

OLIMPÍADA DE QUÍMICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

OQSP-2026 – FASE FINAL

1 H 1.008																	18 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103 Ac -	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

MODALIDADE B

1. No primeiro vídeo foi apresentado um processo de degradação do corante azul de metileno (AM). No processo mostrado no vídeo, a quantidade do gás gerado era de 1 g/h. A velocidade média de degradação do AM foi de 0,2 g/h. Sabendo que a proporção estequiométrica entre o gás gerado e o AM na reação de degradação é 3:1, a porcentagem de gás que participou efetivamente da reação é

- a) 1,5%
- b) 3,0%
- c) 9,0%
- d) 20%
- e) 27%

Dados: massa molar do AM: 320 g/mol

para massa molar do gás gerado, consulte dados na tabela periódica da prova

2. Em um processo de ozonólise para degradação do AM usando um catalisador, foi observada uma cinética de primeira ordem independente da concentração do agente degradante. Nesse processo, o tempo de meia-vida é de 4 min. Essa reação foi iniciada com uma concentração de AM igual a $1,5 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ e foi monitorada em um espectrofotômetro, cujo limite de detecção para o AM é $0,1 \text{ mg L}^{-1}$. Assinale a alternativa que apresenta um tempo em minutos onde pelo menos 99% do AM tenha sido degradado, mas que a concentração ainda seja detectável pelo espectrofotômetro.

- a) 8
- b) 16
- c) 24
- d) 32
- e) 40

3. Outra metodologia de tratamento, o processo UV/H₂O₂ é amplamente utilizado na degradação de contaminantes orgânicos devido à geração de radicais hidroxila ($\cdot\text{OH}$), espécies químicas altamente reativas.

Considere dois ensaios realizados nas mesmas condições operacionais de irradiação e tempo:

Ensaio A: água ultrapura contendo 10 mg L^{-1} de um contaminante orgânico.

Ensaio B: mesma concentração do contaminante, porém com o uso de solução de 100 mg L^{-1} de sulfato de sódio (Na₂SO₄).

Sabe-se que íons inorgânicos dissolvidos, como o sulfato também podem reagir rapidamente com os radicais hidroxila em solução. Com base nos princípios da cinética química e da teoria das colisões, é correto afirmar que

- a) o Ensaio A deverá apresentar maior degradação do contaminante, pois a alta concentração de íons sulfato no Ensaio B promove uma competição pelos radicais hidroxila, diminuindo a probabilidade de colisões efetivas entre o radical e o contaminante orgânico.
- b) o Ensaio B deverá apresentar maior degradação do contaminante, pois o consumo dos radicais hidroxila pelo sulfato desloca o equilíbrio da fotólise do H₂O₂ (Princípio de Le Chatelier), gerando uma quantidade global muito maior de espécies reativas.
- c) ambos os ensaios deverão apresentar a mesma taxa de degradação do contaminante, pois o número de choques efetivos não é dependente da concentração, mas apenas da temperatura do meio.
- d) o Ensaio A deverá apresentar maior degradação do contaminante, pois os íons sulfato são ânions de ácido fraco que neutralizam radicais hidroxila, diminuindo sua concentração na solução.
- e) ambos os ensaios deverão apresentar a mesma taxa de degradação do contaminante, uma vez que sais inorgânicos como o sulfato de sódio são quimicamente inertes frente a espécies radicalares e não interferem na cinética de oxidação de compostos orgânicos.

4. Os fertilizantes minerais, especialmente os da formulação NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), são fundamentais para aumentar a produtividade agrícola e garantir a segurança alimentar global (ODS 2). No entanto, o uso excessivo e o escoamento superficial (lixiviação) desses nutrientes para rios e lagos desencadeiam um grave impacto ambiental, comprometendo a qualidade da água e a vida aquática (ODS 14).

Sobre a composição química dos fertilizantes NPK e os danos ambientais do seu mal uso, é correto afirmar que

- a) a eutrofização é um fenômeno de toxicidade química direta, no qual a alta concentração dos íons potássio K⁺ e nitrato NO₃⁻ provenientes do NPK envenena a fauna aquática assim que esses sais se dissolvem nos rios e lagos.
- b) a intensa proliferação de algas na superfície aumenta drasticamente a taxa de fotossíntese no ambiente aquático, o que eleva os níveis de oxigênio dissolvido a concentrações tóxicas, causando a oxidação letal dos tecidos dos organismos aeróbios.
- c) o nitrogênio e o fósforo atuam como nutrientes limitantes nos corpos d'água; seu excesso provoca a proliferação descontrolada de algas na superfície, cuja posterior decomposição por bactérias aeróbias esgota o oxigênio dissolvido na água, causando a morte de peixes por asfixia.
- d) o nitrogênio presente nos fertilizantes reage com a água formando ácidos inorgânicos fortes, como o ácido nítrico, reduzindo subitamente o pH do lago e causando a morte dos peixes e algas por corrosão.
- e) a decomposição da superpopulação de algas mortas é realizada exclusivamente por bactérias anaeróbias desde o início do processo, as quais consomem ativamente o oxigênio dissolvido na água para produzir gases fétidos, como o gás sulfídrico H₂S.

5. Como demonstrado no vídeo, a presença de íons potássio (K^+) em amostras de fertilizantes pode ser qualitativamente confirmada pelo teste de chama, no qual o potássio emite uma característica luz I. Em contrapartida, a presença de cálcio (Ca^{2+}), outro nutriente comum no solo, resulta em uma chama de cor vermelho-alaranjada. Neste processo, a emissão de luz ocorre quando elétrons II. Além disso, os elementos potássio e cálcio ($Z = 19$ e 20 , respectivamente) estão no mesmo III e seus elétrons de valência ocupam o subnível IV. Comparando-se os átomos neutros desses dois metais, o potássio apresenta V primeira energia de ionização que o cálcio.

	I	II	III	IV	V
a)	violeta	retornam para níveis de menor energia	período	4s	menor
b)	amarela	saltam para níveis de maior energia	grupo	4s	maior
c)	violeta	retornam para níveis de maior energia	grupo	3d	menor
d)	amarela	saltam para níveis de menor energia	período	3d	maior
e)	violeta	retornam para níveis de menor energia	período	4s	maior

6. A partir do século XX, diversos modelos atômicos foram propostos para explicar resultados experimentais que não eram adequadamente interpretados pelos modelos anteriores (como, por exemplo, o teste de chama da questão anterior). Analise as afirmações a seguir sobre os modelos atômicos de Thomson, Rutherford, Bohr e o modelo quântico moderno.

I. O modelo de Rutherford explicava satisfatoriamente tanto a estabilidade do átomo quanto os espectros de emissão observados para os elementos químicos.

II. No modelo de Bohr, os elétrons podem ocupar apenas determinados níveis de energia quantizados, emitindo ou absorvendo energia ao transitarem entre esses níveis.

III. O modelo de Thomson admitia a existência de um núcleo pequeno, denso e positivamente carregado, responsável por concentrar quase toda a massa do átomo.

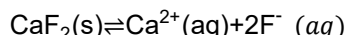
IV. No modelo quântico moderno, não é possível determinar simultaneamente, com precisão arbitrária, a posição e a velocidade de um elétron (momento linear), o que está relacionado ao princípio da incerteza.

V. O modelo de Bohr estabelecia que os elétrons descrevem órbitas elípticas ao redor do núcleo, com energias variando continuamente.

Sobre estas informações, podemos afirmar que apenas

- a) I e III são corretas.
- b) II e IV são corretas.
- c) II e V são corretas.
- d) I, II e IV são corretas.
- e) III, IV e V são corretas.

7. A cárie dentária é um processo impulsionado pela produção de ácidos (como o ácido láctico) por bactérias após o consumo de açúcares. O fluoreto (F^-) protege os dentes, mas sua disponibilidade é afetada pelo pH bucal, pois ele pode ser protonado para formar o ácido fluorídrico (HF , $K_a = 6,8 \times 10^{-4}$). A protonação do F^- altera o equilíbrio de solubilidade do fluoreto de cálcio (CaF_2) presente no biofilme:



Considere que, após a ingestão de um doce, o pH de uma placa bacteriana caia a um valor severo, tal que a concentração de íons H^+ atinja $6,8 \times 10^{-4}$ mol/L.

Sabendo que a fração de fluoreto na forma livre é dada pela equação

$$\alpha(F^-) = \frac{K_a}{K_a + [H^+]}$$

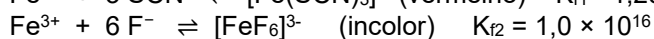
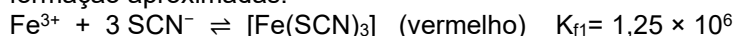
assinale a alternativa que indica corretamente a porcentagem de fluoreto na forma F^- nessa condição e o efeito desse pH na solubilidade do CaF_2 (quando comparada à sua solubilidade em solução neutra).

- a) 50%; a solubilidade aumenta, pois a conversão de F^- em HF diminui a concentração do ânion livre, deslocando o equilíbrio de dissolução para a direita.
- b) 50%; a solubilidade diminui, pois a formação de HF consome os íons H^+ do meio, o que reverte o processo de dissolução do sal.
- c) 68%; a solubilidade aumenta, pois o ácido láctico reage diretamente com o íon cálcio, formando um sal mais solúvel que o fluoreto.
- d) 32%; a solubilidade diminui, pois a presença de íons H^+ gera o efeito do íon comum, suprimindo a dissociação do fluoreto de cálcio.
- e) 100%; a solubilidade não se altera, pois o ácido fluorídrico atua como um ácido forte nessa concentração, permanecendo totalmente dissociado.

Texto para as questões 8 e 9

Como visto no vídeo, pode-se medir fluoreto na pasta por um método colorimétrico. Parti-se de tiocianato de ferro(III), $[Fe(SCN)_3]$, e com a adição de F^- ocorre a troca de íons, com formação do complexo $[FeF_6]^{3-}$. A concentração destes dois complexos pode ser inferida a partir de medidas de absorbância (A), onde, em determinada faixa de concentrações, a absorbância depende linearmente da concentração, $A \propto []$.

As equações de formação dos dois complexos são exibidas a seguir, juntamente com suas respectivas constantes de formação aproximadas:



A reação global que mostra a substituição do tiocianato pelo fluoreto pode ser representada pela equação a seguir $[\text{Fe}(\text{SCN})_3] + 6\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{FeF}_6]^{3-} + 3 \text{SCN}^-$, cuja constante de equilíbrio K_{total} pode ser deduzida a partir de K_{f1} e K_{f2} .

8. Com base nos equilíbrios apresentados, analise as afirmativas a seguir:

I – O complexo $[\text{FeF}_6]^{3-}$ é termodinamicamente mais estável que o complexo $[\text{Fe}(\text{SCN})_3]$, o que explica a capacidade do fluoreto de "roubar" o íon ferro do tiocianato.

II – Mantendo a concentração de SCN^- constante no meio, o aumento da concentração de fluoreto em 10 vezes, leva a uma diminuição de 10 vezes da absorvância.

III – A presença de íons cálcio Ca^{2+} , provenientes do abrasivo da pasta de dente, atua como um interferente para essa análise, pois pode precipitar o fluoreto na forma de CaF_2 , diminuindo a quantidade de F^- livre, resultando em uma absorvância medida maior do que a esperada.

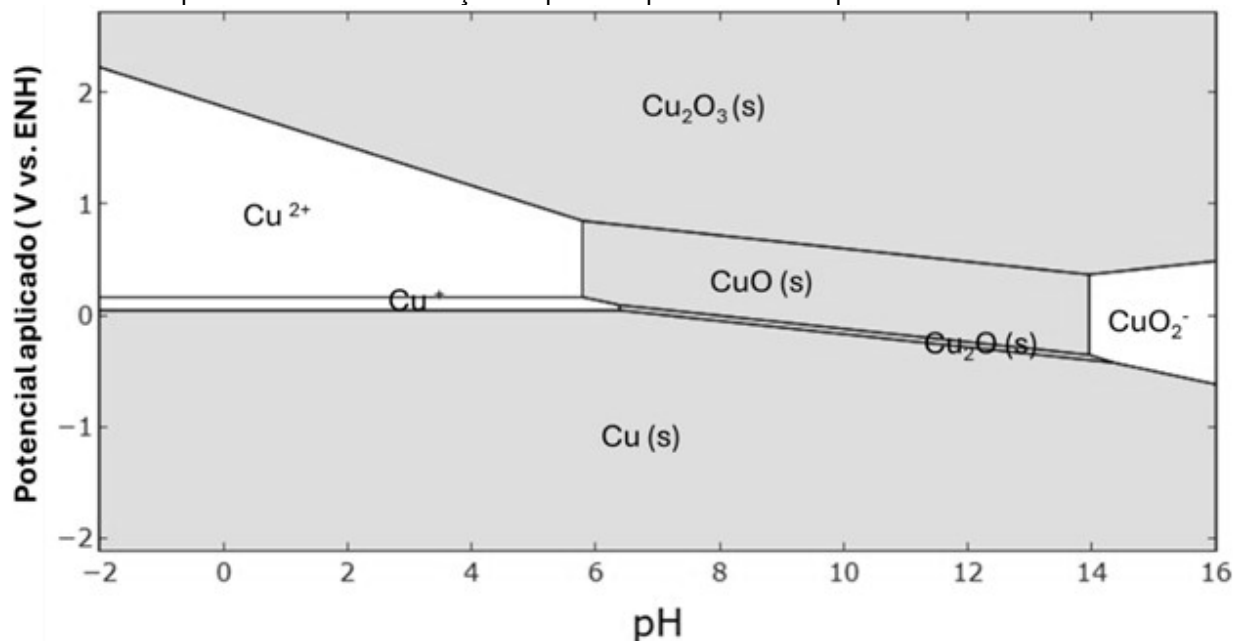
São corretas as afirmações:

- a) Apenas I
- b) Apenas III
- c) Apenas I e II
- d) Apenas I e III
- e) I, II e III

9. Considere uma situação hipotética em que, no equilíbrio, as concentrações livres de fluoreto e de tiocianato no sistema sejam iguais ($[\text{F}^-] = [\text{SCN}^-] = z$). Assinale a alternativa que apresenta o valor de z para que as concentrações dos dois complexos de ferro na mistura sejam idênticas ($[[\text{FeF}_6]^{3-}] = [[\text{Fe}(\text{SCN})_3]]$):

- a) 2×10^{-4}
- b) 5×10^{-4}
- c) 5×10^{-3}
- d) 2×10^3
- e) A igualdade entre os complexos é verdadeira para qualquer valor de z .

10. O diagrama de Pourbaix é uma representação gráfica das possíveis fases de equilíbrio de um sistema eletroquímico. É utilizado para prever a estabilidade química de espécies de metais em função do pH da solução e do potencial eletroquímico. O diagrama de Pourbaix a seguir mostra uma representação gráfica da estabilidade termodinâmica das espécies de cobre em função do pH e do potencial eletroquímico.



Fonte: <https://next-gen.materialsproject.org/pourbaix>

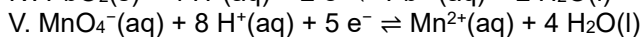
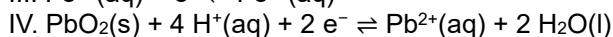
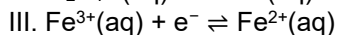
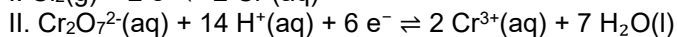
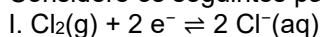
Com base nesse diagrama, pode-se afirmar que:

- I. Em meio ácido e sob potenciais levemente positivos, a espécie $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ é termodinamicamente estável.
- II. Em valores de potencial próximo a -1 V, independentemente do pH, o cobre metálico (Cu) é a espécie estável.
- III. Em meio alcalino e em valores de potenciais positivos, o cobre tende a permanecer dissolvido predominantemente na forma $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.
- IV. Em meio neutro a levemente alcalino, em valores de potenciais acima de 1 V, apenas os óxidos de cobre, como Cu_2O e CuO , são estáveis, caracterizando regiões de passivação.

Indique a alternativa correta:

- a) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- b) Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.
- c) Apenas as afirmações II e IV são verdadeiras.
- d) Apenas as afirmações III e IV são verdadeiras.
- e) Apenas as afirmações I e IV são verdadeiras.

11. Em sistemas redox aquosos, a influência do pH sobre o poder oxidante de uma espécie pode ser analisada por meio da equação de Nernst conforme explicado a seguir: quando íons H^+ participam como reagentes da semi-reação de redução, a diminuição do pH tende a aumentar o potencial de redução, fortalecendo o caráter oxidante da espécie. Considere os seguintes pares redox, todos escritos na forma de redução:



Considere que todas as demais condições permaneçam constantes e que o pH da solução seja reduzido em várias unidades. Com base na explicação da equação de Nernst e desconsiderando a influência do número de elétrons, qual alternativa apresenta corretamente as espécies cujo potencial de redução padrão aparente aumenta com a acidificação do meio e a ordem decrescente da sensibilidade desse potencial à variação de pH?

	Espécies	Ordem
a)	II, IV e V	$V > II > IV$
b)	II, IV e V	$II > V > IV$
c)	II, III, IV e V	$V > IV > II$
d)	I, II, IV e V	$II > IV > V$
e)	I, II, III, IV e V	$V > II > IV$

12. Um processo industrial dedicado à produção de princípios ativos utiliza uma etapa de purificação na qual diferentes solventes são empregados para extração, lavagem e recristalização. Ao final do processo, os solventes são enviados para uma unidade de recuperação com o objetivo de reduzir custos operacionais e minimizar impactos ambientais, de acordo com o ODS 12.

Uma amostra dessa etapa final contém exclusivamente os seguintes solventes miscíveis:

Solvente	Temperatura de ebulição (°C)
Acetona	56,1
Metanol	64,7
Tetrahidrofurano (THF)	66,0
Etanol	78,4
Água	100,0

Um profissional químico responsável pela unidade de recuperação deve definir a estratégia de destilação mais adequada para obter correntes com elevada pureza. Durante uma discussão técnica, diferentes propostas foram apresentadas pela equipe.

Considerando os princípios de separação por destilação, a volatilidade relativa dos componentes e as limitações de cada técnica, assinale a alternativa que contém a análise mais adequada. (Assuma que, para fins de projeto da coluna, a mistura apresenta comportamento de solução ideal, sem a formação de azeótropos).

- a) A recuperação dos cinco solventes pode ser realizada satisfatoriamente por uma única destilação simples, pois todos apresentam temperaturas de ebulição diferentes.
- b) Como a água apresenta o maior ponto de ebulição, ela deve ser removida primeiro por destilação simples, seguida da separação dos demais solventes.
- c) A etapa mais desafiadora do processo corresponde à separação entre metanol e THF, sendo necessária uma destilação fracionada de alta eficiência para obter produtos de elevada pureza.
- d) A separação entre etanol e água é necessariamente a mais difícil do processo, pois ambos são solventes polares capazes de formar ligações de hidrogênio.
- e) A sequência de temperaturas de ebulição garante que cada solvente seja obtido em estado puro à medida que a temperatura do sistema ultrapassa seu respectivo ponto de ebulição.

13. A tecnologia de conversão térmica é um meio eficaz de transformar resíduos plásticos em produtos de alto valor agregado. Diferentes tipos de polímeros incluindo polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloreto de polivinila (PVC) e tereftalato de polietileno (PET) podem ser processados termicamente para serem transformados em gases como H_2 , CH_4 , CO e CO_2 , que podem servir como fontes de combustível ou serem convertidos em vários outros produtos químicos.

Os produtos gasosos derivados da decomposição térmica do PVC contêm uma quantidade significativa de HCl, além de hidrogênio e metano. Para determinar a quantidade de HCl produzida, 1,0 g do polímero foi aquecido a 340 °C, e os gases gerados foram quantitativamente coletados em um frasco contendo 100 mL de água deionizada sob leve agitação, a 25 °C. Dessa solução foram retiradas três alíquotas de 25 mL, e cada uma destas foi transferida para um erlenmeyer de 100 mL, onde foram adicionadas algumas gotas de um indicador cromogênico. As três soluções foram

então tituladas com solução de NaOH 0,200 mol.L⁻¹. O volume médio de titulante consumido das três titulações foi de 14,0 mL.

Faixa de viragem de alguns indicadores ácido-base:

- I. Alaranjado de metila: faixa de viragem de pH 3,1 - 4,4
- II. Vermelho de metila: faixa de viragem de pH 4,2 – 6,3
- III. Azul de bromotimol: faixa de viragem de pH 6,0 – 7,6
- IV. Fenolftaleína: Faixa de viragem de pH 8,2 – 10

Considerando as faixas de viragem dos indicadores ácido-base e que o HCl é um ácido forte e o NaOH uma base forte, assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, um indicador adequado para a titulação e o número total de mols de HCl por grama produzidos na decomposição do PVC.

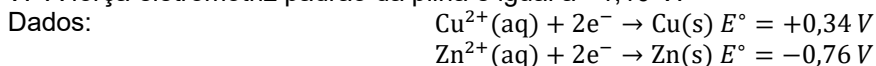
- a) Fenolftaleína; $2,8 \times 10^{-3}$ mol g⁻¹
- b) Alaranjado de metila; $2,24 \times 10^{-2}$ mol g⁻¹
- c) Vermelho de metila; $2,8 \times 10^{-3}$ mol g⁻¹
- d) Vermelho de metila; $8,4 \times 10^{-3}$ mol g⁻¹
- e) Azul de bromotimol; $1,12 \times 10^{-2}$ mol g⁻¹

14. Uma empresa de monitoramento ambiental desenvolveu uma rede de sensores para medir, em tempo real, parâmetros físico-químicos da água em regiões remotas da Amazônia. Como o acesso à rede elétrica é inexistente em muitos pontos de coleta, os sensores são alimentados por pilhas eletroquímicas baseadas no princípio da pilha de Daniell.

Durante a fase de validação do sistema, uma equipe de técnicos montou uma pilha constituída por um eletrodo de zinco imerso em solução de ZnSO₄(aq) 1,0 mol L⁻¹ e um eletrodo de cobre imerso em solução de CuSO₄(aq) 1,0 mol L⁻¹. Os compartimentos foram conectados por uma ponte salina contendo KNO₃(aq) e por um circuito externo que alimentava um sensor.

Após algumas horas de operação, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. A concentração de íons Zn²⁺ aumentou em um dos compartimentos.
- II. A ponte salina foi essencial para manter a neutralidade elétrica das soluções.
- III. Os elétrons circularam pelo circuito externo no sentido do eletrodo de cobre para o eletrodo de zinco.
- IV. Os íons nitrato da ponte salina migraram preferencialmente para o compartimento onde ocorreu a oxidação.
- V. A força eletromotriz padrão da pilha é igual a +1,10 V.



Com base nos fundamentos eletroquímicos envolvidos no funcionamento da pilha de Daniell, assinale a alternativa correta.

- a) Apenas as afirmativas I, II e V são corretas.
- b) Apenas as afirmativas I, III e IV são corretas.
- c) Apenas as afirmativas II, III e V são corretas.
- d) Apenas as afirmativas I, II, IV e V são corretas.
- e) Todas as afirmativas são corretas.

15. Uma empresa de reciclagem de baterias de níquel-cádmio e componentes eletrônicos desenvolveu um processo para recuperar metais de valor comercial presentes em seus efluentes industriais. Após etapas preliminares de tratamento, obtém-se uma solução aquosa contendo apenas íons Cd²⁺ e Cu²⁺, ambos na concentração de $1,0 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹.

Para separar os metais, o químico responsável propõe a adição controlada de uma solução que libera íons sulfeto (S²⁻), explorando as diferenças de solubilidade dos sulfetos metálicos. O objetivo é precipitar preferencialmente um dos metais antes do outro, reduzindo custos de purificação e aumentando a eficiência do processo.

A 25 °C, são fornecidos os seguintes dados:

$$K_{\text{ps}}(\text{CdS}) = 1,0 \times 10^{-28}$$

$$K_{\text{ps}}(\text{CuS}) = 1,0 \times 10^{-36}$$

Assinale a alternativa que descreve corretamente o comportamento do sistema durante a adição gradual de sulfeto.

- a) O CdS precipita primeiro porque apresenta maior valor de K_{ps} , exigindo menor concentração de sulfeto para atingir a saturação.
- b) O CdS precipita primeiro, pois o Cd²⁺ possui maior carga efetiva em solução aquosa.
- c) Os dois sulfetos precipitam simultaneamente quando $[\text{S}^{2-}] = 1,0 \times 10^{-31}$ mol L⁻¹.
- d) O CuS precipita primeiro, mas mais de 50% do Cd²⁺ já terá precipitado nesse instante.
- e) O CuS precipita primeiro, iniciando quando $[\text{S}^{2-}] = 1,0 \times 10^{-33}$ mol L⁻¹, e nessa condição o Cd²⁺ permanece praticamente todo em solução.

Texto para as questões 16 e 17

O ODS 5 (Igualdade de Gênero) busca garantir a participação plena das mulheres na ciência e na inovação. Historicamente, a Química contou com a contribuição inestimável de cientistas brilhantes que enfrentaram barreiras sistêmicas e a invisibilização de seus trabalhos — um fenômeno conhecido como "Efeito Matilda". Reconhecer o legado

dessas pioneiras é um passo fundamental para a equidade. As próximas duas questões celebram o impacto transformador da pesquisa de duas grandes químicas cujas descobertas revolucionaram a saúde pública e a ciência dos materiais.

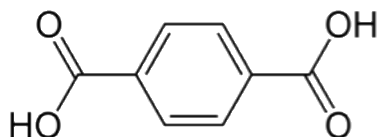
16. No início do século XX, o único alívio conhecido para a hanseníase (lepra) era o óleo da árvore de chaulmoogra, rico em ácidos graxos de cadeia longa. No entanto, o óleo puro era extremamente espesso e viscoso, não se misturava ao sangue e formava bolhas dolorosas sob a pele ao ser injetado. Aos 23 anos, a química afro-americana Alice Ball desenvolveu um método para reagir esses ácidos graxos com etanol, transformando-os em seus respectivos ésteres etílicos. O "Método Ball" gerou um líquido muito mais fluido e facilmente absorvível pelo corpo, tornando-se o tratamento padrão mundial por décadas. Infelizmente, Alice faleceu precocemente e o diretor de sua universidade publicou o trabalho sem nenhuma menção a Alice, um roubo de autoria que levou anos para ser corrigido¹.

Do ponto de vista das propriedades físico-químicas, a transformação dos ácidos graxos em ésteres etílicos reduziu drasticamente a viscosidade do material. Assinale a alternativa que explica corretamente a razão química para essa mudança de comportamento físico:

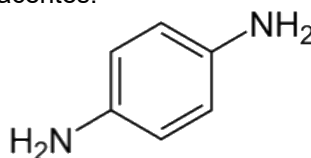
- A esterificação quebra a longa cadeia carbônica apolar do ácido graxo em fragmentos menores, reduzindo a superfície de contato e as forças de London (dispersão) entre as moléculas.
- A substituição do grupo hidroxila ($-\text{OH}$) do ácido carboxílico pelo grupo etóxi ($-\text{OCH}_2\text{CH}_3$) impede que as moléculas formem ligações de hidrogênio entre si, enfraquecendo a atração intermolecular.
- Os ésteres etílicos formados são compostos iônicos, o que aumenta a solubilidade no plasma sanguíneo, mas diminui a viscosidade do óleo puro devido à repulsão eletrostática.
- A reação de esterificação introduz insaturações (ligações duplas *cis*) na cadeia carbônica, criando "dobras" na estrutura que impedem o empacotamento denso das moléculas.
- O grupo éster é significativamente mais polar que o grupo ácido carboxílico, o que aumenta as interações dipolo-dipolo e, paradoxalmente, torna o líquido mais fluido.

17. A química Stephanie Kwolek é um dos maiores nomes da ciência dos materiais. Em 1965, ela sintetizou o Kevlar®, um polímero incrivelmente leve e cinco vezes mais resistente que o aço, revolucionando a fabricação de coletes à prova de balas, cabos de suspensão e fuselagens aeroespaciais. O Kevlar® é obtido pela reação entre o ácido tereftálico (ácido p-benzenodioico) e a p-fenilenodiamina (1,4-diaminobenzeno). A excepcional resistência mecânica desse material provém da estrutura linear e rígida de suas cadeias, que permite um empacotamento denso, e das fortes interações intermoleculares, que mantêm as cadeias adjacentes firmemente "amarradas" umas às outras.

Considerando a estrutura dos monômeros e do polímero formado, assinale a alternativa que descreve corretamente o tipo de polimerização que origina o Kevlar®, a função orgânica presente na cadeia principal e a principal interação intermolecular responsável pela forte coesão entre as cadeias adjacentes:



ácido tereftálico



p-fenilenodiamina

- Polimerização por adição; poliéster; ligações de hidrogênio.
- Polimerização por adição; poliamida; interações dipolo induzido.
- Polimerização por condensação; poliamida; ligações de hidrogênio.
- Polimerização por condensação; poliéster; forças de London (dispersão).
- Polimerização por condensação; poliuretano; ligações de hidrogênio.

Texto para as questões 18 e 19

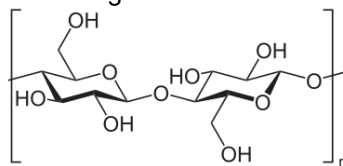
A nanocelulose bacteriana (NCB) é um biomaterial inovador produzido por micro-organismos. Diferente da celulose extraída de plantas, a NCB é sintetizada em estado puro e forma uma rede tridimensional de nanofibrilas com altíssima cristalinidade e notável capacidade de retenção de água. Devido à sua extrema biocompatibilidade, a NCB tem sido amplamente utilizada como "pele artificial" no tratamento de queimaduras graves e feridas crônicas, alinhando-se diretamente ao ODS 3 (Saúde e Bem-Estar).

18. Quimicamente, a NCB é formada por longas cadeias de moléculas de glicose. No interior de cada uma dessas cadeias, os átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio encontram-se fortemente unidos por ligações __I__, caracterizadas pelo compartilhamento de pares de elétrons.

A excepcional resistência mecânica das nanofibrilas e sua capacidade de atuar como um hidrogel (retendo até 99% de seu peso em água) são consequências diretas da presença de múltiplos grupos hidroxila na estrutura do material. Esses grupos são altamente polares e estabelecem __II__ tanto entre as cadeias adjacentes (garantindo o empacotamento) quanto com as moléculas de água do meio.

Do ponto de vista energético, a interação que ocorre *entre* as diferentes cadeias de celulose é significativamente __III__ do que as ligações que mantêm os átomos unidos *dentro* de uma mesma cadeia.

A estrutura de uma cadeia de celulose é mostrada a seguir



Assinale a alternativa que preenche, corretamente, as lacunas do texto:

	I	II	III
a)	covalentes	ligações de hidrogênio	mais forte
b)	lônicas	interações íon-dipolo	mais fraca
c)	iônicas	ligações de hidrogênio	mais forte
d)	covalentes	forças de dispersão de London	mais forte
e)	covalentes	ligações de hidrogênio	mais fraca

19. Para atuar como um curativo eficiente, a membrana de NCB purificada não deve conter apenas água destilada em sua rede de nanofibrilas; antes de ser aplicada sobre a lesão, ela é primeiramente embebida em uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) a 0,9% (m/v), conhecida como soro fisiológico.

Do ponto de vista das propriedades coligativas, a escolha dessa concentração salina tem como objetivo garantir que a solução contida no curativo seja ___I___ em relação aos fluidos corporais da ferida. Caso a membrana de NCB fosse embebida exclusivamente em água destilada pura, o curativo atuaria como um meio ___II___, o que provocaria ___III___ das células do tecido lesionado devido ao fluxo osmótico.

Assinale a alternativa que preenche, corretamente, as lacunas do texto:

	I	II	III
a)	hipertônica	hipotônico	a desidratação
b)	hipotônica	hipertônico	o inchaço
c)	hipertônica	isotônico	a desidratação
d)	isotônica	hipotônico	o inchaço
e)	isotônica	hipertônico	a desidratação

20. Uma Estação de Tratamento de Água (ETA) recebe água de um rio com elevada turbidez e presença de matéria orgânica dissolvida. Durante o tratamento convencional, a água passa por uma sequência rigorosa de etapas (como exibido no vídeo) para a remoção de partículas, matéria orgânica e microrganismos.

Com base nos princípios físico-químicos e nas operações unitárias que compõem o tratamento de água, é correto afirmar que

- a decantação é a operação unitária responsável por separar a matéria orgânica dissolvida na água, utilizando a diferença de densidade e a ação da gravidade para arrastar essas moléculas para o fundo do tanque.
- o carvão ativado, devido à sua alta porosidade, atua na filtração por meio de um mecanismo de absorção reativa, no qual a matéria orgânica dissolvida é degradada quimicamente e transformada em gases que se desprendem da água.
- a coagulação e a floculação são as etapas iniciais de separação de misturas da ETA, responsáveis por remover fisicamente as partículas em suspensão através da centrifugação natural gerada pela agitação mecânica da água.
- a etapa de filtração em leito misto tem como principal mecanismo a separação por diferença de densidade, sendo capaz de reter tanto os sólidos suspensos que escaparam da decantação quanto os sais minerais dissolvidos na água bruta.
- a coagulação consiste na desestabilização elétrica dos colóides por meio de reagentes químicos, não configurando uma separação física de fases, enquanto o carvão ativado atua na filtração retraindo compostos orgânicos dissolvidos predominantemente pelo fenômeno de adsorção.

Referencia para questão 16

1 – Gomes, S.S.W e Francisco Junior, W.E., *Journal of Chemical Education*, 101 (2024) 5231-5239.