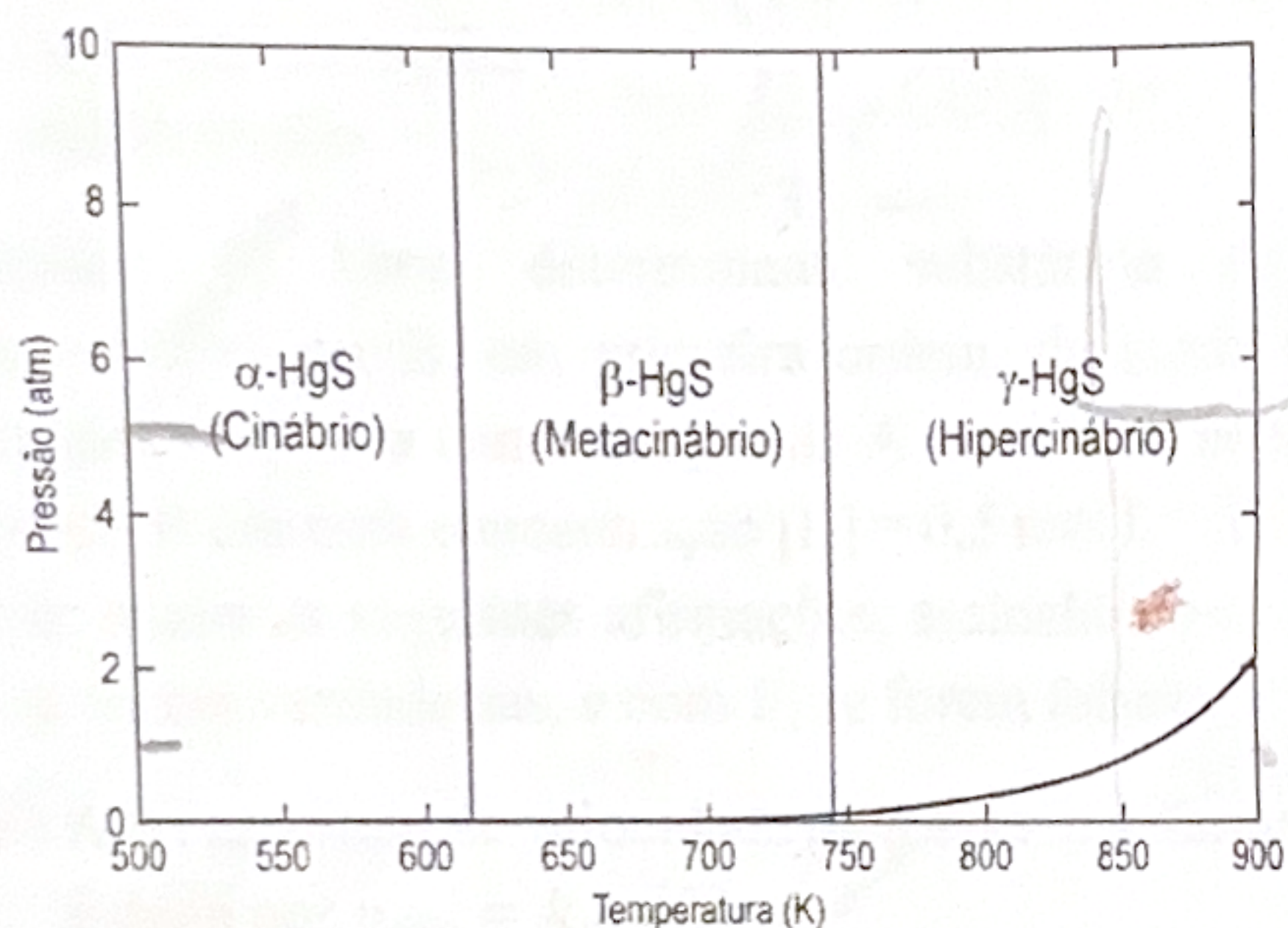




Parte I – Questões de Múltipla Escolha

Questão 1. O pigmento sulfeto de mercúrio, conhecido como vermelhão ou cinábrio, foi amplamente utilizado por artistas da Antiguidade Clássica. Uma das aplicações artísticas mais marcantes foi a coloração em vermelho de boa parte da obra “Assunzione della Vergine”, de Tiziano Vecellio (entre 1516 e 1518). Físico-quimicamente, o pigmento vermelhão nada mais é do que a fase α -HgS. Ao mesmo tempo, sabe-se que o HgS pode se manifestar em mais duas fases: β -HgS (de cor preta-acinzentada) e γ -HgS (de cor preta profunda). O diagrama para esse sistema é descrito a seguir:



Com base nessas informações, avalie as seguintes afirmações, assinalando-as com **V**, se forem verdadeiras, e com **F**, se forem falsas.

- (F) A uma temperatura de 600 K, uma amostra de HgS apresentará coloração preta. **X**
- (F) Sob pressões inferiores a 1,0 atm, a 900 K, o sistema deve apresentar um tom vermelho profundo. **X**
- (V) O vermelhão é um pigmento estável nas condições de pressão e temperatura ambiente. **✓**
- () O aumento gradativo de temperatura de uma amostra de vermelhão, sob 1,0 atm, conduz a amostra a uma cor vermelha, passando pelo preto acinzentado até o preto profundo, sem sublimação. **X**
- (V) Acima de 3,0 atm de pressão e 850 K de temperatura, a amostra exibirá uma pigmentação preta profunda. **✓**

A sequência CORRETA, de cima para baixo, é:

- a) V – F – ~~F~~ – V – F.
- b) F – V – V – F – V.
- c) F – F – ~~V~~ – V – F.
- d) F – F – V – F – V. **✓**
- e) V – V – ~~F~~ – F – F.

Questão 2. Considere as moléculas das espécies químicas CO_2 , SO_2 , BF_3 , NH_3 e H_2O em fase gasosa e sob condições em que as interações intermoleculares possam ser desprezadas. Sobre essas moléculas, analise as afirmativas:

- I. Apenas duas das moléculas possuem geometria eletrônica igual à geometria molecular. **✓**
- II. A molécula que apresenta o menor ângulo de ligação também possui par(es) de elétrons não ligantes no átomo central. **✓**
- III. A molécula cuja geometria molecular é piramidal trigonal apresenta o átomo central com hibridação sp^3 e momento dipolar resultante não nulo. **✓**
- IV. Entre as moléculas polares, aquela que possui a maior quantidade de pares de elétrons não ligantes apresenta ligação(ões) envolvendo orbitais do tipo $\text{p}\pi\text{-p}\pi$.

Considerando as informações citadas, quais afirmativas estão CORRETAS?

- a) Apenas as afirmativas I, II e III. **✓**
- b) Apenas as afirmativas I, II e IV. **X**
- c) Apenas as afirmativas I, III e IV. **X**
- d) Apenas as afirmativas II, III e IV. **X**
- e) Todas as afirmativas estão corretas. **X**

Questão 3. Considere as soluções preparadas, cada uma com 1,0 L de água: (A) solução com 58,5 g de NaCl e (B) solução com 180 g de glicose. Avalie as seguintes afirmações, assinalando-as com **V** se forem verdadeiras e com **F** se forem falsas.

- () As soluções A e B apresentam temperaturas de ebulição distintas, sendo a solução B a de maior temperatura de ebulição. **X**
- (V) A solução A apresenta a maior redução criométrica. **✓**
- () Ambos os solutos não alteram a pressão de vapor do solvente nas respectivas soluções. **X**
- (F) Em geral, sais alteram menos as propriedades coligativas de um sistema do que os solutos não dissociáveis. **XXX**
- () Solventes puros e solventes em solução apresentam as mesmas propriedades físico-químicas. **X**

A sequência CORRETA, de cima para baixo, é:

- a) F – V – ~~V~~ – V – V.
- b) F – V – F – F – F. **✓**
- c) V – F – ~~V~~ – F – V.
- d) F – V – ~~V~~ – V – F.
- e) V – F – ~~F~~ – F – V.



Olimpíada Brasileira de Química – 2026

OBQ 2026

Modalidade
A

Questão 4. Durante a operação de um laboratório de controle ambiental, técnicos precisam preparar soluções aquosas que não sofram variações de pH, pois serão usadas para calibrar sensores de condutividade. Em uma das etapas, é necessário escolher uma substância inorgânica que se dissolva em água sem alterar significativamente o pH, de modo que a solução permaneça neutra. Considerando o comportamento das substâncias em solução, qual das opções a seguir representa uma substância adequada para essa finalidade?

- a) Sulfato de sódio $\rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$
- b) Óxido de sódio $\rightarrow \text{Na}_2\text{O}$
- c) Hidróxido de lítio $\rightarrow \text{Li}(\text{OH})$
- d) Carbonato de sódio $\rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$
- e) Ácido nítrico $\rightarrow \text{HNO}_3$

Questão 5. Uma determinada substância A se interconverte em B, em primeira ordem, de modo que, passados 1000 s, a concentração de A se reduz a metade, gerando B em uma concentração $[\text{B}] = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$. Diante disso, avalie as seguintes afirmações, assinalando-as com V, se forem verdadeiras, e com F, se forem falsas.

- (V) A lei empírica de velocidade para essa transformação é dada por $v_{\text{dir}} = k_{\text{dir}}[\text{A}]$.
- () A velocidade empírica da reação é $6,93 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.
- (V) A constante de velocidade da reação é $693 \text{ } \mu\text{Hz}$.
- () A constante de velocidade dessa reação independe da temperatura.
- () A concentração inicial de A é $0,5 \text{ mol L}^{-1}$.

A sequência CORRETA, de cima para baixo, é:

- a) F – F – F – V – V.
- b) V – V – F – F – F.
- c) V – V – V – F – F.
- d) F – V – F – V – F.
- e) V – F – F – F – V.

Questão 6. Durante uma investigação sobre a estrutura da matéria, uma pesquisadora obteve quatro evidências experimentais independentes, cada uma proveniente de um experimento distinto, conforme descrito a seguir.

Experimento 1: Um feixe de partículas α atravessa uma fina lâmina metálica, e apenas uma pequena fração sofre desvios superiores a 90° .

Experimento 2: Um metal, quando iluminado por radiação de frequência suficientemente elevada, emite elétrons instantaneamente.

Experimento 3: Um feixe de elétrons produz um padrão de difração ao atravessar um cristal.

Experimento 4: O espectro de emissão do hidrogênio consiste em linhas discretas e não em um contínuo de frequências.

Considerando exclusivamente as conclusões que podem ser extraídas dessas evidências, é possível inferir que os experimentos:

- a) 2 e 3 fornecem evidências complementares de que a radiação eletromagnética e a matéria não podem ser descritas exclusivamente pelos modelos clássicos de onda ou de partícula.
- b) 1 e 3 demonstram que elétrons e partículas α possuem natureza exclusivamente ondulatória.
- c) 2 e 4 demonstram que a energia associada aos elétrons em um átomo pode variar continuamente.
- d) 1 e 4 são suficientes para concluir que os elétrons possuem comportamento dual onda-partícula.
- e) 1, 2, 3 e 4 demonstram que a posição e a velocidade de uma partícula podem ser determinadas simultaneamente com precisão arbitrária.

Questão 7. A prednisolona é um fármaco do grupo dos anti-inflamatórios esteroidais. Sua fórmula molecular é $\text{C}_{21}\text{H}_{28}\text{O}_5$. Há disponível um frasco com 80 mL desse medicamento, constituído por uma solução na concentração de $18,02 \text{ g L}^{-1}$. Para ser administrada a um paciente, a solução precisa ser diluída e, para isso, foram adicionados 40,00 mL de água. Considerando que os volumes são aditivos, a concentração em quantidade de substância (mol L^{-1}) da solução, após a diluição, é de:

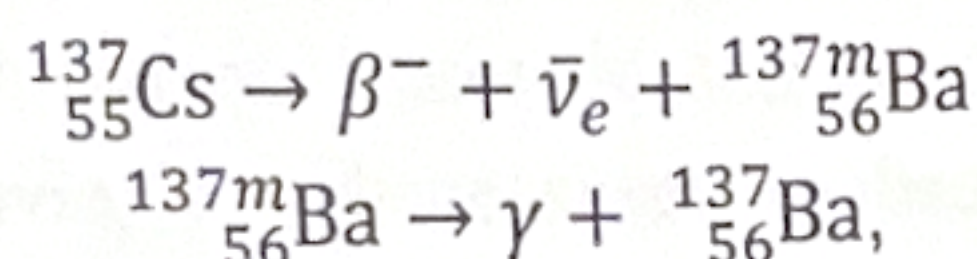
- a) 0,01.
- b) 0,02.
- c) 0,03.
- d) 0,04.
- e) 0,05.

Questão 8. Reações metabólicas ocorrem em um ambiente de pH regulado (tamponado), o que é vital para evitar alterações drásticas e impedir o colapso do nosso organismo. Contudo, um fluido biológico essencial para a nossa sobrevivência foge a essa regra. Essa exceção é o(a)

- a) bile.
- b) linfa.
- c) líquido pleural.
- d) sangue.
- e) suco gástrico.



Questão 9. Em 1986, a cidade de Pripyat (sede da usina nuclear ucraniana, vizinha de Chernobyl) foi palco do maior acidente nuclear da história. Relatórios oficiais dão conta de que cerca de 27 kg do isótopo 137 do cério (Cs-137) foram envolvidos no acidente. No ano seguinte, em Goiânia (Brasil), 19 g de Cs-137 foram suficientes para gerar pânico e provocar a morte de pessoas que tiveram contato direto com pequenas quantidades desse material. Passados 24 anos desde o incidente em Goiânia, um tsunami causou, pela interrupção do fornecimento de energia do sistema de resfriamento, o superaquecimento e a vaporização de cerca de 4,7 kg de Cs-137, colocando o acidente nuclear de Fukushima como o segundo maior da história. O decaimento radioativo do Cs-137 pode ser representado por meio das equações nucleares a seguir:



O tempo de meia-vida do Cs-137 é de aproximadamente 30 anos, enquanto o tempo de meia-vida para o bário nuclearmente excitado (metabário, ${}^{137m}_{56}\text{Ba}$) é de, aproximadamente, 2,55 minutos. Essas transformações nucleares são acompanhadas da liberação de partículas beta (β^-), antineutrino do elétron ($\bar{\nu}_e$) e radiação gama (γ). A massa molar do Cs-137 é $136,91 \text{ g mol}^{-1}$.

Diante dos dados apresentados, avalie as seguintes afirmações sobre estes sistemas radioativos, assinalando-as com **V**, se forem verdadeiras, e com **F**, se forem falsas:

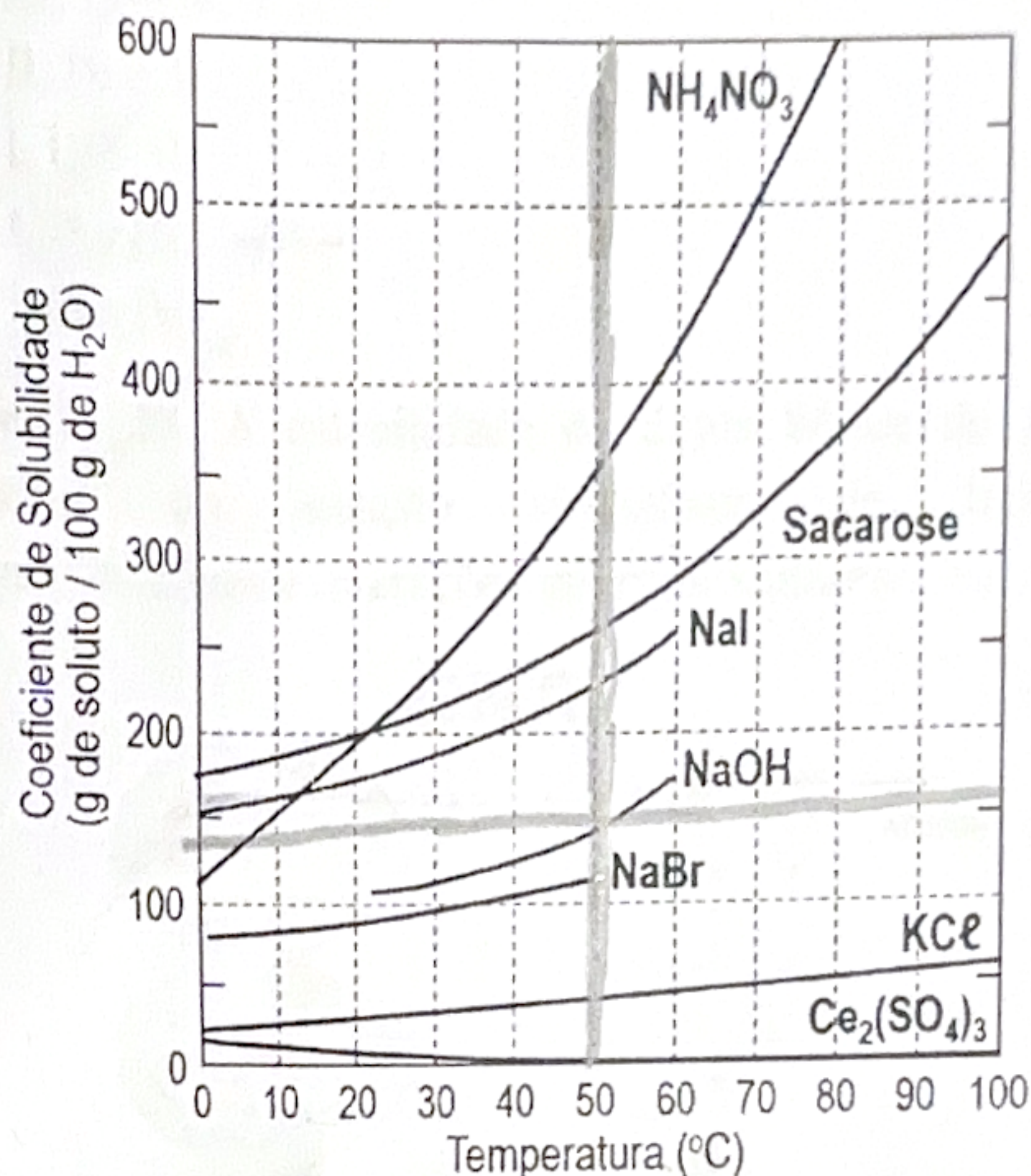
- (~~F~~) Se em 1986 toda a massa de 27 kg do Cs-137 fosse distribuída no ambiente de Pripyat, em 2026 esperase observar cerca de 13,5 kg de ${}^{137m}_{56}\text{Ba}$.
(~~F~~) Cerca de 197,22 mol de Cs-137 ainda estão presentes em Pripyat.
(~~F~~) Passados trinta anos, não há mais Cs-137 em Pripyat, ao contrário do observado em Fukushima. **X**
() Para a quantidade de Cs-137 envolvida no acidente radiológico de Goiânia, é esperado que todo o material tenha sofrido decaimento.
(~~F~~) Em todos os casos, as quantidades de Cs-137 já sofreram degradação total. **X**

A sequência CORRETA, de cima para baixo, é:

- a) F – V – V – F – V.
b) V – V – F – V – F.
c) F – F – F – V – V.
d) V – V – V – V – V.
e) F – F – F – F – F.

A-

Questão 10. No preparo de uma solução, foram utilizados 80 g de uma determinada substância para produzir 130 g de uma solução aquosa a uma temperatura de 50°C . Essa solução não pode conter sólidos em equilíbrio.



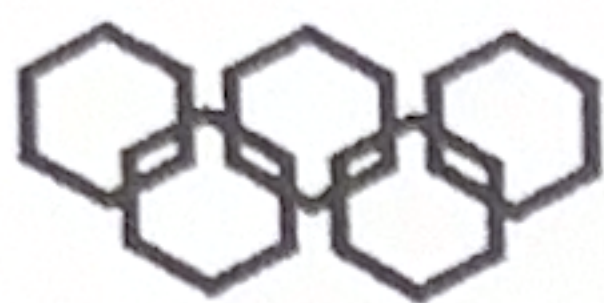
Brady, J. E.; Russell, J. W.; Holum, J. R. **Química: a matéria e suas transformações**, 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 2002, p. 385.

Com base no diagrama de solubilidade apresentado na figura, quais substâncias seriam candidatas à preparação da solução desejada?

- a) NH_4NO_3 , $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ e NaOH
b) NaI, NaBr e KCl
c) Sacarose, NaOH e $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$
d) NH_4NO_3 , NaI e sacarose
e) NaBr, KCl e $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$

Questão 11. Conhecer os diferentes modelos propostos para o átomo é essencial, pois cada um revela, à sua maneira, como a ciência evolui ao explicar a estrutura da matéria e permite compreender por que certos fenômenos químicos só podem ser interpretados à luz de modelos mais avançados. Leia cada uma das afirmativas a seguir e assinale-as com **V**, se forem verdadeiras, e com **F**, se forem falsas.

- (~~F~~) O experimento conduzido por Robert Andrews Millikan permitiu determinar diretamente a carga e a massa do elétron.
(~~F~~) No modelo proposto por Niels Bohr, o elétron do átomo de hidrogênio pode ocupar orbitais estacionários com energia quantizada.
(V) Conforme estabelecido por Joseph John Thomson, o átomo possui cargas positivas e negativas, o que permite explicar a condutividade dos metais.



(✓) A reação de formação de dióxido de carbono a partir das respectivas substâncias elementares pode ser entendida com base no modelo atômico de Dalton.

(✓) Segundo Rutherford, poucas partículas alfa foram fortemente desviadas do seu trajeto devido à repulsão exercida pelo núcleo dos átomos que compõem as folhas metálicas testadas.

A sequência CORRETA é:

- a) V, V, F, F, F.
- b) F, F, V, V, V.
- c) V, F, V, F, V
- d) F, V, F, V, F.
- e) V, F, V, F, F.

Questão 12. A Termodinâmica explica muitos fenômenos físicos e químicos por meio de seu conceito central: a energia. Todavia, é indispensável conhecer parâmetros, grandezas, definições e aplicações termodinâmicas, pois praticamente todas as propriedades físicas da matéria podem ser associadas à energia das interações entre átomos e moléculas, bem como às interações internas dessas partículas. Sobre este tema, analise as afirmativas a seguir.

- I. A entropia estatística (S) pode ser calculada pela fórmula de Boltzmann, $S = k \ln W$, em que k é a constante de Boltzmann, relacionada à constante dos gases pela expressão $R = k N_A$, e W é o número de microestados que as partículas constituintes de uma amostra podem assumir com a mesma energia total.
- II. O aumento de entalpia de uma substância quando a temperatura cresce, depende de sua capacidade calorífica sob pressão constante, e pode ser determinada pela lei de Kirchhoff segundo a equação integrada $\Delta H^\circ(T_2) = \Delta H^\circ(T_1) + (T_2 - T_1) \Delta C_p$, considerando ΔC_p praticamente constante.
- III. Segundo a lei de Hess, a variação de entalpia de uma reação é igual à soma das variações de entalpia das etapas em que a reação pode ser decomposta, não se aplicando às reações intermediárias ou à reação global que não possam ser realizadas na prática.
- IV. O teorema da equipartição indica que a energia interna molar de um gás monoatômico ideal na temperatura T é $U_m = \frac{3}{2} RT$, e que a variação na energia interna molar quando a temperatura se altera em ΔT é $\Delta U_m = \frac{3}{2} R \Delta T$.
- V. Substâncias elementares em seu estado padrão e forma alotrópica mais estável, como $H_2(g)$, $O_2(g)$ e $C(\text{grafite})$, têm entalpia padrão de formação ($\Delta_f H^\circ$)

igual a zero, enquanto a energia livre padrão de formação ($\Delta_f G^\circ$) pode ou não ser igual a zero.

São VERDADEIRAS somente as afirmativas

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

Questão 13. A estabilidade da dupla hélice do DNA depende da atuação simultânea de ligações intramoleculares e interações intermoleculares.

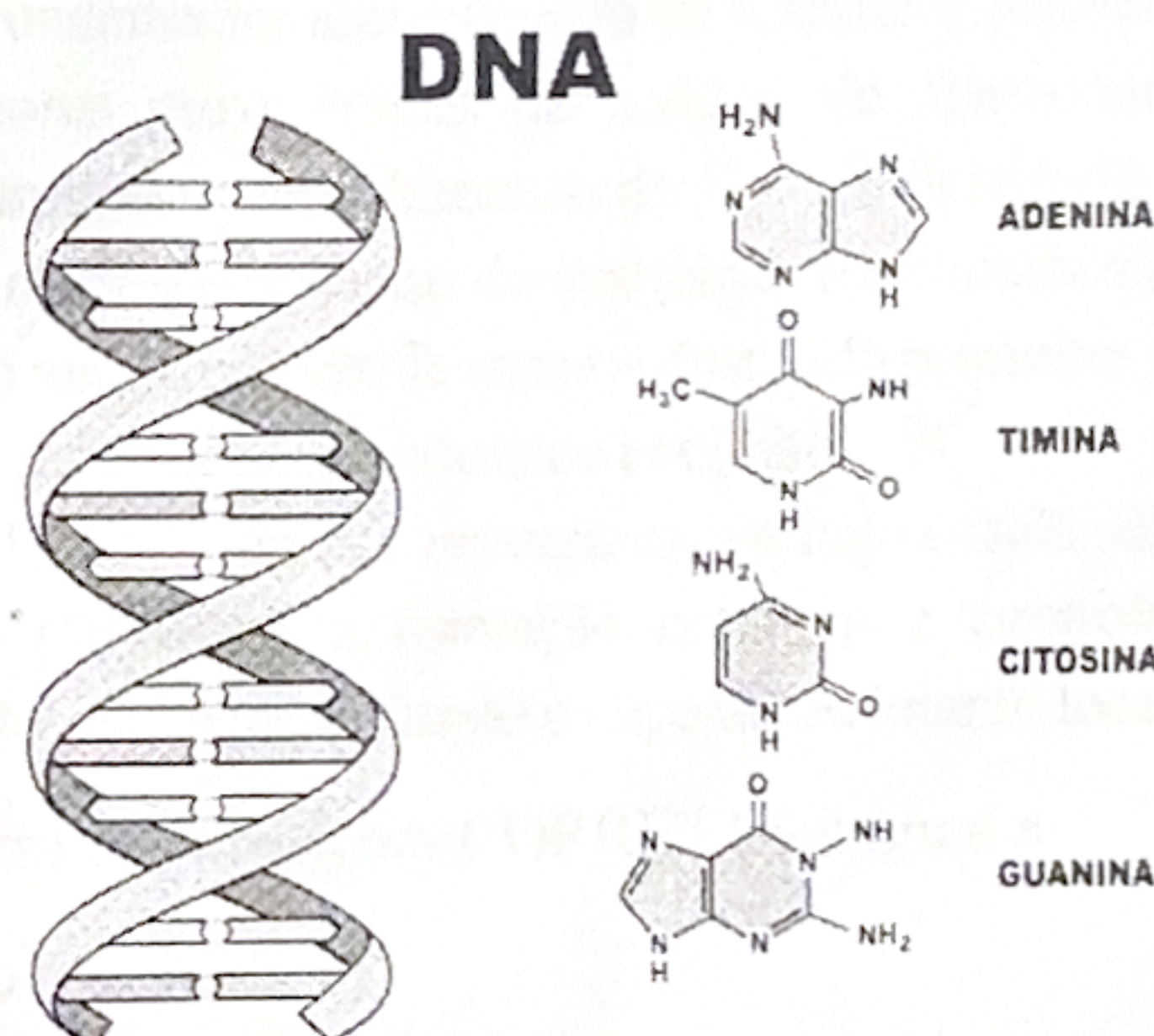


Imagem disponível em:

<https://s5.static.brasilescuela.uol.com.br/be/2020/03/dna.jpg>. Acesso em: 27 jul. 2026.

Qual a natureza das ligações e das interações responsáveis pela estabilidade citada?

- a) Covalentes e dipolo induzido.
- b) Covalentes e ligações metálicas.
- c) Covalentes e ligações de hidrogênio.
- d) Dipolo-dipolo e forças de London.
- e) Iônicas e ligações de hidrogênio.

Questão 14. Os metais de transição ocupam a região central da Tabela Periódica e apresentam propriedades químicas e físicas que os diferenciam dos metais representativos. Em razão de suas configurações eletrônicas, esses elementos exibem características como estados de oxidação variáveis, elevada capacidade de formar complexos de coordenação, boa condutividade elétrica e térmica e ampla aplicação industrial, desde a fabricação de ligas metálicas até a produção de catalisadores e pigmentos.



Olimpíada Brasileira de Química – 2026

OBQ 2026

Modalidade
A

Com base nas propriedades dos metais de transição, assinale a alternativa que apresenta uma afirmação **INCORRETA**.

- a) Muitos metais de transição apresentam propriedades químicas semelhantes entre si, podendo formar ligas metálicas com elevada resistência mecânica e à corrosão.
- b) Os metais de transição dissolvem-se prontamente em água à temperatura ambiente, formando soluções fortemente alcalinas devido à formação de hidróxidos metálicos solúveis.
- c) Os elementos de transição podem apresentar diferentes estados de oxidação, característica relacionada à participação dos elétrons dos orbitais d nas ligações químicas.
- d) Diversas substâncias de metais de transição apresentam colorações intensas, sendo utilizadas na fabricação de pigmentos, vidros coloridos e fogos de artifício.
- e) Em um mesmo grupo de metais de transição, a reatividade química não segue uma tendência simples e uniforme ao longo do grupo, dependendo de fatores como a configuração eletrônica, a energia de ionização e o potencial de redução.

Questão 15. As técnicas de destilação são essenciais porque permitem a separação seletiva de componentes voláteis com base em diferenças de pressão de vapor, garantindo controle termodinâmico preciso sobre a composição final das fases líquidas. Considere a montagem a seguir.

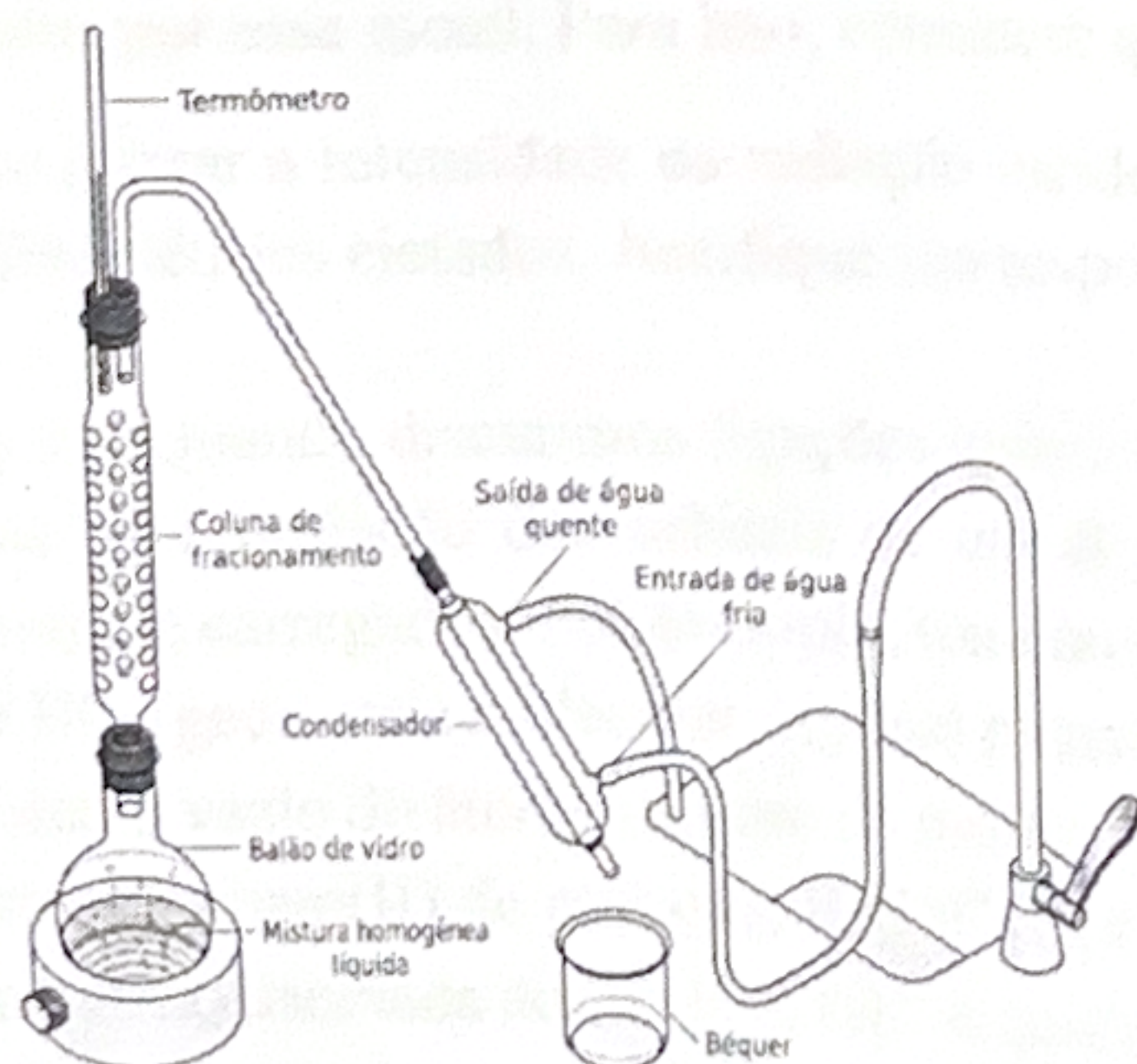


Imagem disponível em:
<https://www.infoescola.com/quimica/destilacao-fracionada/>. Acesso em: 19 jun. 2026.

Considerando o fenômeno físico que ocorre na coluna, o tipo de mistura e as funções das vidrarias utilizadas, analise as afirmações a seguir.

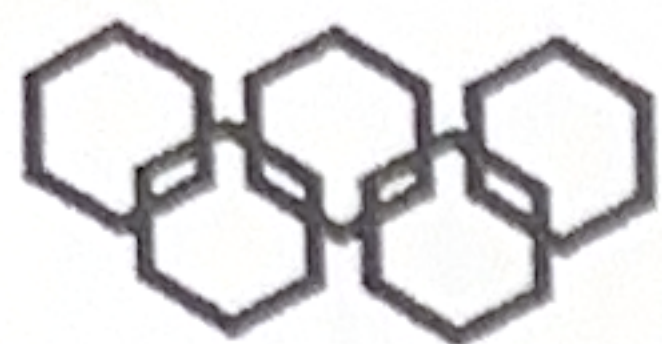
- I. A destilação fracionada é adequada para separar líquidos miscíveis com temperaturas de ebulição relativamente próximas.
- II. A coluna de fracionamento é fundamental para aumentar a eficiência do processo de separação ao promover ciclos sucessivos de vaporização e condensação.
- III. O condensador tem a função de resfriar e condensar os vapores provenientes da coluna de fracionamento, permitindo o recolhimento do líquido destilado.
- IV. Ao realizar o processo de destilação fracionada o líquido com menor pressão de vapor é destilado primeiro, porque tem a menor temperatura de ebulição.
- V. No balão de vidro, é necessário que haja pérolas de vidro que promovam a formação contínua e controlada de bolhas de vapor, evitando o superaquecimento localizado.

O número de afirmações CORRETAS é igual a

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.
- e) 5.

↑ + IV + V = 3

↑ V ⇒ ↓ E

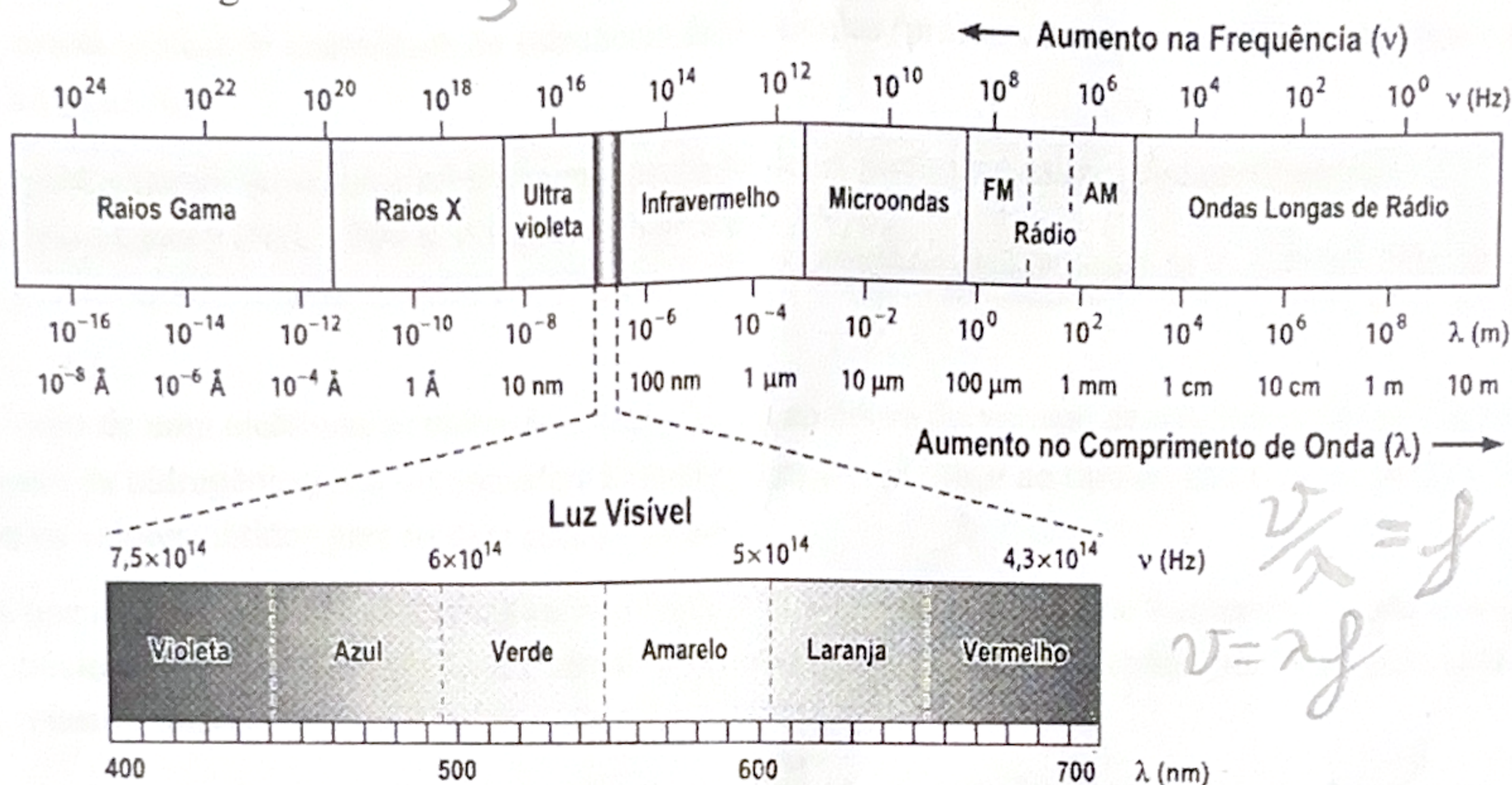


Parte II – Questões Analítico-Expositivas

Questão 16. Dois metais diferentes, denominados S e T, com diferentes funções trabalho (ϕ), são utilizados separadamente em experimentos de efeito fotoelétrico. A ejeção de fotoelétrons nesses metais se inicia quando os fótons da radiação incidente possuem um comprimento de onda de 540,0 nm e 264,0 nm, respectivamente.

Dados: $E = h\nu$; $c = \lambda\nu$; $E_c = \frac{1}{2}mv^2$; em que h (constante de Planck, $6,626 \times 10^{-34}$ J s), c (velocidade da luz no vácuo, $2,998 \times 10^8$ m s⁻¹, m (massa do elétron, $9,109 \times 10^{-31}$ kg) e v (velocidade da partícula).

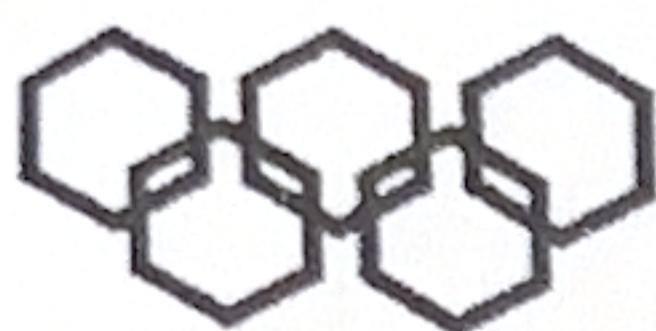
a) Considerando a figura a seguir, indique qual dos metais (S ou T) pode ser usado para construir uma fotocélula que funcione com luz na região do visível. **S**



- b) Calcule a frequência da radiação que provoca o efeito fotoelétrico em cada um desses metais.
- c) Esboce um gráfico de energia cinética (E_c) versus frequência (ν), para ambos os metais. Utilize a escala de frequência corretamente.
- d) Considere que uma radiação de 217,0 nm incide sobre o metal T. Calcule a velocidade (em km s⁻¹) dos fotoelétrons ejetados por esse metal. Para isso, considere que $E_{\text{incidente}} = \phi + E_c$.
- e) Ao se dobrar a intensidade da radiação incidente sobre o metal T, indique o que deve ocorrer com a energia cinética dos fotoelétrons ejetados. Justifique sua resposta.

Questão 17. Quando discutimos ligações químicas sob a ótica da teoria da hibridação de orbitais, é comum observarmos mudanças na hibridação dos orbitais de um átomo central de uma molécula neutra em função da adição de ligantes negativamente carregados. Por exemplo, tomemos a formação da espécie química BF_4^- (geometria molecular tetraédrica) a partir de BF_3 (geometria molecular trigonal plana). Esta mudança ocorre porque o par de elétrons do ligante F^- é adicionado a um orbital p vazio do átomo de boro da molécula BF_3 , fazendo com que a hibridação, antes sp^2 , passe a sp^3 . A substância tetracloretoplatino(II) de potássio, $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$, é um composto de coordenação (precursor do quimioterápico cis-platina), cuja geometria associada ao íon $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ é quadrada. Diante dessas informações, responda aos itens a seguir.

- a) Esquematize a configuração eletrônica hibridada e a geometria dos orbitais ao redor do átomo de boro em BF_3 .
- b) Esquematize a configuração eletrônica hibridada e a geometria dos orbitais ao redor do átomo de boro em BF_4^- .
- c) Sabendo que a platina possui configuração eletrônica $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^9 6s^1$, apresente a configuração eletrônica do íon Pt^+ .
- d) Apresente a configuração eletrônica do íon Pt^{2+} .
- e) Apresente e explique a hibridação dos orbitais ao redor do átomo de platina no íon $[\text{PtCl}_4]^{2-}$.



Questão 18. A vida na Terra é possível graças à energia emitida pelo Sol. Essa energia é produzida em seu núcleo por meio da fusão nuclear, processo no qual núcleos de hidrogênio se unem para formar hélio, liberando uma enorme quantidade de energia.

O núcleo do Sol é constituído por aproximadamente 36 % de hidrogênio (^1H) e 64 % de hélio (^4He) em massa. Devido às elevadas temperaturas e pressões existentes nessa região, os átomos encontram-se completamente ionizados, isto é, todos os elétrons foram removidos. Esse estado da matéria é denominado plasma e é formado por prótons, núcleos de hélio e elétrons livres.

Considere que, no núcleo do Sol, a densidade é igual a 158 g cm^{-3} e a pressão é igual a $2,5 \times 10^{11} \text{ atm}$.

- a) Calcule o número total de quantidade de substância de partículas (prótons, núcleos de hélio e elétrons), presentes em 1 cm^3 do núcleo do Sol.
- b) Calcule a porcentagem do volume efetivamente ocupado pelas partículas nas seguintes situações:
- hidrogênio gasoso (H_2), a 300 K e 1 atm; $\rightarrow V_T = 24,6 \text{ L}$
 - hidrogênio líquido, cuja densidade é $0,09 \text{ g cm}^{-3}$. $\rightarrow V_T = 22,22 \text{ cm}^3$
- c) Considere que:
- o volume de uma molécula de hidrogênio (H_2) é igual ao dobro do volume de um átomo de hidrogênio;
 - o átomo de hidrogênio pode ser considerado uma esfera de raio igual ao raio de Bohr, $r_B = 0,53 \times 10^{-8} \text{ cm}$.
- Compare os valores obtidos para os dois estados físicos.
- d) Sabendo que no núcleo do Sol os átomos encontram-se completamente ionizados, formando um plasma constituído por prótons, núcleos de hélio e elétrons livres, calcule a porcentagem do volume ocupado por essas partículas em 1 cm^3 de plasma. (plasma solar: desprezar o volume dos elétrons)
- e) Considere que o raio de um núcleo atômico é dado por $r = (1,4 \times 10^{-13} \text{ cm})A^{1/3}$, em que A representa o número de massa do núcleo. Utilizando a Lei dos Gases Ideais, $PV = nRT$, estime a temperatura do núcleo do Sol e compare o valor encontrado com a temperatura necessária para que ocorra a fusão nuclear do hidrogênio em hélio, $1,5 \times 10^7 \text{ K}$. Comente o resultado obtido.

Questão 19. Suponha que uma cidade costeira pretenda investir recursos públicos em apenas um dos seguintes projetos:

Projeto I: Instalação de painéis fotovoltaicos.

Projeto II: Dessalinização de água do mar por osmose reversa.

Projeto III: Planta industrial para produção de biocombustíveis de segunda geração a partir de resíduos lignocelulósicos.

A Tabela 1 apresenta dados de estudos técnicos preliminares, que forneceram os seguintes indicadores médios.

Tabela 1: Indicadores médios obtidos a partir de estudos preliminares.

Indicador	Projeto I (Fotovoltaico)	Projeto II (Dessalinização)	Projeto III (Biocombustíveis)
Pegada de carbono operacional	$45 \text{ g CO}_2\text{-eq kW h}^{-1}$	$1,80 \text{ kg CO}_2\text{-eq m}^{-3}$ de água produzida	$22 \text{ g CO}_2\text{-eq MJ}^{-1}$ de combustível
Consumo energético específico	-	$4,5 \text{ kW h m}^{-3}$ de água dessalinizada	$0,35 \text{ MJ consumidos por MJ produzido}$
Custo operacional unitário	$\text{R\$ } 0,18 \text{ kW h}^{-1}$ gerado	$\text{R\$ } 5,40 \text{ m}^{-3}$ de água produzida	$\text{R\$ } 3,20 \text{ L}^{-1}$ de combustível
Vida útil média	25 anos	20 anos	18 anos
Geração anual de resíduos sólidos	$1,5 \text{ kg MW h}^{-1}$	12 kg MW h^{-1}	28 kg MW h^{-1}



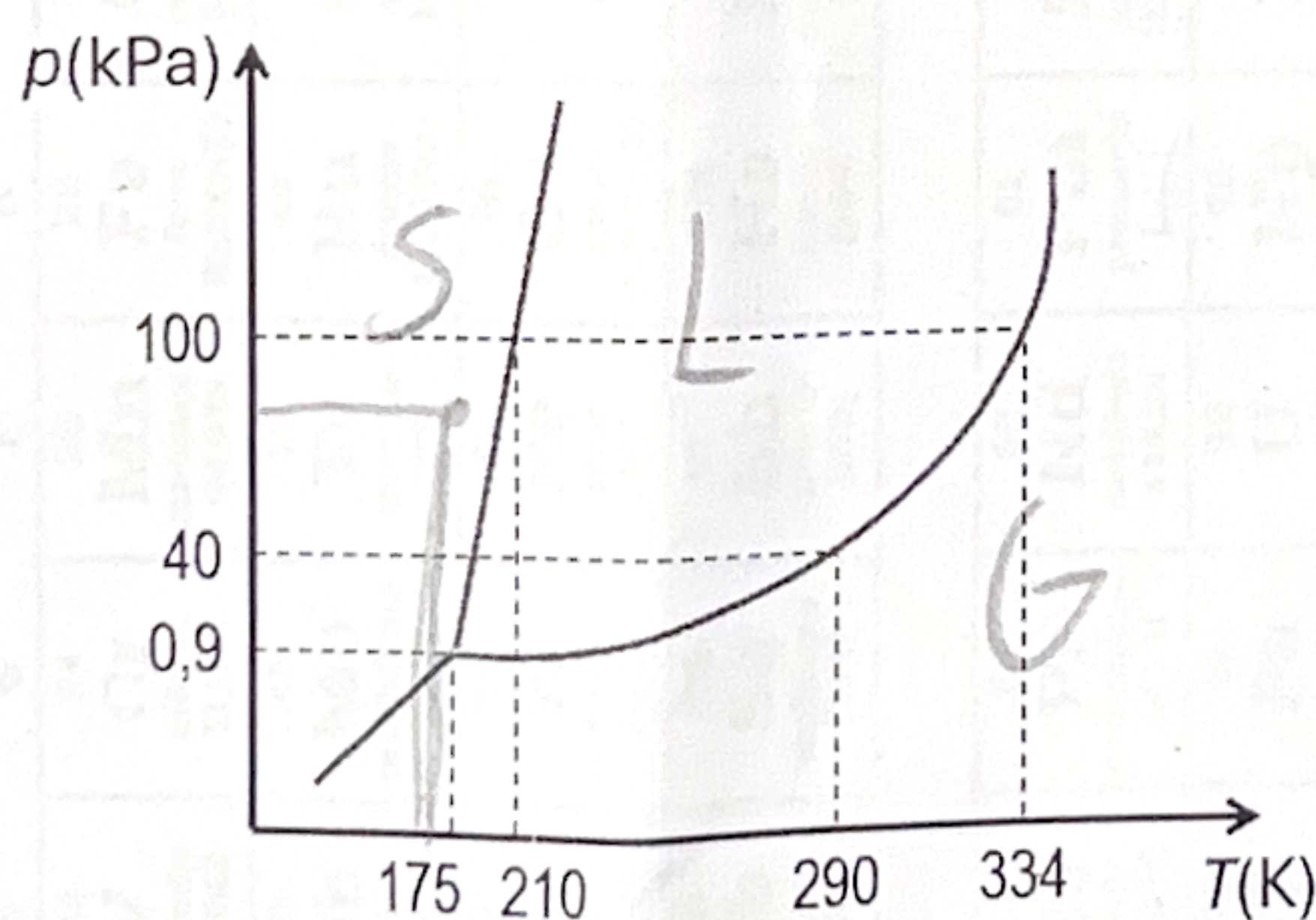
Como consultor científico da prefeitura, responda corretamente às seguintes questões.

- Identifique os principais benefícios ambientais de cada projeto.
- Compare, quantitativamente e com contextualização, os três projetos com base nos dados apresentados.
- Indique e discuta as limitações químicas, energéticas e econômicas de cada projeto.
- Analise os possíveis impactos indiretos de cada projeto associados a: 1 - emissões de carbono ou ao uso de recursos naturais; 2 - geração de resíduos; e 3 - efeitos sobre os ecossistemas.
- Considerando exclusivamente os dados fornecidos e os princípios da Química Verde, indique qual projeto deveria receber prioridade de investimento e justifique sua decisão de forma quantitativa e qualitativa.

Questão 20. O clorofórmio, ou triclorometano, é um solvente organoclorado de fórmula molecular CHCl_3 , amplamente utilizado na indústria. Num passado muito distante foi usado na área médica como anestésico. A primeira utilização como anestésico cirúrgico ocorreu em 1847, pelo obstetra escocês James Young Simpson, e seu uso passou a ser indicado para que as mulheres sentissem menos dor durante o parto. O clorofórmio era recomendável por ser uma substância bastante volátil e menos inflamável do que o éter. O CHCl_3 era capaz de reduzir a temperatura da pele em poucos minutos, tornando temporariamente inativos os nervos sensitivos e, assim, reduzindo a sensação de dor. Esse procedimento representou um importante avanço na medicina, pois permitiu que os procedimentos cirúrgicos durassem mais tempo e que as dores e os traumas dos pacientes fossem reduzidos. Hoje já se sabe que se trata de uma substância extremamente tóxica, e que a inalação de seus vapores, em doses maiores, pode ser fatal.

Disponível em: <https://www.museudavida.fiocruz.br/index.php/museologico/objeto-em-foco/acervo-museologico-inalador-de-tufier>. Acesso em: 28 jul. 2026 (adaptado).

A seguir, analise o diagrama de fases do clorofórmio. Pode-se observar que, a 100 kPa de pressão, sua temperatura de fusão é de 210 K e sua temperatura de ebulição é de 334 K.



Considerando o diagrama de fases do clorofórmio, responda os itens a seguir.

- Qual é o estado de agregação dessa substância quando sua temperatura atinge 170 K à pressão de 80 kPa? *Sólido*
- Quais são os valores estimados da temperatura e da pressão no ponto crítico?
- Qual a temperatura de ebulição sob pressão de 40 kPa? *290 K*
- Quais são os valores da temperatura e da pressão do ponto triplo? *T: 175 K, P = 0,9 kPa*
- Qual a geometria molecular do clorofórmio? Indique o tipo de interação intermolecular predominante quando essa substância está no estado líquido.

CCl_3H : Tetraédrico