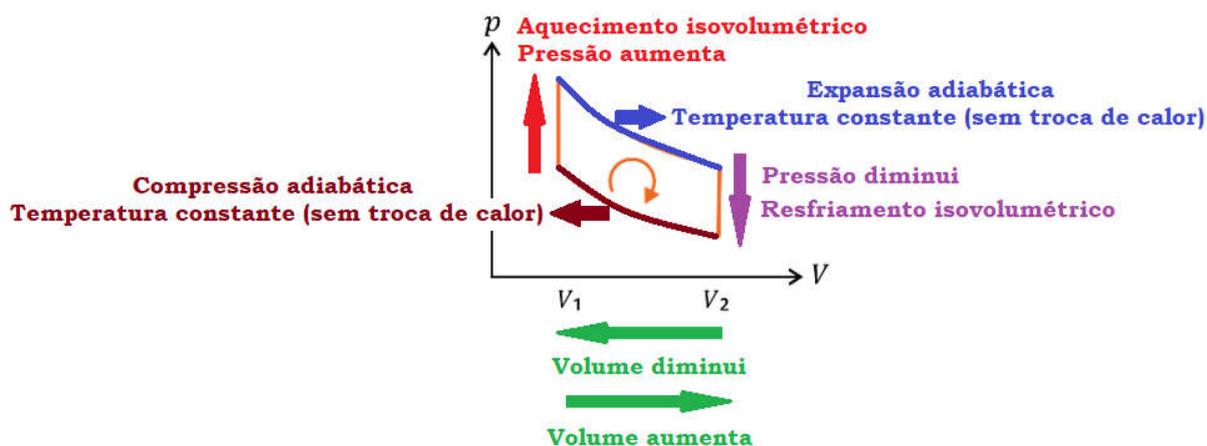
Note e adote:
Despreze efeitos de dilatação ou contração da câmara do pneu.



Resolução: alternativa A.

- Na primeira etapa, o gás da câmara de pneu é comprimido adiabaticamente, ou seja, sem troca de calor: o volume diminui e a pressão aumenta.
- Na segunda etapa, o gás é aquecido isovolumetricamente, ou seja, a volume constante: a temperatura aumenta e o volume aumenta.
- Na terceira etapa, o gás sofre uma expansão adiabática (sem troca de calor): o volume aumenta e a pressão diminui.
- Na quarta etapa, ocorre um resfriamento isovolumétrico (volume constante): a temperatura diminui e a pressão diminui.

Diagrama correspondente a essa máquina térmica no plano pressão (P) × volume (V):



15. Apesar de a África ser considerada o berço das civilizações e existirem indícios de conhecimentos elementares de Química no sul do continente cerca de 100.000 anos atrás, os conhecimentos químicos ensinados são eurocentristas. Entretanto, uma das grandes contribuições para o estudo de reatividade química é atribuída ao químico egípcio Ahmed Hassan Zewail, agraciado com o prêmio Nobel em 1999 por seus estudos de reações químicas usando uma técnica conhecida como espectroscopia de femtossegundos. Essa técnica possibilita identificar espécies com tempo de vida curto utilizando pulsos de *laser* com duração de 10^{-15} s.

Essa contribuição é relevante para o estudo de reações químicas, pois

- todos os processos químicos são extremamente rápidos e não podem ser estudados por técnicas que não sejam em femtossegundos.
- as reações químicas podem passar por espécies instáveis e com pouco tempo de vida.
- o tempo existente para analisar os produtos de uma reação depende apenas da quantidade de produtos formada.
- permite entender como reagentes específicos se comportam frente a processos reacionais que são extremamente lentos.
- apenas com uma técnica tão rápida é possível analisar o grau de pureza dos reagentes isolados.

Resolução: alternativa B.

$$10^{-15} \text{ s} = \frac{1}{1.000.000.000.000.000} \text{ s} \text{ (tempo muito "curto")}$$

De acordo com o texto do enunciado, essa técnica possibilita identificar espécies com tempo de vida curto, ou seja, espécies instáveis, que se decompõem rapidamente (com pouco tempo de vida).

Segunda fase

Questão 1. O ácido fosfórico (H_3PO_4) é um importante produto químico usado na produção de fertilizantes, detergentes e na indústria alimentícia. A produção de H_3PO_4 pode ocorrer por dois processos distintos. No processo úmido, faz-se reagir rocha fosfática ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) com ácido sulfúrico. Outra opção é oxidar o fósforo elementar (P_4) com oxigênio gasoso para formar o P_4O_{10} e, em seguida, reagir essa espécie com água formando o ácido fosfórico.

a) Considerando $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ e P_4O_{10} , qual das duas espécies possui o maior teor de P em massa? Justifique a sua resposta mostrando os cálculos.

b) Apresente, na tabela da folha de repostas, a equação da reação global balanceada para a produção de ácido fosfórico a partir do P_4 e o número de oxidação do fósforo no reagente e no produto.

Tabela da folha de repostas:

| | |
|--------------------------------------|---|
| Equação química: | |
| N _{ox} do P no P_4 | N _{ox} do P no H_3PO_4 |
| | |

c) Um volume de 10 mL de um refrigerante previamente desgasificado foi adicionado em um balão volumétrico de 50 mL, que foi completado com água destilada. Essa solução foi analisada e obteve-se uma concentração de 0,2 g/L de ácido fosfórico. Considerando que o valor máximo de ácido fosfórico permitido em refrigerantes é de 0,07 g para cada 100 mL, a concentração de ácido fosfórico nesse refrigerante encontra-se dentro do limite permitido pela legislação? Justifique a sua resposta mostrando os cálculos.

Note e adote:

Massas molares (g/mol): $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} = 504$; $\text{P}_4\text{O}_{10} = 284$; $\text{P} = 31$

Resolução:

a) Espécie que possui o maior teor de P (fósforo) em massa: P_4O_{10} .

$$Ca_5(PO_4)_3F = 504; P = 31$$

$$504 \text{ ——— } 100\%$$

$$3 \times 31 \text{ ——— } p$$

$$p = \frac{3 \times 31 \times 100\%}{504} = 18,45\%$$

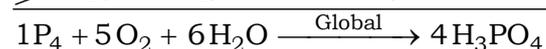
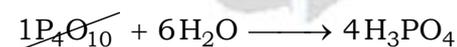
$$P_4O_{10} = 284; P = 31$$

$$284 \text{ ——— } 100\%$$

$$4 \times 31 \text{ ——— } p'$$

$$p' = \frac{4 \times 31 \times 100\%}{284} = 43,66\% \text{ (maior porcentagem em massa)}$$

b) De acordo com o texto, deve-se oxidar o fósforo elementar (P_4) com oxigênio gasoso (O_2) para formar o P_4O_{10} e, em seguida, reagir essa espécie com água (H_2O) formando o ácido fosfórico (H_3PO_4).



$$\text{Nox(P) no } P_4 = 0$$

$$\text{Nox(P) no } H_3PO_4 = +5$$

Tabela da folha de respostas preenchida:

| | |
|--|-----------------------|
| Equação química: | |
| $1P_4 + 5O_2 + 6H_2O \longrightarrow 4H_3PO_4$ | |
| Nox do P no P_4 | Nox do P no H_3PO_4 |
| 0 (zero) | +5 |

c) A concentração de ácido fosfórico (H_3PO_4) nesse refrigerante encontra-se acima do limite permitido pela legislação, ou seja, não se encontra dentro do limite permitido pela legislação.

$$V_{\text{balão preenchido}} = 50 \text{ mL} ; V_{H_3PO_4} = 10 \text{ mL}$$

$$C_{\text{final}} = 0,2 \text{ g} \cdot L^{-1}$$

$$C_{\text{inicial}} \times V_{\text{H}_3\text{PO}_4} = C_{\text{final}} \times V_{\text{balão preenchido}}$$

$$C_{\text{inicial}} \times 10 \text{ mL} = 0,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 50 \text{ mL}$$

$$C_{\text{inicial}} = \frac{0,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} \Rightarrow C_{\text{inicial}} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$C_{\text{permitida}} : 0,07 \text{ g para cada } 100 \text{ mL (0,1 L)}$$

$$C_{\text{permitida}} = \frac{0,07 \text{ g}}{0,1 \text{ L}} \Rightarrow C_{\text{permitida}} = 0,7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

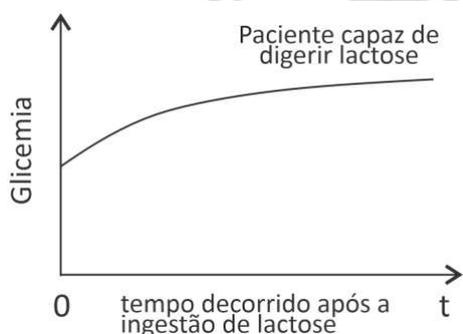
$$1,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} > \underbrace{0,7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}_{\text{Valor permitido}}$$

Questão 2. A intolerância à lactose é uma condição causada pela incapacidade de digerir a lactose, que é o açúcar do leite. Essa condição impede a quebra da lactose em dois monossacarídeos – os isômeros glicose e galactose.

Para verificar essa condição, pode-se administrar lactose ao paciente e acompanhar a concentração de glicose no seu sangue (glicemia) ao longo do tempo.

a) Na folha de respostas, é apresentada uma curva que representa a glicemia ao longo do tempo de um paciente capaz de digerir a lactose. Esboce, na mesma figura, a curva esperada em um exame positivo para intolerância à lactose, partindo-se da mesma glicemia inicial.

Curva representada na folha de repostas:



Produtos chamados “zero lactose” são tratados com lactase na sua produção. A lactase é a enzima que transforma lactose em glicose e galactose de forma a mitigar o efeito da lactose no organismo. A seguir, são apresentadas tabelas nutricionais para o mesmo leite, nas versões “não tratado” e “tratado apenas com lactase”.

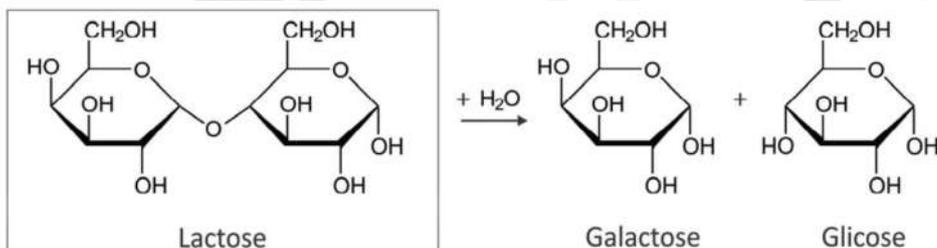
| Leite não tratado com lactase | |
|-------------------------------|-------|
| Proteínas | 2,9 g |
| Glicose | 0,3 g |
| Galactose | 0,1 g |
| Gorduras totais | 3,0 g |
| Gorduras saturadas | 2,0 g |
| Gorduras trans | 0 g |

| Leite tratado com lactase (“zero lactose”) | |
|--|---------------|
| Proteínas | 2,9 g |
| Glicose | Não informado |
| Galactose | 2,1 g |
| Gorduras totais | 3,0 g |
| Gorduras saturadas | 2,0 g |
| Gorduras trans | 0 g |

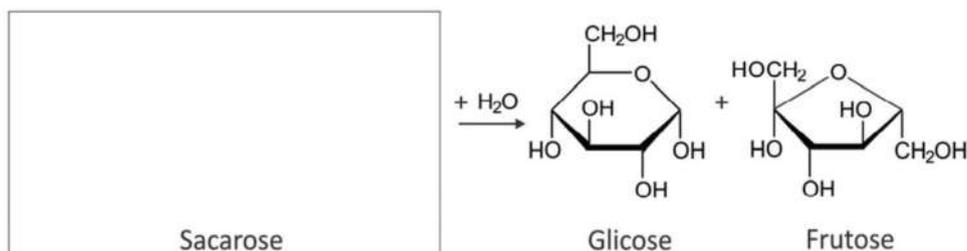
Valores para uma porção de 100 mL.

b) Qual massa de glicose, em gramas, deveria ser informada na tabela nutricional do leite “zero lactose”? Justifique a sua resposta.

c) A quebra da lactose em galactose e glicose, ilustrada a seguir (I), ocorre de forma semelhante à quebra da sacarose, que produz glicose e frutose (II). Considerando o esquema, complete, no espaço reservado na folha de respostas, a estrutura da sacarose.

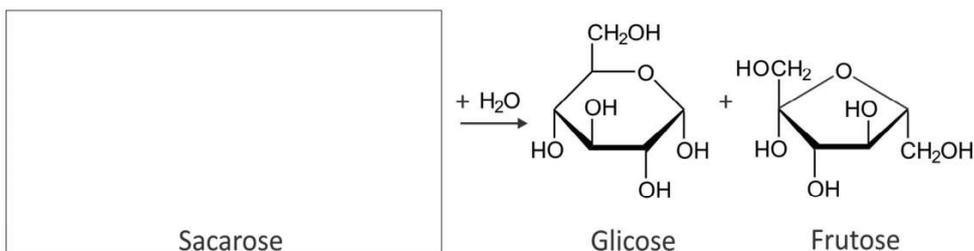


(I)



(II)

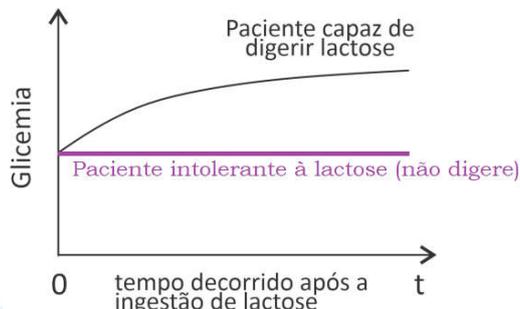
Espaço reservado na folha de respostas:



Resolução:

a) A lactose não é digerida num paciente com intolerância a este açúcar, ou seja, não se transforma em galactose e glicose. Consequentemente, não ocorre aumento da concentração de glicose (glicemia) que deve permanecer constante (uma linha reta paralela ao tempo).

Esboço da curva esperada em um exame positivo para intolerância à lactose, partindo-se da mesma glicemia inicial:



b) Massa de glicose, em gramas, que deveria ser informada na tabela nutricional do leite “zero lactose”: 2,3 g.

Como, nos casos analisados, a diferença entre a massa de Glicose e a massa de Galactose é a mesma, vem:

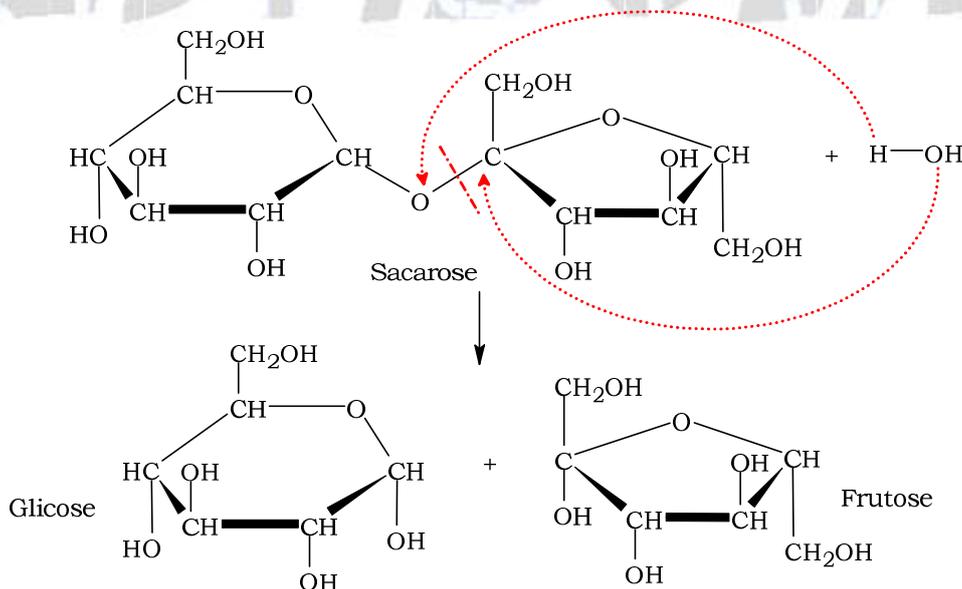
| Leite não tratado com lactase | |
|-------------------------------|---------------------|
| Glicose | 0,3 g |
| Galactose | 0,1 g |
| Glicose - Galactose | 0,3 - 0,1 g = 0,2 g |

| Leite tratado com lactase (“zero lactose”) | |
|--|--------------------|
| Glicose | Não informado (NF) |
| Galactose | 2,1 g |
| Glicose - Galactose | NF - 2,1 g = 0,2 g |

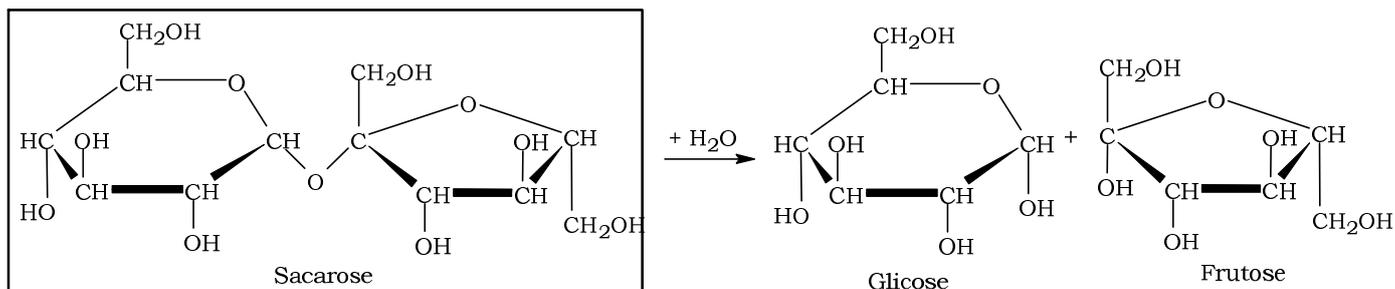
$$NF - 2,1 \text{ g} = 0,2 \text{ g}$$

$$NF = 0,2 \text{ g} + 2,1 \text{ g} = 2,3 \text{ g}$$

c) Considerando o esquema fornecido no enunciado da questão, vem:



Preenchimento do espaço reservado:



Questão 3.

A quantificação de compostos químicos, em geral, é feita de maneira experimental, empregando instrumentos, como balões volumétricos, que estão sujeitos a erros intrínsecos. A figura mostra um balão de 250 mL ao nível do menisco, com um desvio de 0,15 mL para mais ou para menos, em uma temperatura de 20 °C.



Com base nessa informação, responda:

- a) A 20°C, qual o desvio percentual do volume desse balão?
- b) Considere que o balão está em equilíbrio térmico a 20 °C em um laboratório com temperatura controlada e foi preenchido com 250 mL de uma solução 0,1 mol/L de NaCl a 10°C. Após o conjunto balão e solução atingirem novamente o equilíbrio térmico com o laboratório, a concentração da solução presente no balão será menor, maior ou igual a 0,1 mol / L? Justifique a sua resposta.
- c) Em outro balão volumétrico, com as mesmas especificações do balão mostrado na figura, foram adicionados 25 mL de uma solução de NaOH de concentração 0,1 mol/L. O balão foi completado com água até atingir o menisco. Qual a diferença de pH entre a solução inicial e a solução final? Justifique a sua resposta mostrando os cálculos.

Resolução:

a) Cálculo do desvio percentual do volume desse balão (20°C):

$$\text{Desvio \%} = \frac{0,15 \text{ mL}}{250 \text{ mL}} = 0,0006$$

$$\text{Desvio \%} = 0,06 \times 10^{-2}$$

$$\text{Desvio \%} = 0,06\%$$

b) A concentração da solução será menor do que 0,1 mol/L.

Inicialmente o balão está em equilíbrio térmico com o laboratório a 20 °C. Posteriormente o balão foi preenchido com uma solução a 10 °C, ou seja, que apresenta uma temperatura menor. Consequentemente ocorrerá transferência de energia e a solução absorverá calor do balão. Supõe-se, neste caso, que ocorrerá dilatação térmica da solução (aumento de volume).

$$C = \frac{m \text{ (constante)}}{V} \Rightarrow C \downarrow = \frac{m \text{ (constante)}}{V \uparrow}$$

c) Diferença de pH entre a solução inicial e a solução final: 1 (um).

$$V_{\text{inicial}} = 25 \text{ mL}; [\text{NaOH}]_{\text{inicial}} = [\text{OH}^-]_{\text{inicial}} = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$V_{\text{final}} = 250 \text{ mL}; [\text{NaOH}]_{\text{final}} = [\text{OH}^-]_{\text{final}} = ?$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{inicial}} \times V_{\text{inicial}} = [\text{OH}^-]_{\text{final}} \times V_{\text{final}}$$

$$10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25 \text{ mL} = [\text{OH}^-]_{\text{final}} \times 250 \text{ mL}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{final}} = \frac{10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25 \text{ mL}}{250 \text{ mL}} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{inicial}} = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

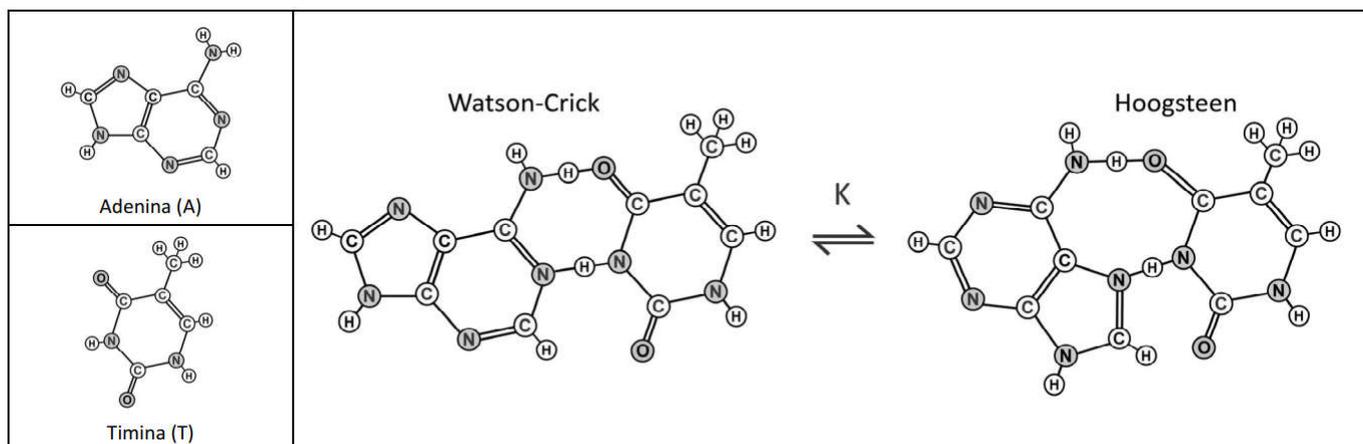
$$\text{pOH}_{\text{inicial}} = 1 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 1 = 13$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{final}} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{pOH}_{\text{final}} = 2 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 2 = 12$$

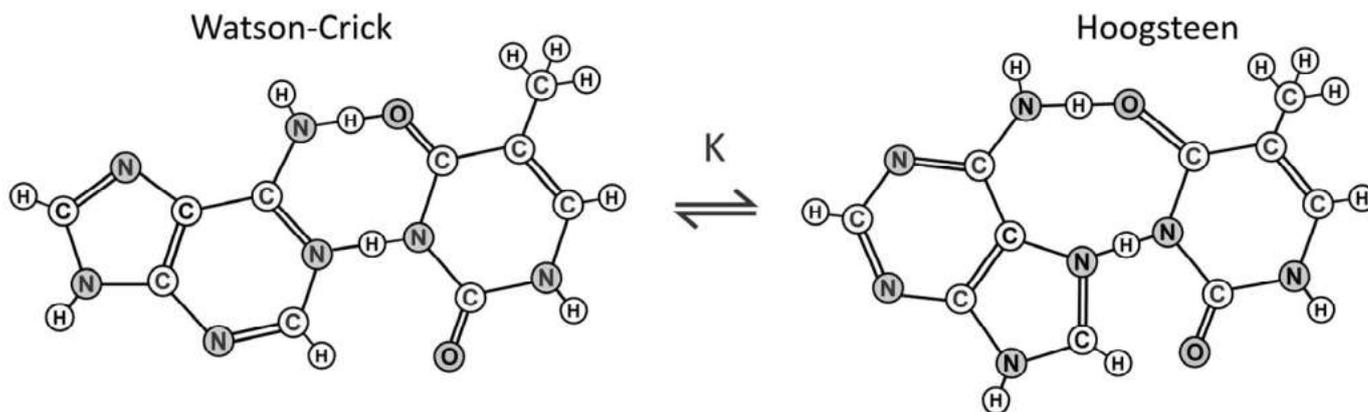
$$\Delta\text{pH} = |12 - 13| = 1$$

Questão 4. As interações entre as bases nitrogenadas do DNA são fundamentais para a manutenção da vida. Normalmente, essas interações ocorrem por ligações de hidrogênio, conforme proposto no modelo de Watson-Crick. Entretanto, existe também o modelo de Hoogsteen. A interação entre as bases adenina (A) e timina (T) para a formação do par A-T para ambos os modelos está representada a seguir:



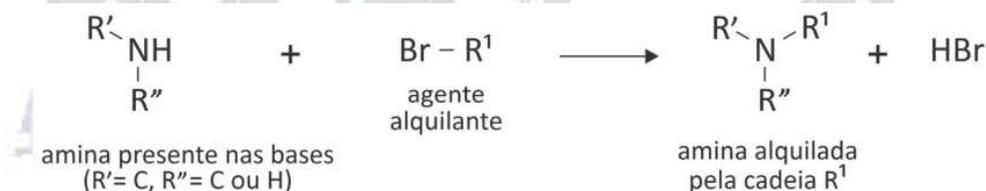
a) Nas estruturas representadas na folha de respostas, circule as interações que são responsáveis por manter essas bases pareadas.

Estruturas representadas na folha de respostas:



b) Considerando que esses dois tipos de pareamento estão em equilíbrio e que, comumente, o pareamento de Watson-Crick é predominante, a constante de equilíbrio K do processo representado é menor, maior ou igual a 1? Justifique a sua resposta.

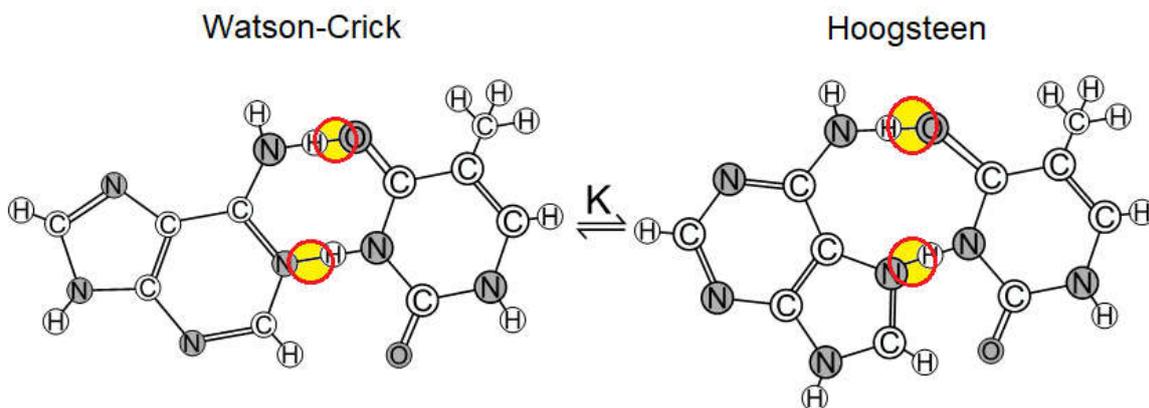
O mecanismo de funcionamento de alguns fármacos para combate ao câncer, como os agentes alquilantes, depende da inserção de um grupo alquila nas bases de DNA, conforme representado esquematicamente a seguir para grupamentos amina das bases nitrogenadas.



c) A molécula de adenina consumiria mais, menos ou a mesma quantidade de agente alquilante do que a timina consumiria para bloquear todos os seus grupos suscetíveis à reação de alquilação ilustrada? Considere um rendimento de 100% e justifique a sua resposta com base nas diferenças estruturais entre as moléculas.

Resolução:

a) As interações responsáveis por manter essas bases pareadas são as ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio; $\text{-H} \cdots \text{O} = \text{C}$ e $\text{N} \cdots \text{H} - \text{N}$):



b) Considerando que os dois tipos de pareamento estão em equilíbrio e que, comumente, o pareamento de Watson-Crick é predominante, a constante de equilíbrio K (T constante) do processo representado é menor 1, pois a concentração do pareamento de Watson-Crick será maior.

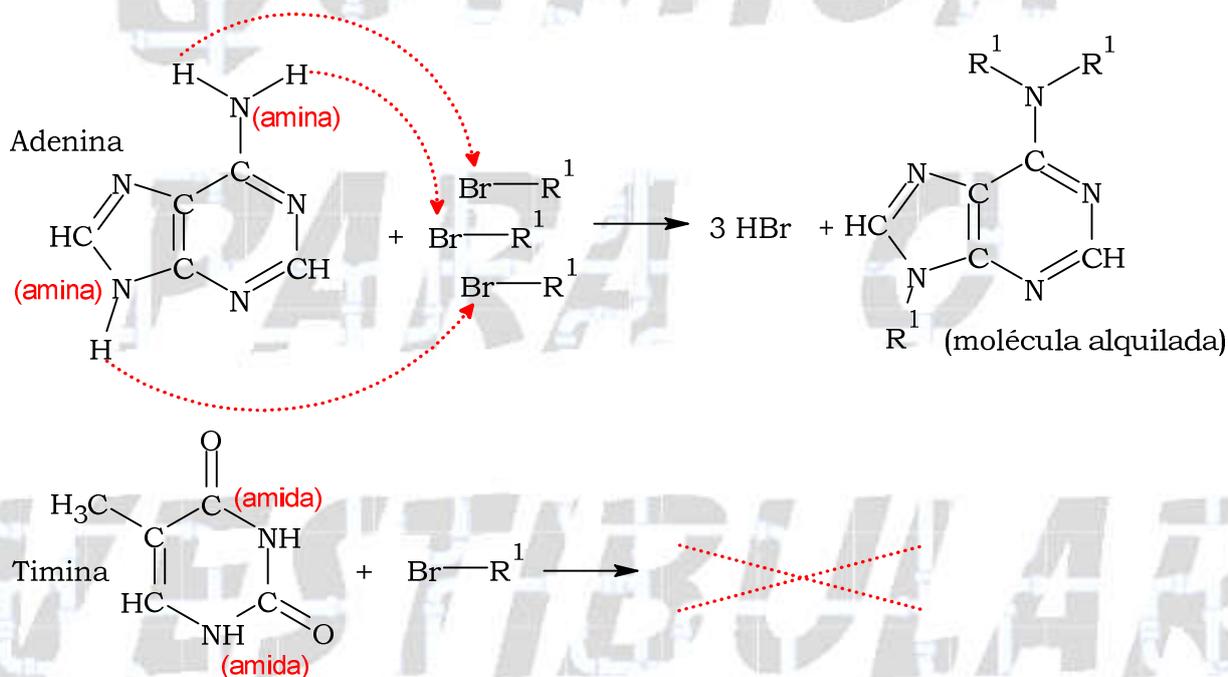
Watson – Crick \rightleftharpoons Hoogsteen

$$K = \frac{[\text{Hoogsteen}]}{[\text{Watson – Crick}]}$$

$[\text{Watson – Crick}] > [\text{Hoogsteen}]$

$$K = \frac{[\text{Hoogsteen}]}{[\text{Watson – Crick}]} \Rightarrow K < 1$$

c) A molécula de Adenina consumiria maior (mais) quantidade de agente alquilante ($\text{Br}-\text{R}^1$) do que a Timina para bloquear todos os seus grupos suscetíveis à reação de alquilação ilustrada. Pois, a Adenina possui três grupos N-H do tipo amina (conforme a representação do enunciado), já a Timina possui grupos associados à função amida e não possui grupos do tipo amina.



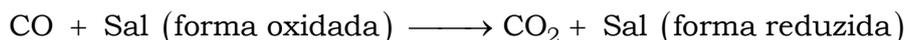
Questão 5. O motor de um automóvel produz monóxido de carbono (CO) à taxa de, aproximadamente, 200 g de CO por hora. O CO é tóxico pois compete com o O_2 para se ligar à hemoglobina (Hb), formando HbCO , que impede o transporte de oxigênio pela oxi-hemoglobina (HbO_2). Por esse motivo, em alguns países, é comum a instalação de sensores para a detecção de CO em garagens fechadas. Cabe destacar que esse gás não reage com o O_2 atmosférico em condições normais,



de modo que o CO pode se acumular e atingir concentrações letais.

a) Explique, com base no equilíbrio $\text{HbCO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2 + \text{CO}$, por que o tratamento para intoxicação por CO é administrar oxigênio em alta concentração aos pacientes.

b) Uma forma de detectar CO é pelo uso de um sensor colorimétrico. Quando exposto ao CO, um dos sais presentes no sensor sofre redução, mudando de cor, enquanto o CO é oxidado a CO_2 , conforme representado a seguir:

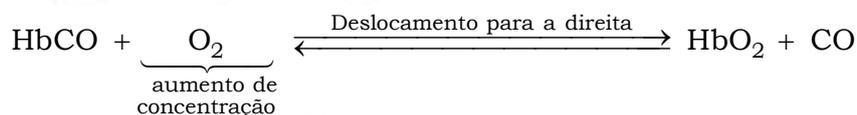


Com base no processo descrito e na reação apresentada, é correto afirmar que o sal atua como catalisador da reação de oxidação do CO a CO_2 ? Justifique a sua resposta.

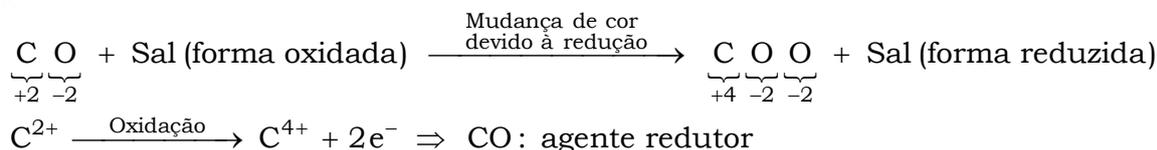
c) Suponha que um carro foi deixado ligado em uma garagem com 6,0 m de comprimento, 4,0 m de largura e 2,0 m de altura, sem ventilação. Quantas horas levaria para a produção de CO atingir a concentração tóxica de 10 mg/L? Justifique a sua resposta mostrando os cálculos.

Resolução:

a) O tratamento para intoxicação por CO é administrar oxigênio (O_2) em alta concentração aos pacientes, pois o equilíbrio citado neste item é deslocado para a direita. Consequentemente, o gás oxigênio passa a ser transportado na forma de oxi-hemoglobina (HbO_2).



b) É incorreto afirmar que o sal atua como catalisador da reação de oxidação do CO a CO_2 . Ou seja, o sal não aumenta a velocidade da reação. Na verdade, o sal atua como agente oxidante, já que o CO atua como agente redutor.



c) Levaria 2,4 h para a produção de CO atingir a concentração tóxica de 10 mg/L.

O carro foi deixado ligado em uma garagem com 6,0 m de comprimento, 4,0 m de largura e 2,0 m de altura. Com estas informações calcula-se o volume da garagem.

$$V_{\text{garagem}} = \text{comprimento} \times \text{largura} \times \text{altura}$$

$$V_{\text{garagem}} = 6,0 \text{ m} \times 4,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m} = 48 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L} \Rightarrow V_{\text{garagem}} = 48 \times 10^3 \text{ L}$$

$$\text{Concentração tóxica (CO)} = 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} = 10 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$10^{-2} \text{ g} \text{ ——— } 1 \text{ L}$$

$$m_{\text{CO}} \text{ ——— } 48 \times 10^3 \text{ L}$$

$$m_{\text{CO}} = \frac{10^{-2} \text{ g} \times 48 \times 10^3 \text{ L}}{1 \text{ L}}$$

$$m_{\text{CO}} = 480 \text{ g}$$

De acordo com o texto, o motor de um automóvel produz monóxido de carbono (CO) à taxa de, aproximadamente, 200 g de CO por hora, então:

$$1 \text{ h} \text{ ——— } 200 \text{ g}$$

$$t \text{ ——— } 480 \text{ g}$$

$$t = \frac{1 \text{ h} \times 480 \text{ g}}{200 \text{ g}} \Rightarrow t = 2,4 \text{ h}$$

Questão 6. Alguns minerais alcalinos, quando em contato com soluções ácidas, sofrem intemperismo, como representado a seguir:

| Mineral | Ponto de Fusão/°C | Reação com solução ácida |
|---|-------------------|---|
| Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) | 1550 | $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{s}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4(\text{s})$ |
| Olivina (FeMgSiO_4) | 1200 | $\text{FeMgSiO}_4(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_4\text{SiO}_4(\text{s})$ |
| Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) | 1100 | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) + 9/2\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + 2\text{H}_4\text{SiO}_4(\text{s}) + 1/2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4(\text{s})$ |

Com base nas informações sobre os minerais descritas na tabela, responda às questões:

a) A propensão ao intemperismo desses minerais por soluções ácidas é regida pela razão Si:O, sendo que, quanto menor a razão, maior a propensão ao intemperismo. Considerando a razão Si:O dos minerais e a estequiometria das reações, qual dos minerais apresentados teria maior capacidade de neutralizar uma mesma quantidade de chuva ácida?

b) A queima de combustíveis fósseis e consequente emissão de CO_2 na atmosfera tem resultado na acidificação dos oceanos, pois o CO_2 atmosférico governa o equilíbrio do carbonato na água do mar, conforme a reação $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$.

Seria possível remover CO_2 da atmosfera dispersando grandes quantidades de minerais alcalinos no oceano? Explique sua resposta com base nos equilíbrios químicos das reações.

c) Esses minerais são considerados rochas ígneas, ou seja, são o resultado do resfriamento e solidificação do magma. A formação de cada mineral ocorre por um processo de separação chamado de cristalização fracionada. Considerando o ponto de fusão de cada mineral, apresente a ordem de cristalização dos minerais com o resfriamento do magma. Justifique a sua resposta.

Resolução:

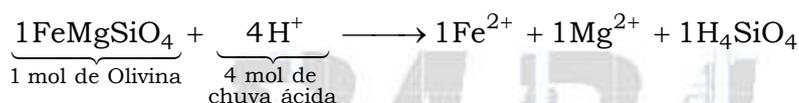
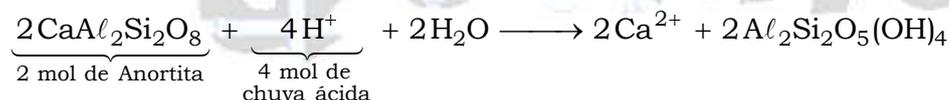
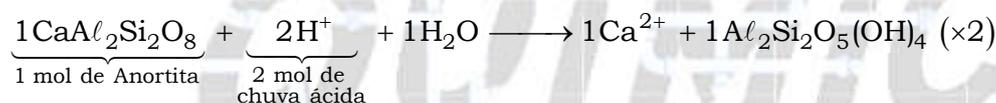
a) O mineral Olivina (FeMgSiO_4) teria maior capacidade de neutralizar uma mesma quantidade de chuva ácida.

De acordo com o texto, quanto menor a razão Si:O, maior a propensão ao intemperismo.

| Mineral | Proporção Si:O |
|---|---|
| Anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) | $(2 \div 2) : (8 \div 2) \Rightarrow 1 : 4$ |
| Olivina (FeMgSiO_4) | $(1 \div 1) : (4 \div 1) \Rightarrow 1 : 4$ |
| Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) | $(3 \div 2) : (8 \div 2) \Rightarrow 1,5 : 4$ |

Anortita e Olivina tem a menor razão Si:O (1:4).

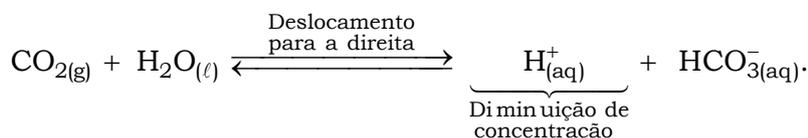
De acordo com a tabela:



Conclusão: 1 mol de Olivina neutraliza a mesma quantidade (4 mol de íons H^+) que 2 mol de Anortita.

b) Sim, teoricamente seria possível remover CO_2 da atmosfera dispersando grandes quantidades de minerais alcalinos no oceano. Porém, na prática existem complicações não aplicadas à questão.

De acordo com o princípio de Le Chatelier, a dispersão de grandes quantidades de minerais alcalinos (básicos) deslocaria o equilíbrio representado no item para a direita. Pois, ocorreria o consumo dos cátions H^+ .



Consequentemente, o CO_2 seria consumido neste processo.

c) Partindo-se do magma (rocha “derretida”), onde as temperaturas são extremamente elevadas. Conforme a temperatura vai diminuindo, os minerais vão cristalizando. Este fenômeno ocorre das temperaturas mais elevadas para as menos elevadas.

