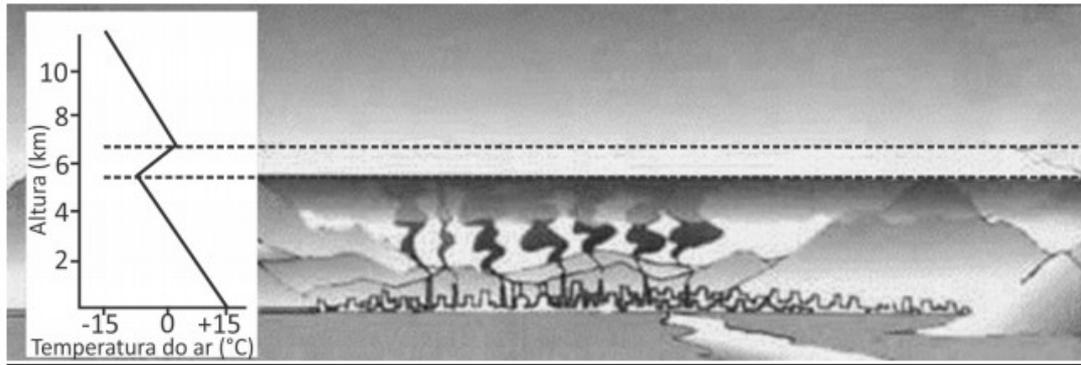


FUVEST 2019 – Primeira fase e Segunda fase

CONHECIMENTOS GERAIS

1. A curva de temperatura do ar ilustrada na figura caracteriza um fenômeno meteorológico que é mais frequente no outono e no inverno. Em ambientes urbanos com elevado número de indústrias e poluição veicular, esse fenômeno pode ocasionar quadros de elevadas concentrações de poluentes, provocando problemas à saúde da população e danos à fauna e à flora.



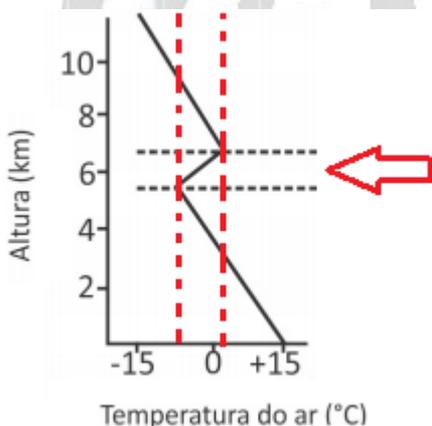
CETESB. <https://cetesb.sp.gov.br/qualidade-ar/>

O texto e a ilustração apresentados referem-se

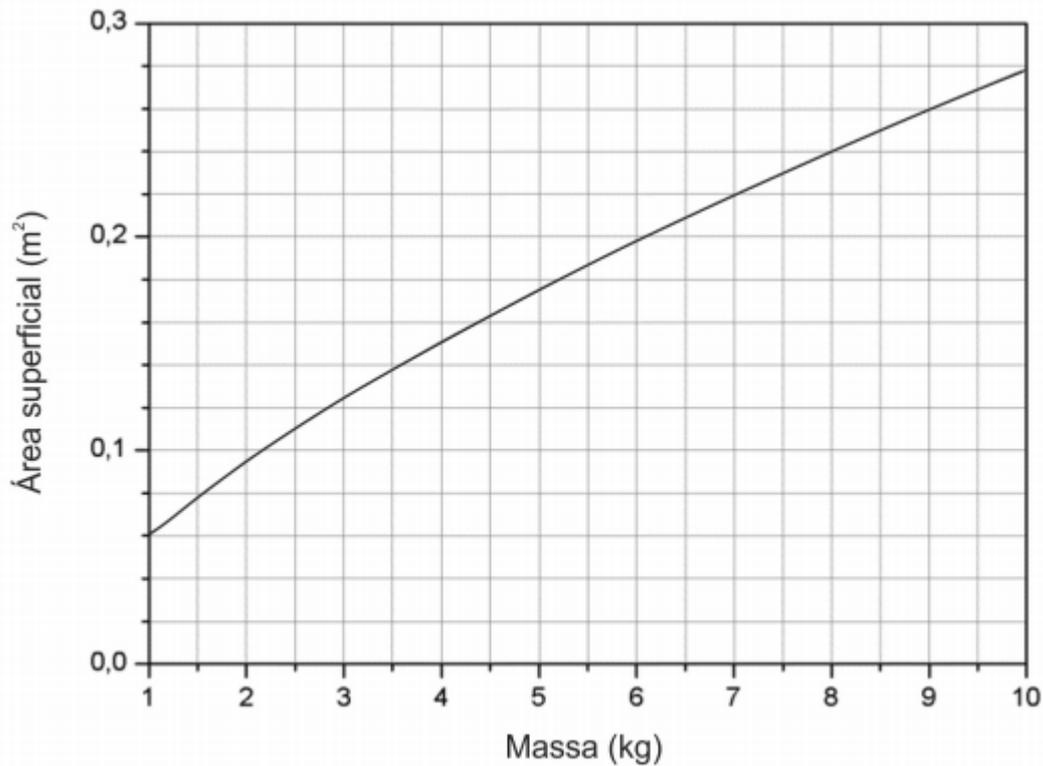
- a) à camada de ozônio.
- b) à inversão térmica.
- c) ao efeito estufa natural.
- d) à chuva ácida.
- e) ao *smog* fotoquímico.

Resolução: alternativa B.

O texto e a ilustração apresentados referem-se à inversão térmica que dificulta a dispersão dos poluentes.



2. O consumo calórico de um animal de sangue quente é proporcional à área superficial de seu corpo. Um animal com massa 3,5 kg consome 250 kcal diárias. O gráfico relaciona a área superficial desse animal com sua massa.

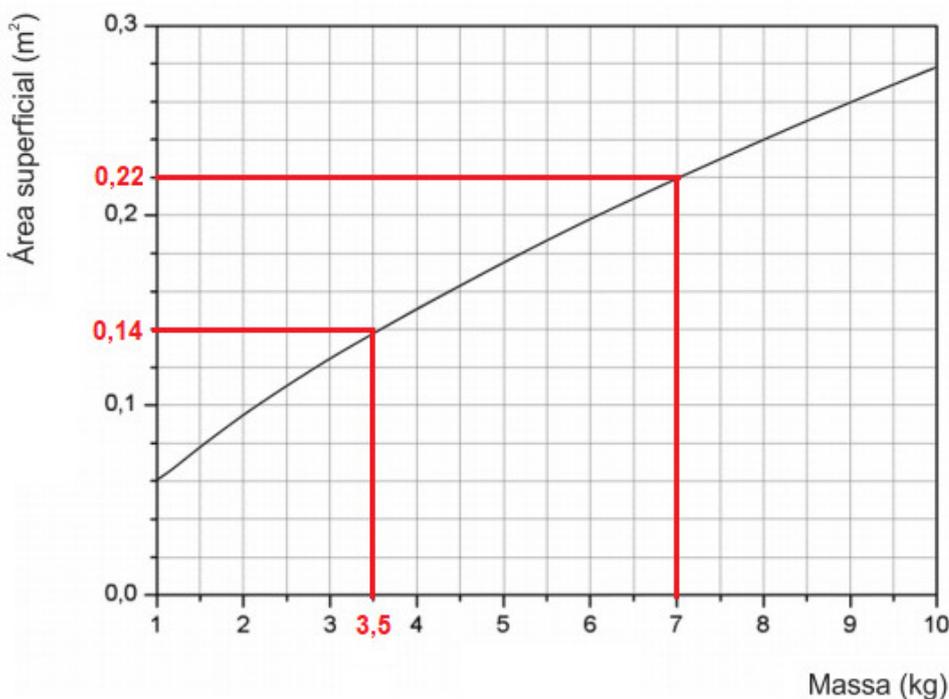


Considerando o gráfico, conclui-se que, se a massa deste animal dobrar, o seu novo consumo diário de energia, em kcal, será, aproximadamente,

- a) 130 b) 250 c) 310 d) 390 e) 500

Resolução: alternativa D.

A massa do animal é de 3,5 kg, dobrada equivale a 7,0 kg.



A área superficial correspondente à massa de 3,5 kg (que consome 250 kcal) será de 0,14 m² (vide gráfico).

A área superficial correspondente à massa de 7,0 kg (que consome E kcal) será de 0,22 m² (vide gráfico).

Comparando, vem:

$$\frac{0,22 \text{ m}^2}{0,14 \text{ m}^2} = \frac{E}{250 \text{ kcal}}$$

$$E = 250 \text{ kcal} \times \frac{0,22 \text{ m}^2}{0,14 \text{ m}^2}$$

$$E = 392,86 \text{ kcal} \approx 390 \text{ kcal}$$

3. Em uma garrafa térmica, são colocados 200 g de água à temperatura de 30 °C e uma pedra de gelo de 50 g, à temperatura de -10 °C. Após o equilíbrio térmico,

- todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 7 °C.
- todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 0,4 °C.
- todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 20 °C.
- nem todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 0 °C.
- o gelo não derreteu e a temperatura de equilíbrio é -2 °C.

Note e adote:

calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g;

calor específico do gelo = 0,5 cal/g °C;

calor específico da água = 1,0 cal/g °C.

Resolução: alternativa A.

Teremos:

	m _{água} (g)	c (cal/g °C)	T (inicial)	T (final)	$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$	$Q = m \times c \times \Delta T$
(1)	200	1,0	30 °C	0 °C	$0 - 30 = -30 \text{ °C}$	$Q_1 = 200 \times 1,0 \times (-30)$ $Q_1 = -6.000 \text{ cal}$
(2)	50	0,5	-10 °C	0 °C	$0 - (-10) = 10 \text{ °C}$	$Q_2 = 50 \times 0,5 \times 10$ $Q_2 = 250 \text{ cal}$
(3)	250	1,0	0 °C	T _{equilíbrio}	$T_{\text{equilíbrio}} - 0 = T_{\text{equilíbrio}}$	$Q_3 = 250 \times 1,0 \times T_{\text{equilíbrio}}$ $Q_3 = (250 \times T_{\text{equilíbrio}}) \text{ cal}$
(4)	50	Calor latente de fusão (L _F) = 80 cal/g				$Q_4 = m \times L_F = 50 \times 80 = 4.000 \text{ cal}$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \text{ (equilíbrio)}$$

$$-6.000 + 250 + 250 \times T_{\text{equilíbrio}} + 4.000 = 0$$

$$250 \times T_{\text{equilíbrio}} = 6.000 - 250 - 4.000$$

$$T_{\text{equilíbrio}} = \frac{1.750}{250} = 7 \text{ °C}$$

Conclusão: após o equilíbrio térmico, todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é 7 °C.

4. O processo de acidificação dos oceanos, decorrente das mudanças climáticas globais, afeta diretamente as colônias de corais, influenciando na formação de recifes. Assinale a alternativa que completa corretamente a explicação para esse fenômeno.

O dióxido de carbono dissolvido no oceano

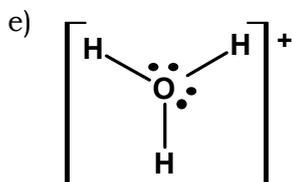
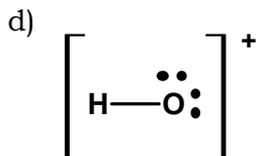
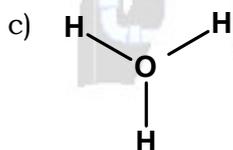
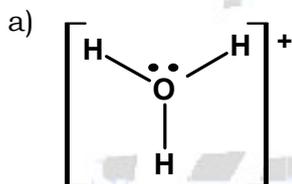
- a) gera menor quantidade de íons de hidrogênio, o que diminui o pH da água, liberando maior quantidade de íons cálcio, que, por sua vez, se ligam aos carbonatos, aumentando o tamanho dos recifes.
- b) é absorvido pelo fitoplâncton, entrando no processo fotossintético, e o oxigênio liberado permanece na água do mar, oxidando e matando os recifes de coral.
- c) leva à formação de ácido carbônico, que, dissociado, gera, ao final, íons de hidrogênio e de carbonato, que se ligam, impedindo a formação do carbonato de cálcio que compõe os recifes de coral.
- d) é absorvido pelo fitoplâncton, entrando no processo fotossintético, e o oxigênio liberado torna a água do mar mais oxigenada, aumentando a atividade dos corais e o tamanho de seus recifes.
- e) reage com a água, produzindo ácido carbônico, que permanece no oceano e corrói os recifes de coral, que são formados por carbonato de cálcio.

Resolução: alternativa E.

O dióxido de carbono (CO_2) dissolvido no oceano reage com a água (H_2O) e com o carbonato de cálcio (CaCO_3) presente nos corais. Existem várias etapas de reações possíveis, aqui temos uma possível reação global:



5. A reação de água com ácido clorídrico produz o ânion cloreto e o cátion hidrônio. A estrutura que representa corretamente o cátion hidrônio é



Resolução: alternativa A.



O cátion hidrônio (H_3O^+) pode ser representado por:



6. Uma amostra sólida, sem cavidades ou poros, poderia ser constituída por um dos seguintes materiais metálicos: alumínio, bronze, chumbo, ferro ou titânio. Para identificá-la, utilizou-se uma balança, um recipiente de volume constante e água. Efetuaram-se as seguintes operações:

- 1) pesou-se a amostra;
- 2) pesou-se o recipiente completamente cheio de água;
- 3) colocou-se a amostra no recipiente vazio, completando seu volume com água e determinou-se a massa desse conjunto.

Os resultados obtidos foram os seguintes:



Dadas as densidades da água e dos metais, pode-se concluir que a amostra desconhecida é constituída de

Note e adote:

Densidades (g/cm^3): água = 1,0; alumínio = 2,7; bronze = 8,8; chumbo = 11,3; ferro = 7,9; titânio = 4,5.

- a) alumínio.
- b) bronze.
- c) chumbo.
- d) ferro.
- e) titânio.

Resolução: alternativa B.

$$m_{\text{água deslocada}} = (m_{\text{recipiente + água}} + m_{\text{amostra}}) - m_{\text{recipiente + água + amostra}}$$

$$m_{\text{água deslocada}} = (350,0 \text{ g} + 44,0 \text{ g}) - 389,0 \text{ g}$$

$$m_{\text{água deslocada}} = 5 \text{ g}$$

$$d_{\text{água}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

5 g de água deslocada \equiv 5 cm³ de água deslocada (igual ao volume da amostra)

$$V_{\text{amostra}} = 5 \text{ cm}^3$$

$$d_{\text{amostra}} = \frac{m_{\text{amostra}}}{V_{\text{amostra}}} = \frac{44,0 \text{ g}}{5 \text{ cm}^3}$$

$$d_{\text{amostra}} = 8,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \Rightarrow \text{Bronze}$$

7. Um antiácido comercial em pastilhas possui, em sua composição, entre outras substâncias, bicarbonato de sódio, carbonato de sódio e ácido cítrico. Ao ser colocada em água, a pastilha dissolve-se completamente e libera gás carbônico, o que causa a efervescência. Para entender a influência de alguns fatores sobre a velocidade de dissolução da pastilha, adicionou-se uma pastilha a cada um dos quatro recipientes descritos na tabela, medindo-se o tempo até a sua dissolução completa.

Solução	Tempo medido até a completa dissolução da pastilha (em segundos)
1. Água mineral sem gás à temperatura ambiente (25 °C)	36
2. Água mineral com gás à temperatura ambiente (25 °C)	35
3. Água mineral sem gás deixada em geladeira (4 °C)	53
4. Água mineral com gás deixada em geladeira (4 °C)	55

Para todos os experimentos, foi usada água mineral da mesma marca. Considere a água com gás como tendo gás carbônico dissolvido.

Com base nessas informações, é correto afirmar que

- o uso da água com gás, ao invés da sem gás, diminuiu a velocidade de dissolução da pastilha em cerca de 50 %, uma vez que, como já possui gás carbônico, há o deslocamento do equilíbrio para a formação dos reagentes.
- o uso da água com gás, ao invés da sem gás, aumentou a velocidade de dissolução da pastilha em cerca de 33 %, uma vez que o gás carbônico acidifica a água, aumentando a velocidade de consumo do carbonato de sódio.
- nem a mudança de temperatura nem a adição de gás carbônico na solução afetaram a velocidade da reação, uma vez que o sistema não se encontra em equilíbrio.
- o aumento da temperatura da água, de 4 °C para 25 °C, levou a um aumento na velocidade da reação, uma vez que aumentou a frequência e a energia de colisão entre as moléculas envolvidas na reação.
- o aumento da temperatura da água, de 4 °C para 25 °C, levou a um aumento na velocidade da reação, uma vez que facilita a liberação de gás carbônico da solução, deslocando o equilíbrio para a formação dos reagentes.

Resolução: alternativa D.

Solução	Tempo medido até a completa dissolução da pastilha (em segundos)	Velocidade $v = \frac{m_{\text{dissolvida}}}{\Delta t}$
1. Água mineral sem gás à temperatura ambiente (25 °C)	36	$v_1 = \frac{m_{\text{dissolvida}}}{36}$
2. Água mineral com gás à temperatura ambiente (25 °C)	35	$v_2 = \frac{m_{\text{dissolvida}}}{35}$
3. Água mineral sem gás deixada em geladeira (4 °C)	53	$v_3 = \frac{m_{\text{dissolvida}}}{53}$
4. Água mineral com gás deixada em geladeira (4 °C)	55	$v_4 = \frac{m_{\text{dissolvida}}}{55}$

$$\frac{m_{\text{dissolvida}}}{35} > \frac{m_{\text{dissolvida}}}{36} > \frac{m_{\text{dissolvida}}}{53} > \frac{m_{\text{dissolvida}}}{55}$$

Então,

$$\underbrace{v_2 > v_1}_{25\text{ }^\circ\text{C}} > \underbrace{v_3 > v_4}_{4\text{ }^\circ\text{C}}$$

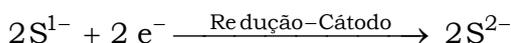
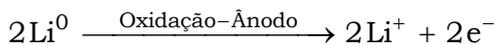
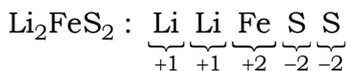
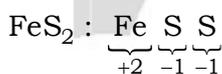
Como o sistema é aberto, ocorre escape do gás carbônico formado, ou seja, não é possível estabelecer um equilíbrio.

O aumento da temperatura da água, de 4 °C para 25 °C, levou a um aumento na velocidade da reação, uma vez que aumentou a frequência e a energia de colisão (número de choques) entre as moléculas envolvidas na reação.

8. Considerando que baterias de Li–FeS₂ podem gerar uma voltagem nominal de 1,5 V, o que as torna úteis no cotidiano e que a primeira reação de descarga dessas baterias é $2\text{Li} + \text{FeS}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{FeS}_2$, é correto afirmar:

- O lítio metálico é oxidado na primeira descarga.
- O ferro é oxidado e o lítio é reduzido na primeira descarga.
- O lítio é o cátodo dessa bateria.
- A primeira reação de descarga forma lítio metálico.
- O lítio metálico e o dissulfeto ferroso estão em contato direto dentro da bateria.

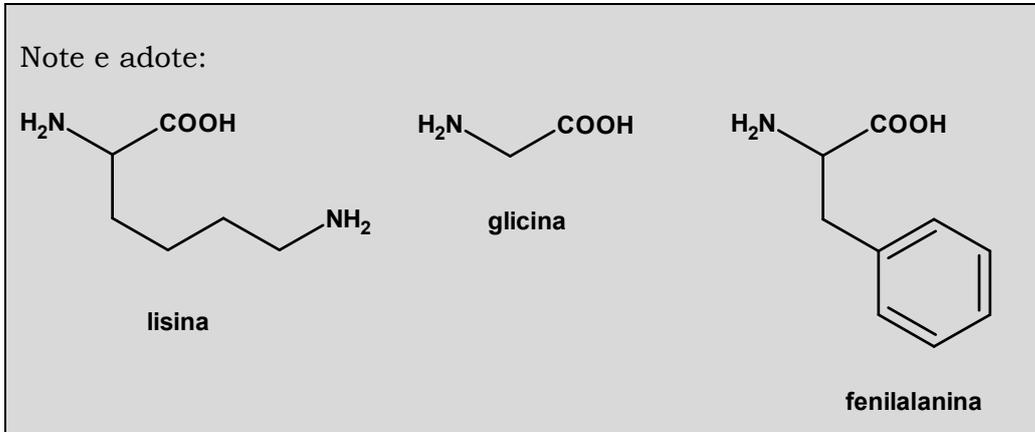
Resolução: alternativa A.



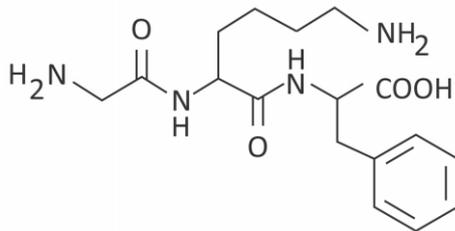
9. Peptídeos podem ser analisados pelo tratamento com duas enzimas. Uma delas, uma carboxipeptidase, quebra mais rapidamente a ligação peptídica entre o aminoácido que tem um grupo carboxílico livre e o seguinte. O tratamento com outra enzima, uma aminopeptidase, quebra, mais rapidamente, a ligação peptídica entre o aminoácido que tem um grupo amino livre e o anterior. Isso permite identificar a sequência dos aminoácidos no peptídeo.

Um tripeptídeo, formado pelos aminoácidos lisina, fenilalanina e glicina, não necessariamente nessa ordem, foi submetido a tratamento com carboxipeptidase, resultando em uma mistura de um dipeptídeo e fenilalanina. O tratamento do mesmo tripeptídeo com aminopeptidase resultou em uma mistura de um outro dipeptídeo e glicina.

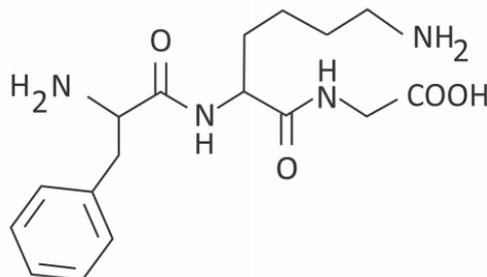
O número de combinações possíveis para os três aminoácidos e a fórmula estrutural do peptídeo podem ser, respectivamente,



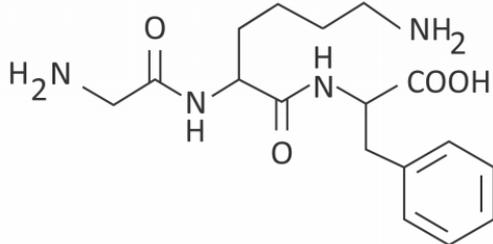
a) 3 combinações e



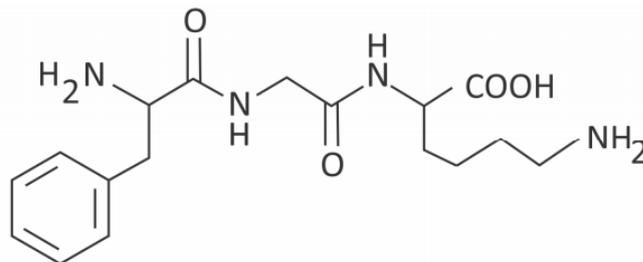
b) 3 combinações e



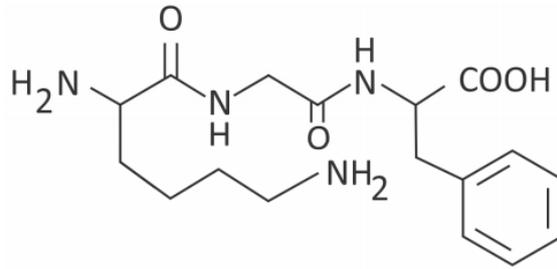
c) 6 combinações e



d) 6 combinações e



e) 6 combinações e



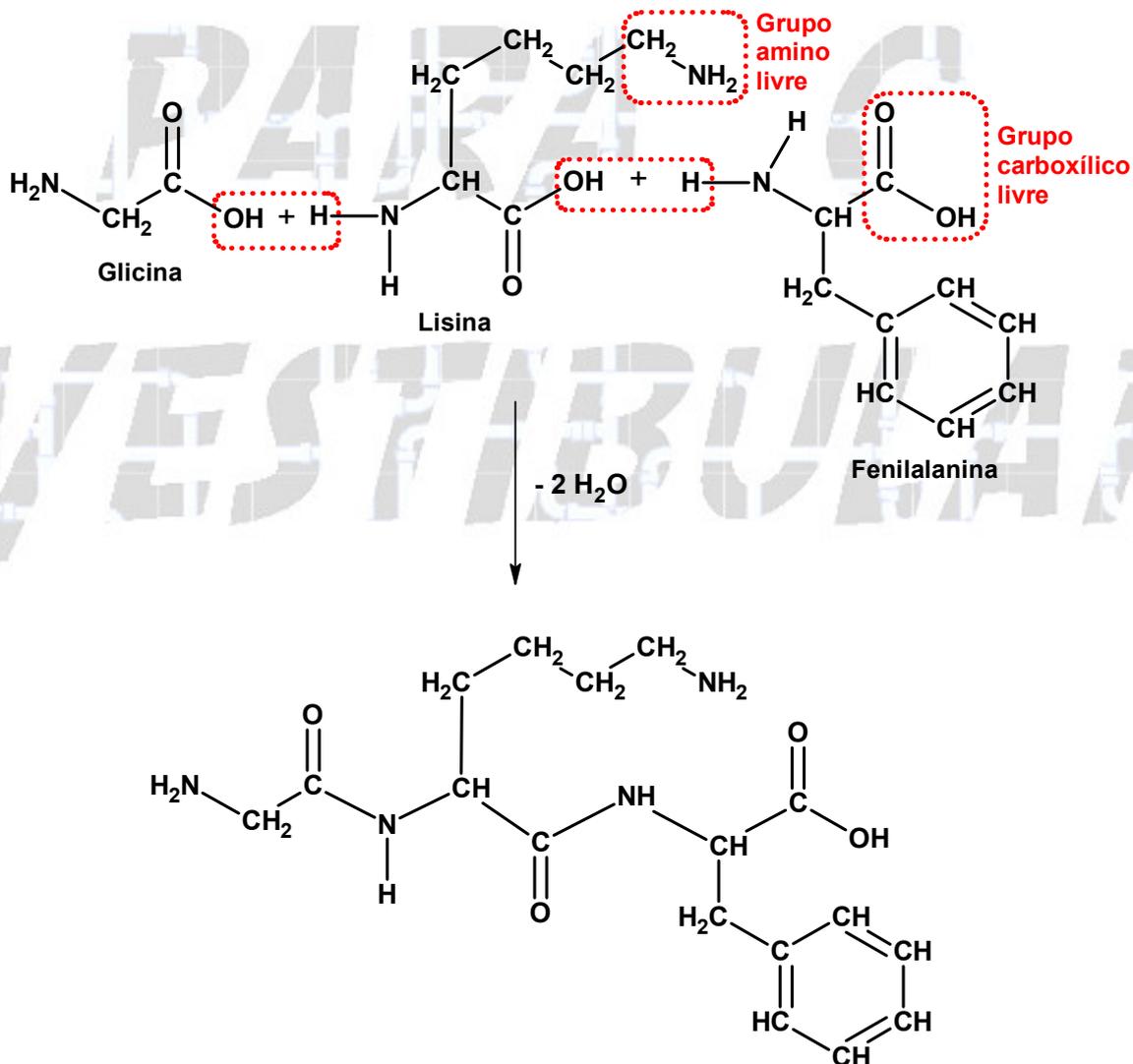
Resolução: alternativa C.

Seis combinações possíveis para os três aminoácidos (sem coincidência):

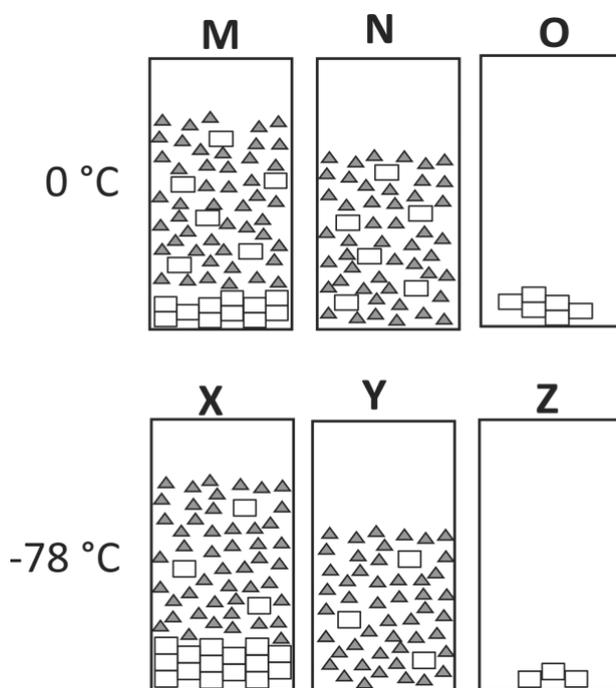
Lisina – Glicina – Fenilalanina
 Lisina – Fenilalanina – Glicina
 Glicina – Lisina – Fenilalanina
 Glicina – Fenilalanina – Lisina
 Fenilalanina – Lisina – Glicina
 Fenilalanina – Glicina – Lisina

De acordo com o enunciado, a carboxipeptidase, quebra mais rapidamente a ligação peptídica entre o aminoácido que tem um grupo carboxílico livre e o seguinte e o tratamento com outra enzima, uma aminopeptidase, quebra, mais rapidamente, a ligação peptídica entre o aminoácido que tem um grupo amino livre e o anterior.

A figura que apresenta a descrição do texto pode ser obtida por:



10. Em um experimento, determinadas massas de ácido maleico e acetona foram misturadas a 0 °C, preparando-se duas misturas idênticas. Uma delas (**X**) foi resfriada a -78 °C, enquanto a outra (**M**) foi mantida a 0 °C. A seguir, ambas as misturas (**M** e **X**) foram filtradas, resultando nas misturas **N** e **Y**. Finalmente, um dos componentes de cada mistura foi totalmente retirado por destilação. Os recipientes (marcados pelas letras **O** e **Z**) representam o que restou de cada mistura após a destilação. Nas figuras, as moléculas de cada componente estão representadas por retângulos ou triângulos.



Tanto no recipiente **M** como no recipiente **X**, estão representadas soluções ____I____ de ____II____, cuja solubilidade ____III____ com a diminuição da temperatura. A uma determinada temperatura, as concentrações em **M** e **N** e em **X** e **Y** são ____IV____. Em diferentes instantes, as moléculas representadas por um retângulo pertencem a um composto que pode estar ____V____ ou no estado ____VI____.

As lacunas que correspondem aos números de I a VI devem ser corretamente preenchidas por:

Note e anote:

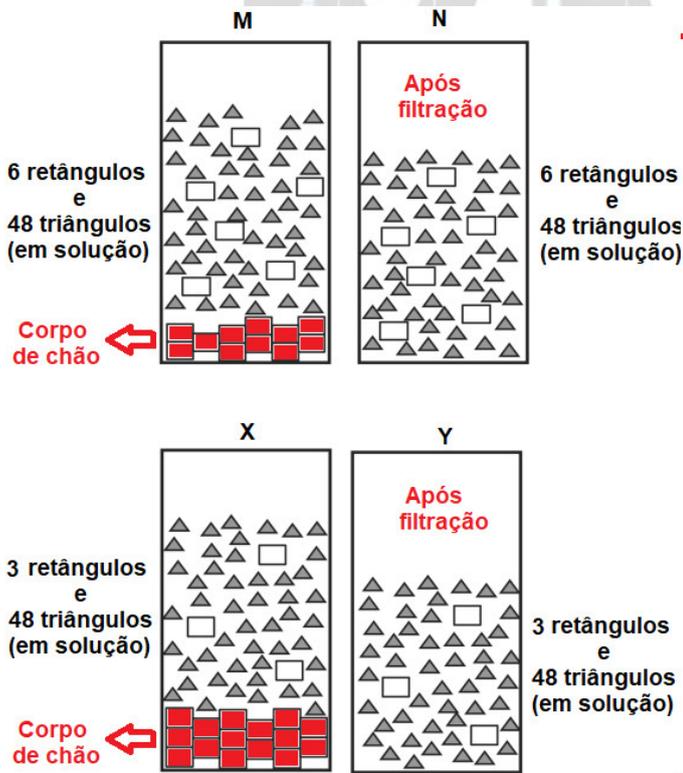
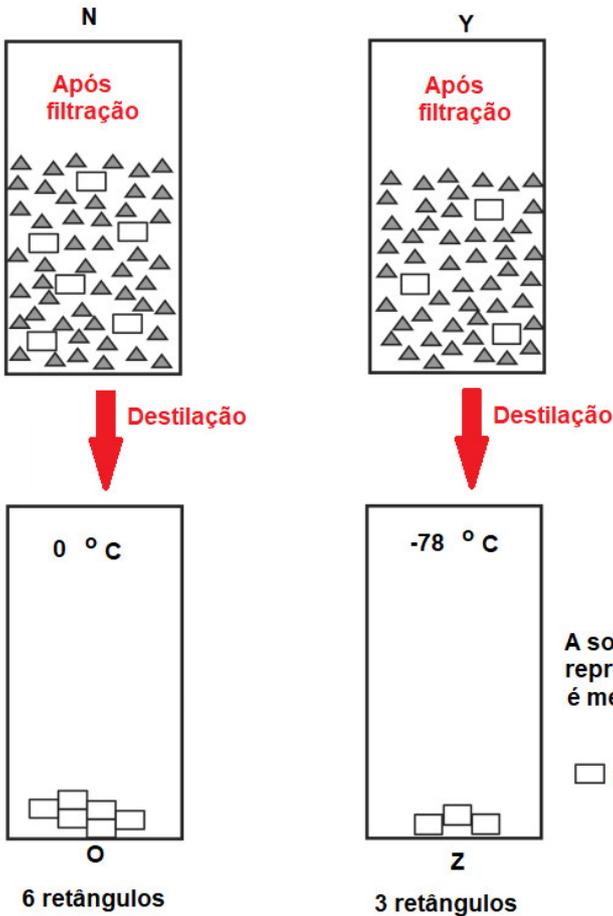
Composto	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)
Ácido maleico	138	202
Acetona	-95	56

Considere que não houve perda do solvente durante a filtração.

- I - saturadas; II - acetona; III - aumenta; IV - diferentes; V - sólido; VI - líquido.
- I - homogêneas; II - ácido maleico; III - diminui; IV - iguais; V - dissolvido; VI - líquido.
- I - saturadas; II - ácido maleico; III - diminui; IV - iguais; V - dissolvido; VI - sólido.
- I - heterogêneas; II - acetona; III - aumenta; IV - diferentes; V - sólido; VI - sólido.
- I - saturadas; II - ácido maleico; III - diminui; IV - iguais; V - sólido; VI - líquido.

Resolução: alternativa C.

Como o ponto de ebulição da acetona (56 °C) é menor do que o do ácido maleico (202 °C), conclui-se que após a destilação, a acetona (substância mais volátil) é recolhida no condensador e que o resíduo sólido é do ácido maleico, ou seja, ele é a substância representada pelo retângulo.

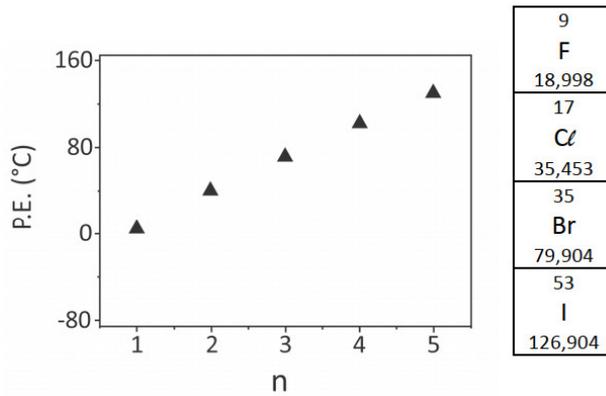


A uma determinada temperatura, as concentrações em M e N e em X e Y são iguais.

Conclusão:

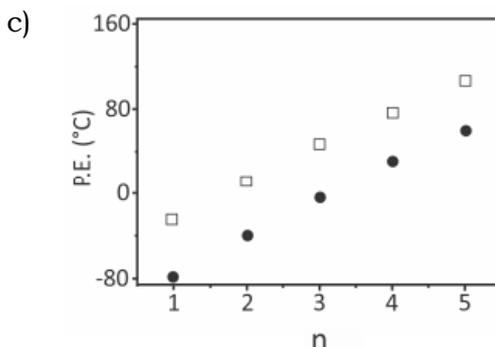
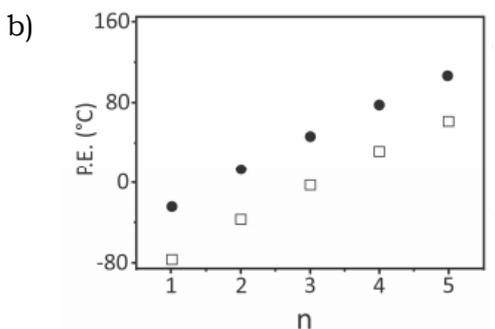
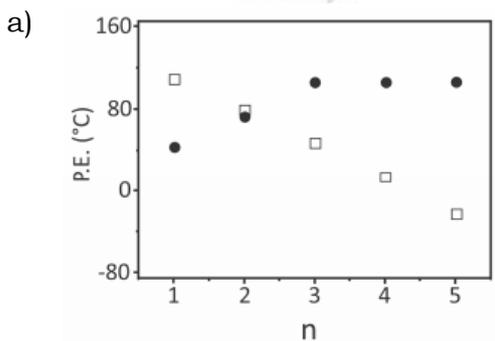
Tanto no recipiente **M** como no recipiente **X**, estão representadas soluções **saturadas** de **ácido maleico** cuja solubilidade **diminui** com a diminuição da temperatura. A uma determinada temperatura, as concentrações em **M** e **N** e em **X** e **Y** são **iguais**. Em diferentes instantes, as moléculas representadas por um retângulo pertencem a um composto que pode estar **dissolvido** (em solução) ou no estado **sólido** (corpo de chão).

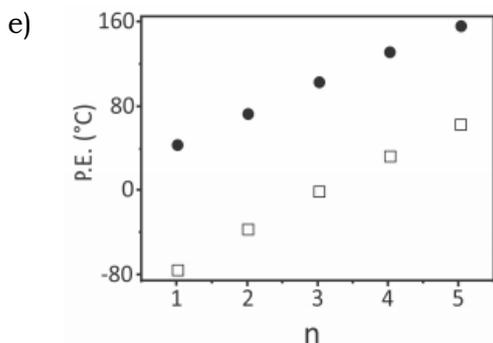
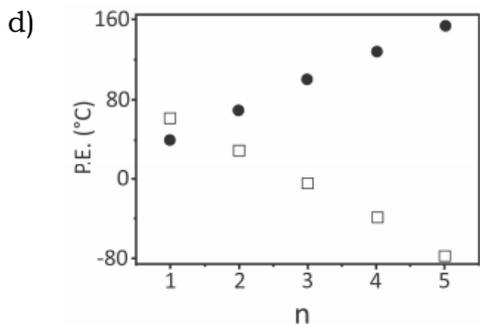
11. O gráfico a seguir indica a temperatura de ebulição de bromoalcanos ($C_nH_{2n+1}Br$) para diferentes tamanhos de cadeia carbônica.



Considerando as propriedades periódicas dos halogênios, a alternativa que descreve adequadamente o comportamento expresso no gráfico de temperaturas de ebulição *versus* tamanho de cadeia carbônica para $C_nH_{2n+1}F$ (□) e $C_nH_{2n+1}I$ (●) é:

Note e adote:
P.E. = ponto de ebulição

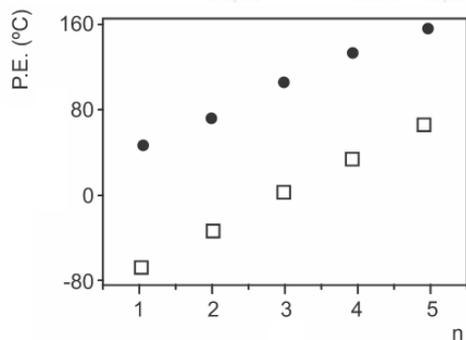




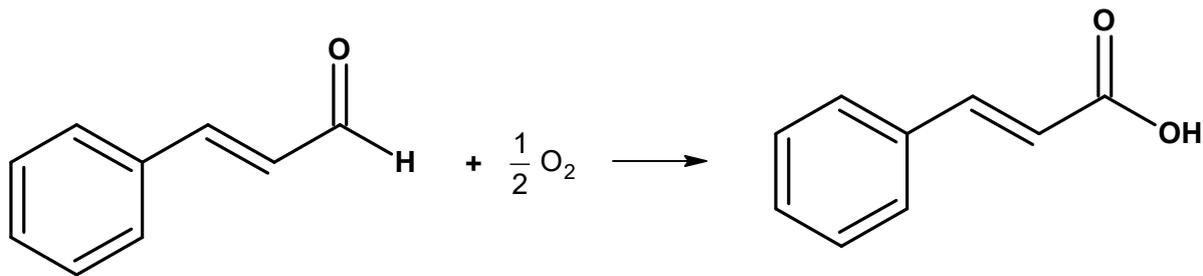
Resolução: alternativa E.

Como o raio do iodo (5 camadas de valência; quinto período) é maior do que o raio do flúor (2 camadas de valência; segundo período), a molécula $C_nH_{2n+1}I$ (●) apresentará maior superfície de contato do que a molécula $C_nH_{2n+1}F$ (□) para um mesmo número de átomos de carbono. Quanto maior a superfície de contato, maior a atração intermolecular e maior a temperatura de ebulição.

Conclusão: (●) deverá estar acima de (□) no gráfico seguindo uma sequência crescente.



12. O cinamaldeído é um dos principais compostos que dão o sabor e o aroma da canela. Quando exposto ao ar, oxida conforme a equação balanceada:



Uma amostra de 19,80 g desse composto puro foi exposta ao ar por 74 dias e depois pesada novamente, sendo que a massa final aumentou em 1,20 g. A porcentagem desse composto que foi oxidada no período foi de

Note e adote:

Massas molares (g/mol): Cinamaldeído = 132; O₂ = 32.

Considere que não houve perda de cinamaldeído ou do produto de oxidação por evaporação.

- a) 10 % b) 25 % c) 50 % d) 75 % e) 90 %

Resolução: alternativa C.

$$m_{O_2 \text{ acrescentada}} = 1,20 \text{ g}$$



$$132 \text{ g} \longrightarrow \frac{1}{2} \times 32 \text{ g}$$

$$p \times 19,80 \text{ g} \longrightarrow 1,20 \text{ g}$$

$$p = \frac{132 \text{ g} \times 1,20 \text{ g}}{\left(\frac{1}{2} \times 32 \text{ g}\right) \times 19,80 \text{ g}}$$

$$p = 0,50 = 50 \%$$

13. Uma postagem de humor na internet trazia como título “Provas de que gatos são líquidos” e usava, como essas provas, fotos reais de gatos, como as reproduzidas aqui.



Bored Panda. <https://www.boredpanda.com>. Adaptado.

O efeito de humor causado na associação do título com as fotos baseia-se no fato de que líquidos

Note e adote:

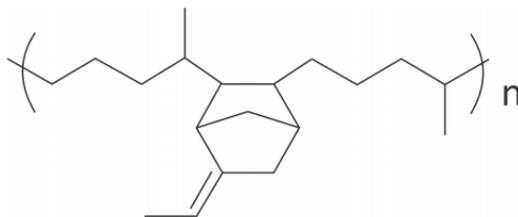
Considere temperatura e pressão ambientes.

- a) metálicos, em repouso, formam uma superfície refletora de luz, como os pelos dos gatos.
 b) têm volume constante e forma variável, propriedade que os gatos aparentam ter.
 c) moleculares são muito viscosos, como aparentam ser os gatos em repouso.
 d) são muito compressíveis, mantendo forma mas ajustando o volume ao do recipiente, como os gatos aparentam ser.
 e) moleculares são voláteis, necessitando estocagem em recipientes fechados, como os gatos aparentam ser.

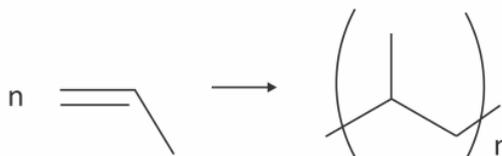
Resolução: alternativa B.

O volume corresponde ao espaço ocupado pelo corpo. Os líquidos têm volume constante, porém a forma é variável, o que é representado pelos gatos dentro dos recipientes.

14. A bola de futebol que foi utilizada na Copa de 2018 foi chamada Telstar 18. Essa bola contém uma camada interna de borracha que pertence a uma classe de polímeros genericamente chamada de EPDM. A fórmula estrutural de um exemplo desses polímeros é



Polímeros podem ser produzidos pela polimerização de compostos insaturados (monômeros) como exemplificado para o polipropileno (um homopolímero):

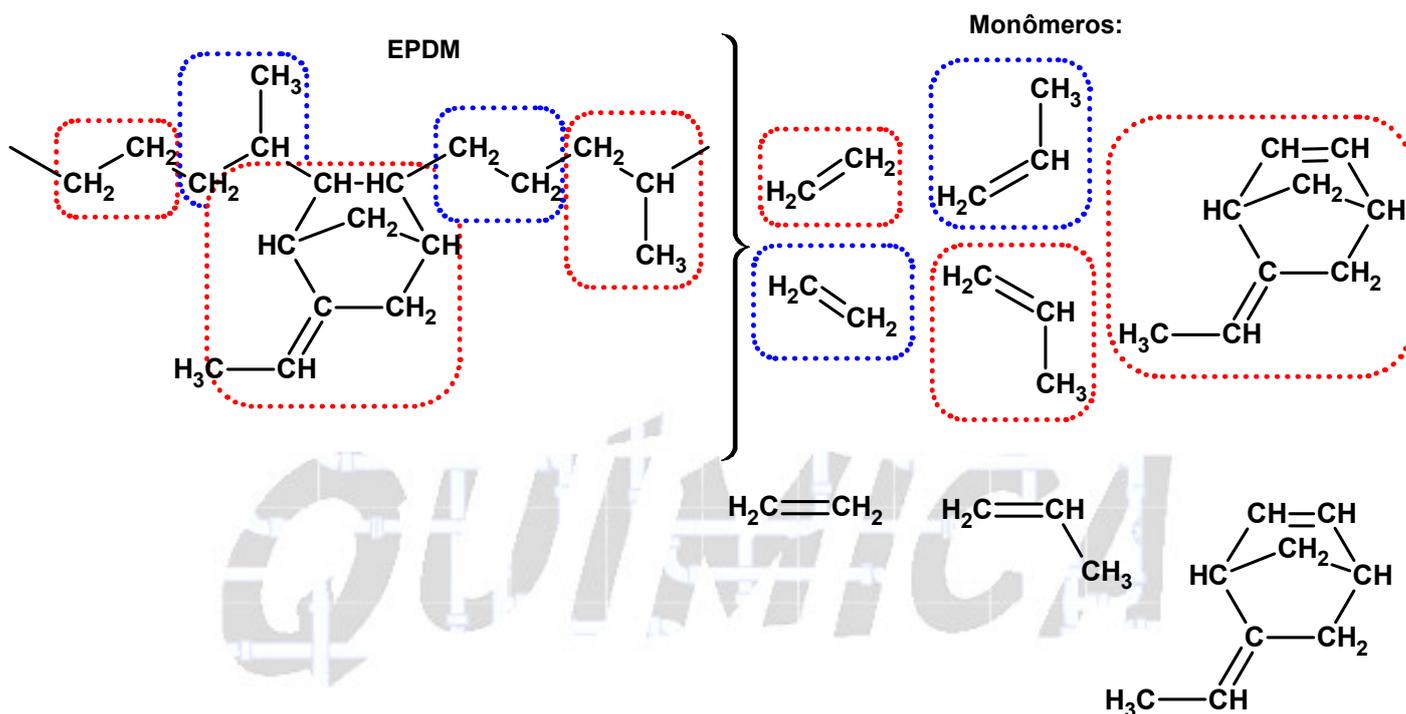


Os monômeros que podem ser utilizados para preparar o copolímero do tipo EPDM, cuja fórmula estrutural foi apresentada, são

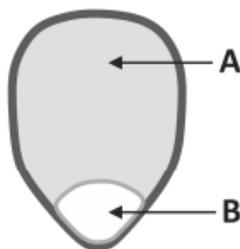
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

Resolução: alternativa D.

O polímero EPDM é obtido por adição, então:



15. Um grão de milho de pipoca, visto a olho nu, apresenta duas regiões distintas, representadas por **A** e **B** na figura. Em **A**, ocorre o tecido acumulador de amido, usado, pela planta, para nutrir o embrião. Em **B**, os tecidos vegetais possuem maior teor de água. Ao ser aquecida, parte da água transforma-se em vapor, aumentando a pressão interna do grão. Quando a temperatura atinge 177 °C, a pressão se torna suficiente para romper o grão, que vira uma pipoca.



Um estudo feito por um grupo de pesquisadores determinou que o interior do grão tem 4,5 mg de água da qual, no momento imediatamente anterior ao seu rompimento, apenas 9 % está na fase vapor, atuando como um gás ideal e ocupando 0,1 mL. Dessa forma, foi possível calcular a pressão P_{final} no momento imediatamente anterior ao rompimento do grão.

A associação correta entre região do milho e P_{final} é dada por:

Note e adote:

Constante universal dos gases: $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm}/(\text{K} \cdot \text{mol})$;

$K = ^\circ\text{C} + 273$;

Massas molares (g/mol): $\text{H} = 1$; $\text{O} = 16$.

- a) A = endosperma e $P_{\text{final}} = 8,3 \text{ atm}$.
 b) B = endosperma e $P_{\text{final}} = 5,9 \text{ atm}$.
 c) A = xilema e $P_{\text{final}} = 22,1 \text{ atm}$.
 d) B = xilema e $P_{\text{final}} = 5,9 \text{ atm}$.
 e) B = endosperma e $P_{\text{final}} = 92,0 \text{ atm}$.

Resolução: alternativa A.

$$m_{\text{H}_2\text{O(v)}} = \frac{9}{100} \times 4,5 \text{ mg} = 0,405 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (2 \times 1 + 16) \text{ g/mol} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V = 0,1 \text{ mL} = 0,1 \times 10^{-3} \text{ L}$$

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

$$T = 177 + 273 = 450 \text{ K}$$

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

$$P \times V = \frac{m}{M} \times R \times T$$

$$P_{\text{final}} \times 0,1 \times 10^{-3} \text{ L} = \frac{0,405 \times 10^{-3} \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 450 \text{ K}$$

$$P_{\text{final}} = 8,30025 \text{ atm} \approx 8,3 \text{ atm}$$

A associação correta entre região do milho e P_{final} é dada por:

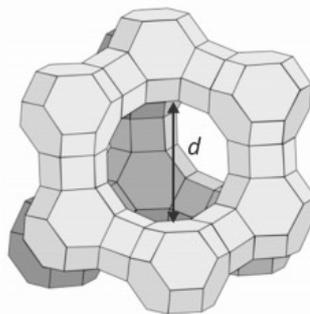
A = endosperma e $P_{\text{final}} = 8,3 \text{ atm}$.

Segunda fase

Questão 1. Muitas atividades importantes para o desenvolvimento tecnológico humano requerem soluções secas, ou seja, sem água. Há muitas formas de eliminar a água de um líquido, mas eliminar praticamente todas as moléculas de água pode ser uma tarefa difícil. Um material poroso, chamado de peneira molecular, é capaz de capturar água muito eficientemente.

Aluminossilicatos são materiais microporosos e, dependendo do diâmetro da abertura e do volume dos poros, podem funcionar como peneiras moleculares para a água. Um aluminossilicato com diâmetro da abertura do poro igual a 0,4 nm está representado na figura 1.

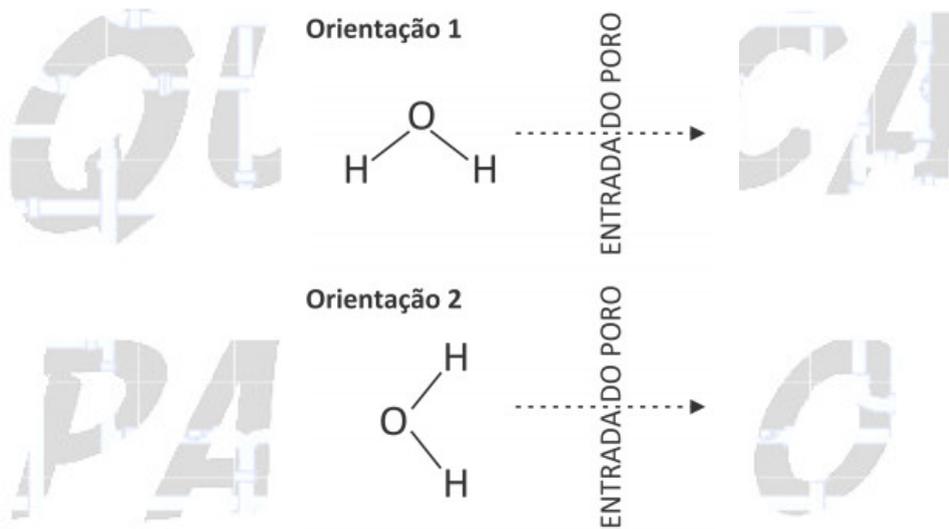
Figura 1



d = diâmetro da abertura do poro.

- a) Considere uma peneira molecular hidratada de fórmula molecular $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \frac{9}{2}\text{H}_2\text{O}$. Qual a percentagem em massa de água nesse material?
- b) Considerando que cada mol de peneira molecular tem um volume ao redor de 120 cm^3 disponível para a captura de moléculas de água, calcule o volume de uma molécula de água e o número de moléculas de água que pode ser retido em 1 mol de peneira molecular.
- c) Uma molécula de água tem distância entre os átomos de oxigênio e hidrogênio de 96 pm e distância entre os átomos de hidrogênio de 150 pm . Considerando as orientações apresentadas na figura 2, calcule, em cada caso, qual o **menor diâmetro** da abertura do poro (expresso como um número inteiro em pm) que uma peneira molecular deve ter para capturar água. Demonstre os cálculos. Desconsidere os raios atômicos.

Figura 2



Note e adote:

Massas molares (g/mol): Peneira molecular hidratada = 365; H = 1; O = 16.

Densidade (g/mL): Água = 1,00.

Número de Avogadro = $6,0 \times 10^{23}$.

$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Resolução:

a) Cálculo da percentagem de água no material:

$$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \frac{9}{2}\text{H}_2\text{O} = 365$$

$$\text{H}_2\text{O} = 2 \times 1 + 16 = 18$$

$$p = \frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{total}}} = \frac{\left(\frac{9}{2} \times 18\right)}{365} = 0,2219 \approx 22,2 \times 10^{-2}$$

$$p \approx 22,2\%$$

b) Cálculo do número de moléculas de água que pode ser retido em 1 mol de peneira molecular:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1 \text{ g}}{18 \text{ g.mol}^{-1}} \Rightarrow \frac{1}{18} \times 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas de água}$$

$$d_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/mL} \Rightarrow d_{\text{H}_2\text{O}} = \left(\frac{1}{18} \times 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas de água} \right) / \text{mL}$$

$$1 \text{ mL de água} \text{ ————— } \frac{1}{18} \times 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas de água}$$

$$\frac{120 \text{ mL}}{1 \text{ mol de peneira}} \text{ ————— } x$$

$$x = \frac{120 \text{ mL} \times \frac{1}{18} \times 6,0 \times 10^{23} \text{ moléculas de água}}{1 \text{ mL}} = 40 \times 10^{23} \text{ moléculas de água}$$

$$x = 4,0 \times 10^{24} \text{ moléculas de água}$$

Cálculo do volume de uma molécula de água:

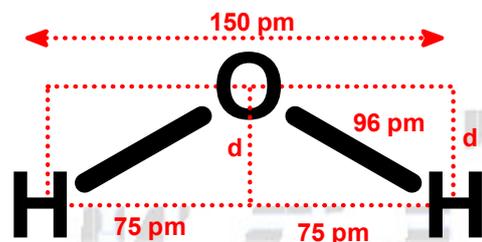
$$\frac{1 \text{ mol de peneira}}{120 \text{ cm}^3} \text{ ————— } 4,0 \times 10^{24} \text{ moléculas de H}_2\text{O}$$

$$V \text{ ————— } 1,0 \text{ molécula de H}_2\text{O}$$

$$V = \frac{120 \text{ cm}^3 \times 1,0 \text{ molécula de H}_2\text{O}}{4,0 \times 10^{24} \text{ moléculas de H}_2\text{O}} = 30 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$$

$$V = 3,0 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

c) Para a orientação 1:



$$(96 \text{ pm})^2 = d^2 + (75 \text{ pm})^2$$

$$d^2 = 9.216 \text{ pm}^2 - 5.625 \text{ pm}^2$$

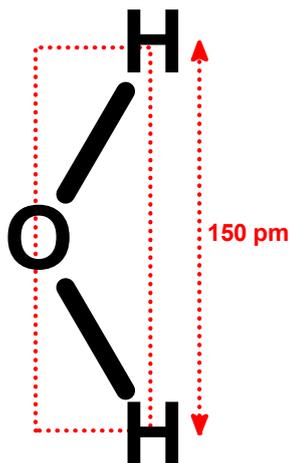
$$d^2 = 3.591 \text{ pm}^2$$

$$d = \sqrt{3.591 \text{ pm}^2} \approx 59,9 \text{ pm}$$

$$1 \text{ pm} = 10^{-3} \text{ nm}$$

$$d \approx 6,0 \times 10^{-2} \text{ nm}$$

Para a orientação 2:

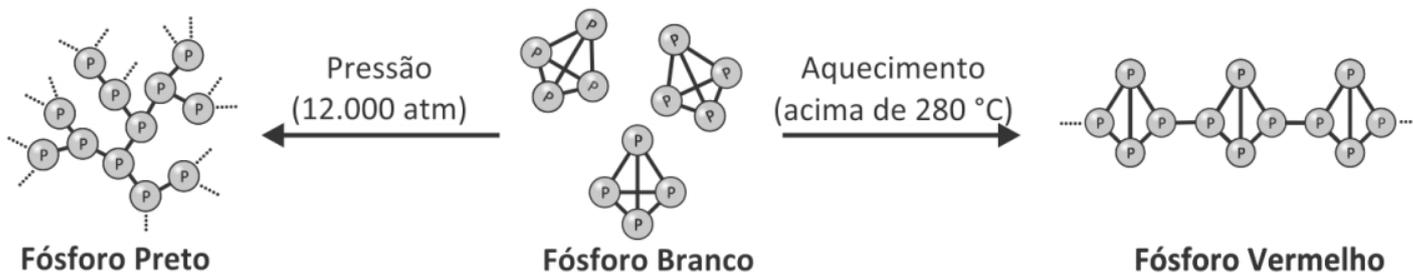


$$d' = 150 \text{ pm}$$

$$d' = 150 \times 10^{-3} \text{ nm}$$

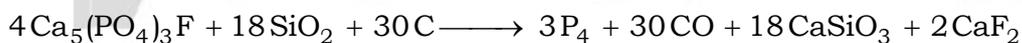
$$d' = 1,50 \times 10^{-1} \text{ nm}$$

Questão 2. O fósforo elementar pode ser obtido em diferentes formas alotrópicas, nas condições mostradas na figura.



O fósforo branco, de fórmula P_4 , é convertido em fósforo vermelho, conforme a estrutura mostrada na figura. Isso faz com que suas propriedades se alterem. Por exemplo, fósforo branco é solúvel no solvente dissulfeto de carbono, ao passo que o vermelho não é solúvel.

A obtenção industrial do fósforo branco é feita a partir do aquecimento do mineral fluorapatita, $Ca_5(PO_4)_3F$, na presença de sílica e carvão, conforme a equação



Com base nessas informações, responda ao que se pede.

a) Qual das formas alotrópicas do fósforo mostradas na figura terá maior densidade?

b) Estima-se que, anualmente, 744.000 toneladas de fósforo branco são produzidas industrialmente. Calcule a massa total de fluorapatita usada como matéria prima nesse processo. Considere que esse mineral possui 100 % de pureza. Demonstre os cálculos.

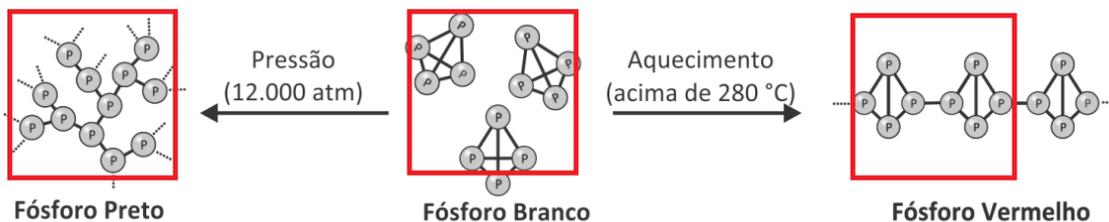
Note e adote:

Massas molares (g/mol): Fluorapatita = 504; P_4 = 124.

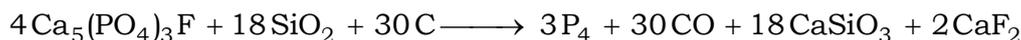
c) Qual a diferença entre as ligações que mantêm as moléculas de fósforo branco unidas e as que mantêm a estrutura do fósforo vermelho ou do fósforo preto? Explique.

Resolução:

a) O fósforo preto terá maior densidade, pois para um mesmo volume, o número de átomos de fósforo será maior nesta variedade alotrópica submetida à maior pressão.



b) Cálculo da massa total de fluorapatita usada como matéria prima nesse processo:



$$4 \times 504 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 3 \times 124 \text{ g}$$

$$m_{\text{fluoroapatita}} \qquad \qquad \qquad 744.000 \text{ t}$$

$$m_{\text{fluoroapatita}} = \frac{4 \times 504 \text{ g} \times 744.000 \text{ t}}{3 \times 124 \text{ g}}$$

$$m_{\text{fluoroapatita}} = 4.032.000 \text{ t}$$

$$m_{\text{fluoroapatita}} \approx 4,0 \times 10^6 \text{ t}$$

c) No fósforo preto e no fósforo vermelho as ligações são covalentes, ou seja, feita entre os átomos de fósforo (P) por compartilhamento de pares de elétrons.

No fósforo branco as ligações são intermoleculares, ou seja, feitas entre as moléculas. Como as moléculas de fósforo branco são apolares, as ligações intermoleculares são do tipo dipolo-induzido – dipolo induzido, mais fracas do que as ligações covalentes existentes entre os átomos de fósforo na variedade alotrópica preto e vermelho.

Questão 3. O tricloreto de nitrogênio (NCl_3), ou tricloramina, é um composto de aparência oleosa muito perigoso quando puro, pois se decompõe explosivamente formando N_2 e Cl_2 . Ele era utilizado, até sua proibição na década de 1940, para o branqueamento de farinhas comerciais, no chamado Processo Agene®. Atualmente, é conhecido como um dos subprodutos tóxicos indesejáveis formados no processo de desinfecção de piscinas. Ele se forma, por exemplo, pela reação do cloro usado nas piscinas com ureia proveniente da urina de nadadores que as utilizam.

Pede-se:

a) Represente a molécula do NCl_3 utilizando fórmula de Lewis.

b) Escreva a equação balanceada para a decomposição do NCl_3 em N_2 e Cl_2 .

Qual é o número de oxidação do nitrogênio no reagente e no produto?

c) Calcule a entalpia da reação de decomposição do NCl_3 , considerando os valores de energia de ligação fornecidos. A reação é endotérmica ou exotérmica? Demonstre seus cálculos e justifique sua resposta.

Note e adote:

Ligação	Energia de ligação (kJ/mol)
$\text{N} \equiv \text{N}$	940
$\text{Cl} - \text{Cl}$	240
$\text{N} - \text{Cl}$	200

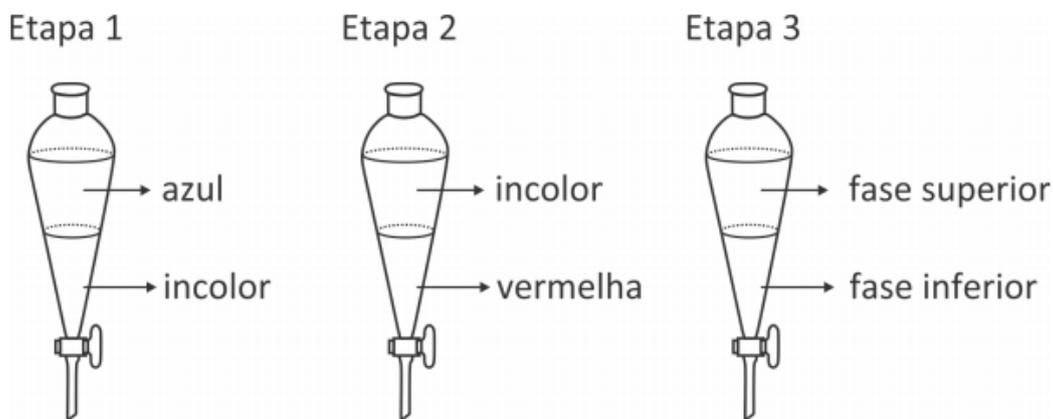
Elétrons na camada de valência:

N (Grupo 15) = 5;

Cl (Grupo 17) = 7.

Etapa 3: A solução vermelha obtida (fase inferior) foi recolhida em um béquer limpo, ao qual foi adicionada, em seguida, uma solução aquosa de hidróxido de sódio, observando-se nova mudança de cor. O conteúdo do béquer foi transferido para um funil de separação limpo, agitou-se o conteúdo e, após algum tempo, observou-se separação de fases.

O esquema a seguir mostra os resultados obtidos nas três etapas do experimento.



Com base nesses resultados, pergunta-se:

- Se a um funil de separação forem adicionados água e diclorometano, qual é a fase da água (superior ou inferior)?
- Escreva a equação química que representa a transformação que ocorreu com o corante na etapa 2. O produto orgânico dessa etapa é mais solúvel em água ou em diclorometano? Explique com base nos resultados experimentais.
- Qual é a cor de cada uma das fases na etapa 3? Explique com base nos resultados experimentais.

Note e adote:

Densidade (g/mL):

Água = 1,00; diclorometano = 1,33.

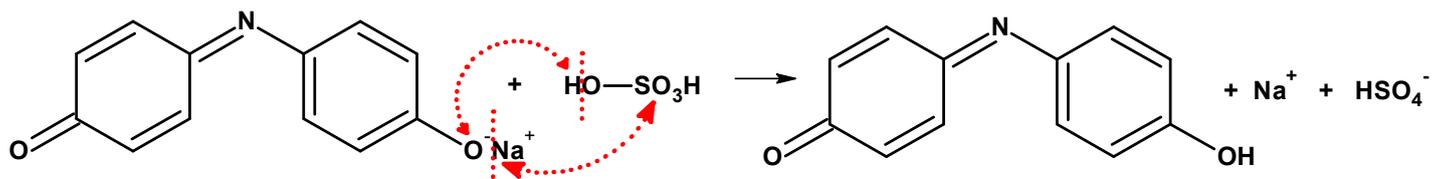
Resolução:

- A fase aquosa (corante + água) será a superior (azul), pois sua densidade será uma média com a densidade da água (1,00 g/mL) que será menor do que a densidade da fase formada pelo diclorometano (1,33 g/mL) que comporá a fase inferior (incolor).

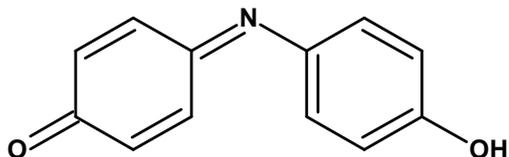
Etapa 1



b) Equação química que representa a transformação que ocorreu com o corante na etapa 2 pode ser representada por:



O produto orgânico formado nessa etapa



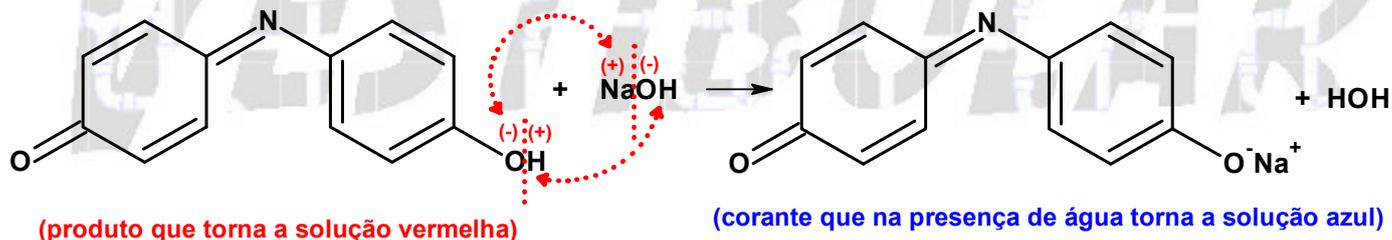
é mais solúvel em dicloro metano (que é mais denso do que a água), pois de acordo com as informações do enunciado, a solução se torna vermelha com a adição do ácido e a fase “vermelha” é representada na parte de baixo da figura da etapa 2.

Etapa 2



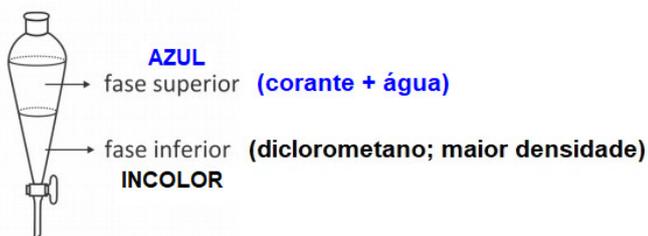
c) Na fase inferior vermelha tem-se o produto fenólico (de caráter ácido), já descrito anteriormente, misturado diclorometano.

A reação do composto fenólico com uma solução de hidróxido de sódio pode ser representada por:



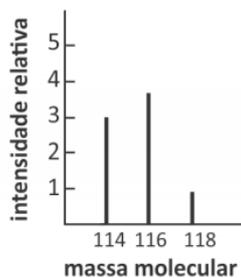
Conclusão: após a separação de fases, na etapa 3 a cor da fase superior será azul (solução aquosa do corante) e a cor da fase inferior será incolor (diclorometano; mais denso).

Etapa 3



Questão 5. Na natureza, existem os seguintes isótopos: ^{79}Br e ^{81}Br , cada um com a probabilidade de ocorrência de 50%, ^{35}Cl e ^{37}Cl , e com probabilidades de 75 % e 25 %, respectivamente. Um instrumento chamado espectrômetro de massas pode ser utilizado para analisar moléculas constituídas por diferentes combinações desses isótopos. Nessa análise, formam-se os chamados íons moleculares, pela perda de um elétron de cada uma dessas moléculas. O resultado é um gráfico, chamado espectro de massas, onde esses íons moleculares são registrados na forma de linhas, em ordem crescente de massa molecular. A intensidade de cada linha, correspondendo a uma mesma massa, depende da probabilidade de ocorrência de cada combinação isotópica no íon formado. Assim, por exemplo, para o composto BrCl , foram obtidos os seguintes resultados:

cátions-radicais	massa molecular	intensidade relativa
$^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{\dagger}$	114	3
$^{79}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{\dagger}$	116	4
$^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{\dagger}$	116	
$^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{\dagger}$	118	1

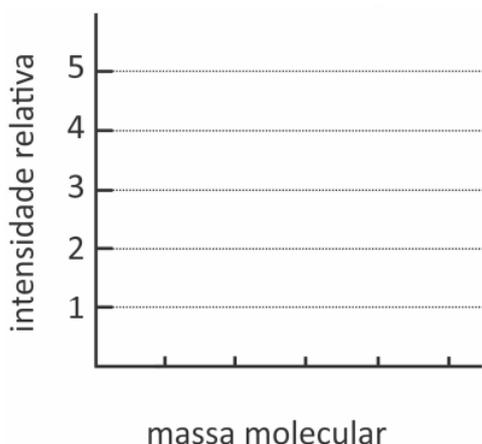


Note e adote:
 Considere que, na natureza, tanto a porcentagem de ^{12}C como a de ^{19}F é 100 %.

O halon-1211 é um gás cuja fórmula molecular é CBrClF_2 . Quando esse gás foi analisado em um espectrômetro de massas, formaram-se íons moleculares.

- Mostre a fórmula molecular do íon molecular de maior massa, especificando os isótopos de Br e Cl presentes.
- Mostre as fórmulas moleculares, especificando os isótopos de Br e Cl presentes, para todos os íons de massa molecular 166 formados.
- Baseando-se somente nas informações apresentadas, mostre, no gráfico da folha de respostas, como poderia ser o espectro obtido para a análise do halon-1211.

Gráfico da folha de respostas:



Resolução:

- A fórmula molecular do íon molecular de maior massa será composta pelo isótopo de bromo de maior massa (81) e pelo isótopo de cloro de maior massa (37): $^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$.
- Fórmulas moleculares, especificando os isótopos de Br e Cl presentes, para todos os íons de massa molecular 166 formados:



$$\text{M.M.} = 12 + x + y + 2 \times 19 = 50 + x + y$$

$$50 + x + y = 166$$

$$x + y = 116$$

$$79 + 37 = 116 \Rightarrow ^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$$

$$81 + 35 = 116 \Rightarrow ^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$$

c) As possíveis fórmulas moleculares dos íons moleculares formados com os isótopos 79 e 81 do bromo e 35 e 37 do cloro podem ser representadas por:



$$^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+ = 12 + 79 + 35 + 2 \times 19 = 164$$

$$^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+ = 12 + 79 + 37 + 2 \times 19 = 166$$

$$^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+ = 12 + 81 + 35 + 2 \times 19 = 166$$

$$^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+ = 12 + 81 + 37 + 2 \times 19 = 168$$

Analogamente às informações do enunciado da questão, vem:

^{79}Br e ^{81}Br : cada um com a probabilidade relativa de ocorrência de 50%.

^{35}Cl : probabilidade relativa de ocorrência de 75%.

^{37}Cl : probabilidade relativa de ocorrência de 25%.

Cátions – radicais	Massa molecular	Porcentagem do isótopo de cloro
$^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	164	75%
$^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	166	25%
$^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	166	75%
$^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	168	25%

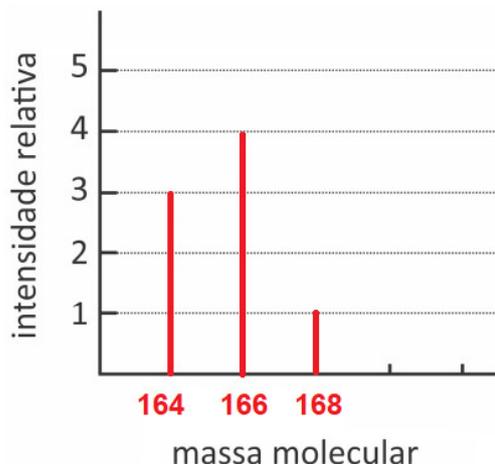
Cátions – radicais	Massa molecular	(Porcentagem do isótopo de cloro) ÷ 25%
$^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	164	$\left(\frac{75\%}{25\%}\right) = 3$
$^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	166	$\left(\frac{25\%}{25\%}\right) = 1$
$^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	166	$\left(\frac{75\%}{25\%}\right) = 3$
$^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	168	$\left(\frac{25\%}{25\%}\right) = 1$

} 1 + 3 = 4

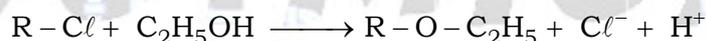
Conclusão:

Cátions – radicais	Massa molecular	Intensidade relativa
$^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	164	3
$^{12}\text{C}^{79}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	166	4
$^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	166	
$^{12}\text{C}^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}^{19}\text{F}_2^+$	168	1

De acordo com as massas obtidas (164, 166 e 168), o espectro obtido para a análise do halon-1211 poderia ser representado por:



Questão 6. Alguns cloretos de alquila transformam-se em éteres quando dissolvidos em etanol, e a solução é aquecida a determinada temperatura. A equação química que representa essa transformação é:



Um grupo de estudantes realizou um experimento para investigar a reatividade de três cloretos de alquila ao reagir com etanol, conforme descrito a seguir e esquematizado na tabela.

O grupo separou 4 tubos de ensaio e, em cada um, colocou 1 mL de etanol e uma gota do indicador alaranjado de metila. A seguir, adicionou 6 gotas de cloreto de metila ao **tubo 2**, 6 gotas de cloreto de sec-butila ao **tubo 3** e 6 gotas de cloreto de terc-butila ao **tubo 4** (linha I na tabela). Os quatro tubos foram aquecidos por 10 minutos a 60 °C, em banho de água e, após esse tempo, foram registradas as observações experimentais relacionadas à cor das soluções (linha II na tabela). Surgiu a dúvida quanto ao resultado obtido para o **tubo 2** e, assim sendo, os estudantes resolveram fazer um novo teste, adicionando, a cada um dos tubos, 2 gotas de uma solução 5 % de nitrato de prata em etanol. As observações experimentais feitas a partir desse teste também foram registradas (linha III na tabela).

	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4
I	EtOH e indicador	EtOH e indicador + CH_3Cl	EtOH e indicador + 	EtOH e indicador + 
II	Amarela	Levemente avermelhada	Vermelha	Amarela
III	Inalterado	Ligeira turbidez	Precipitado branco e sobrenadante vermelho	Inalterado

Note e adote:

Alaranjado de metila é um indicador ácido-base.

Em pH < 4, apresenta coloração vermelha e, em pH > 5, apresenta coloração amarela.

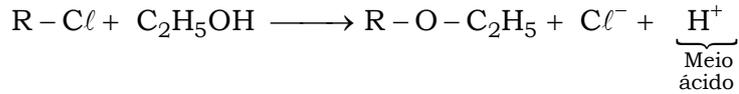
a) Explique por que a cor do indicador ácido-base muda quando ocorre a reação do cloreto de alquila com o etanol.

b) Dê a fórmula estrutural do produto orgânico e a fórmula do precipitado formados no tubo 3.

c) Com base nos resultados experimentais, indique a ordem de reatividade dos três cloretos de alquila investigados no experimento. Justifique sua resposta com base nos resultados experimentais.

Resolução:

a) Quando ocorre a reação do cloreto de alquila com o etanol, o meio fica ácido, como se pode perceber na reação fornecida no texto:

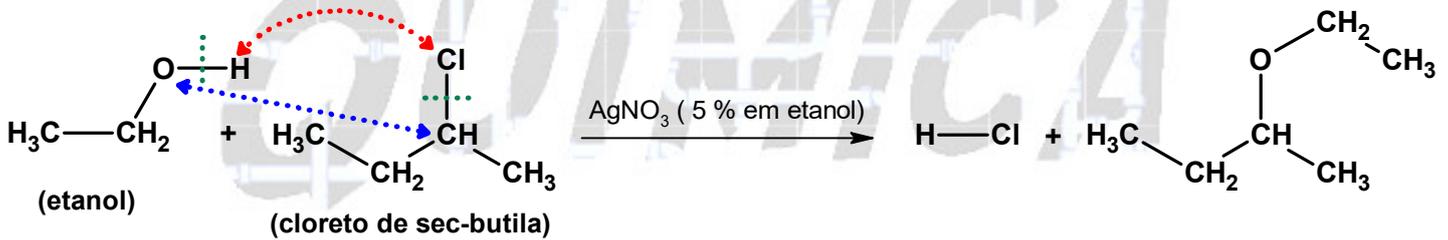


Conseqüentemente a cor do indicador ácido-base sofrerá alteração.

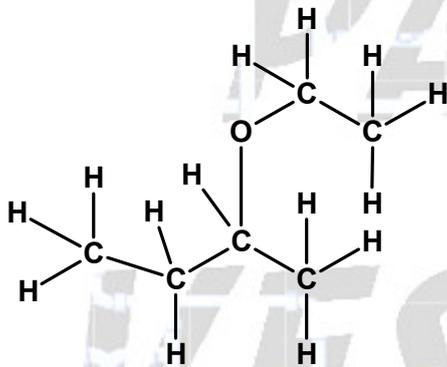
b) Tubo 3:

I - Etanol e indicador + cloreto de sec-butila
II - Vermelha
III - Precipitado branco e sobrenadante vermelho

Esquematizando a reação (I), vem:



Fórmula estrutural do produto orgânico (uma das possíveis):

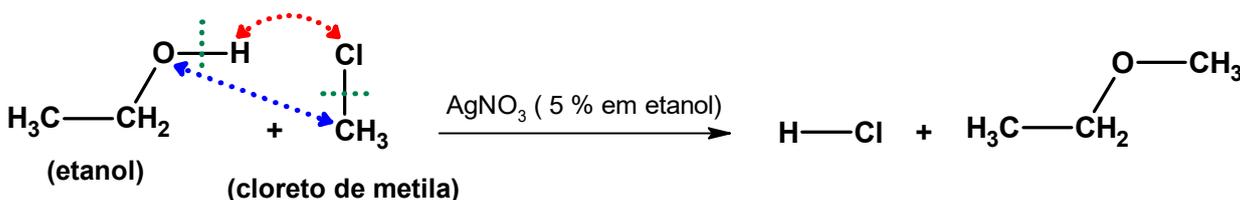


O HCl formado reagirá com o AgNO₃: $HCl + AgNO_3 \longrightarrow HNO_3 + AgCl \downarrow$.

Fórmula do precipitado branco formado: AgCl (cloreto de prata).

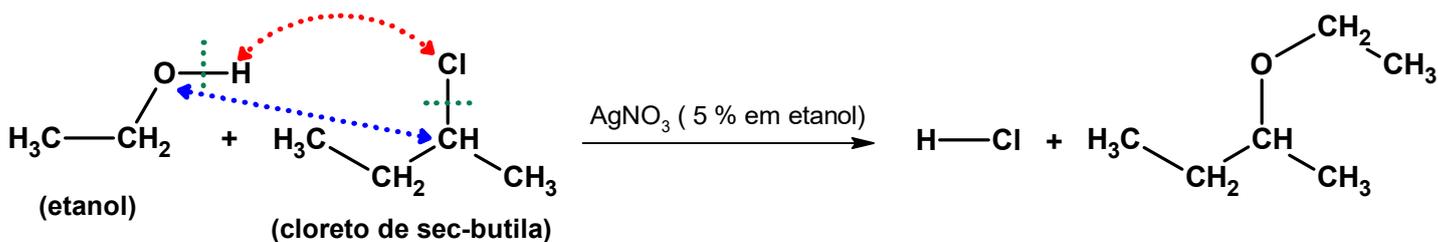
c) Tubo 1: III – Inalterado (etanol e indicador); coloração amarela (pH > 5).

Tubo 2: III – Ligeira turbidez (etanol e indicador + cloreto de metila); coloração levemente avermelhada (diminuição do pH).



A coloração levemente avermelhada indica que ocorreu uma formação de ácido menor do que nos meios de pH < 4 (coloração vermelha).

Tubo 3: III – Formação de precipitado branco e sobrenadante vermelho (etanol e indicador + cloreto de sec-butila); coloração vermelha (pH < 4).



Como o sobrenadante é vermelho, conclui-se que o pH é menor do que 4 (pH < 4), ou seja, ocorre a formação de uma quantidade maior de HCl. O cloreto de sec-butila é mais reativo do que o cloreto de metila.

Tubo 4: III – Inalterado (etanol e indicador + cloreto de terc-butila); coloração amarela.

Conclusão: a cor amarela indica que, praticamente, não ocorreu alteração no valor do pH, ou seja, o cloreto de terc-butila é o composto menos reativo.

Ordem de reatividade dos três cloretos de alquila investigados no experimento: cloreto de sec-butila > cloreto de cloreto de metila > cloreto de terc-butila.

QUÍMICA

PARA O

VESTIBULAR