FUVEST 2020 – Primeira fase e Segunda fase

CONHECIMENTOS GERAIS

1.

Disponível em https://www.boredpanda.com/.

Em Xangai, uma loja especializada em café oferece uma opção diferente para adoçar a bebida. A chamada *sweet little rain* consiste em uma xícara de café sobre a qual é pendurado um algodão-doce, material rico em sacarose, o que passa a impressão de existir uma nuvem pairando sobre o café, conforme ilustrado na imagem.

O café quente é então adicionado na xícara e, passado um tempo, gotículas começam a pingar sobre a bebida, simulando uma chuva doce e reconfortante. A adição de café quente inicia o processo descrito, pois

(A) a temperatura do café é suficiente para liquefazer a sacarose do algodão-doce, fazendo com que este goteje na forma de sacarose líquida.

(B) o vapor de água que sai do café quente irá condensar na superfície do algodão-doce, gotejando na forma de água pura.

(C) a sacarose que evapora do café quente condensa na superfície do algodão-doce e goteja na forma de uma solução de sacarose em água.

(D) o vapor de água encontra o algodão-doce e solubiliza a sacarose, que goteja na forma de uma solução de sacarose em água.

(E) o vapor de água encontra o algodão-doce e vaporiza a sacarose, que goteja na forma de uma solução de sacarose em água.

Note e adote:
Temperatura de fusão da sacarose à pressão ambiente $= 186\ ^{o}C$;
Solubilidade da sacarose a $20\ ^{o}C = 1{,}97\ kg/L$ de água.

Resolução: alternativa D.

A adição de café quente inicia o processo descrito, pois o vapor de água "sobe", encontra o algodão-doce sólido e sofre condensação (passando para o estado de agregação líquido). Consequentemente, a sacarose é solubilizada pela água líquida e é formada uma solução de sacarose em água que goteja.

2. Equipamentos domésticos chamados de vaporizadores para roupa utilizam o vapor de água gerado por um sistema de resistências elétricas a partir de água líquida. Um equipamento com potência nominal de 1.600 W foi utilizado para passar roupas por 20 minutos, consumindo 540 mL de água. Em relação ao gasto total de energia do equipamento, o gasto de energia utilizado apenas para vaporizar a água, após ela já ter atingido a temperatura de ebulição, equivale a, aproximadamente,

(A) 0,04 %.

(B) 0,062 %.

(C) 4,6 %.

(D) 40 %.

(E) 62 %.

Note e adote:
Entalpia de vaporização da água a 100 °C = 40 kJ / mol;
Massa molar da água = 18 g / mol;
Densidade da água = 1 g / mL.

Resolução: alternativa E.

Cálculo da energia gasta para a vaporização da água (E) no equipamento doméstico:

Entalpia de vaporização da água a 100 °C = 40 kJ / mol

$d_{água} = 1\ g.mL^{1}$

$V_{água} = 540\ mL \Rightarrow m_{água} = 540\ g$

$M_{H_2O} = 18\ g.mol^{-1}$

18 g de água ———— 40 kJ

540 g de água ———— E

$$E = \frac{540\ g \times 40\ kJ}{18\ g}$$

$E = 1.200\ kJ$

O equipamento com potência nominal de 1.600 W foi utilizado para passar roupas por 20 minutos $(20 \times 60\ s)$. Com esta informação podemos calcular a energia gasta neste processo.

A potência média (P) é obtida pela relação entre o gasto total de energia do equipamento (ΔE) e tempo o utilizado para passar roupas (Δt), então:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Rightarrow \Delta E = P \times \Delta t$$

$\Delta E = 1.600\ W \times (20 \times 60\ s)$

$\Delta E = 1.920.000\ W.s$

$$1\ W = 1\ \frac{J}{s}$$

$$\Delta E = 1.920.000\ 1\ \frac{J}{s}.s = 1.920.\overbrace{000}^{k}\ J$$

$\Delta E = 1.920\ kJ$

Em relação ao gasto total de energia do equipamento (100 %), o gasto de energia utilizado apenas para vaporizar a água pode ser calculado pela seguinte regra de três:

1.920 kJ ——— 100 %
1.200 kJ ——— p

$$p = \frac{1.200\ \text{kJ} \times 100\ \%}{1.920\ \text{kJ}}$$

$p = 62{,}5\ \%$ (aproximadamente 62 %)

3.

	1												13	14	15	16	17	18
1	H	2																He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Aℓ	Si	P	S	Cℓ	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tℓ	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fℓ	Mc	Lv	Ts	Og

*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
**	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Pesquisadores (...) conseguiram controlar reações químicas de um modo inovador. Usaram feixes de laser *para promover um esbarrão entre dois átomos e uni-los, criando uma molécula. Utilizando pinças ópticas (feixes de* laser *altamente focados capazes de aprisionar objetos microscópicos), os pesquisadores empurraram um átomo do elemento químico césio (Cs) contra um átomo de sódio (Na) até que colidissem. Um terceiro* laser *foi lançado sobre ambos, fornecendo energia extra para criar a molécula NaCs. Na natureza, as moléculas formam-se a partir da interação de átomos por acaso. Por suas características químicas, césio e sódio jamais originariam uma molécula espontaneamente. (...)*

Molécula criada em laboratório. Disponível em http://revistapesquisa.fapesp.br/. Adaptado.

Com base nas informações do texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que

(A) o Cs é um elemento químico radioativo e, devido a essa característica química, a molécula de NaCs não se formaria sem esse modo inovador (L.2), que estabiliza o decaimento.

(B) o raio atômico do Na é maior que o do Cs, portanto, a sua energia de ionização também é maior. O esbarrão (L.3) entre os átomos retira um elétron do Na, permitindo a ligação.

(C) o terceiro *laser* (L.8) usado no experimento serviu para retirar um nêutron do Cs, tornando-o um cátion e possibilitando a reação com o Na.

(D) na natureza, com esses elementos se esbarrando por acaso (L.10-11), a tendência seria formar CsNa, e não NaCs, justificando o caráter inovador do experimento.

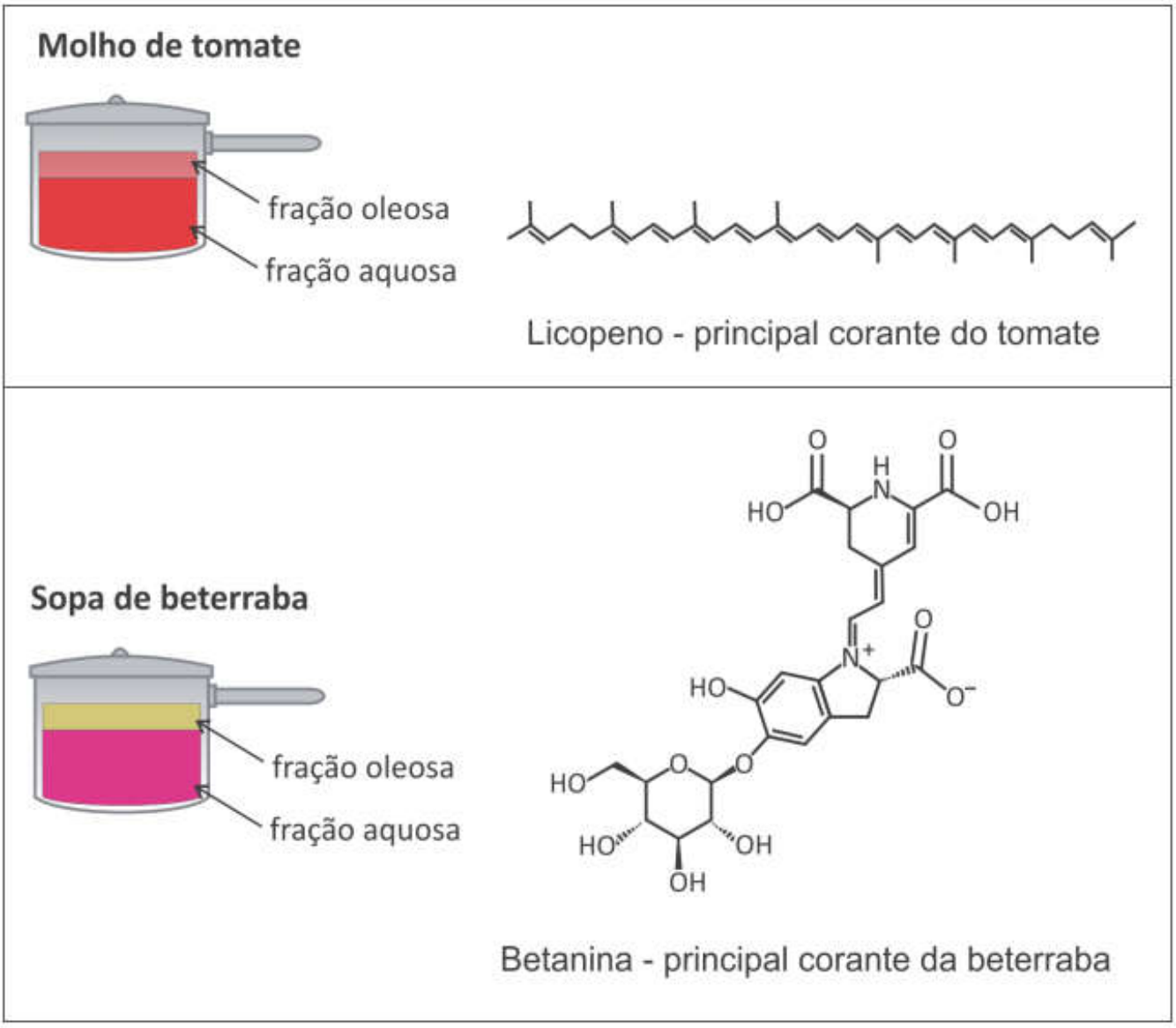
(E) o Cs e o Na não formariam uma molécula espontaneamente (L.11-12), uma vez que ambos têm grande tendência a formarem cátions e ligações iônicas.

Resolução: alternativa E.

Observação: as marcações entre parênteses precedidas pelas letras L mostram as linhas de referência no texto. Os números 5 e 10 são referências para a localização.

De acordo com a tabela fornecida no texto, constata-se que o sódio (Na) e o césio (Cs) pertencem ao grupo 1 ou família IA, isto significa que apresentam um elétron de valência e formam cátions monovalentes $\left(Na^{+} \text{ e } Cs^{+}\right)$. Isto significa que não formariam uma molécula espontaneamente, pois seus cátions se repelem.

4. Ao se preparar molho de tomate (considere apenas a fervura de tomate batido com água e azeite), é possível observar que a fração aquosa (fase inferior) fica vermelha logo no início e a fração oleosa (fase superior), inicialmente com a cor característica do azeite, começa a ficar avermelhada conforme o preparo do molho. Por outro lado, ao se preparar uma sopa de beterraba (considere apenas a fervura de beterraba batida com água e azeite), a fração aquosa (fase inferior) fica com a cor rosada e a fração oleosa (fase superior) permanece com sua coloração típica durante todo o processo, não tendo sua cor alterada.



Considerando as informações apresentadas no texto e no quadro, a principal razão para a diferença de coloração descrita é que a fração oleosa

(A) fica mais quente do que a aquosa, degradando a betanina; o mesmo não é observado com o licopeno, devido à sua cadeia carbônica longa.

(B) está mais exposta ao ar, que oxida a betanina; o mesmo não é observado com o licopeno, devido à grande quantidade de duplas ligações.

(C) é apolar e a betanina, polar, havendo pouca interação; o mesmo não é observado com o licopeno, que é apolar e irá interagir com o azeite.

(D) é apolar e a aquosa, polar, mantendo-se separadas; o licopeno age como um surfactante misturando as fases, colorindo a oleosa, enquanto a betanina não.

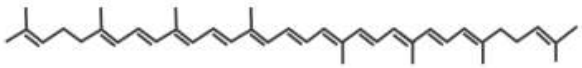
(E) tem alta viscosidade, facilitando a difusão do licopeno, composto de menor massa molar; o mesmo não é observado para a betanina, com maior massa.

Note e adote: Massas molares (g/mol): Licopeno = 537; betanina = 551.

Resolução: alternativa C.

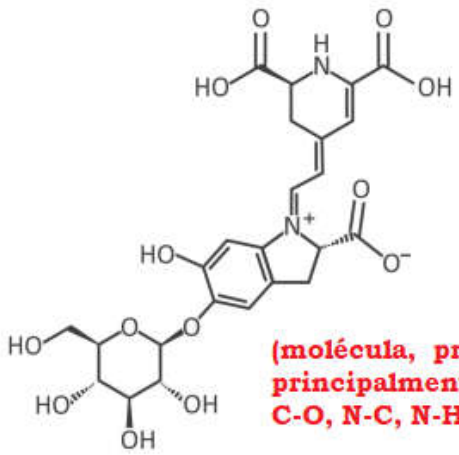
Levando em consideração que "semelhante tende a dissolver semelhante", vem:

• Considerando as informações apresentadas no texto e no quadro, a principal razão para a diferença de coloração descrita no molho de tomate é que a fração oleosa (parte superior do molho de tomate) começa a se formar a partir da mistura de dois componentes predominantemente apolares, o licopeno (principal corante do tomate) e o azeite. A fração oleosa "apolar" se separa da fração aquosa "polar".



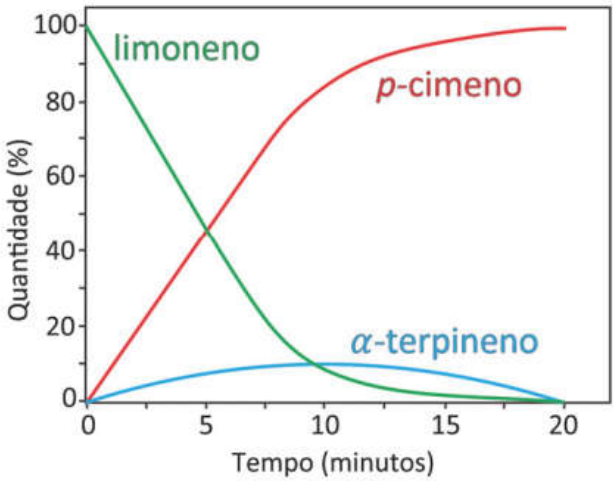
(molécula formada apenas por C e H, ou seja, apolar)

• Considerando as informações apresentadas no texto e no quadro, a principal razão para a diferença de coloração descrita na sopa de beterraba é que a fração oleosa (parte superior da sopa de beterraba) é formada, predominantemente, por azeite (apolar). Como a betanina (principal corante de beterraba) é predominantemente polar, ela se mistura com a água (polar) formando a fração aquosa.



(molécula, predominantemente polar devido principalmente, à presença dos grupos OH, C=O, C-O, N-C, N-H)

5. Numa determinada condição experimental e com o catalisador adequado, ocorre uma reação, conforme representada no gráfico, que relaciona porcentagem do composto pelo tempo de reação.



Uma representação adequada para esse processo é:

(A) $\text{limoneno} \rightleftharpoons \text{p-cimeno} \longrightarrow \alpha\text{-terpineno}$

(B) $\text{limoneno} \xrightarrow[\text{(catalisador)}]{\text{p-cimeno}} \alpha\text{-terpineno}$

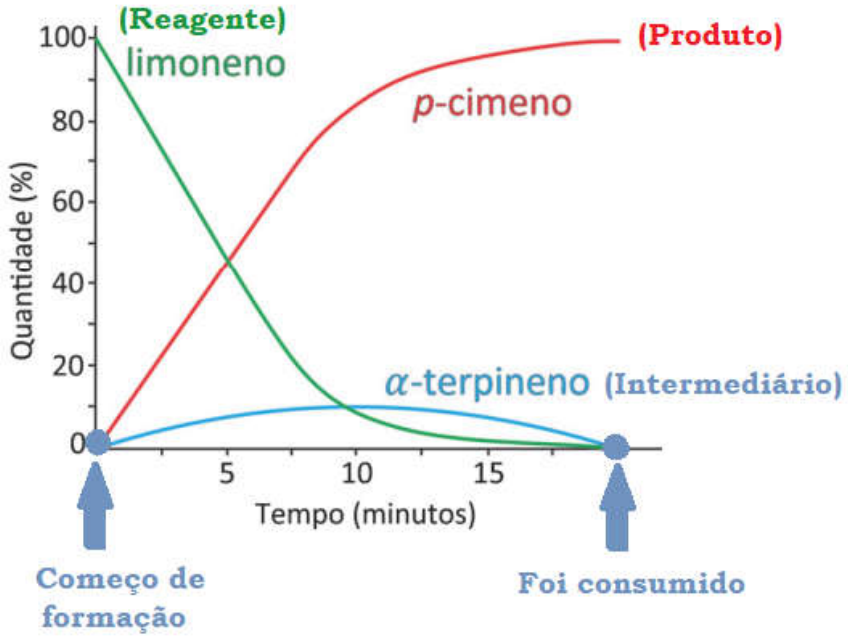
(C) $\text{limoneno} + \text{p-cimeno} \rightleftharpoons \alpha\text{-terpineno}$

(D) $\text{limoneno} \xrightarrow[\text{(catalisador)}]{\alpha\text{-terpineno}} \text{p-cimeno}$

(E) $\text{limoneno} \longrightarrow \alpha\text{-terpineno} \longrightarrow \text{p-cimeno}$

Resolução: alternativa E.

De acordo com o gráfico:



A curva do limoneno é decrescente (gasta), logo ele é reagente.
A curva do p – cimeno é crescente (forma), logo ele é produto.
A curva do α – terpineno é crescente até 10 minutos e depois decrescente, ou seja, se trata de um produto intermediário que é formado e consumido durante o processo.

Ou seja,

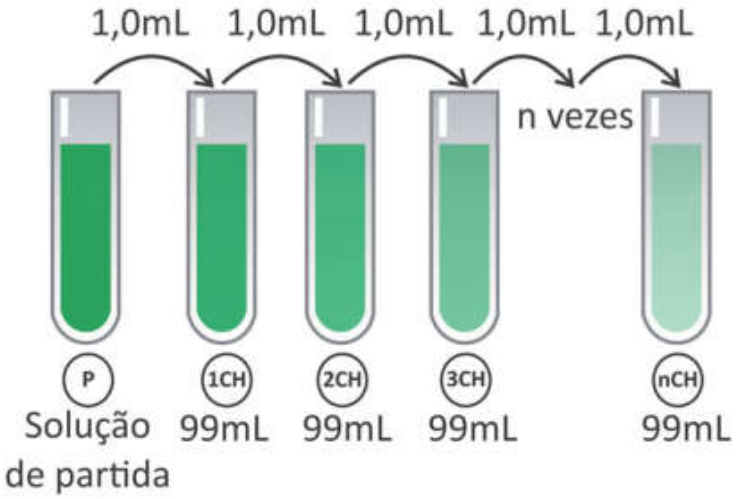
$$\text{limoneno} \longrightarrow \alpha - \text{terpineno}$$

$$\alpha - \text{terpineno} \longrightarrow \text{p} - \text{cimeno}$$

Uma representação adequada para esse processo é:

$$\underbrace{\text{limoneno}}_{\text{Reagente}} \longrightarrow \underbrace{\alpha - \text{terpineno}}_{\substack{\text{Produto} \\ \text{intermediário}}} \longrightarrow \underbrace{\text{p} - \text{cimeno}}_{\text{Produto}}$$

6. Os chamados "remédios homeopáticos" são produzidos seguindo a farmacotécnica homeopática, que se baseia em diluições sequenciais de determinados compostos naturais. A dosagem utilizada desses produtos é da ordem de poucos mL.
Uma das técnicas de diluição homeopática é chamada de diluição centesimal (CH), ou seja, uma parte da solução é diluída em 99 partes de solvente e a solução resultante é homogeneizada (ver esquema).



Alguns desses produtos homeopáticos são produzidos com até 200 diluições centesimais sequenciais (200CH). Considerando uma solução de partida de 100 mL com concentração 1 mol/L de princípio ativo, a partir de qual diluição centesimal a solução passa a não ter, em média, nem mesmo uma molécula do princípio ativo?

(A) 12ª diluição (12CH).

(B) 24ª diluição (24CH).

(C) 51ª diluição (51CH).

(D) 99ª diluição (99CH).

(E) 200ª diluição (200CH).

Note e adote:
Número de Avogadro = 6×10^{23}.

Resolução: alternativa A.

Questão interdisciplinar.

Considerando uma solução de partida de 100 mL (0,1 L) com concentração 1 mol/L de princípio ativo, vem:

Concentração da solução de partida $(\mathfrak{M}_P) = 1\ mol.L^{-1}$

Volume da solução de partida $(V_P) = 0{,}1L$

$n_P = \mathfrak{M}_P \times V_P = 1\ mol.L^{-1} \times 0{,}1\ L \Rightarrow n_P = 0{,}1\ mol = 10^{-1}\ mol$

$1\ mol$ ——— 6×10^{23} moléculas

$10^{-1}\ mol$ ——— 6×10^{22} moléculas

Para a primeira diluição (1CH), referente a amostra de 1 mL, teremos:

6×10^{22} moléculas ——— 100 mL

$n_{(1CH)}$ ——— 1 mL

$$n_{(1CH)} = \frac{6\times10^{22}\ \text{moléculas} \times 1\ mL}{100\ mL} = 6\times10^{20}\ \text{moléculas}$$

$$\boxed{\begin{matrix}\text{Solução de partida}\\ 6\times10^{22}\ \text{moléculas}\end{matrix}} \longrightarrow \boxed{\begin{matrix}\text{Primeira diluição}\\ 6\times10^{20}\ \text{moléculas}\end{matrix}} \longrightarrow \ldots$$

$$q = \frac{6\times10^{20}\ \text{moléculas}}{6\times10^{22}\ \text{moléculas}} = 10^{-2}$$ (razão da progressão geométrica nas diluições)

$a_n = 6\times10^{0}$ moléculas (quantidade a partir da qual a solução passa a não ter nem mesmo uma molécula).

$a_1 = 6\times10^{22}$ moléculas (quantidade de moléculas da solução de partida)

Aplicando a fórmula para p.g. (progressão geométrica):

$a_n = a_1 \times q^{(n-1)}$

$6\times10^{0} = 6\times10^{22} \times 10^{-2(n-1)}$

$10^{0} = 10^{22} \times 10^{(-2n+2)}$

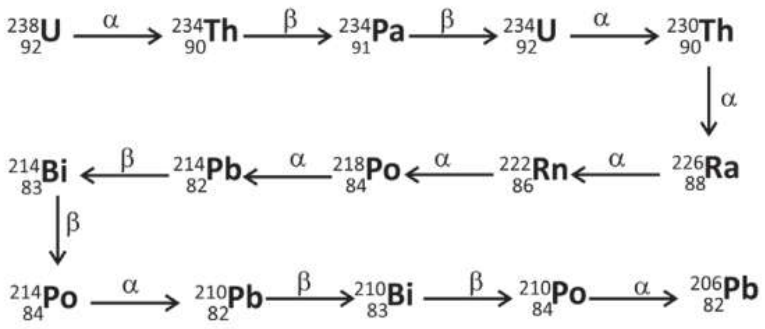
$0 = 22 - 2n + 2$

$2n = 24$

$n = 12 \Rightarrow (12CH)$

Conclusão: a partir da 12ª diluição.

7. O gás hélio disponível comercialmente pode ser gerado pelo decaimento radioativo, sobretudo do urânio, conforme esquematizado pela série de decaimento. Desde a formação da Terra, há 4,5 bilhões de anos, apenas metade do ^{238}U decaiu para a formação de He.



Com base nessas informações e em seus conhecimentos, é correto afirmar:

(A) O decaimento de um átomo de ^{238}U produz, ao final da série de decaimento, apenas um átomo de He.

(B) O decaimento do ^{238}U para ^{234}U gera a mesma quantidade de He que o decaimento do ^{234}U para ^{230}Th.

(C) Daqui a 4,5 bilhões de anos, a quantidade de He no planeta Terra será o dobro da atual.

(D) O decaimento do ^{238}U para ^{234}U gera a mesma quantidade de He que o decaimento do ^{214}Pb para ^{214}Po.

(E) A produção de He ocorre pela sequência de decaimento a partir do ^{206}Pb.

Resolução: alternativa B.

Decaimento do ^{238}U para ^{234}U (conforme o esquema fornecido):

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{^{4}_{2}\alpha} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{^{0}_{-1}\beta} {}^{234}_{91}Pa \xrightarrow{^{0}_{-1}\beta} {}^{234}_{92}U$$

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{234}_{90}Th$$
$$238 = 4 + 234$$
$$92 = 2 + 90$$
$$^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{234}_{91}Pa$$
$$234 = 0 + 234$$
$$90 = -1 + 91$$
$$^{234}_{91}Pa \longrightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{234}_{92}U$$
$$234 = 0 + 234$$
$$91 = -1 + 92$$

Gera $^{4}_{2}\alpha \Rightarrow \left(^{4}_{2}\alpha\right)^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow {}^{4}_{2}He$

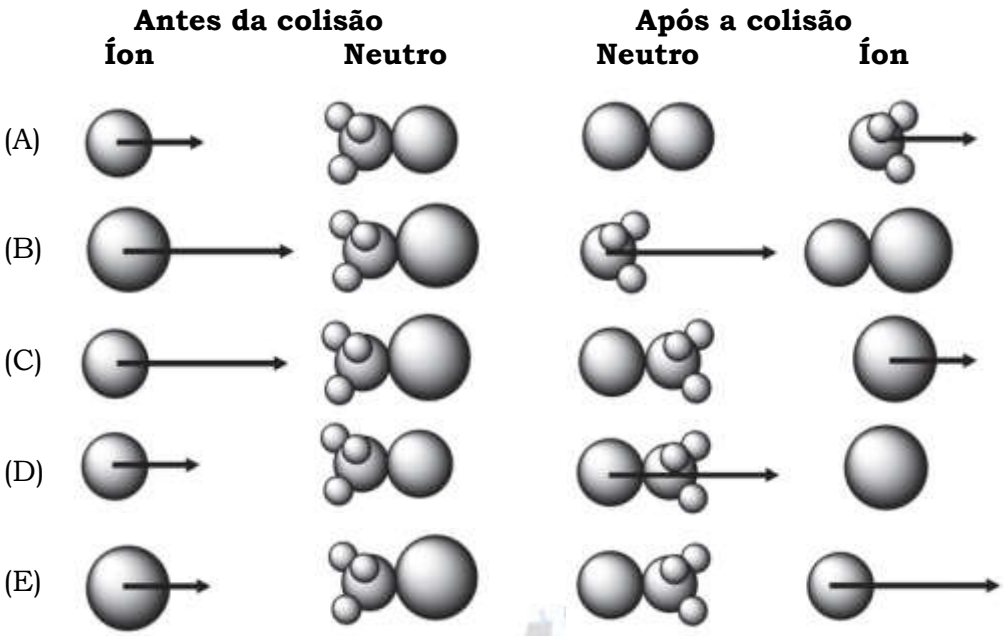
Decaimento do ^{234}U para ^{230}Th (conforme o esquema fornecido):

$$^{234}_{92}U \xrightarrow{^{4}_{2}\alpha} {}^{230}_{90}Th$$

$$^{234}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{230}_{90}Th$$
$$234 = 4 + 230$$
$$92 = 2 + 90$$

Gera $^{4}_{2}\alpha \Rightarrow \left(^{4}_{2}\alpha\right)^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow {}^{4}_{2}He$

8. Os movimentos das moléculas antes e depois de uma reação química obedecem aos princípios físicos de colisões. Para tanto, cada átomo é representado como um corpo pontual com uma certa massa, ocupando uma posição no espaço e com uma determinada velocidade (representada na forma vetorial). Costumeiramente, os corpos pontuais são representados como esferas com diâmetros proporcionais à massa atômica. As colisões ocorrem conservando a quantidade de movimento.
Considerando um referencial no qual as moléculas neutras encontram-se paradas antes e após a colisão, a alternativa que melhor representa o arranjo de íons e moléculas instantes antes e instantes depois de uma colisão que leva à reação $F^{-} + H_3CC\ell \longrightarrow CH_3F + C\ell^{-}$ é



Note e adote:
Massas atômicas : H = 1 u.m.a., C = 12 u.m.a., F = 19 u.m.a. e Cℓ = 35 u.m.a.
Considere que apenas o isótopo de cloro Cℓ = 35 u.m.a. participa da reação.

Resolução: alternativa C.

De acordo com o texto, os corpos pontuais são representados como esferas com diâmetros proporcionais à massa atômica. As colisões ocorrem conservando a quantidade de movimento.

Então:

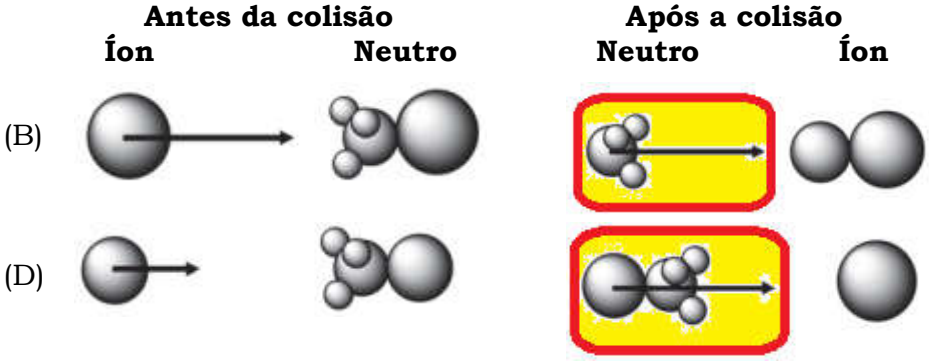
H = 1 u.m.a.

C = 12 u.m.a.

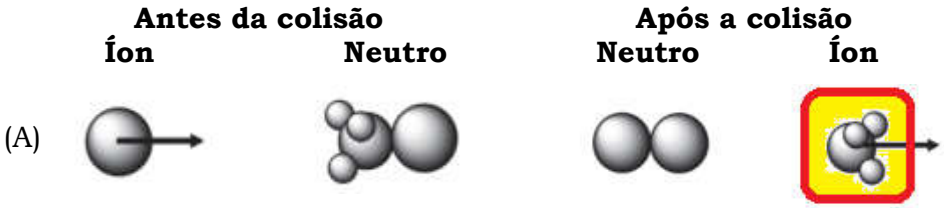
F = 19 u.m.a.

Cℓ = 35 u.m.a.

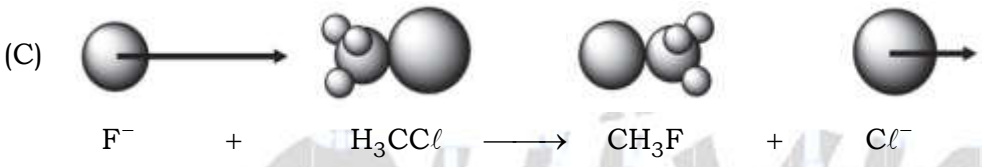
As moléculas neutras encontram-se paradas antes e após a colisão, logo as alternativas (B) e (D) são descartadas, pois mostram espécies neutras em movimento (vide os vetores ou "flechas").



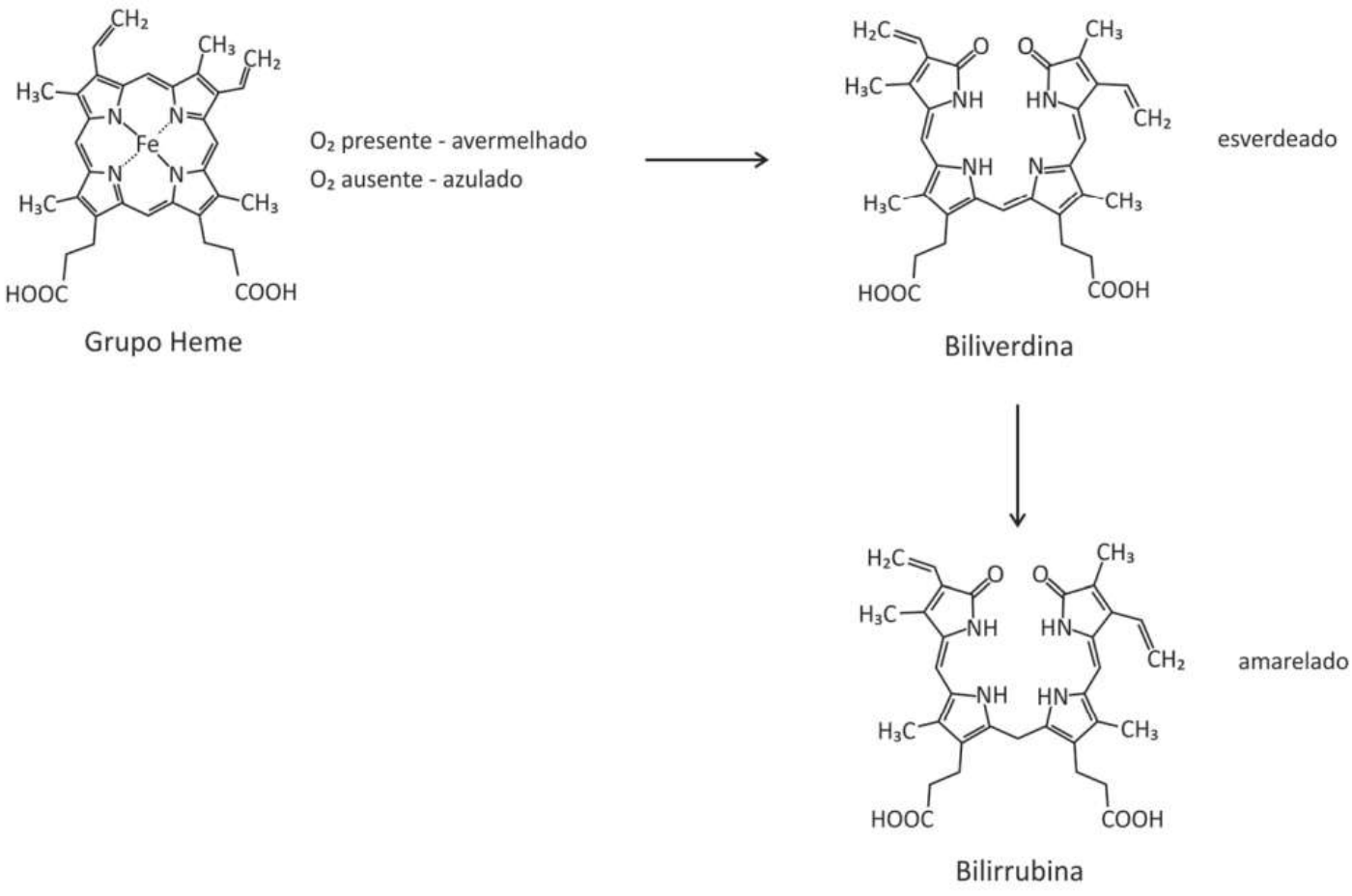
Como os íons F^- e $C\ell^-$ devem ser representados por uma única esfera, conclui-se que a alternativa (A) deve ser, também, descartada.



Restam as alternativas (C) e (E). Como a esfera que representa o íon $C\ell^-$ é maior do que a esfera que representa o íon F^-, conclui-se que a melhor representação é:



9. Quando o nosso corpo é lesionado por uma pancada, logo se cria um hematoma que, ao longo do tempo, muda de cor. Inicialmente, o hematoma torna-se avermelhado pelo acúmulo de hemoglobina. Em seguida, surge uma coloração azulada, decorrente da perda do O_2 ligado ao Fe do grupo heme. Essa coloração torna-se, então, esverdeada (biliverdina) e, após isso, surge um tom amarelado na pele (bilirrubina). Essa sequência de cores ocorre pela transformação do grupo heme da hemoglobina, como representado a seguir:



Com base nas informações e nas representações, é correto afirmar:

(A) A conversão da biliverdina em bilirrubina ocorre por meio de uma redução.

(B) A biliverdina, assim como a hemoglobina, é capaz de transportar O_2 para as células do corpo, pois há oxigênio ligado na molécula.

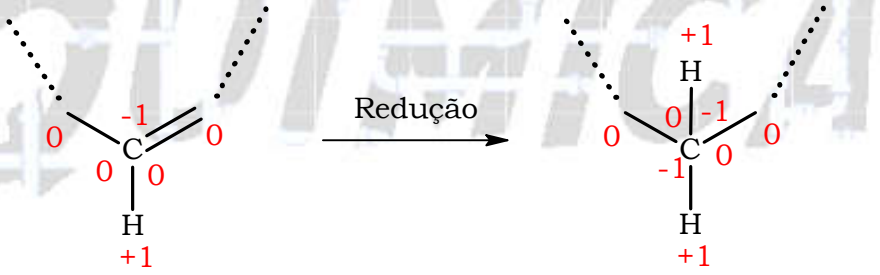
(C) As três estruturas apresentadas contêm o grupo funcional amida.

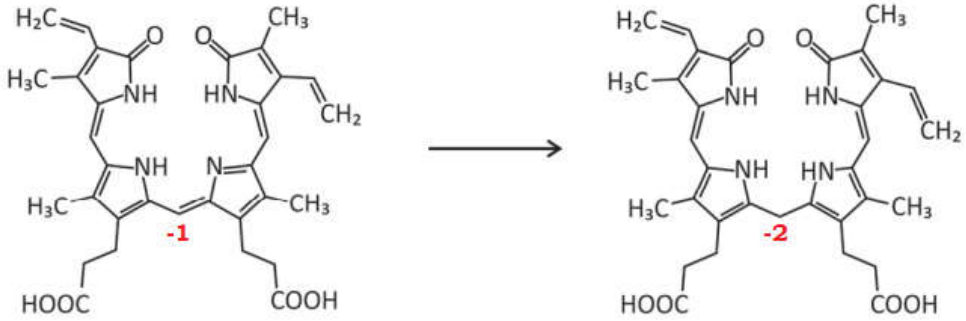
(D) A degradação do grupo heme para a formação da biliverdina produz duas cetonas.

(E) O grupo heme, a biliverdina e a bilirrubina são isômeros.

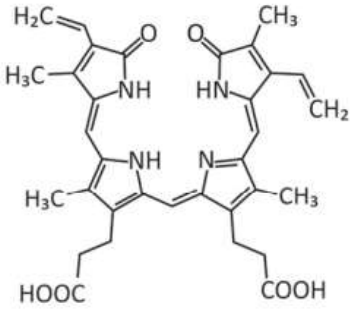
Resolução: alternativa A.

(A) Correta. A conversão da Biliverdina em Bilirrubina ocorre por meio de uma redução. Observe a região parcial das estruturas na qual ocorre a redução do Nox do carbono de -1 para -2.



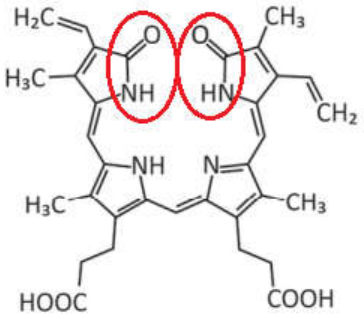


(B) Incorreta. A Biliverdina não é capaz de transportar O_2 para as células do corpo, pois não possui átomo de ferro (Fe).

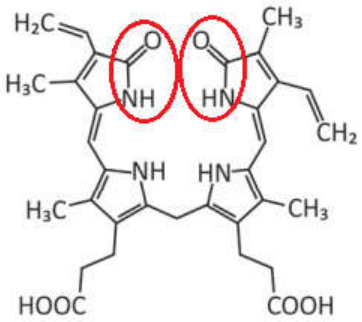


esverdeado

(C) Incorreta. Apenas as estruturas da Biliverdina e a Bilirrubina contêm o grupo funcional amida.

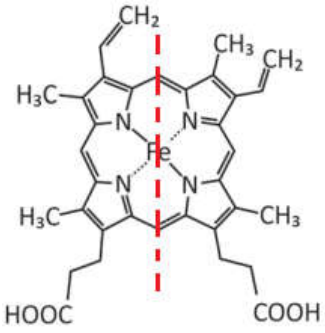


Biliverdina



Bilirrubina

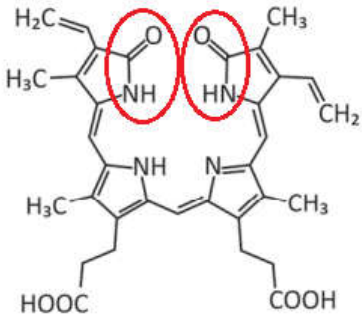
(D) Incorreta. A degradação do grupo heme para a formação da Biliverdina produz duas amidas.



Grupo Heme

O_2 presente - avermelhado

O_2 ausente - azulado

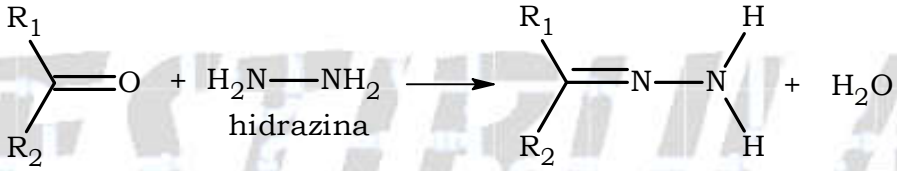


esverdeado

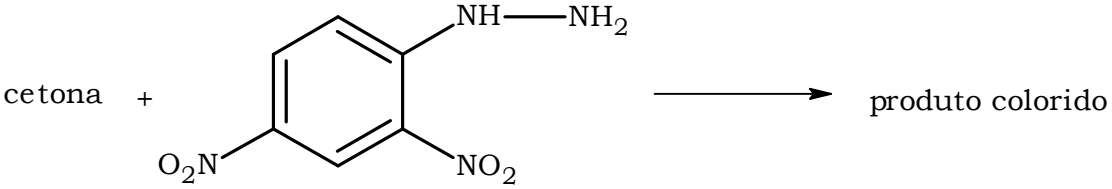
Biliverdina

(E) Incorreta. O Grupo Heme $(C_{34}H_{32}FeN_4O_4)$, a Biliverdina $(C_{33}H_{34}N_4O_6)$ e a Bilirrubina $(C_{33}H_{36}N_4O_6)$ não são isômeros, pois possuem fórmulas moleculares diferentes.

10. A reação de cetonas com hidrazinas, representada pela equação química

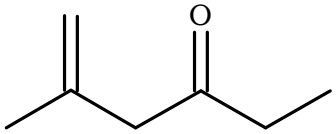


pode ser explorada para a quantificação de compostos cetônicos gerados, por exemplo, pela respiração humana. Para tanto, uma hidrazina específica, a 2,4-dinitrofenilhidrazina, é utilizada como reagente, gerando um produto que possui cor intensa.



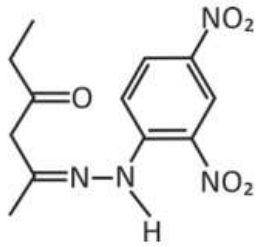
2,4-dinitrofenilhidrazina

Considere que a 2,4-dinitrofenilhidrazina seja utilizada para quantificar o seguinte composto:

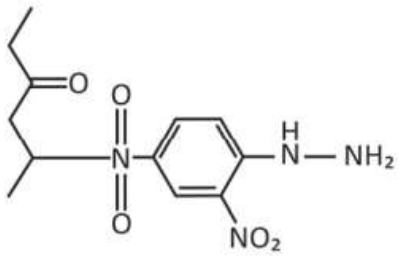


Nesse caso, a estrutura do composto colorido formado será:

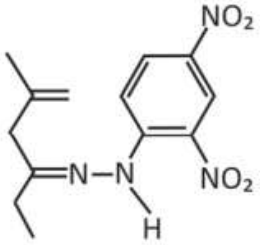
(A)



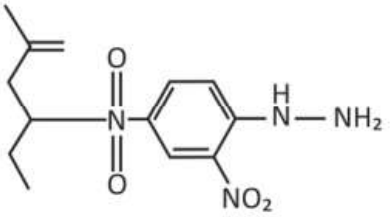
(D)



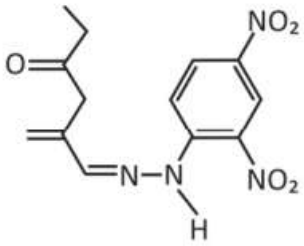
(B)



(E)

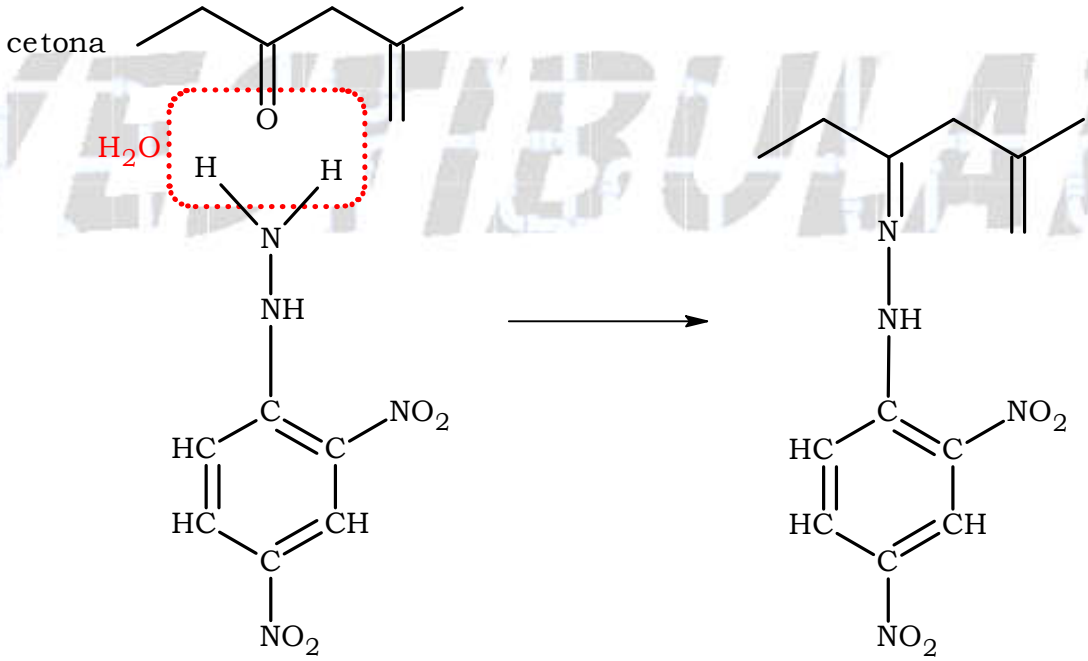


(C)



Resolução: alternativa B.

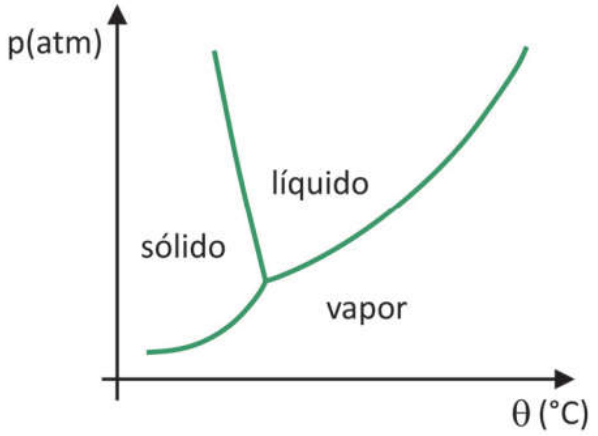
Considerando que a 2,4-dinitrofenilhidrazina seja utilizada para quantificar (reagir) com a cetona fornecida no enunciado da questão, retirando a água (conforme o esquema fornecido), vem:



2,4-dinitrofenilhidrazina

produto colorido

11. Em supermercados, é comum encontrar alimentos chamados de liofilizados, como frutas, legumes e carnes. Alimentos liofilizados continuam próprios para consumo após muito tempo, mesmo sem refrigeração. O termo "liofilizado", nesses alimentos, refere-se ao processo de congelamento e posterior desidratação por sublimação da água. Para que a sublimação da água ocorra, é necessária uma combinação de condições, como mostra o gráfico de pressão por temperatura, em que as linhas representam transições de fases.



Apesar de ser um processo que requer, industrialmente, uso de certa tecnologia, existem evidências de que os povos pré- colombianos que viviam nas regiões mais altas dos Andes conseguiam liofilizar alimentos, possibilitando estocá-los por mais tempo. Assinale a alternativa que explica como ocorria o processo de liofilização natural:

(A) A sublimação da água ocorria devido às baixas temperaturas e à alta pressão atmosférica nas montanhas.

(B) Os alimentos, após congelados naturalmente nos períodos frios, eram levados para a parte mais baixa das montanhas, onde a pressão atmosférica era menor, o que possibilitava a sublimação.

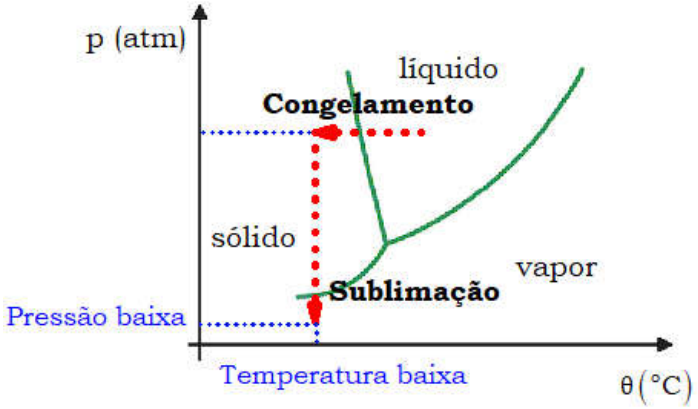
(C) Os alimentos eram expostos ao sol para aumentar a temperatura, e a baixa pressão atmosférica local favorecia a solidificação.

(D) As temperaturas eram baixas o suficiente nos períodos frios para congelar os alimentos, e a baixa pressão atmosférica nas altas montanhas possibilitava a sublimação.

(E) Os alimentos, após congelados naturalmente, eram prensados para aumentar a pressão, de forma que a sublimação ocorresse.

Resolução: alternativa D.

As temperaturas eram baixas o suficiente nos períodos frios para congelar os alimentos, e a baixa pressão atmosférica nas altas montanhas possibilitava a sublimação.



12. Para exemplificar probabilidade, um grupo de estudantes fez uma atividade envolvendo química, conforme o procedimento descrito.

Cada estudante recebeu um recipiente contendo 800 mL de água destilada com algumas gotas do indicador de pH alaranjado de metila e soluções de $HC\ell$ e NaOH em diversas concentrações.

Cada estudante deveria jogar apenas uma vez dois dados, um amarelo e um vermelho, ambos contendo os números de 1 a 6.

• Ao jogar o dado vermelho, o estudante deveria adicionar ao recipiente 100 mL de solução do ácido clorídrico na concentração 10^{-n} mol / L, sendo ***n*** o número marcado no dado (por exemplo, se saísse o número 1 no dado, a solução seria de 10^{-1} mol / L; se saísse 6, a solução seria de 10^{-6} mol / L).

• Ao jogar o dado amarelo, o estudante deveria executar o mesmo procedimento, mas substituindo o ácido por NaOH, totalizando assim 1,0 L de solução.

• O estudante deveria observar a cor da solução ao final do experimento. A professora mostrou a tabela com alguns valores de pH resultantes conforme os números tirados nos dados. Ela pediu, então, aos estudantes que utilizassem seus conhecimentos e a tabela para prever em quais combinações de dados a cor final do indicador seria vermelha.

Número tirado nos dados		Dado amarelo (adição de base)					
		1	2	3	4	5	6
Dado vermelho (adição de ácido)	1	7,0	2,1				2,0
	2			3,1			
	3			7,0			4,1
	4				7,0		
	5	11,9			8,9		
	6					7,9	7,0

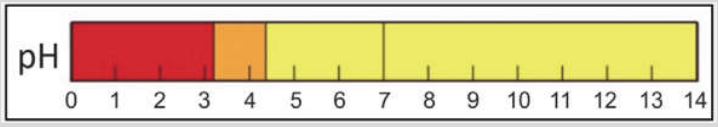
A probabilidade de, após realizar o procedimento descrito, a solução final preparada por um estudante ser vermelha é de:

(A) 1/12 (B) 1/6 (C) 1/4 (D) 11/36 (E) 5/12

Note e adote:

Considere a seguinte relação entre pH do meio e coloração do indicador alaranjado de metila:

Menor que 3,3	3,3 a 4,4	Maior que 4,4
Vermelho	Laranja	Amarelo

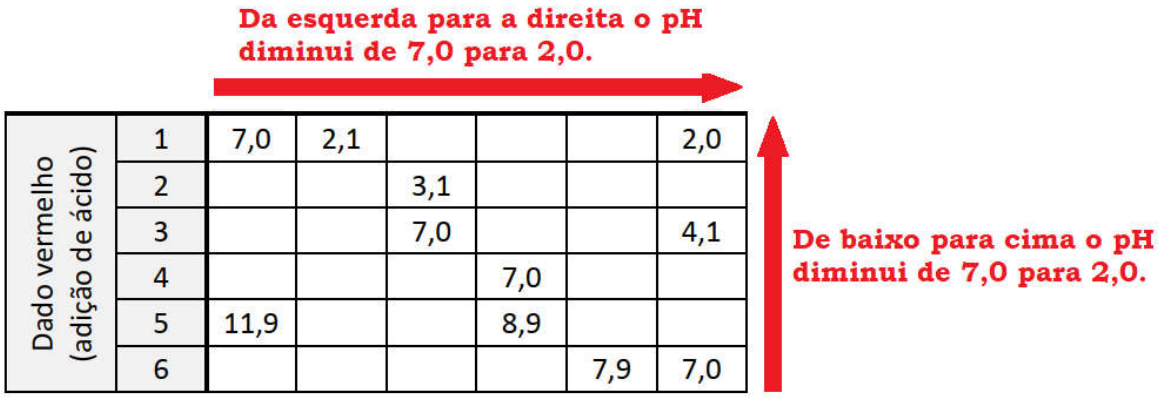


Resolução: alternativa C.

Questão interdisciplinar.

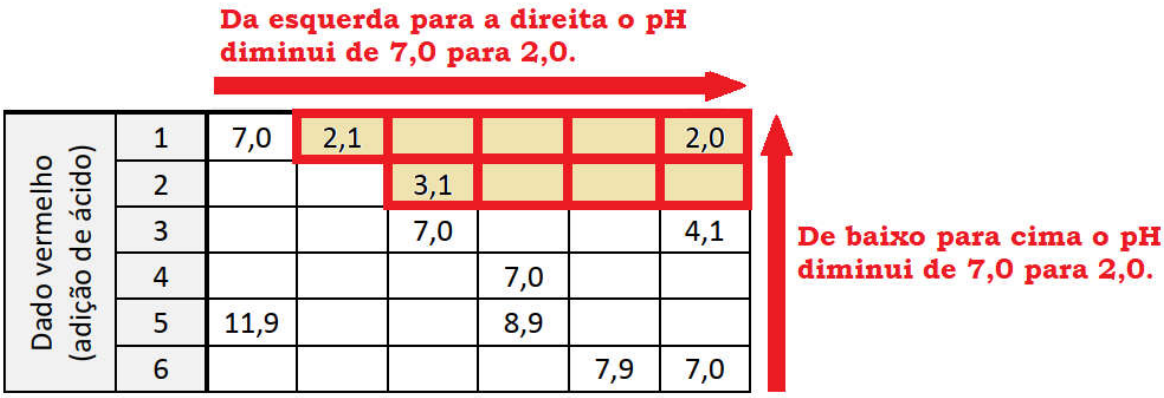
Para a solução final ser vermelha o pH deve ser menor do que 3,3 (vide note e adote).

De acordo com a tabela fornecida, da esquerda para a direita em uma mesma linha o valor do pH diminui e de baixo para cima também:



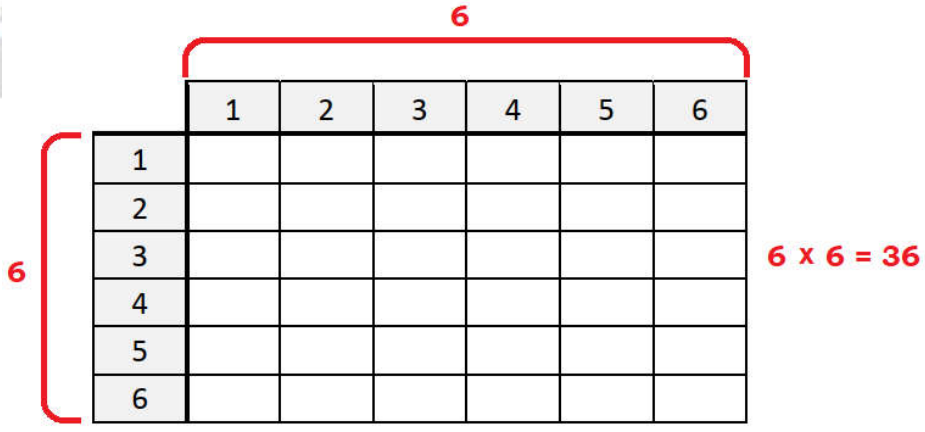
Dado vermelho (adição de ácido)	1	7,0	2,1				2,0
	2			3,1			
	3			7,0			4,1
	4				7,0		
	5	11,9			8,9		
	6					7,9	7,0

Observe que 9 quadrículas ficarão com pH menor do que 3,3 (vermelho):



Dado vermelho (adição de ácido)	1	7,0	2,1				2,0
	2			3,1			
	3			7,0			4,1
	4				7,0		
	5	11,9			8,9		
	6					7,9	7,0

Foram marcadas 9 quadrículas num total de 36 quadrículas:

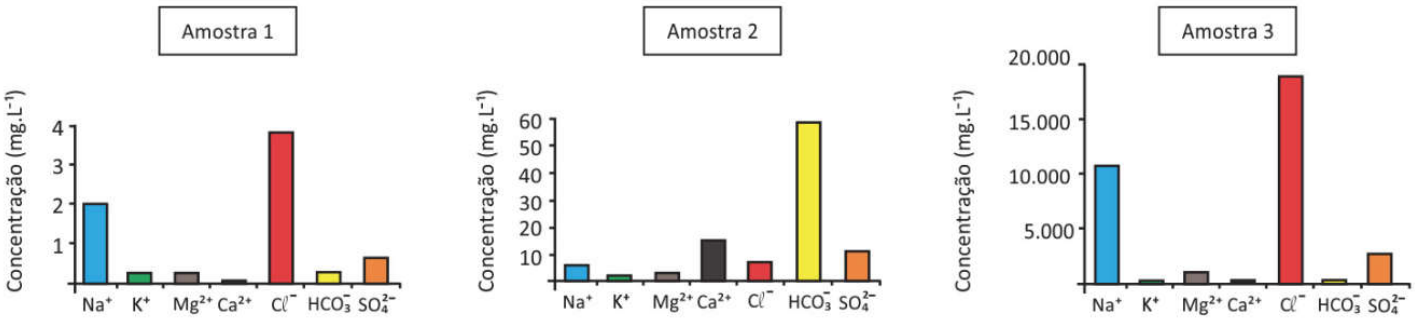


	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Então, teremos a probabilidade e 9 em 36, ou seja, um quarto: $\frac{9}{36} = \frac{1}{4}$.

Segunda fase

Questão 1. As concentrações de alguns íons em amostras de água estão representadas nos gráficos a seguir. A origem de cada amostra (1, 2 e 3) foi omitida, mas pode corresponder a: amostra de água do mar; amostra de água de chuva numa região costeira; amostra de água doce de rio.



Maria Lúcia A. Moura Campos, *Introdução à Biogeoquímica de Ambientes Aquáticos*. Editora Átomo: 2010.

a) O bicarbonato na água pode vir de diferentes fontes. Cite uma fonte de bicarbonato comum às três amostras.

b) Preencha a tabela da folha de respostas com a correspondência entre as amostras 1, 2 e 3 e o ambiente em que foram coletadas.

É esperado que a concentração de íons cloreto na água coletada da chuva em um ambiente continental seja igual, maior ou menor à de ambientes costeiros (ambos sem poluição)? Justifique sua resposta.

Tabela da folha de respostas:

Ambiente	Água do mar	Água da chuva em região costeira	Água doce de rio
Amostra			

Resolução:

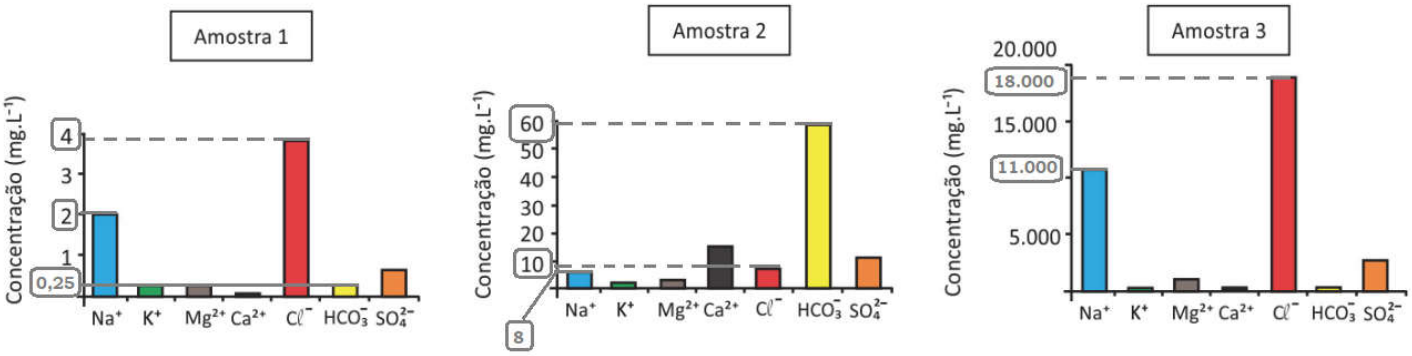
a) Fonte de bicarbonato $\left(HCO_3^-\right)$ comum às três amostras: água da chuva.

$$H_2O(\ell) + \underbrace{CO_2(g)}_{\text{Presente na atmosfera}} \longrightarrow H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

b) Tabela da folha de respostas com a correspondência entre as amostras 1, 2 e 3 e o ambiente em que foram coletadas.

Ambiente	Água do mar	Água da chuva em região costeira	Água doce de rio
Amostra	3	1	2

Observe:



Água do mar: **Amostra 3** (devido à grande concentração de íons Na^+ e $C\ell^-$ presentes).

$Na^+ \left(\approx 11.000\ mg \cdot L^{-1}\right)$; $C\ell^- \left(\approx 18.000\ mg \cdot L^{-1}\right)$

Água de chuva em região costeira: **Amostra 1** (devido à concentração inferior de íons Na^+ e $C\ell^-$ presentes, comparativamente às amostras 2 e 3, já que há contato da água da chuva com a água do mar).

$Na^+ \left(\approx 2\ mg \cdot L^{-1}\right)$; $C\ell^- \left(\approx 4\ mg \cdot L^{-1}\right)$; $HCO_3^- \left(\approx 0{,}25\ mg \cdot L^{-1}\right)$

Água doce de rio: **Amostra 2** (devido à menor concentração de íons Na^+ e $C\ell^-$, comparativamente à amostra 3, e à maior concentração de íons HCO_3^- presentes devido à erosão de solos compostos por rochas calcárias, comparativamente à amostra 1).

$Na^+ \left(\approx 8\ mg \cdot L^{-1}\right)$; $C\ell^- \left(\approx 10\ mg \cdot L^{-1}\right)$; $HCO_3^- \left(\approx 60\ mg \cdot L^{-1}\right)$

Conclusão: é esperado que a concentração de íons cloreto na água coletada da chuva em um ambiente continental seja menor do que a de ambientes costeiros devido à elevada presença de cloreto de sódio na água do mar, comparativamente.

Questão 2. O experimento conhecido como "chuva de ouro" consiste na recristalização, à temperatura ambiente, de iodeto de chumbo (PbI_2). A formação desse sal pode ocorrer a partir da mistura entre nitrato de chumbo ($Pb(NO_3)_2$) e iodeto de potássio (KI). Outro produto dessa reação é o nitrato de potássio (KNO_3) em solução aquosa.

Tanto o $Pb(NO_3)_2$ quanto o KI são sais brancos solúveis em água à temperatura ambiente, enquanto o PbI_2 é um sal amarelo intenso e pouco solúvel nessa temperatura, precipitando como uma chuva dourada.

Em um laboratório, o mesmo experimento foi realizado em dois frascos. Em ambos, 100 mL de solução 0,1 $mol.L^{-1}$ de $Pb(NO_3)_2$ e 100 mL de solução 0,2 $mol.L^{-1}$ de KI foram misturados. Ao primeiro frasco foi também adicionado 20 mL de água destilada, enquanto ao segundo frasco foi adicionado 20 mL de solução 0,1 $mol.L^{-1}$ de iodeto de sódio (NaI).

A tabela a seguir apresenta os dados de solubilidade dos produtos da reação em diferentes temperaturas.

	Massa molar $\left(g.mol^{-1}\right)$	Solubilidade em água em diferentes temperaturas $\left(g.L^{-1}\right)$		
		4 °C	32 °C	80 °C
PbI_2	461,0	0,410	0,922	3,151
KNO_3	101,1	135	315	1700

Responda aos itens a seguir considerando os dados do enunciado e o equilíbrio químico de solubilidade do iodeto de chumbo:

$$PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$$

a) Indique se o procedimento do segundo frasco favorece ou inibe a formação de mais sólido amarelo.

b) Para separar o precipitado da solução do primeiro frasco e obter o PbI_2 sólido e seco, foi recomendado que, após a precipitação, fosse realizada uma filtração em funil com papel de filtro, seguida de lavagem do precipitado com água para se retirar o KNO_3 formado e, na sequência, esse precipitado fosse colocado para secar. Nesse caso, para se obter a maior quantidade do PbI_2, é mais recomendado o uso de água fria (4 °C) ou quente (80 °C)? Justifique.

c) Encontre a constante do produto de solubilidade (K_{PS}) do iodeto de chumbo a 32 °C.

Resolução:

a) O procedimento do segundo frasco (adição de solução de iodeto de sódio (NaI)) favorece a formação de mais sólido amarelo, devido ao efeito íon (I^-) comum que desloca o equilíbrio para a esquerda.

$$NaI(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + I^-(aq)$$

$$PbI_2(s) \underset{\text{Deslocamento para a esquerda}}{\rightleftharpoons} Pb^{2+}(aq) + \underbrace{2\,I^-(aq)}_{\text{Aumento de concentração}}$$

b) De acordo com a tabela fornecida, quanto menor for a temperatura, menor será a solubilidade do PbI_2, logo é mais recomendado o uso de água fria (4 °C) em sua obtenção no primeiro frasco $\left(Pb(NO_3)_2 + KI \longrightarrow 2\,KNO_3 + PbI_2\downarrow\right)$.

	Solubilidade em água em diferentes temperaturas $(g \cdot L^{-1})$		
	4 °C	32 °C	80 °C
PbI_2	0,410	0,922	3,151

c) De acordo com a tabela fornecida no texto, a solubilidade do PbI_2 a 32 °C é de $0,922\ g \cdot L^{-1}$ e sua massa molar é $461,0\ g \cdot mol^{-1}$. Então:

$$M_{PbI_2} = 461,0\ g \cdot mol^{-1}$$

$$C_{PbI_2} = 0,922\ g \cdot L^{-1}$$

$$C_{PbI_2} = [PbI_2] \times M_{PbI_2}$$

$$0,922\ g \cdot L^{-1} = [PbI_2] \times 461,0\ g \cdot mol^{-1}$$

$$[PbI_2] = \frac{0,922\ g \cdot L^{-1}}{461,0\ g \cdot mol^{-1}} = 0,002\ mol \cdot L^{-1}$$

$$1PbI_2(s) \rightleftharpoons 1Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$$

$$0,002\ {}^{mol}/_{L} \qquad 0,002\ {}^{mol}/_{L} \qquad 2 \times 0,002\ {}^{mol}/_{L}$$

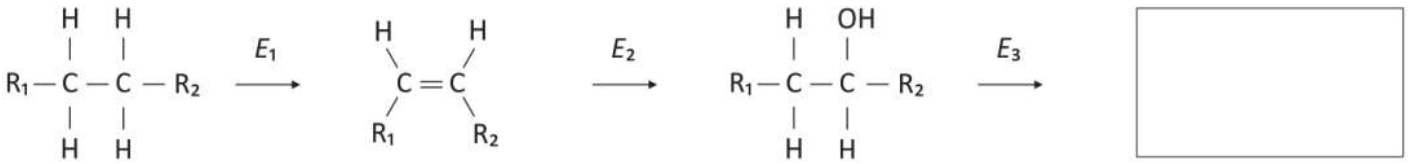
$$K_{PS} = \left[Pb^{2+}\right]^1 \times \left[I^-\right]^2$$

$$K_{PS} = (0,002)^1 \times (2 \times 0,002)^2$$

$$K_{PS} = 4 \times \left(2 \times 10^{-3}\right)^3 = 32 \times 10^{-9}$$

$$K_{PS} = 3,2 \times 10^{-8}$$

Questão 3. O médico Hans Krebs e o químico Feodor Lynen foram laureados com o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1953 e 1964, respectivamente, por suas contribuições ao esclarecimento do mecanismo do catabolismo de açúcares e lipídios, que foi essencial à compreensão da obesidade. Ambos lançaram mão de reações clássicas da Química Orgânica, representadas de forma simplificada pelo esquema que mostra a conversão de uma cadeia saturada em uma cetona, em que cada etapa é catalisada por uma enzima (E) específica:



(I) (II) (III) (IV)

a) Complete, no espaço determinado na folha de respostas, a fórmula estrutural do produto (IV) formado pela oxidação do álcool representado na estrutura (III).

Espaço determinado na folha de respostas:

(IV)

b) Identifique pelo número qual das espécies (I, II ou III) possui isomeria geométrica (*cis-trans*) e desenhe os isômeros.

Espaço determinado na folha de respostas:

Número da espécie:	
Isômero *cis*	Isômero *trans*

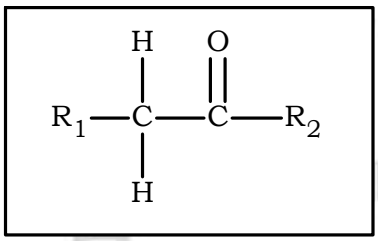
c) Se R_1 e R_2 forem cadeias carbônicas curtas, os compostos representados por (III) serão bastante solúveis em água, enquanto que, se R_1 e/ou R_2 forem cadeias carbônicas longas, os compostos representados por (III) serão pouco solúveis ou insolúveis em água.

Por outro lado, os compostos representados por (I) e (II) serão pouco solúveis ou insolúveis em água independentemente do tamanho das cadeias. Explique a diferença do comportamento observado entre as espécies (I) e (II) e a espécie (III).

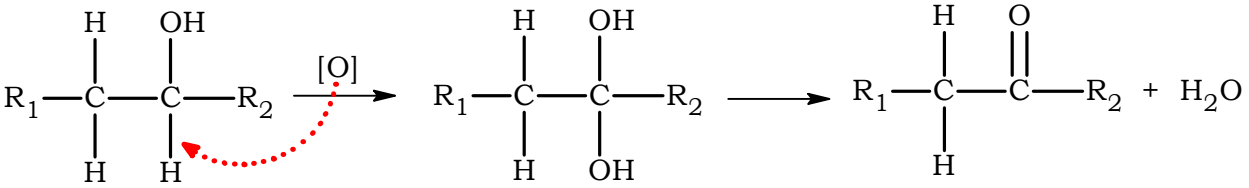
Note e adote:
Considere R_1 e R_2 como cadeias carbônicas saturadas diferentes, contendo apenas átomos de carbono e hidrogênio.

Resolução:

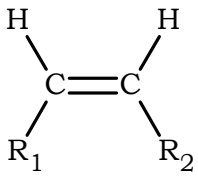
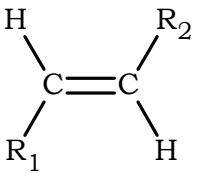
a) Fórmula estrutural do produto (IV):



(IV)



b) Identificação e representação.

Número da espécie: a espécie (II) possui isomeria geométrica (cis-trans).	
 Isômero *cis*	 Isômero *trans*

c) Os compostos representados por (I) e (II) serão pouco solúveis ou insolúveis em água independentemente do tamanho das cadeias, pois apresentam apenas carbono e hidrogênio em suas estruturas, ou seja, são apolares.

Se R_1 e R_2 forem cadeias carbônicas curtas, os compostos representados por (III) serão bastante solúveis em água $(H-OH)$, devido às ligações de hidrogênio feitas pela hidroxila presente no composto e à predominância da "região" polar das moléculas.

Se R_1 e/ou R_2 forem cadeias carbônicas longas, os compostos representados por (III) serão pouco solúveis ou insolúveis em água, ou seja, predominantemente apolares.

Questão 4. O lítio foi identificado no século XIX a partir das observações do naturalista e estadista brasileiro José Bonifácio de Andrada e Silva. Em 2019, esse elemento ganhou destaque devido ao Prêmio Nobel de Química, entregue aos pesquisadores John Goodenough, Stanley Whittingham e Akira Yoshino pelas pesquisas que resultaram na bateria recarregável de íon lítio. Durante o desenvolvimento dessa bateria, foi utilizado um eletrodo de $CoO_2(s)$ (semirreação I) em conjunto com um eletrodo de lítio metálico intercalado em grafita ($LiC_6(s)$) (semirreação II) ou um eletrodo de lítio metálico (Li(s)) (semirreação III).

$$(I)\ CoO_2(s) + Li^+(aq) + 1e^- \longrightarrow LiCoO_2(s) \qquad E° = +1{,}00\ V$$

$$(II)\ Li^+(aq) + C_6(s) + 1e^- \longrightarrow LiC_6(s) \qquad E° = -2{,}84\ V$$

$$(III)\ Li^+(aq) + 1e^- \longrightarrow Li(s) \qquad E° = -3{,}04\ V$$

Considerando essas semirreações:

a) Escreva a reação global da bateria que utiliza o lítio metálico como um dos eletrodos.

b) Indique qual dos dois materiais, lítio metálico ou lítio metálico intercalado em grafita, será um agente redutor mais forte.

Justifique com os valores de potencial de redução padrão.

Em 1800, José Bonifácio descobriu o mineral petalita, de fórmula $XA\ell Si_4O_{10}$ (na qual X é um metal alcalino). Em 1817, ao assumir que $X = Na$, o químico sueco Johan Arfwedson observou que a petalita apresentaria uma porcentagem de metal alcalino superior ao determinado experimentalmente. Ao não encontrar outros substitutos conhecidos que explicassem essa incongruência, ele percebeu que estava diante de um novo elemento químico, o Lítio (Li).

c) Explique, mostrando os cálculos, como a observação feita por Arfwedson permitiu descobrir que o elemento novo era o Lítio.

Note e adote:
Massas molares ($g.mol^{-1}$): Li = 7; O = 16; Na = 23; Aℓ = 27; Si = 28.
% em massa de Aℓ na petalita: 8,8 %.

Resolução:

a) Reação global da bateria que utiliza o lítio metálico como um dos eletrodos:

$$CoO_2(s) + Li(s) \xrightarrow{\text{Global}} LiCoO_2(s)$$

(I) $CoO_2(s) + Li^+(aq) + 1\,e^- \longrightarrow LiCoO_2(s)$ $\quad E° = +1,00\ V$ (maior potencial; manter)

(III) $Li^+(aq) + 1\,e^- \longrightarrow Li(s)$ $\quad E° = -3,04\ V$ (menor potencial; inverter)

$$CoO_2(s) + \cancel{Li^+(aq)} + \cancel{1e^-} \xrightarrow{\text{Redução}} LiCoO_2(s)$$

$$Li(s) \xrightarrow{\text{Oxidação}} \cancel{Li^+(aq)} + \cancel{1e^-}$$

$$CoO_2(s) + Li(s) \xrightarrow{\text{Global}} LiCoO_2(s)$$

b) Quanto maior for o potencial de oxidação ("perda de elétrons"), maior será o poder redutor da espécie. Invertendo as equações, vem:

$LiCoO_2(s) \longrightarrow CoO_2(s) + Li^+(aq) + 1\,e^-$ $\quad E_{oxidação} = -1,00\ V$

$LiC_6(s) \longrightarrow Li^+(aq) + C_6(s) + 1\,e^-$ $\quad E_{oxidação} = +2,84\ V$

$\underbrace{Li(s)}_{\substack{\text{Lítio}\\ \text{metálico}}} \longrightarrow Li^+(aq) + 1\,e^-$ $\quad E_{oxidação} = +3,04\ V$

$+3,04\ V > +2,84\ V > -1,00\ V$

Conclusão: o lítio metálico será um agente redutor mais forte.

c) Fórmula do mineral petalita: $XA\ell Si_4O_{10}$.

$$M_{XA\ell Si_4O_{10}} = (M_X + 27 + 4 \times 28 + 10 \times 16)\ g \cdot mol^{-1}$$

$$M_{XA\ell Si_4O_{10}} = (M_X + 299)\ g \cdot mol^{-1}$$

$(M_X + 299)$ g ——— 100 % do mineral

$M_{A\ell}$ ——— 8,8 % do mineral

Então:

$(M_X + 299)$ g ——— 100 %

27 g ——— 8,8 %

$$(M_X + 299) = \frac{27\ g \times 100\ \%}{8,8\ \%}$$

$$M_X = \frac{27\ g \times 100\ \%}{8,8\ \%} - 299\ g$$

$M_X = 7,8$ g (Li)

7,8 g (Li) < 23 g (Na)

Conclusão: tem-se um novo elemento químico.

Questão 5. Arla 32 é uma solução de aproximadamente 32 g de ureia (H_2NCONH_2) em 100 mL de água utilizada em veículos a diesel para diminuir as emissões de óxidos de nitrogênio (NO e NO_2), que podem causar problemas ambientais quando em excesso na atmosfera. A solução de Arla, ao ser adicionada aos gases de escape do motor, em alta temperatura, forma amônia (reação I).

Em uma segunda etapa, a amônia formada reage com NO_2 e gera gás nitrogênio e água (reação II).

(I) $H_2NCONH_2(aq) + H_2O(\ell) \longrightarrow 2NH_3(g) + CO_2(g)$

(II) $8NH_3(g) + 6NO_2(g) \longrightarrow 7N_2(g) + 12H_2O(g)$

a) Escreva a fórmula de Lewis da ureia.

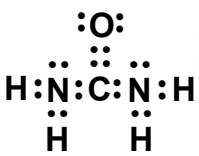
b) Calcule quantos litros de solução de Arla 32 são necessários para consumir todo o NO_2 produzido em uma viagem de 100 km, considerando que a quantidade de NO_2 formado por esse veículo é de 460 mg por km rodado. Indique os cálculos.

c) Considerando que a reação entre NH_3 e NO forma os mesmos produtos que a reação II, o volume gasto de Arla 32 para consumir o NO seria menor, igual ou maior ao usado para consumir uma mesma quantidade em mol de NO_2? Justifique mostrando a reação entre NH_3 e NO.

Note e adote:
Considerar todas as reações com 100 % de rendimento.
Massas molares: ureia = 60 $g.mol^{-1}$; NO_2 = 46 $g.mol^{-1}$
Distribuição eletrônica: H: $1s^1$; C: $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$; N: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$; O: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

Resolução:

a) Fórmula eletrônica de Lewis da ureia:



b) Cálculo do volume em litros de Arla 32:

m_{NO_2} (formada por km) = 460 mg

Para 100 km: $m'_{NO_2} = 100 \times 460$ mg = 46 g.

$H_2NCONH_2(aq) + H_2O(\ell) \longrightarrow 2\,NH_3(g) + CO_2(g)$ $(\times 4)$

$8\,NH_3(g) + 6\,NO_2(g) \longrightarrow 7\,N_2(g) + 12\,H_2O(g)$

$4\,H_2NCONH_2(aq) + \cancel{4\,H_2O(\ell)} \rightarrow \cancel{8\,NH_3(g)} + 4\,CO_2(g)$

$\cancel{8\,NH_3(g)} + 6\,NO_2(g) \rightarrow 7\,N_2(g) + \underbrace{\cancel{12}}_{8}\,H_2O(g)$

$4\,H_2NCONH_2(aq) + 6\,NO_2(g) \xrightarrow{\text{Global}} 4\,CO_2(g) + 7\,N_2(g) + 8\,H_2O(g)$

4×60 g ——— 6×46 g

m_{ureia} ——— 46 g

$$m_{ureia} = \frac{4 \times 60\ g \times 46\ g}{6 \times 46\ g}$$

$m_{ureia} = 40$ g

Arla 32 é uma solução de aproximadamente 32 g de ureia (H_2NCONH_2) em 100 mL (0,1 L) de água.

$32\ g \text{ ——— } 0{,}1\ L$

$40\ g \text{ ——— } V_{Arla\ 32}$

$$V_{Arla\ 32} = \frac{40\ g \times 0{,}1\ L}{32\ g}$$

$$V_{Arla\ 32} = 0{,}125\ L$$

c) A reação entre NH_3 e NO forma os mesmos produtos que a reação II.

$$(II)\ 8\,NH_3(g) + 6\,NO_2(g) \longrightarrow \underbrace{7\,N_2(g) + 12\,H_2O(g)}_{\text{Produtos da reação II}}$$

Então: $NH_3(g) + NO(g) \longrightarrow N_2(g) + H_2O(g)$

Balanceando: $2NH_3(g) + 3NO(g) \longrightarrow \frac{5}{2}N_2(g) + 3H_2O(g)$

$$8\,NH_3(g) + 6\,NO_2(g) \longrightarrow 7\,N_2(g) + 12\,H_2O(g)$$

$$2NH_3(g) + 3NO(g) \longrightarrow \frac{5}{2}N_2(g) + 3H_2O(g)\ (\times 2)$$

Comparando para o mesmo número de mols (mesma quantidade de matéria) de NO_2:

$$8\,NH_3(g) + \boxed{6}\,NO_2(g) \longrightarrow 7\,N_2(g) + 12\,H_2O(g)$$

$$4NH_3(g) + \boxed{6}NO(g) \longrightarrow 5N_2(g) + 6H_2O(g)$$

$$(I)\ \overbrace{4H_2NCONH_2(aq) + 4H_2O(\ell)}^{Q} \longrightarrow \boxed{8\,NH_3(g)} + 4CO_2(g)$$

$$(II)\ \boxed{8\,NH_3(g)} + 6\,NO_2(g) \longrightarrow 7\,N_2(g) + 12\,H_2O(g)$$

$$(I')\ \overbrace{2H_2NCONH_2(aq) + 2H_2O(\ell)}^{Q'} \longrightarrow \boxed{4NH_3(g)} + 2CO_2(g)$$

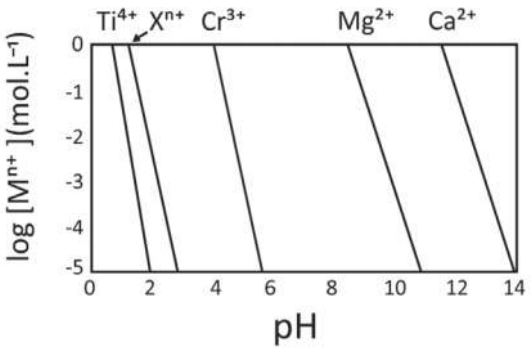
$$(II')\ \boxed{4NH_3(g)} + 6NO(g) \longrightarrow 5N_2(g) + 6H_2O(g)$$

Q (4 mols) > Q' (2 mols)

Conclusão: o volume gasto de Arla 32 para consumir o NO_2 seria maior para consumir o NO.

Questão 6. Muitos metais $\left(M^{n+}\right)$ em água, dependendo do pH da solução, formam hidróxidos ($M(OH)_n$) insolúveis.

Esse comportamento pode ser descrito pela equação (I), que relaciona o valor de pH com o logaritmo da concentração do metal $\left(\log\left[M^{n+}\right]\right)$, para uma dada temperatura, em que KPS é a constante do produto de solubilidade do hidróxido do metal.

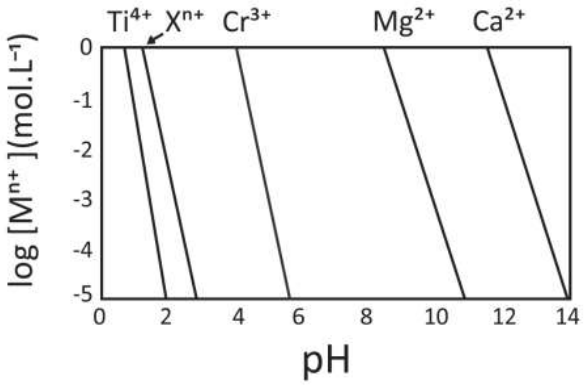


Equação (I): $\log\left[M^{n+}\right] = \log\left(K_{PS}\right) + 14n - n(pH)$

O comportamento da equação (I) é representado no gráfico, no qual as linhas mostram o valor de pH e $\log\left[M^{n+}\right]$ em que se inicia a precipitação de cada um dos metais. Em condições mais alcalinas do que a apresentada na linha de cada metal, será observada a espécie insolúvel como hidróxido e, em condições mais ácidas do que a apresentada na linha, será observada a espécie em sua forma solúvel.

a) Pinte, no gráfico da folha de respostas, a região onde o Cr^{3+} se encontra na forma solúvel e o Ti^{4+} se encontra na forma de $Ti(OH)_4$ insolúvel.

Gráfico da folha de respostas:



b) As linhas que representam Mg^{2+} e Ca^{2+} possuem a mesma inclinação, mas diferem da inclinação das linhas que representam Cr^{3+} e X^{n+}, que possuem a mesma inclinação entre si. Indique a carga n de X^{n+} e justifique com base na equação (I).

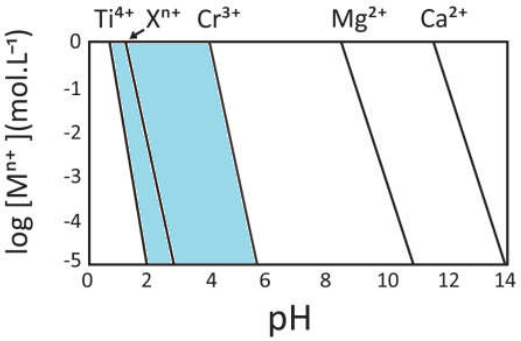
c) Indique qual das espécies tem maior valor de K_{PS}: $Ca(OH)_2$ ou $Mg(OH)_2$. Justifique com base nas informações dadas.

Resolução:

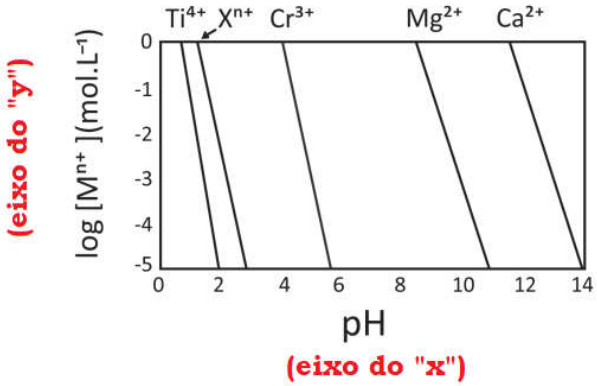
a) De acordo com a equação $\log\left[M^{n+}\right]\downarrow = \log\left(K_{PS}\right) + 14n - n(pH)\uparrow$, quanto maior o valor do pH, menor $\log\left[M^{n+}\right]$ (logaritmo da concentração do cátion do sal), ou seja, menor a concentração do cátion do sal. Isto significa que o equilíbrio $M^{n+} + nOH^- \rightleftharpoons M(OH)_n$ estará deslocado para a direita e, consequentemente o hidróxido precipitado.

O íon Cr^{3+} se encontrará na forma solúvel em regiões de menor pH (esquerda da reta) e o íon Ti^{4+} se encontrará na forma de $Ti(OH)_4$ insolúvel em regiões de maior pH (direita da reta).

Conclusão: $\underbrace{M^{n+}(aq) + nOH^-(aq)}_{\text{Lado esquerdo da reta}} \rightleftharpoons \underbrace{M(OH)_n(s)}_{\text{Lado direito da reta}}$.



b) De acordo com o gráfico, os cátions Mg^{2+} e Ca^{2+} apresentam curvas com as mesmas inclinações e as mesmas cargas $(+2)$. Isto também deve ocorrer para os cátions ***** X^{n+} e Cr^{3+}, que apresentam curvas com as mesmas inclinações.



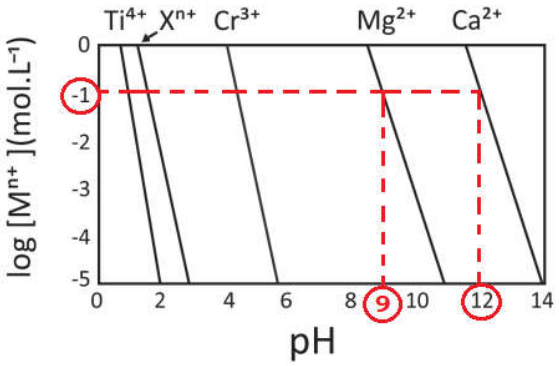
$$\underbrace{\log\left[M^{n+}\right]}_{y} = \underbrace{\log(K_{PS}) + 14n}_{b} - \underbrace{n}_{a}\underbrace{(pH)}_{x}$$

$$\underbrace{\log\left[M^{n+}\right]}_{y} = -\underbrace{n}_{a}\underbrace{(pH)}_{x} + \underbrace{\log(K_{PS}) + 14n}_{b} \Rightarrow y = -ax + b \text{ (equação de uma reta)}$$

$a = n$ é o coeficiante angular da reta que corresponde à carga do cátion.

X^{n+} e Cr^{3+} (mesma inclinação) $\Rightarrow n = 3$.

c) $\log\left[M^{n+}\right] = \log(K_{PS}) + 14n - n(pH)$



$\log\left[Ca^{2+}\right] = \log(K_{PS}) + 14 \times 2 - 2(pH) \Rightarrow \log\left[Ca^{2+}\right] = \log(K_{PS}) + 28 - 2(pH)$

$-1 = \log(K_{PS}) + 28 - 2 \times 12$

$\log(K_{PS}) = -5$

$K_{PS} = 10^{-5}$

$\log\left[Mg^{2+}\right] = \log(K_{PS}) + 14 \times 2 - 2(pH) \Rightarrow \log\left[Mg^{2+}\right] = \log(K_{PS}) + 28 - 2(pH)$

$-1 = \log(K_{PS}) + 28 - 2 \times 9$

$\log(K_{PS}) = -11$

$K_{PS} = 10^{-11}$

$-5 > -10$

$K_{PS;\ Ca(OH)_2} > K_{PS;\ Mg(OH)_2}$

QUÍMICA PARA O VESTIBULAR