



OLIMPÍADA CEARENSE DE QUÍMICA 2026 - MODALIDADE M3

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

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

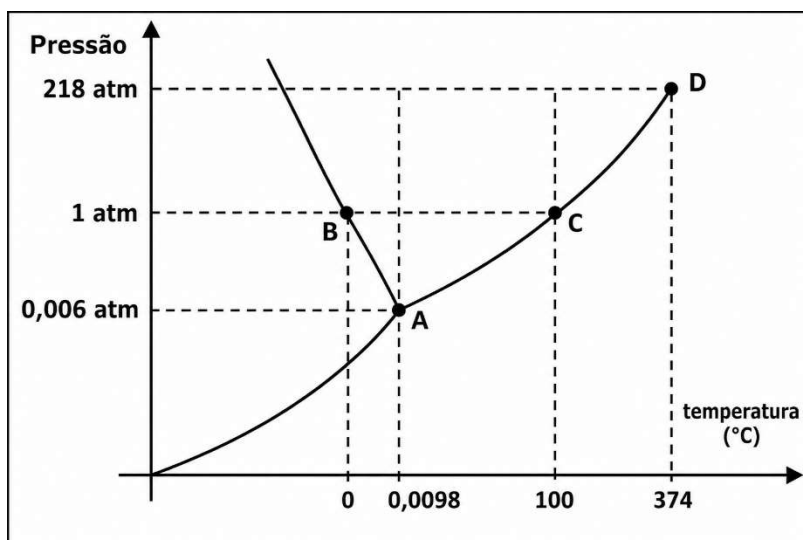


Figura ilustrativa – fora de escala

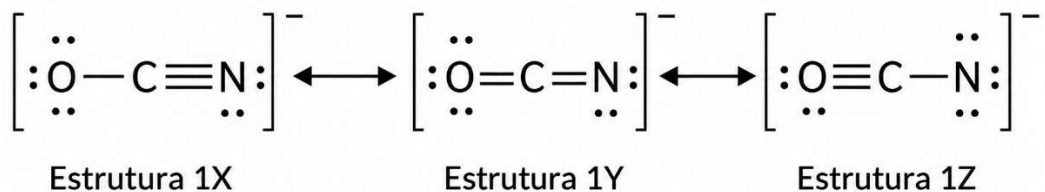
O ponto A corresponde ao ponto triplo, C representa o estado de ebulição normal, e D corresponde ao ponto crítico. A curva que parte de A em direção a D representa o equilíbrio entre as fases líquida e gasosa, enquanto a reta inclinada representa o equilíbrio entre as fases sólida e líquida.

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 03

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 04

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

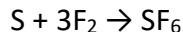
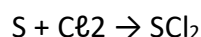
c) Zn

d) Se

e) Fe

Questão 05

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 06

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 07

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 08

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

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

biomassa. Entre os produtos podem estar dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de

nitrogênio (NO_x), metano (CH₄) 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 (CO₂) 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 NO₂, 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.

Questão 09

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

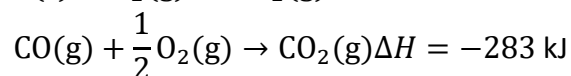
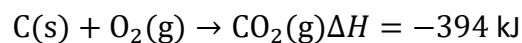
d) N₂O₄ e NO₂

e) N₂O₅ e N₂O

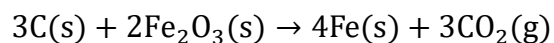
Questão 10

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.

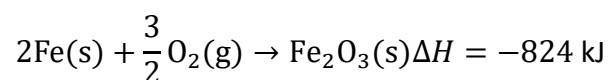
Considere as seguintes equações termoquímicas:



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

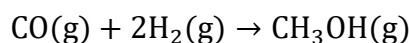
d) +466 kJ

e) +1182 kJ

Questão 11

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:

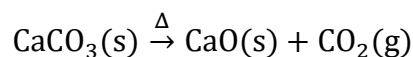
Ligação	Energia de ligação (kJ.mol^{-1})
$\text{C} \equiv \text{O}$	1072
$\text{H}-\text{H}$	436
$\text{C}-\text{H}$	413
$\text{C}-\text{O}$	358
$\text{O}-\text{H}$	463

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 12

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:



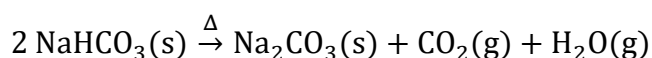
Uma empresa utiliza 1,00 tonelada de calcário contendo 70,0% de carbonato de cálcio (CaCO_3) em massa. Considerando que o processo de calcinação apresenta rendimento de 75,0%, determine a massa aproximada de óxido de cálcio produzida.

A massa de CaO obtida será de, aproximadamente,

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

Questão 13

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 14

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.

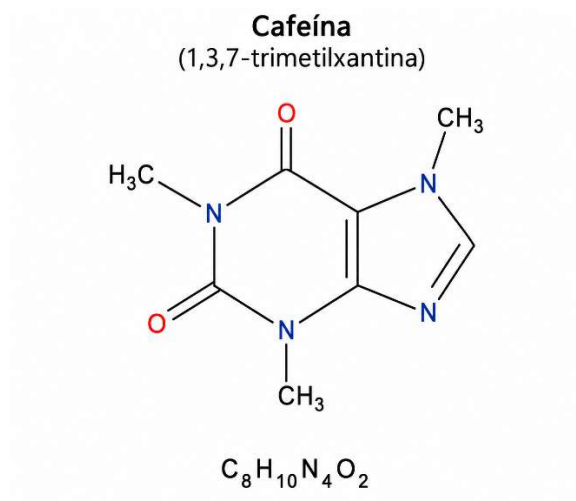
- I. O pH inicial da solução de ácido fórmico é maior que o da solução de ácido nítrico, pois o ácido fórmico apresenta ionização parcial em água.
- II. Durante a titulação do ácido fórmico ocorre a formação de uma solução tampão antes do ponto de equivalência, devido à coexistência do ácido fraco e 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 15

A **cafeína** é um composto orgânico natural pertencente ao grupo das metilxantinas. Presente em bebidas como café, chá e alguns refrigerantes, essa substância atua no sistema nervoso central e apresenta uma estrutura molecular heterocíclica rica em átomos de carbono, nitrogênio e oxigênio. Considere a estrutura molecular da cafeína apresentada a seguir:



Com base na estrutura molecular da cafeína, analise as afirmações a seguir, assinalando-as com V, se verdadeiras, e F, se falsas:

- () A molécula apresenta quatro ligações π (pi), do tipo $\text{sp}^2\text{-sp}^2$.
- () Os átomos de oxigênio dos grupos carbonila apresentam hibridização sp^2 .
- () Todos os átomos de carbono pertencentes ao sistema heterocíclico apresentam hibridização sp^2 .
- () Os três átomos de carbono dos grupos metila apresentam geometria tetraédrica.
- () A molécula apresenta átomos de nitrogênio integrando sua cadeia cíclica, sendo classificada como heterocíclica.
- () Todos os átomos de carbono da molécula apresentam hibridização sp^3 .

A sequência correta, de cima para baixo, é:

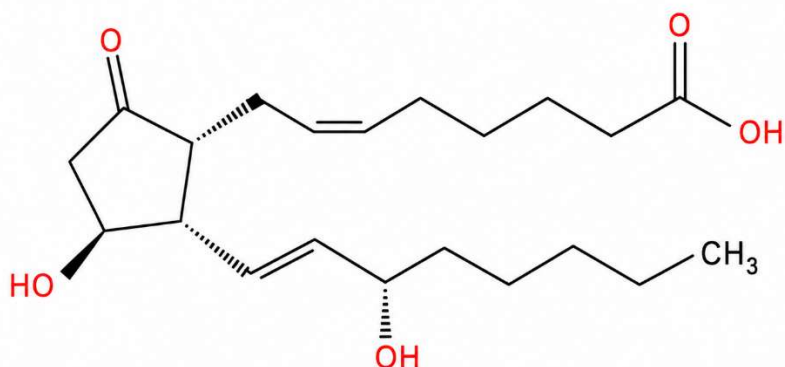
- a) V – V – F – V – F – F
- b) F – V – V – F – V – F
- c) V – F – V – V – V – F
- d) F – F – V – V – F – V
- e) F – V – V – V – V – F

Questão 16

As **prostaglandinas** constituem uma família de mediadores lipídicos produzidos no organismo a partir de ácidos graxos poli-insaturados. Essas substâncias participam de diversos processos fisiológicos, como a regulação da resposta inflamatória, da contração da musculatura lisa e da agregação plaquetária. Estruturalmente, as prostaglandinas apresentam um **anel de cinco átomos de carbono**, associado a cadeias laterais que podem conter insaturações e diferentes grupos funcionais.

Considere a estrutura da **prostaglandina E₂ (PGE₂)** apresentada a seguir:

Prostaglandina E₂ (PGE₂)



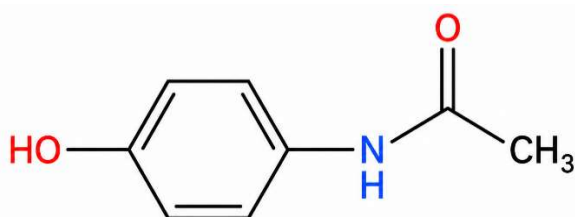
Com base na análise da estrutura molecular da prostaglandina E₂, a parte alicíclica de sua cadeia carbônica pode ser corretamente classificada como

- a) ramificada, insaturada e homogênea.
- b) normal, saturada e heterogênea.
- c) normal, insaturada e homogênea.
- d) ramificada, insaturada e homogênea.**
- e) normal, saturada e homogênea.

Questão 17

O paracetamol é um composto orgânico amplamente empregado como princípio ativo de medicamentos com ação analgésica e antitérmica. Sua estrutura molecular apresenta um anel benzênico contendo dois substituintes em posições opostas: um grupo hidroxila ligado diretamente ao anel aromático e um grupo derivado da acetamida.

Considere a representação estrutural simplificada do paracetamol:



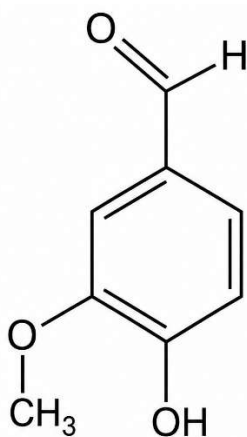
De acordo com as regras de nomenclatura da IUPAC, o nome sistemático do paracetamol é:

- a) 4-(etilamino)fenol.
- b) N-(4-hidroxifenil)metanamida.
- c) 1-hidroxi-4-acetilaminobenzeno.
- d) 4-hidroxi-N-metilbenzamida.

e) N-(4-hidroxifenil)etanamida.

Questão 18

A vanilina é o principal composto responsável pelo aroma característico da baunilha. Embora possa ser extraída das vagens de espécies do gênero *Vanilla*, grande parte da vanilina utilizada pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética é produzida por processos sintéticos. Sua estrutura química é representada a seguir:



Vanilina

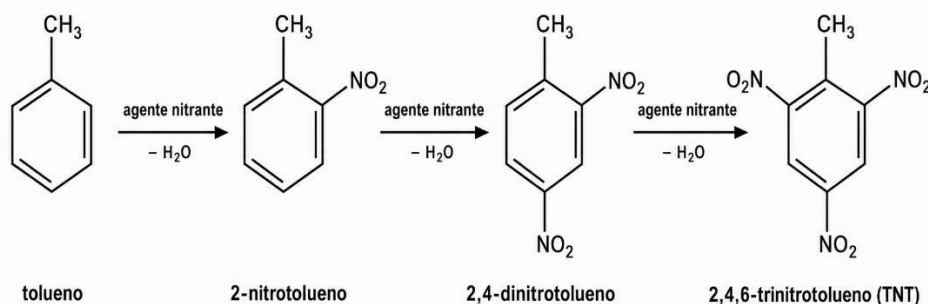
Considerando a natureza desses grupos e a forma como se encontram conectados à cadeia carbônica, as funções orgânicas presentes na vanilina são:

- a) álcool, éster e cetona.
- b) **fenol, éter e aldeído.**
- c) fenol, éster e aldeído.
- d) álcool, éter e ácido carboxílico.
- e) enol, cetona e éter.

Questão 19

Na perspectiva da Química Verde, essa rota apresenta limitações importantes: emprego de reagentes corrosivos, elevada geração de resíduos ácidos, risco de reações exotérmicas descontroladas e formação de subprodutos tóxicos. Assim, eventuais melhorias industriais devem priorizar recuperação dos agentes de processo, controle térmico, redução de efluentes e tratamento adequado dos resíduos — sempre em instalações legalmente autorizadas e especializadas.

Sequência conceitual de nitração do tolueno



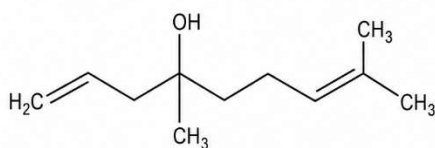
Considerando a função orgânica nitrogenada e a geometria dos átomos de carbono presentes na molécula, o TNT é classificado como um nitrocomposto e apresenta, respectivamente, as seguintes quantidades de carbonos com hibridização sp^2 e sp^3 :

- a) nitrocomposto; 3 carbonos sp^2 e 4 carbonos sp^3 .
- b) amina aromática; 6 carbonos sp^2 e 1 carbono sp^3 .
- c) nitrocomposto; 6 carbonos sp^2 e 1 carbono sp^3 .
- d) amida nitrogenada; 7 carbonos sp^2 e nenhum carbono sp^3 .
- e) nitrila aromática; 5 carbonos sp^2 e 2 carbonos sp^3 .

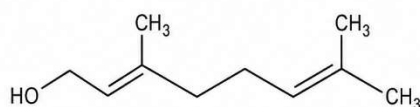
Questão 20

Pesquisas sobre a utilização de óleos essenciais na conservação de alimentos têm investigado substâncias extraídas de plantas aromáticas. Compostos como citral, linalol, geraniol e mentona apresentam propriedades antimicrobianas e podem contribuir para o desenvolvimento de embalagens ativas e conservantes de origem vegetal. Algumas estruturas encontradas nesses óleos essenciais são apresentadas a seguir.

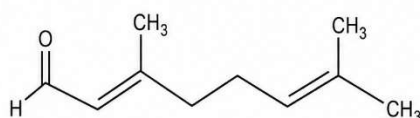
I. Linalol



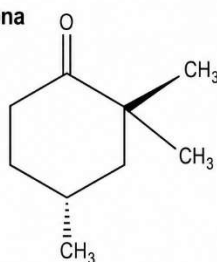
II. Geraniol



III. Citral



IV. Mentona



Com base nas estruturas desses monoterpenos, analise as afirmativas.

- I. O citral e a mentona pertencem, respectivamente, às funções aldeído e cetona.
- II. Linalol e geraniol apresentam a mesma fórmula molecular e são isômeros constitucionais de posição.
- III. No linalol, a hidroxila está ligada diretamente a um carbono sp^2 , caracterizando a função enol.
- IV. Na molécula do citral existem três ligações π : duas ligações $C = C$ e uma ligação $C = O$.
- V. Na mentona, o carbono da carbonila apresenta hibridização sp^2 , enquanto os demais átomos de carbono apresentam hibridização sp^3 .
- VI. O geraniol apresenta dois carbonos assimétricos, pois possui duas ligações duplas em sua cadeia.

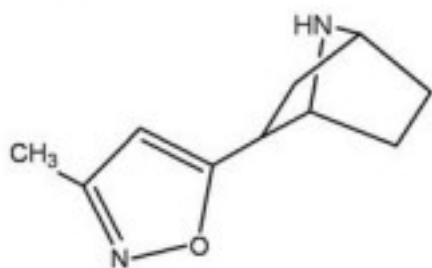
Quais afirmativas são verdadeiras?

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

Questão 21

A epiboxidina é um composto heterocíclico sintético desenvolvido a partir de características estruturais da epibatidina, um alcaloide com potente ação sobre os receptores nicotínicos da acetilcolina. Esses receptores participam da transmissão de impulsos nervosos e estão relacionados a processos como percepção da dor, memória e contração muscular.

Considere a representação estrutural simplificada da epiboxidina:



Com base nessa representação e nos princípios da Química Orgânica, assinale a alternativa correta.

- a) A epiboxidina possui fórmula molecular $C_{10}H_{16}N_2O$, cadeia exclusivamente aberta e todos os seus carbonos apresentam hibridização sp^3 .
- b) Sua cadeia carbônica é fechada, homogênea e saturada, pois os átomos de nitrogênio e oxigênio não fazem parte dos sistemas cíclicos.

c) A molécula apresenta fórmula molecular $C_{10}H_{14}N_2O$, cadeia mista, heterogênea, policíclica e insaturada, contendo carbonos com hibridizações sp^2 e sp^3 .

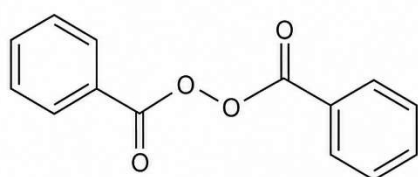
d) A presença de duas ligações duplas indica dois carbonos com hibridização sp e caracteriza a molécula como um hidrocarboneto aromático.

e) A epiboxidina apresenta cadeia homogênea e apenas carbonos sp^2 , uma vez que todos os seus anéis possuem caráter aromático.

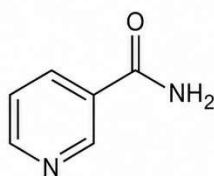
Questão 22

Produtos de uso tópico conhecidos popularmente como “picles antiacne” podem conter substâncias como ácido salicílico, niacinamida, peróxido de benzoíla e enxofre. Esses componentes atuam por mecanismos distintos: o ácido salicílico favorece a renovação das camadas superficiais da pele; a niacinamida auxilia na manutenção da barreira cutânea; e o peróxido de benzoíla apresenta ação antimicrobiana e oxidante.

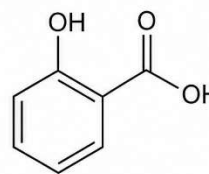
Considere as estruturas químicas do ácido salicílico, da niacinamida e do peróxido de benzoíla apresentadas a seguir.



(peróxido de benzoíla)



(niacinamida)



(ácido salicílico)

Com base nas estruturas e nos conhecimentos de Química Orgânica, analise as afirmativas.

I. O ácido salicílico apresenta as funções orgânicas **fenol** e **ácido carboxílico**.

II. A fórmula molecular do peróxido de benzoíla é $C_{14}H_{10}O_4$.

III. Na niacinamida, os dois átomos de nitrogênio apresentam hibridização sp^3 e pertencem às funções amina e amida

IV. No peróxido de benzoíla, os carbonos das carbonilas apresentam hibridização sp^2 , e os dois átomos de oxigênio centrais estão unidos por uma ligação covalente simples.

V. A fórmula molecular da niacinamida é $C_6H_6N_2O$, e sua estrutura apresenta um anel aromático heterocíclico.

Quais afirmativas estão corretas?

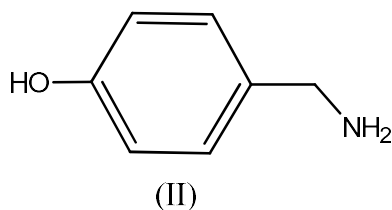
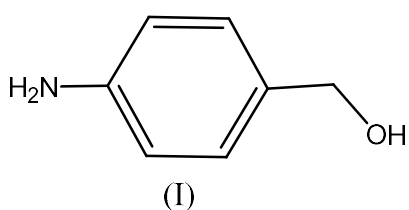
- a) Apenas I, II, III e IV.

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

Questão 23

Na Química Orgânica, pequenas alterações na posição de um heteroátomo podem modificar as funções orgânicas e, conseqüentemente, as propriedades físicas, químicas e biológicas de uma substância.

Considere os compostos:



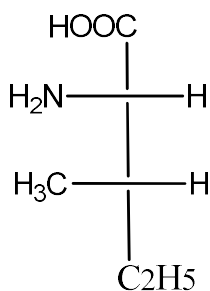
O tipo de isomeria existente entre os compostos I e II é:

- a) Isomeria de posição, pois apenas a localização dos grupos substituintes no anel aromático foi modificada.
- b) Isomeria geométrica, pois os compostos apresentam diferentes disposições espaciais em torno das ligações duplas do anel.
- c) Isomeria de cadeia, pois um composto apresenta cadeia aberta e o outro, cadeia fechada.
- d) Isomeria óptica, pois os compostos apresentam carbonos assimétricos com configurações opostas.
- e) Isomeria de função, pois a alteração da conectividade de alguns átomos produz diferentes funções orgânicas.

Questão 24

A isoleucina é um aminoácido essencial, isto é, não é sintetizada em quantidade suficiente pelo organismo humano e deve ser obtida pela alimentação. Participa da síntese de proteínas, do metabolismo energético e da recuperação muscular. Sua fórmula molecular é $C_6H_{13}NO_2$, e sua estrutura pode ser representada por:

L-isoleucina (2S,3S)



Estrutura em projeção Fischer

Diferentemente da maioria dos aminoácidos, a isoleucina possui dois centros estereogênicos: o carbono α , ligado ao grupo amino, e o carbono β , ligado ao grupo metila. Consequentemente, a molécula apresenta diferentes estereoisômeros. A forma encontrada nas proteínas dos organismos vivos é a L-isoleucina, cuja configuração absoluta é (2S,3S). Outra forma conhecida é a L-allo-isoleucina, de configuração (2S,3R), encontrada em concentrações muito pequenas em condições fisiológicas.

Com base na estrutura e nas informações apresentadas, analise as afirmativas.

- I. A isoleucina possui dois centros estereogênicos e pode apresentar, no máximo, quatro estereoisômeros.
- II. O enantiômero da L-isoleucina, de configuração (2S,3S), apresenta configuração (2R,3R).
- III. A L-allo-isoleucina, de configuração (2S,3R), é diastereoisômera da L-isoleucina.
- IV. Entre os estereoisômeros da isoleucina existe uma forma meso, opticamente inativa por compensação interna.

Quais afirmativas estão corretas?

a) Apenas I, II e III.

b) Apenas I e IV.

c) Apenas II e III.

d) Apenas I, III e IV.

e) I, II, III e IV.

Questão 25

Microplásticos presentes em águas superficiais possuem diferentes tamanhos, formas e massas específicas, características que influenciam sua remoção durante o tratamento da água. Partículas de polietileno, menos densas que a água, tendem a flutuar, enquanto partículas de PVC, mais densas, apresentam maior tendência à sedimentação. A coagulação e a floculação favorecem a agregação dessas partículas, mas fragmentos muito pequenos podem exigir processos complementares.

Fonte: WIŚNIEWSKA, E. et al. *Microplastics removal from natural surface water by coagulation process*. Desalination and Water Treatment, 2024.

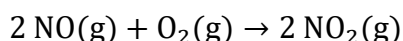
Uma estação de tratamento recebe água contendo microplásticos de polietileno, com massa específica aproximada de $0,92 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, e de PVC, com massa específica próxima de $1,35 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Parte das partículas possui dimensões inferiores a $20 \mu\text{m}$.

Considerando as propriedades dessas partículas e os mecanismos de tratamento, qual sequência apresenta maior potencial para removê-las?

- a) Cloração em altas concentrações, seguida de fluoretação e correção do pH.
- b) Acidificação da água, seguida de aquecimento para dissolução completa dos polímeros.
- c) Adição de carvão ativado, seguida de ozonização para mineralização imediata dos microplásticos.
- d) Coagulação e floculação, seguidas de flotação por ar dissolvido e ultrafiltração.**
- e) Aeração convencional, seguida de decantação, independentemente do tamanho e da massa específica das partículas.

Questão 26

Considere os dados experimentais apresentados na tabela para a reação:



Experimento	[NO] ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	[O ₂] ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	Velocidade inicial ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)
1	0,10	0,10	$2,0 \times 10^{-3}$
2	0,20	0,10	$8,0 \times 10^{-3}$
3	0,10	0,20	$4,0 \times 10^{-3}$
4	0,20	0,30	$2,4 \times 10^{-2}$

Analise as afirmativas.

- I. Mantendo-se constante a concentração de O_2 , a duplicação da concentração de NO provoca a duplicação da velocidade da reação.
- II. A reação é de primeira ordem em relação ao O_2 , pois a duplicação de sua concentração, mantendo-se constante a concentração de NO, duplica a velocidade inicial.
- III. Um catalisador adequado aumenta a constante de velocidade, mas não altera a variação de entalpia nem a constante de equilíbrio da reação.

IV. A lei experimental de velocidade e o valor da constante de velocidade são, respectivamente,

$$v = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2] \text{ e } k = 2,0 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}.$$

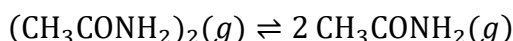
Quais afirmativas estão corretas?

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

Questão 27

As amidas apresentam um grupo carbonila capaz de aceitar ligações de hidrogênio e ligações N–H capazes de atuar como doadoras. Em fase gasosa ou em solventes pouco polares, moléculas de acetamida podem associar-se, formando dímeros estabilizados por duas ligações de hidrogênio do tipo N–H...O=C.

Considere o equilíbrio:



Para a dissociação do dímero, foram determinados os seguintes valores:

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{diss}}^\circ &= +12,0 \text{ kcal mol}^{-1} \\ \Delta S_{\text{diss}}^\circ &= +36,0 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

Considere $T = 300 \text{ K}$ e $R = 1,987 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Analise as afirmativas, classificando-as como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- () Nas condições apresentadas, a dissociação do dímero não é espontânea no estado-padrão.
- () A formação do dímero é favorecida entalpicamente, mas desfavorecida entropicamente.
- () A constante de equilíbrio da dissociação, a 300 K, é aproximadamente $1,3 \times 10^{-1}$.
- () Considerando duas ligações de hidrogênio no dímero, a contribuição média da energia livre de formação é aproximadamente $-0,6 \text{ kcal mol}^{-1}$ por ligação.
- () O aumento da temperatura favorece a dissociação, e o processo se torna espontâneo no estado-padrão acima de aproximadamente 333 K.

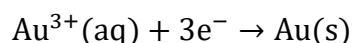
A sequência correta, de cima para baixo, é:

- a) F – V – V – V – V
- b) V – F – V – F – V
- c) F – V – F – V – F

- d) V – V – F – V – F
e) F – F – V – V – V

Questão 28

A eletrodeposição é empregada na fabricação de joias para revestir objetos metálicos com uma fina camada de ouro. Nesse processo, o anel é conectado ao polo negativo de uma fonte elétrica, funcionando como cátodo. Os íons de ouro presentes na solução são reduzidos e depositados sobre sua superfície, de acordo com a semirreação:



Um anel será revestido com 0,985 g de ouro por meio de uma corrente elétrica constante de 2,00 A. Considerando que a eficiência do processo é de 80%, determine o tempo necessário para realizar a deposição.

Dados: $M(\text{Au}) = 197 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $1 \text{ A} = 1 \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}$

O tempo necessário para a eletrodeposição é aproximadamente:

- a) 6,0 minutos.
b) 9,6 minutos.
c) 12,0 minutos.
d) 13,8 minutos.

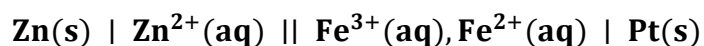
e) 15,1 minutos.

Questão 29

Células galvânicas convertem energia química em energia elétrica por meio de uma reação espontânea de oxirredução. Em uma célula, os pesquisadores utilizaram um eletrodo de zinco metálico e um eletrodo inerte de platina, mergulhado em uma solução contendo os íons Fe^{3+} e Fe^{2+} . A tabela apresenta potenciais-padrão de redução, medidos a 25 °C:

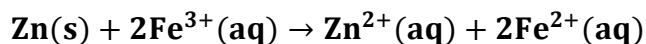
Semirreação de redução	$E^{\circ}(\text{V})$
$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}$	+0,80
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	+0,15
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}$	-0,76

Considere a célula representada por:



Para essa célula, analise as afirmativas.

I. O zinco metálico funciona como ânodo, e a reação global espontânea é:



II. O potencial-padrão da célula é igual a **+1,53 V**, e são transferidos dois mols de elétrons por mol de reação global.

III. A 25 °C, a constante de equilíbrio da reação global apresenta ordem de grandeza próxima de **10^{52}** , indicando forte favorecimento dos produtos.

IV. A diminuição da concentração de Fe^{3+} , mantendo-se constantes as demais concentrações, aumenta o potencial da célula, pois favorece a redução no cátodo.

Dados:

$$\log K = \frac{nE^\circ}{0,0592}$$

Quais afirmativas estão corretas?

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

Questão 30

Uma indústria situada às margens de um rio despeja irregularmente um efluente aquoso contendo ácido clorídrico, substância empregada na limpeza de equipamentos e superfícies metálicas. O descarte de soluções ácidas pode alterar o pH da água, afetando a sobrevivência de organismos aquáticos e aumentando a solubilidade de determinados metais presentes nos sedimentos.

O efluente contém HCl na concentração de **$5,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$** e é lançado com vazão constante de **$20 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$** . No local do lançamento, a vazão do rio é de **$980 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$** , e sua água apresenta inicialmente pH igual a 7,0. Admita mistura rápida e completa entre o efluente e a água do rio.

Devido à diluição, à dispersão e às reações com substâncias básicas naturais, a concentração excedente de íons H^+ é reduzida à metade a cada quilômetro percorrido pela água.

Dados: $\log 2,0 = 0,30$; $\log 3,0 = 0,48$

Desconsiderando outras fontes de acidez, os valores aproximados do pH da água coletada imediatamente após o despejo e a 5 km de distância são, respectivamente:

a) 2,0 e 3,5.

b) 3,0 e 4,5.

c) 3,0 e 5,0.

d) 4,0 e 5,5.

e) 5,0 e 7,0.

GABARITO

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