



OLIMPÍADA CEARENSE DE QUÍMICA 2026 - MODALIDADE M2

Segunda aplicação

GABARITO

Questão 01

Em muitos garimpos artesanais, o ouro é separado dos sedimentos por meio da amalgamação, processo no qual o mercúrio metálico (Hg) entra em contato com partículas de ouro (Au), formando uma amálgama. Posteriormente, essa mistura é aquecida para recuperar o ouro. Embora seja um método eficiente, a utilização do mercúrio é altamente prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana devido à sua elevada toxicidade e volatilidade.

Considere os seguintes dados:

Substância	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)
Mercúrio (Hg)	-38,8	356,7
Ouro (Au)	1064	2856

Sobre o processo descrito, assinale a alternativa **correta**.

- a)** A separação do ouro e do mercúrio ocorre por destilação simples, pois o mercúrio possui ponto de ebulição muito inferior ao do ouro, vaporizando-se antes, enquanto o ouro permanece no estado sólido.
- b)** A formação da amálgama corresponde à formação de um novo composto químico por reação de oxidação entre ouro e mercúrio.
- c)** A recuperação do ouro ocorre por sublimação, pois o mercúrio evapora espontaneamente à temperatura ambiente.
- d)** O aquecimento da amálgama promove inicialmente a fusão do ouro, seguida da evaporação do mercúrio, permitindo sua separação.
- e)** A separação do ouro é realizada por eletrólise, pois ouro e mercúrio apresentam pontos de ebulição muito próximos.

Questão 02

Os processos de separação de misturas desempenham papel fundamental em atividades industriais, ambientais e laboratoriais. A escolha da técnica mais adequada depende das propriedades físicas dos componentes da mistura, como ponto de ebulição, solubilidade, magnetismo e tamanho das partículas. O domínio desses métodos é indispensável em áreas como a produção de alimentos, o tratamento de água, a indústria petroquímica e a reciclagem de materiais.

Considere as situações descritas a seguir:

- I. Produção de água destilada a partir da água do mar.
- II. Separação dos diferentes hidrocarbonetos presentes no petróleo bruto para obtenção de combustíveis.
- III. Remoção de partículas de ferro presentes em uma mistura com areia seca.
- IV. Obtenção de cloreto de sódio sólido a partir da evaporação da água do mar em salinas.

Os métodos de separação mais adequados para os processos I, II, III e IV, respectivamente, são:

- a) Filtração – destilação fracionada – imantação – cristalização.
- b) Destilação fracionada – decantação – centrifugação – evaporação.
- c) Evaporação – destilação simples – imantação – filtração.
- d) Destilação simples – cromatografia – separação magnética – sublimação.
- e) Destilação simples – destilação fracionada – imantação – cristalização.

Questão 03

A figura apresenta um **diagrama de fases simplificado da água**, no qual estão indicados os pontos A, B, C e D.

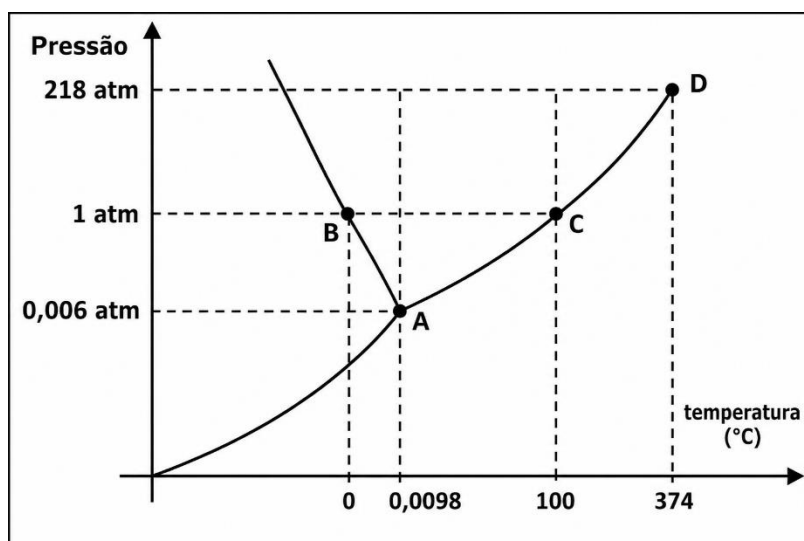


Figura ilustrativa – fora de escala

O ponto A corresponde ao ponto triplo, C representa o estado de ebulição normal, e D corresponde ao ponto crítico. A curva que parte de A em direção a D representa o equilíbrio entre as fases líquida e gasosa, enquanto a reta inclinada representa o equilíbrio entre as fases sólida e líquida.

Com base na análise do diagrama e nos conceitos de equilíbrio de fases, assinale a alternativa correta.

- a) O ponto C corresponde ao ponto crítico da água, no qual desaparece a distinção entre líquido e vapor, impossibilitando a liquefação por compressão.
- b) Em pressões inferiores a 0,006 atm, a água líquida não pode existir em equilíbrio termodinâmico; ao aquecer o gelo nessas condições, ocorre sublimação direta para o estado gasoso.**
- c) A inclinação negativa da curva sólido-líquido indica que o gelo possui densidade maior que a água líquida, razão pela qual afunda quando colocado em água.
- d) No ponto D, coexistem simultaneamente as fases sólida, líquida e gasosa, caracterizando o ponto triplo da água.
- e) Ao aumentar a pressão sobre gelo inicialmente a 0 °C, ocorre necessariamente a solidificação da água devido ao aumento da temperatura de fusão.

Questão 4

As tendências periódicas observadas na Tabela Periódica são consequência da competição entre a carga nuclear efetiva (Z_{ef}), o efeito de blindagem e as interações de repulsão entre elétrons. Embora regras gerais sejam frequentemente utilizadas para prever o comportamento dos elementos, diversas exceções surgem em decorrência da estabilidade associada a subníveis completamente preenchidos ou semipreenchidos, bem como de efeitos relacionados à contração dos orbitais e à penetração eletrônica. Assim, a análise de propriedades periódicas requer uma abordagem integrada da estrutura eletrônica e da mecânica quântica.

Analise as afirmativas a seguir.

- I.** Na série isoeletrônica: P^{3-} , S^{2-} , Cl^- , K^+ , Ca^{2+} , Sc^{3+} , a ordem crescente de energia necessária para remover um elétron é exatamente a mesma ordem crescente da carga nuclear efetiva, excetuando os íons potássio e cálcio.
- II.** A sequência: $I_1(\text{N}) > I_1(\text{O})$, constitui uma exceção à tendência periódica geral e decorre da maior estabilidade eletrônica da configuração $2p^3$ do nitrogênio.
- III.** A afinidade eletrônica do cloro é mais exotérmica que a do flúor porque o elétron adicional, no flúor, deve ocupar um orbital 2p de pequeno volume, aumentando significativamente a repulsão eletrônica.

IV. Entre os elementos do quarto período, o aumento do número atômico implica aumento simultâneo da eletronegatividade, da primeira energia de ionização e da afinidade eletrônica, sem exceções experimentais.

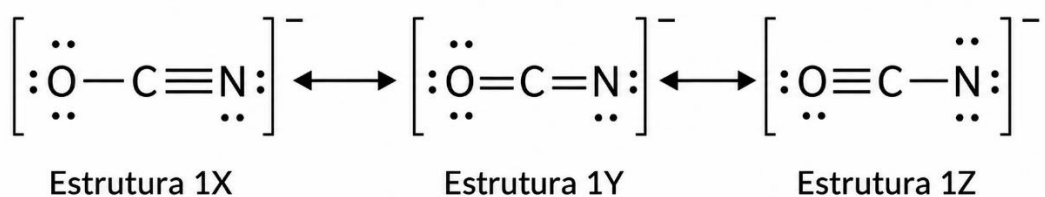
Dado: I_1 = primeira energia de ionização

Assinale a alternativa correta.

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

Questão 5

A figura apresenta três estruturas de ressonância propostas para o íon cianato, OCN^- .



A teoria da ressonância estabelece que a estrutura real da espécie química corresponde a um híbrido das estruturas canônicas, cuja contribuição relativa depende de fatores como distribuição de cargas formais, eletronegatividade dos átomos e manutenção do octeto. Além disso, a geometria molecular e a hibridização dos átomos são determinadas pelo híbrido de ressonância, e não por uma única estrutura de Lewis.

Com base nessas informações, analise as afirmativas a seguir.

- I. O átomo de carbono apresenta hibridização **sp** em todas as estruturas canônicas representadas.
- II. A estrutura **1X** é a que mais contribui para o híbrido de ressonância, pois apresenta carga formal negativa localizada sobre o átomo mais eletronegativo.
- III. Nas estruturas **1Y** e **1Z**, o átomo de carbono possui geometria linear.
- IV. Considerando o híbrido de ressonância, as ligações C–O e C–N apresentam ordens de ligação intermediárias entre aquelas previstas individualmente pelas estruturas canônicas.

Assinale a alternativa **correta**.

- a) Apenas I e II são verdadeiras.
- b) Apenas II, III e IV são verdadeiras.

c) Apenas I, II e III são verdadeiras.

d) Apenas I, III e IV são verdadeiras.

e) I, II, III e IV são verdadeiras.

Questão 6

O sulfato duplo de ferro(II) e amônio hexahidratado, conhecido como sal de Mohr, de fórmula química $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, é um dos padrões primários mais utilizados em análises volumétricas envolvendo agentes oxidantes, como o permanganato de potássio. Sua elevada estabilidade em relação a outros sais de ferro(II) deve-se à presença do íon amônio e à cristalização na forma hexahidratada, fatores que reduzem a oxidação espontânea do Fe^{2+} para Fe^{3+} durante o armazenamento. Industrialmente e em laboratório, o sal de Mohr pode ser obtido pela cristalização de uma solução contendo sulfato ferroso e sulfato de amônio em meio levemente ácido.

Referência: HARRIS, D. C. *Análise Química Quantitativa*. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

Com base nas informações apresentadas e em seus conhecimentos sobre sais, número de oxidação e composição química, assinale a alternativa **correta**.

a) O sal de Mohr é obtido pela reação entre hidróxido de ferroso e ácido sulfúrico concentrado, sendo classificado como um sal ácido; nessa substância, o ferro apresenta número de oxidação +3.

b) A presença de seis moléculas de água indica que a substância é uma solução aquosa concentrada de sulfato ferroso, e não um composto cristalino; o ferro apresenta número de oxidação +2.

c) O sal de Mohr é classificado como um sal misto, pois contém dois ânions diferentes (SO_4^{2-} e OH^-), sendo o ferro encontrado exclusivamente no estado de oxidação +3.

d) A fórmula $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ representa um sal duplo hidratado, obtido pela cristalização conjunta de sulfato ferroso e sulfato de amônio; o ferro apresenta número de oxidação +2.

e) O cátion amônio presente na estrutura torna o composto uma base de Brønsted-Lowry, pois o íon NH_4^+ libera hidroxilas quando dissolvido em água.

Questão 7

Após um longo período de estiagem no Sertão do Ceará, é comum perceber um aroma característico logo nos primeiros minutos de chuva. Esse fenômeno, conhecido popularmente como **cheiro de terra molhada**, resulta da combinação de diferentes compostos químicos presentes na atmosfera e no solo. Entre eles destacam-se a **geosmina**, produzida principalmente por bactérias do gênero *Streptomyces*, os óleos vegetais acumulados durante os períodos secos e o **ozônio (O_3)**, formado na atmosfera por descargas elétricas e processos fotoquímicos. Estudos recentes mostram que o impacto das gotas de chuva sobre superfícies porosas promove a formação de aerossóis microscópicos que transportam essas substâncias para o ar, tornando-as perceptíveis ao olfato humano.

Referência: World Meteorological Organization (WMO). *State of the Global Climate 2025*. Geneva: WMO, 2026.

Com base no texto e em seus conhecimentos de Química, analise as afirmativas a seguir.

- I. O ozônio é um alótropo do oxigênio e apresenta geometria angular, sendo uma espécie polar.
- II. A geosmina é uma substância orgânica cuja percepção pelo olfato humano independe de sua volatilidade, pois basta estar dissolvida na água da chuva.
- III. As descargas elétricas atmosféricas favorecem a formação de óxidos de nitrogênio (NO e NO₂), que posteriormente podem originar ácido nítrico na atmosfera.
- IV. A formação dos aerossóis descritos no texto corresponde a um fenômeno físico, não envolvendo transformação química da geosmina ou do ozônio.

Assinale a alternativa **correta**.

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

Questão 8

A obtenção de metais estratégicos para a indústria depende da exploração de minerais cujos constituintes principais são óxidos metálicos. A **bauxita** é o principal minério utilizado na produção do alumínio e apresenta como componentes predominantes óxidos e hidróxidos hidratados de alumínio, enquanto a **cassiterita** é o principal minério do estanho, sendo constituída essencialmente por dióxido de estanho (SnO₂). Sob o ponto de vista químico, a classificação desses óxidos permite prever seu comportamento frente a ácidos e bases, sendo um aspecto fundamental na escolha das rotas metalúrgicas empregadas na extração desses metais.

Referência: SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. *Química Inorgânica*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

Com base nessas informações e em seus conhecimentos sobre a classificação dos óxidos, analise as afirmativas.

- I. O óxido predominante na bauxita, **Al₂O₃**, apresenta caráter anfótero, podendo reagir tanto com ácidos fortes quanto com bases fortes.
- II. O dióxido de estanho (**SnO₂**), principal constituinte da cassiterita, é classificado como um óxido anfótero.

III. Tanto o Al_2O_3 quanto o SnO_2 reagem com soluções concentradas de hidróxido de sódio, originando espécies complexas solúveis.

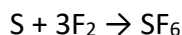
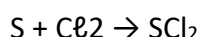
IV. Por serem óxidos metálicos, Al_2O_3 e SnO_2 são classificados como óxidos básicos e, portanto, não reagem com bases.

Assinale a alternativa **correta**.

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

Questão 9

A hipervalência é a capacidade de um elemento expandir seu octeto, formando uma quantidade superior de ligações. Para um elemento conseguir expandir o octeto, um dos critérios é o átomo central possuir orbitais *d* disponíveis e o ligante ser um elemento de elevada eletronegatividade. Por exemplo, dadas as reações entre enxofre com dicloro e diflúor, são obtidos os seguintes produtos:



Sobre os haletos de enxofre formados nas reações, é correto afirmar:

- a) A geometria molecular de SCl_2 é angular, enquanto a de SF_6 é octaédrica.
- b) O átomo de enxofre apresenta hibridação sp^2 tanto em SCl_2 quanto em SF_6 .
- c) O arranjo eletrônico ao redor do enxofre é tetraédrico em SCl_2 e octaédrico em SF_6 .
- d) Ambas as moléculas são apolares, pois o enxofre está ligado apenas a átomos de um mesmo elemento.
- e) A geometria molecular de SCl_2 é tetraédrica, enquanto a de SF_6 é bipiramidal trigonal.

Questão 10

As propriedades físicas das substâncias, como o ponto de ebulição, dependem da intensidade das forças intermoleculares. Essas interações são influenciadas pela massa molecular, pela polaridade e pela capacidade de formar ligações de hidrogênio.

As moléculas de F_2 e H_2S possuem ponto de ebulição de -188°C e -60°C , respectivamente. Os momentos de dipolo do F_2 e do H_2S são respectivamente 0,0 D e 0,95 D, respectivamente. São dadas 3 substâncias A, B e C de forma que os pontos de ebulição são:

Substância	Ponto de Ebulição (°C)	Momento de Dipolo (D)
A	– 253	0,0
B	– 34	0,0
C	19,5 °C	1,8

A partir desses dados, é possível sugerir que as substâncias A, B e C são respectivamente.

- a) He, HCl e HF
- b) H₂, HF e H₂O
- c) P₄, Cl₂ e NH₃
- d) CCl₄, O₂ e HCl
- e) H₂, Cl₂ e HF

Questão 11

A determinação da massa de átomos individuais por técnicas como a **espectrometria de massas de alta resolução** é uma das ferramentas mais importantes da Química moderna. Em laboratórios de geoquímica, astrofísica e ciência planetária, a identificação de elementos químicos presentes em amostras terrestres e extraterrestres baseia-se na relação entre a massa de um único átomo e a massa molar do elemento, utilizando a constante de Avogadro. A **IUPAC** destaca que a combinação entre medições isotópicas de alta precisão e os valores recomendados das massas atômicas constitui um dos pilares da caracterização química de novos materiais e amostras naturais.

Referência: IUPAC. *Periodic Table of Elements; Standard Atomic Weights of Three Technology Critical Elements Revised*. International Union of Pure and Applied Chemistry, 2026.

Em uma missão destinada à exploração de um exoplaneta, um espectrômetro de massas determinou que a massa absoluta de um único átomo de um elemento químico **Y** é igual a $9,27 \times 10^{-23}$ g.

Considere a constante de Avogadro igual a $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Desprezando a pequena diferença entre massa atômica e massa molar, conclui-se que o elemento **Y** é:

- a) Cu
- b) Br
- c) Zn
- d) Se
- e) Fe

Questão 12

Os sais iônicos apresentam propriedades físicas e químicas que dependem da natureza dos íons constituintes e da energia reticular do cristal. Em geral, sais altamente solúveis em água apresentam maior interação com o solvente, enquanto sais pouco solúveis possuem energia reticular elevada ou baixa energia de hidratação. Além disso, o comportamento térmico e a classificação estrutural dos sais (normal, ácido, básico, duplo ou hidratado) constituem importantes critérios para sua aplicação em processos industriais, laboratoriais e ambientais.

Analise as afirmativas a seguir.

- I. O nitrato de potássio (KNO_3) é um sal altamente solúvel em água, enquanto o sulfato de bário (BaSO_4) apresenta baixa solubilidade devido à elevada energia reticular de seu cristal.
- II. O cloreto de sódio (NaCl) possui elevado ponto de fusão porque sua estrutura cristalina é mantida por intensas interações eletrostáticas entre íons de cargas opostas.
- III. O bicarbonato de sódio (NaHCO_3) é classificado como um **hidrogenossal**, pois seu ânion ainda contém hidrogênio ionizável proveniente do ácido carbônico.
- IV. O sulfato de cobre(II) pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) é classificado como um sal duplo, pois contém moléculas de água incorporadas ao retículo cristalino.

Assinale a alternativa **correta**.

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

Questão 13

A análise das fórmulas estruturais permite identificar as funções inorgânicas e compreender propriedades como reatividade, solubilidade e comportamento químico das substâncias. Essa representação é amplamente utilizada no ensino, na pesquisa e na indústria para interpretar a composição e as características dos compostos.

Referência: HOUSECROFT, C. E.; SHARPE, A. G. Química Inorgânica. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

Considere as seguintes estruturas químicas:

- I. RbOH ; II. HOCl ; III. KHSO_3 ; IV. HI

As classificações adequadas das substâncias I, II, III e IV são, respectivamente,

- a) hidrácido, base forte, oxiácido e hidrogenossal.

- b) base forte, oxiácido, hidrogenossal e hidrácido.
- c) base forte, base moderada, oxiácido e sal-ácido.
- d) hidrácido, base forte, oxiácido e hidroxissal.
- e) base fraca, base fraca, hidrácido e hidrogenossal.

Questão 14

Em diversas regiões do semiárido brasileiro, especialmente no interior do Ceará, ainda é comum a utilização de queimadas para a limpeza de áreas agrícolas antes do plantio. Embora essa prática reduza temporariamente a cobertura vegetal, sua combustão libera para a atmosfera uma mistura complexa de gases, cuja composição depende da disponibilidade de oxigênio e da natureza da biomassa. Entre os produtos podem estar dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), metano (CH_4) e vapor d'água. Esses compostos apresentam comportamentos químicos distintos, influenciando fenômenos como o efeito estufa, a formação de ozônio troposférico, a chuva ácida e a qualidade do ar.

Referência: SEINFRA-CE. *Plano Estadual de Prevenção e Controle das Queimadas e Incêndios Florestais*. Governo do Estado do Ceará, 2025.

Com base no texto e em seus conhecimentos sobre combustão e classificação dos óxidos, analise as afirmativas.

- I. Em condições de combustão incompleta da biomassa, ocorre a formação de monóxido de carbono (CO), um óxido neutro altamente tóxico por apresentar elevada afinidade pela hemoglobina.
- II. O dióxido de carbono (CO_2) é classificado como óxido ácido e pode reagir com água formando ácido carbônico, contribuindo para a acidificação natural das águas pluviais.
- III. O óxido nítrico (NO), formado nas altas temperaturas das queimadas, é classificado como óxido neutro; entretanto, ao ser oxidado na atmosfera a NO_2 , pode participar da formação de ácido nítrico.
- IV. Os gases CO e NO são classificados como óxidos neutros, pois, em condições usuais, não reagem diretamente com água para formar ácidos ou bases.

Assinale a alternativa **correta**.

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

Óxido	Produto
A	Não houve reação
B	HNO ₂ como único produto

Questão 15

Os óxidos de nitrogênio são poluentes atmosféricos produzidos principalmente pela queima de combustíveis fósseis. Alguns desses óxidos reagem com a água da atmosfera formando ácidos, enquanto outros não apresentam esse comportamento. Dois óxidos de nitrogênio, **A** e **B**, foram submetidos à reação com água, obtendo-se os seguintes resultados:

Sabendo que a composição percentual em massa do óxido **A** é 63,6% de nitrogênio e 36,4% de oxigênio, pode-se afirmar que as fórmulas dos óxidos **A** e **B** são, respectivamente:

- a) NO e N₂O₅
- b) NO₂ e N₂O₃
- c) N₂O e N₂O₃
- d) N₂O₄ e NO₂
- e) N₂O₅ e N₂O

Questão 16

O Mar Morto é um lago hipersalino localizado na região do Vale do Jordão e apresenta uma das maiores salinidades naturais do planeta (≈34% m/v). Sua elevada concentração de sais resulta da intensa evaporação e da inexistência de escoamento superficial. Entretanto, apenas cerca de 30,4% da massa total de sais dissolvidos corresponde ao cloreto de sódio (NaCl), sendo o restante constituído principalmente por sais de magnésio, cálcio e potássio.

Por outro lado, o Mar Báltico é considerado um mar salobro. Sua salinidade média é de aproximadamente 0,80% m/v, sendo que 85% da massa dos sais dissolvidos corresponde ao NaCl, em razão da composição típica da água marinha.

Para simplificar os cálculos, admita que:

densidade das duas águas = 1,00 g·mL⁻¹;

salinidade do Mar Morto = 340 g de sais/L;

salinidade do Mar Báltico = 8,0 g de sais/L;

massa molar do NaCl = 58,44 g·mol⁻¹.

Com base nessas informações, determine:

a concentração molar aproximada de NaCl em cada um dos mares;

o percentual pelo qual a concentração molar de NaCl do Mar Morto supera a do Mar Báltico.

Assinale a alternativa correta.

a) Mar Morto = $1,77 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; Mar Báltico = $0,116 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; a concentração do Mar Morto é aproximadamente 1425% maior.

b) Mar Morto = $1,53 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; Mar Báltico = $0,137 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; a concentração do Mar Morto é aproximadamente 1018% maior.

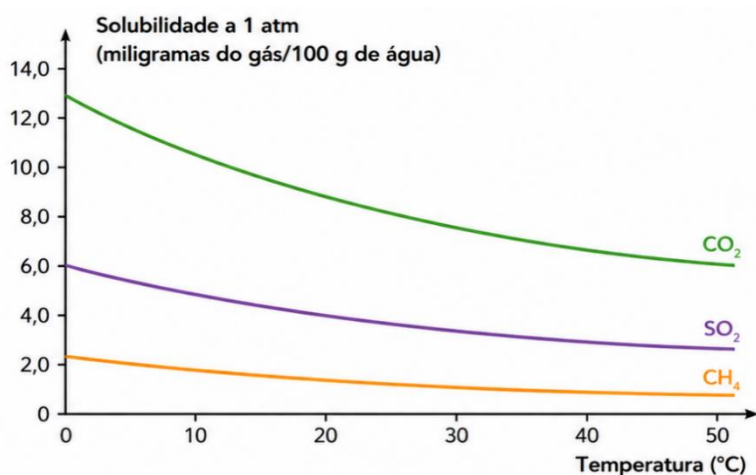
c) Mar Morto = $1,77 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; Mar Báltico = $0,137 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; a concentração do Mar Morto é aproximadamente 1192% maior.

d) Mar Morto = $5,82 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; Mar Báltico = $0,116 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; a concentração do Mar Morto é aproximadamente 4915% maior.

e) Mar Morto = $1,77 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; Mar Báltico = $0,116 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$; a concentração do Mar Morto corresponde a 1525% da concentração do Mar Báltico.

Questão 17

Analise o gráfico a seguir



Fonte: Gráfico elaborado com base em LIDE, D. R. *Handbook of Chemistry and Physics*. 87. ed. Boca Raton: CRC Press, 2007, p. 8-81.

A solubilidade de gases em água é um fator crucial em diversos processos naturais e industriais, como a respiração aquática, a corrosão de metais e o tratamento de efluentes. O gráfico abaixo mostra a solubilidade de CO₂, SO₂ e CH₄ em água pura, a 1 atm, em função da temperatura.

Considere que foram colocados frascos de vidro abertos à atmosfera de 1 atm, cada um contendo 200,0 g de água pura em equilíbrio com o respectivo gás da figura, nas temperaturas de 5 °C, 25 °C e 45 °C.

Com base nas informações do gráfico, assinale a alternativa correta.

a) A quantidade de CO₂ dissolvida na água a 5 °C é inferior à quantidade de SO₂ dissolvida na água a 45 °C.

b) A quantidade de CH₄ dissolvida na água a 25 °C é maior que 0,5 mg.

- c) Se a temperatura aumentar de 5 °C para 45 °C, a quantidade de CO₂ liberada da água será aproximadamente 16 mg.
- d) A 25 °C, a quantidade de SO₂ dissolvida em 200,0 g de água é, aproximadamente, o dobro da quantidade de CH₄ dissolvida nas mesmas condições.
- e) A ordem crescente de solubilidade dos gases em água a 5 °C é: CO₂ < SO₂ < CH₄.

Questão 18

Durante a análise da qualidade da água de um reservatório utilizado para irrigação, uma equipe técnica identificou diferentes fontes de contaminação contendo íons cálcio, Ca²⁺. Para estimar a concentração final desse íon, três amostras aquosas foram reunidas em um único recipiente.

Considere que, durante a mistura, não ocorreram reação química, precipitação, evaporação nem variação significativa do volume total.

Foram misturadas:

- **Solução A:** 250,0 mL de solução de Ca(NO₃)₂ com concentração igual a 0,1200 mol·L⁻¹;
- **Solução B:** 400,0 mL de solução contendo 5,850 g·L⁻¹ de CaCl₂;
- **Solução C:** 350,0 mL de solução contendo 710,0 mg·L⁻¹ de Ca²⁺.

Com base nesses dados, a concentração final aproximada de íons Ca²⁺ na mistura, em mg·L⁻¹, será:

- a) 1 202
- b) 1 690
- c) 2 292
- d) 2 925
- e) 3 135

Questão 19

A pressão de vapor de um solvente puro é reduzida quando um soluto não volátil é dissolvido, fenômeno conhecido como abaixamento da pressão de vapor. Essa propriedade coligativa depende apenas do número de partículas de soluto dissolvidas, de acordo com a Lei de Raoult.

Considere quatro soluções aquosas preparadas à mesma temperatura e pressão, cada uma em um frasco aberto ao ar, contendo a mesma massa de água líquida pura (1,000 kg), com os solutos indicados abaixo.

I	II	III	IV
			
0,15 mol de nitrato de bário $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	0,20 mol de nitrato de sódio NaNO_3	0,25 mol de nitrato de ferro(III) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	0,30 mol de nitrato de cobre(II) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

Com base na Lei de Raoult e no grau de dissociação dos sais em água, qual é a ordem decrescente da pressão de vapor dessas soluções?

- a) I > II > III > IV
- b) III > II > IV > I
- c) IV > I > II > III
- d) II > I > IV > III
- e) III > IV > II > I

Questão 20

A conservação de alimentos, a dessalinização da água, a administração de soluções intravenosas e o funcionamento de células vivas envolvem fenômenos explicados pelas **propriedades coligativas**. Essas propriedades dependem da quantidade de partículas dispersas na solução e são fundamentais para compreender processos naturais, industriais e biológicos. Além disso, conceitos como potencial químico, pressão osmótica e equilíbrio líquido-vapor permitem interpretar o comportamento espontâneo dos sistemas em direção ao equilíbrio termodinâmico.

Com base nos conceitos relacionados às propriedades coligativas e ao equilíbrio das soluções, analise as afirmativas a seguir.

- I.** A elevação do ponto de ebulição de um solvente depende exclusivamente da natureza química do soluto dissolvido, independentemente do número de partículas presentes na solução.
- II.** A pressão osmótica corresponde à pressão mínima que deve ser aplicada sobre uma solução para impedir a passagem espontânea do solvente através de uma membrana semipermeável.
- III.** O abaixamento da pressão de vapor de um solvente pode ser explicado pela diminuição do potencial químico do solvente provocada pela presença de um soluto não volátil.
- IV.** Duas soluções preparadas com a mesma molalidade de solutos não voláteis, que não sofrem dissociação nem associação em solução, apresentam o mesmo abaixamento do ponto de congelamento do solvente.

V. Em um sistema mantido a temperatura e pressão constantes, a matéria tende a migrar espontaneamente de uma região de menor potencial químico para outra de maior potencial químico, até atingir o equilíbrio.

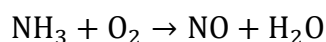
Quais afirmativas estão corretas?

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

Questão 21

A produção de ácido nítrico (HNO_3) é uma das etapas fundamentais da indústria de fertilizantes nitrogenados e explosivos. Industrialmente, esse composto é obtido pelo Processo de Ostwald, no qual a amônia é inicialmente oxidada, formando monóxido de nitrogênio (NO). Essa reação apresenta elevada importância econômica e constitui um exemplo clássico de reação de oxidação catalítica.

A equação química simplificada, não balanceada, dessa etapa é representada por:

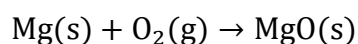


Após realizar o balanceamento da equação química, utilizando os menores coeficientes inteiros possíveis, o somatório dos coeficientes estequiométricos é igual a

- a) 16
- b) 17
- c) 18
- d) 19**
- e) 20

Questão 22

O óxido de magnésio (MgO) é um material amplamente utilizado na fabricação de refratários, isolantes térmicos e componentes cerâmicos de alta resistência. Industrialmente, esse composto pode ser obtido pela combustão do magnésio metálico em atmosfera rica em oxigênio, conforme a reação:



Em um experimento realizado em um sistema fechado, 24,0 g de magnésio metálico reagiram completamente com 16,0 g de gás oxigênio, formando apenas óxido de magnésio. Considere que o processo ocorreu com 100% de rendimento, sem perdas de material.

Com base nas leis ponderais, determine a massa de óxido de magnésio produzida e identifique a lei que justifica esse resultado.

a) 24,0 g; Lei das Proporções Múltiplas.

b) 32,0 g; Lei de Proust.

c) 16,0 g; Lei de Dalton.

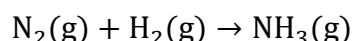
d) 48,0 g; Lei de Lavoisier.

e) 40,0 g; Lei de Lavoisier.

Questão 23

A amônia é uma matéria-prima essencial para a produção de fertilizantes nitrogenados.

Industrialmente, ela é obtida pelo processo Haber-Bosch, no qual os gases nitrogênio e hidrogênio reagem sob pressão elevada e na presença de catalisador, conforme a equação química não balanceada:



Em determinada unidade industrial, foram utilizados 840 g de gás nitrogênio, com gás hidrogênio em excesso. Sabendo que a reação apresentou rendimento de 80% e que, nas condições de coleta, o volume molar dos gases é igual a $24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$, o volume de amônia produzido foi de

Dados: $M(\text{N}_2) = 28 \text{ g mol}^{-1}$.

a) 576 L

b) 1 152 L

c) 1 440 L

d) 720 L

d) 960 L

Questão 24

O óxido de cálcio (CaO), conhecido como cal virgem, é um dos principais insumos utilizados na fabricação de cimento, na siderurgia e na correção da acidez dos solos. Industrialmente, sua produção ocorre pela decomposição térmica do calcário em fornos rotativos, processo denominado calcinação, representado pela equação química:



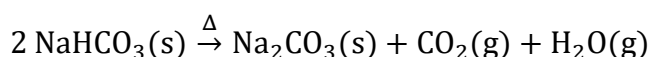
Uma empresa utiliza 1,00 tonelada de calcário contendo 70,0% de carbonato de cálcio (CaCO_3) em massa. Considerando que o processo de calcinação apresenta rendimento de 75,0%, determine a massa aproximada de óxido de cálcio produzida.

A massa de CaO obtida será de, aproximadamente,

- a) 294 kg
- b) 350 kg
- c) 392 kg
- d) 420 kg
- e) 560 kg

Questão 25

O dióxido de carbono (CO_2) é amplamente utilizado na indústria de alimentos e bebidas para a carbonatação de refrigerantes e águas gaseificadas. Em laboratório, esse gás pode ser obtido pela decomposição térmica do bicarbonato de sódio, conforme a equação química:



Em um experimento, o dióxido de carbono foi coletado sobre água, obtendo-se um volume de 7,90 L, à temperatura de 27 °C e sob pressão total de 98,5 kPa.

Dados:

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 3,5 \text{ kPa}$$

$$R = 8,31 \text{ L} \cdot \text{kPa} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

A massa aproximada de bicarbonato de sódio que sofreu decomposição é

- a) 25,2 g
- b) 33,6 g
- c) 50,4 g
- d) 60,4 g
- e) 67,2 g

Questão 26

O controle do pH é essencial em processos industriais, farmacêuticos e ambientais. Em análises químicas, a titulação ácido-base é uma técnica amplamente utilizada para determinar concentrações e avaliar o comportamento de diferentes ácidos frente à neutralização. As curvas de titulação variam

de acordo com a força do ácido ou da base envolvida, influenciando o pH inicial da solução, a formação de soluções tampão e o valor do pH no ponto de equivalência.

Considere duas soluções aquosas de mesma concentração e mesmo volume inicial:

Solução A: ácido fórmico (HCOOH), ácido fraco;

Solução B: ácido nítrico (HNO_3), ácido forte.

Ambas foram tituladas com uma solução de hidróxido de potássio (KOH) de mesma concentração.

Analise as afirmativas a seguir.

- I. O pH inicial da solução de ácido fórmico é maior que o da solução de ácido nítrico, pois o ácido fórmico apresenta ionização parcial em água.
- II. Durante a titulação do ácido fórmico ocorre a formação de uma solução tampão antes do ponto de equivalência, devido à coexistência do ácido fraco e de sua base conjugada.
- III. No ponto de equivalência, o pH da solução resultante da titulação do ácido fórmico é superior a 7, enquanto o da titulação do ácido nítrico é aproximadamente igual a 7.
- IV. O salto de pH observado na curva de titulação do ácido nítrico é menor que o observado na curva do ácido fórmico, pois ácidos fortes sofrem neutralização mais gradual.

Quais afirmativas estão corretas?

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

Questão 27

O hidrogênio (H_2) tem sido apontado como um dos combustíveis mais promissores para a transição energética, pois sua combustão produz apenas água. Entretanto, o etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) continua sendo uma importante alternativa renovável, especialmente em países com grande produção de biomassa. Além da energia liberada na combustão, a eficiência ambiental de um combustível pode ser avaliada pela quantidade de energia produzida por massa de dióxido de carbono emitida.

Considere as reações de combustão completa do hidrogênio e do etanol e os seguintes valores de entalpia-padrão de formação:

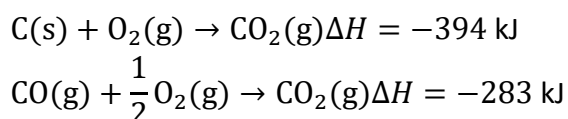
Substância	ΔH°_f (kJ·mol ⁻¹)
H ₂ (g)	0
C ₂ H ₅ OH(l)	-278
CO ₂ (g)	-394
H ₂ O(l)	-286
O ₂ (g)	0

Com base nesses dados, é correto afirmar que o combustível mais vantajoso na combustão completa, considerando a razão entre **energia liberada por grama de combustível**, é

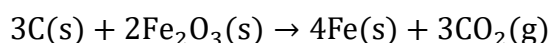
- a) o etanol, pois libera aproximadamente 29,7 kJ·g⁻¹, enquanto o hidrogênio libera cerca de 143 kJ·g⁻¹, sendo, portanto, energeticamente mais eficiente.
- b) o hidrogênio, pois libera aproximadamente 143 kJ·g⁻¹, enquanto o etanol libera cerca de 29,7 kJ·g⁻¹, apresentando maior energia específica por unidade de massa.
- c) o etanol, pois apresenta maior entalpia molar de combustão, o que implica maior energia liberada por unidade de massa do combustível.
- d) o hidrogênio, pois libera aproximadamente 29,7 kJ·g⁻¹, enquanto o etanol libera cerca de 143 kJ·g⁻¹.
- e) ambos apresentam praticamente a mesma energia específica, pois a energia liberada depende apenas da massa molar dos combustíveis.

Questão 28

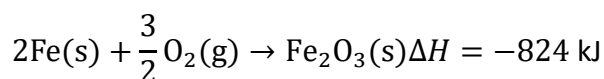
A **Lei de Hess** estabelece que a variação de entalpia de uma reação depende apenas dos estados inicial e final do sistema, independentemente do número de etapas envolvidas. Esse princípio permite determinar indiretamente a entalpia de reações cuja medição experimental é difícil ou inviável. Considere as seguintes equações termoquímicas:



A partir dessas informações, utilizando exclusivamente a Lei de Hess, determine a variação de entalpia da reação:



Considere, adicionalmente, que



O valor de ΔH da reação é

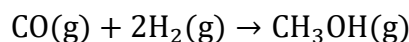
Portanto, para manter a consistência, as alternativas devem ser:

- a) -466 kJ
- b) +824 kJ
- c) -824 kJ
- d) +466 kJ
- e) +1182 kJ

Questão 29

A produção de metanol (CH_3OH) é relevante para a indústria química e para o desenvolvimento de combustíveis alternativos. Uma das rotas de síntese envolve a hidrogenação do monóxido de carbono em fase gasosa. A estimativa da variação de entalpia desse processo pode ser realizada a partir das energias médias de dissociação das ligações, considerando-se todas as ligações rompidas nos reagentes e formadas no produto.

Considere a reação:



Para fins deste problema, represente o monóxido de carbono por uma ligação tripla $\text{C} \equiv \text{O}$ e utilize os seguintes valores médios:

Ligação	Energia de ligação (kJ.mol^{-1})
$\text{C} \equiv \text{O}$	1072
$\text{H}-\text{H}$	436
$\text{C}-\text{H}$	413
$\text{C}-\text{O}$	358
$\text{O}-\text{H}$	463

Um catalisador alternativo conduz a reação por um mecanismo diferente, mas não altera os estados inicial e final do sistema. Considerando a reação como escrita e as energias fornecidas, assinale a alternativa que apresenta corretamente a variação de entalpia, em kJ.mol^{-1} , aproximada e a energia

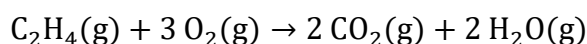
líquida que deveria ser fornecida ao sistema para produzir 64,0 g de metanol, caso o processo global fosse endotérmico com o mesmo módulo de ΔH .

- a) -232 kJ mol^{-1} e 464 kJ
- b) $+116 \text{ kJ mol}^{-1}$ e 116 kJ
- c) -116 kJ mol^{-1} e 232 kJ
- d) $+116 \text{ kJ mol}^{-1}$ e 232 kJ
- e) -116 kJ mol^{-1} e 116 kJ

Questão 30

O eteno (C_2H_4) é uma importante matéria-prima da indústria petroquímica e pode sofrer combustão completa, liberando energia. A estimativa da entalpia desse processo por meio de energias médias de ligação exige a análise das estruturas moleculares dos reagentes e produtos, considerando que a ruptura de ligações absorve energia e a formação de novas ligações libera energia.

Considere a combustão completa do eteno em fase gasosa:



Dados de energias médias de dissociação de ligação:

Ligação	Energia ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)
C=C	614
C-H	413
O=O	498
C=O, no CO_2	799
O-H	463

Com base exclusivamente nesses dados, considere as seguintes afirmações:

- I. A ruptura de todas as ligações presentes em 1 mol de C_2H_4 e em 3 mol de O_2 requer aproximadamente 3760 kJ.
- II. A formação das ligações presentes nos produtos libera, em módulo, aproximadamente 5048 kJ.
- III. A combustão de 1 mol de eteno apresenta variação de entalpia aproximada de $-1288 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- IV. Se a quantidade de eteno queimar completamente em excesso de oxigênio e liberar aproximadamente 3220 kJ, terão sido consumidos 70 g de C_2H_4 .

Quais afirmações estão corretas?

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

GABARITO

1-A	2-E	3-B	4-C	5-D	6-D	7-C	8-A	9-A	10-E
11-E	12-A	13-B	14-E	15-C	16-A	17-B	18-C	19-D	20-D
21-D	22-E	23-B	24-A	25-C	26-B	27-B	28-D	29-C	30-E